

**E78 GROSSETO - FANO**  
**Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45)**  
**Adeguamento a quattro corsie del tratto**  
**San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**FI 508**

**ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

<p><b>IL GEOLOGO</b></p> <p><i>Dott. Geol. Roberto Salucci</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 633</p>	<p><b>I PROGETTISTI SPECIALISTICI PROGETTAZIONE ATI:</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Sidoti</i> (Mandatario) Ordine Ingegneri n. A35111 Provincia di Roma n. A351 settore a-b-c (Mandante)</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657 (Mandante)</p> <p><i>Ing. Matteo Bordugo</i> Ordine Ingegneri Provincia di Pordenone al n. 790A (Mandante)</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>		<p><b>GP INGEGNERIA</b> GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p> cooprogetti</p> <p> engeko</p> <p> Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p><b>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b> <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b></p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>			
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</b></p> <p><i>Ing. Francesco Pisani</i></p>			
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</b></p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>			

**OPERE D'ARTE MAGGIORI**

Asse principale

GA.02 – Galleria Torino\_Imbocco ovest

Relazione tecnica e di calcolo muro in c.a. GA02

<p><b>CODICE PROGETTO</b></p> <p>PROGETTO      LIV.PROG      ANNO</p>	<p><b>NOME FILE</b></p> <p>P01GA02OSTRE01_A</p>	<p><b>REVISIONE</b></p>	<p><b>SCALA</b></p>
<p><b>DPFI508</b>    <b>D</b>    <b>23</b></p>	<p><b>CODICE ELAB.</b>    P 0 1 G A 0 2 O S T R E 0 1</p>	<p><b>A</b></p>	<p>-</p>
<p><b>D</b></p> <p><b>C</b></p> <p><b>B</b></p> <p><b>A</b></p>	<p>Emissione</p>	<p>Agosto '23</p>	<p>Amoruso      Signorelli      Guiducci</p>
<p><b>REV.</b></p>	<p><b>DESCRIZIONE</b></p>	<p><b>DATA</b></p>	<p><b>REDATTO      VERIFICATO      APPROVATO</b></p>

## 1. INDICE

<b>1.</b>	<b><u>INDICE</u></b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b><u>PREMESSA</u></b> .....	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b><u>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</u></b> .....	<b>2</b>
<b>4.</b>	<b><u>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</u></b> .....	<b>2</b>
<b>5.</b>	<b><u>DESCRIZIONE DELL'OPERA</u></b> .....	<b>3</b>
<b>6.</b>	<b><u>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</u></b> .....	<b>5</b>
<b>7.</b>	<b><u>AZIONI SISMICHE</u></b> .....	<b>6</b>
7.1.	ACCELERAZIONE MASSIMA IN SITO E COEFFICIENTI SISMICI .....	6
<b>8.</b>	<b><u>CRITERI DI VERIFICA</u></b> .....	<b>7</b>
8.1.	AZIONI E RESISTENZE DI PROGETTO .....	7
<b>9.</b>	<b><u>METODI DI ANALISI E VERIFICHE</u></b> .....	<b>9</b>
9.1.	METODO DI CALCOLO .....	9
9.2.	CONDIZIONI DI CARICO .....	9
9.2.1.	<i>Carichi permanenti</i> .....	9
9.2.2.	<i>Carichi accidentali</i> .....	9
9.2.3.	<i>Carichi sismici</i> .....	9
9.2.4.	<i>Carichi dovuti all'urto dei veicoli in svio</i> .....	9
9.3.	RISULTATI DELLE ANALISI .....	10
9.3.1.	<i>Sezione di calcolo</i> .....	10
9.4.	VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE .....	11
9.4.1.	<i>Verifiche strutturali</i> .....	11
9.4.2.	<i>Verifiche geotecniche</i> .....	21
<b>10.</b>	<b><u>ALLEGATI DI CALCOLO</u></b> .....	<b>23</b>
10.1.1.	<i>Sezione di calcolo</i> .....	23

## **2. PREMESSA**

La presente relazione di calcolo riporta le analisi e le verifiche relative al muro di sostegno presso l'imbocco ovest GA02 della galleria naturale Torrino nell'ambito del progetto definitivo "S.G.C. E78 GROSSETO – FANO, Tratto Selci – Lama (E45), Adeguamento a quattro corsie del Tratto San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, Completamento" identificato all'interno del Contratto di Programma ANAS-MIT con il codice F1508.

## **3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

- [1]. Decreto Ministero Infrastrutture 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- [2]. Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 del C.S.LL.PP. Ministero Infrastrutture e Trasporti: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- [3]. UNI EN 1997-1:2013: Eurocode 7 – Geotechnical design - Part 1: General rules
- [4]. UNI EN 1997-1:2007: Eurocode 7 – Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing

## **4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

### **Calcestruzzo fondazione e paramento conforme UNI EN 206-1**

- Classe di resistenza: C28/35
- Classe di esposizione: XC2
- Diametro massimo inerti: 30 mm
- Rapporto a/c  $\leq 0.50$

### **Calcestruzzo magro**

- Dosaggio: 150 kg/m<sup>3</sup>

### **Acciaio armatura**

- Acciaio ordinario: B450C
- Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk}$ : 540 MPa
- Tensione di snervamento  $f_{yk}$ : 450 MPa

## 5. DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera è realizzata a sostegno del rilevato stradale che si trova presso la galleria artificiale GA02, all'imbocco ovest della galleria naturale Torrino.

La soluzione progettuale prevede la realizzazione di un muro di sostegno, tra la progressiva km 5+842 e la progressiva km 5+858, per una lunghezza complessiva dell'opera pari a 16.0 m, con altezza del paramento variabile tra 2.0 m e 9.6 m, con spessore della fondazione variabile tra 0.8 m e 1.2 m, e con lunghezza della fondazione tra 4.5 m e 5.5 m. La superficie di monte del paramento è inclinata di 1/10 rispetto alla verticale.

La sezione individuata per il calcolo è caratterizzata da un paramento di altezza 8.5 m e una fondazione con spessore 1.2 m e larghezza 5.5 m.

Nelle figure successive sono riportati la sezione trasversale tipologica e stralci di planimetria e sviluppata dell'opera. Per i dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

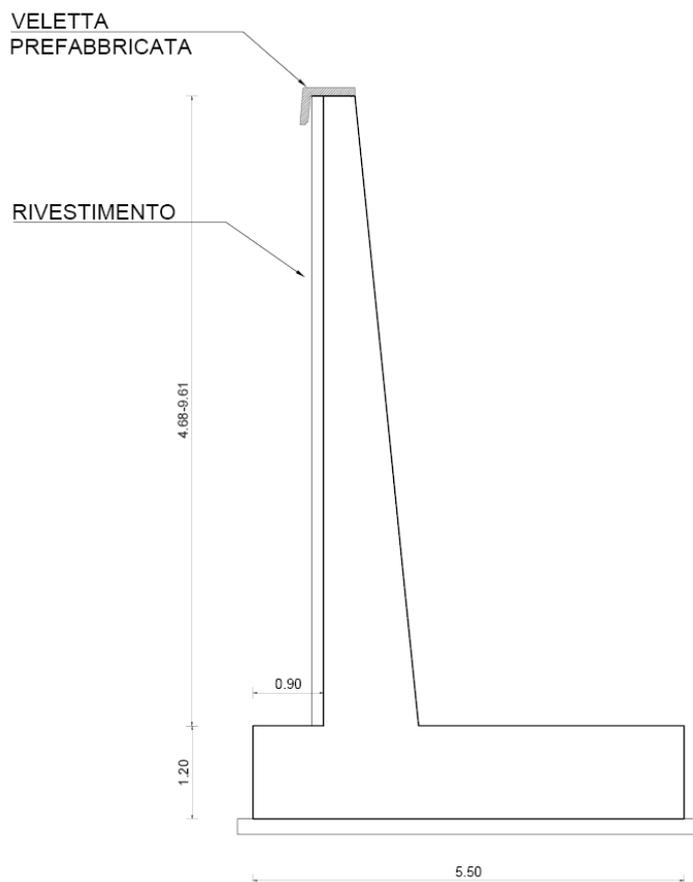
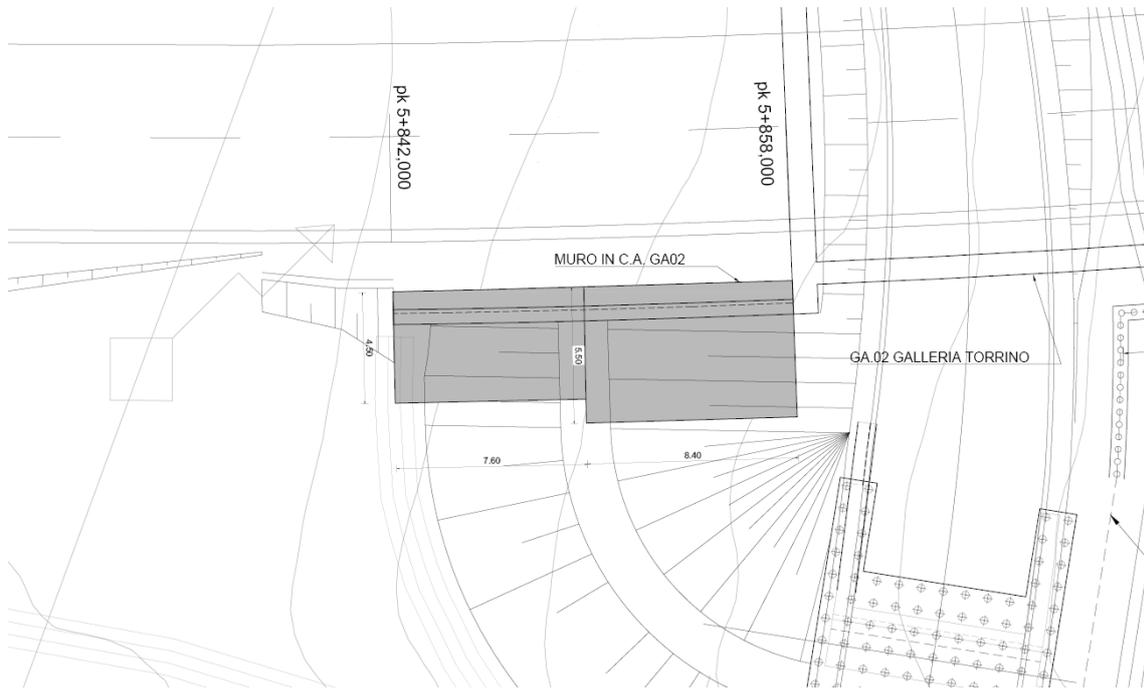
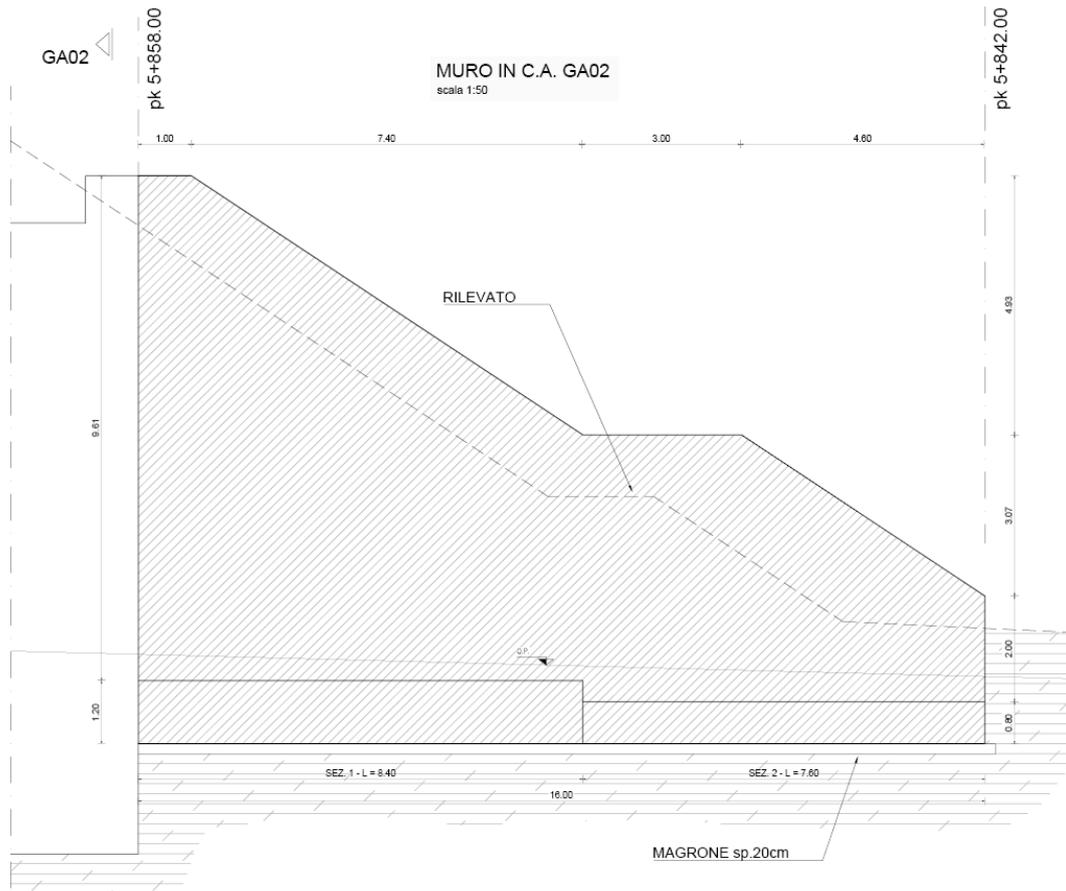


Figura 5.1: Sezione tipologica del muro di sostegno.

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**



**Figura 5.2: Planimetria del muro di sostegno.**



**Figura 5.3: Sviluppata longitudinale del muro di sostegno.**

PROGETTAZIONE ATI:

## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le verifiche geotecniche dell'opera in oggetto sono state eseguite facendo riferimento ai parametri geotecnici caratteristici riportati nella relazione geotecnica.

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei parametri caratteristici utilizzati per le verifiche strutturali e geotecniche.

**Tabella 6.1: Parametri geotecnici caratteristici.**

DESCRIZIONE	UNITÀ GEOTECNICA	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	E [MPa]
Rilevato	R	19.0	0	35	80
Arenaria-Faglia	AC-F	19.5	20	33	80

dove

$\gamma$	peso di volume
$\phi'$	angolo di attrito efficace
$c'$	coesione efficace
E	modulo elastico

Nella tabella seguente si riporta la stratigrafia di calcolo a partire dalla quota di testa del paramento.

**Tabella 6.2: Stratigrafia di calcolo.**

DESCRIZIONE	UNITÀ GEOTECNICA	QUOTA INIZIO STRATO [m]
Rilevato	R	0.00
Arenaria-Faglia	AC-F	9.70

## 7. AZIONI SISMICHE

Per dettagli circa la caratterizzazione sismica dell'area interessata dall'opera in esame si rimanda alla relazione sismica.

### 7.1. ACCELERAZIONE MASSIMA IN SITO E COEFFICIENTI SISMICI

L'azione sismica di progetto per l'opera, ai sensi della normativa vigente italiana (DM del 17/01/2018), è stata definita calcolando i parametri sismici necessari alle coordinate: latitudine 43.471201 e longitudine 11.863062.

Per la valutazione delle accelerazioni sismiche di progetto sono stati considerati i seguenti dettagli.

**Tabella 7.1 Classe di importanza dell'opera**

Tipo di Opera	Opera ordinaria
Classe d'Uso	IV
Vira Nominale	50 anni
Vita di Riferimento	100 anni

Nella tabella seguente si riportano i valori dell'accelerazione massima su suolo roccioso ( $a_g$ ) e dei parametri spettrali ( $F_0$ ,  $T^*_c$ ) per lo SLV.

**Tabella 7.2 Parametri spettrali del sito**

$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T^*_c$ [s]
0.197	2.429	0.299

Gli effetti di amplificazione locale dovuti alla stratigrafia e alla conformazione topografica vengono messi in conto mediante i parametri  $S_S$  ed  $S_T$ .

Il sito dell'opera in esame è stato classificato come suolo di categoria C, alla quale corrisponde un valore del coefficiente  $S_S = 1.413$ , e rientra nella categoria topografica T1, alla quale corrisponde un coefficiente topografico  $S_T = 1$ .

L'accelerazione massima orizzontale al sito ( $a_{max}$ ) è calcolata come prodotto dell'accelerazione su suolo roccioso e dei fattori di amplificazione:

$$a_{max} = a_g \cdot S_S \cdot S_T$$

Per il caso in esame l'accelerazione massima orizzontale al sito per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) risulta pari a:

$$a_{max} = 0.278 \text{ g}$$

I coefficienti sismici orizzontale e verticale sono espressi come:

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

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Nel rispetto della gerarchia delle resistenze, secondo la Circolare 21/01/2019 n°7 C.S.LL.PP. (par. C7.11.6.2), il coefficiente di riduzione dell'accelerazione sismica assume valore  $\beta_m = 0.38$ . Pertanto, i coefficienti sismici orizzontale e verticale adottati per le analisi sono i seguenti:

$$k_h = 0.10564$$

$$k_v = 0.05282$$

## 8. CRITERI DI VERIFICA

Nel presente capitolo sono descritti i metodi, le assunzioni di calcolo e i parametri di progetto adottati per le verifiche geotecniche e strutturali delle opere in oggetto. Le verifiche sono state condotte secondo il metodo degli stati limite.

Le verifiche agli stati limite prevedono un approccio di tipo semiprobabilistico in base al quale le azioni e le resistenze di progetto sono definite sulla base dei valori caratteristici applicando i coefficienti parziali di seguito definiti:

Azioni:  $F_d = (F_k \times \psi) \times \gamma_F$   
 Proprietà del terreno:  $M_d = M_k / \gamma_M$   
 Resistenza del terreno:  $R_d = R_k / \gamma_R$

Dove:

- F: indica genericamente un'azione;
- $\psi$ : indica un fattore  $\leq 1$  che è definito nell'ambito della combinazione di carico;
- M: indica genericamente un parametro di resistenza del terreno;
- R: indica genericamente la resistenza limite calcolata;
- $\gamma_F, \gamma_M, \gamma_R$ : indicano i coefficienti parziali.

Una volta definiti i parametri di progetto si verifica che valga la relazione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d = F_k \times \psi \times \gamma_F$  [effetti delle azioni];
- $R_d = 1 / \gamma_R \times R_k (F_k \times \psi \times \gamma_F, M_k / \gamma_M)$  [resistenza del terreno].

### 8.1. AZIONI E RESISTENZE DI PROGETTO

Le verifiche dell'opera sono state condotte secondo l'Approccio 2, considerando la Combinazione 1 (A1+M1+R3). Le verifiche di stabilità globale del complesso muro-terreno, sono state condotte secondo l'Approccio 1, considerando la Combinazione 2 (A2+M2+R2).

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno e per le azioni sono riportati nelle tabelle seguenti.

**Tabella 8.1 Coefficienti parziali per le azioni (combinazioni statiche)**

Carichi	Effetto	$\gamma_F$	EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	0.90	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.10	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	1.50	1.30

**Tabella 8.2 Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (combinazioni statiche)**

Parametro	$\gamma_M$	M1	M2
$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25
$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40
$\gamma_k$	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

**Tabella 8.3 Coefficienti parziali per le azioni (combinazioni sismiche)**

Carichi	Effetto	$\gamma_F$	EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.00	1.00	1.00

**Tabella 8.4 Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (combinazioni sismiche)**

Parametro	$\gamma_M$	M1	M2
$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.00
$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.00	1.00
$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00	1.00
$\gamma_k$	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

## 9. METODI DI ANALISI E VERIFICHE

### 9.1. METODO DI CALCOLO

Per le analisi dell'opera si è utilizzato il codice di calcolo MAX versione 16 di AZTEC Informatica. Il muro è stato schematizzato con elementi *beam* a sei gradi di libertà (due traslazioni ed una rotazione per nodo), mentre il terreno è stato schematizzato con una serie di molle distribuite lungo l'altezza del muro. Il procedimento iterativo di risoluzione del modello considera il comportamento non lineare del terreno (non linearità meccanica), mentre agli altri elementi assegna un comportamento elastico lineare.

In allegato si riportano i criteri e i parametri di calcolo, i risultati delle analisi e le caratteristiche geometriche dei muri su pali. Nella seguente tabella si riportano le caratteristiche della sezione di calcolo considerata per l'analisi.

Tabella 9.1: Caratteristiche geometriche di calcolo del muro analizzato

$H_{\text{paramento}}$ [m]	$H_{\text{fondazione}}$ [m]	$L_{\text{fondazione}}$ [m]
8.50	1.20	5.50

Nei prossimi paragrafi si riportano le analisi svolte per la sezione considerata.

### 9.2. CONDIZIONI DI CARICO

#### 9.2.1. CARICHI PERMANENTI

##### Peso proprio

Il peso proprio della struttura si ottiene moltiplicando i singoli spessori per il peso specifico del cemento armato, pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ .

##### Spinta del terreno

La spinta del terreno è stata calcolata in condizioni di spinta attiva.

#### 9.2.2. CARICHI ACCIDENTALI

Non sono stati considerati carichi accidentali.

#### 9.2.3. CARICHI SISMICI

Per il caso in esame si considerano i coefficienti sismici  $k_h = 0.10564$  e  $k_v = 0.05282$ .

#### 9.2.4. CARICHI DOVUTI ALL'URTO DEI VEICOLI IN SVIO

Non sono stati considerato carichi dovuti all'urto dei veicoli in svio.

### 9.3. RISULTATI DELLE ANALISI

#### 9.3.1. SEZIONE DI CALCOLO

Considerando tutte le combinazioni di carico, di seguito si riporta l'involuppo delle caratteristiche della sollecitazione agenti sul paramento e sulla fondazione del muro in esame.

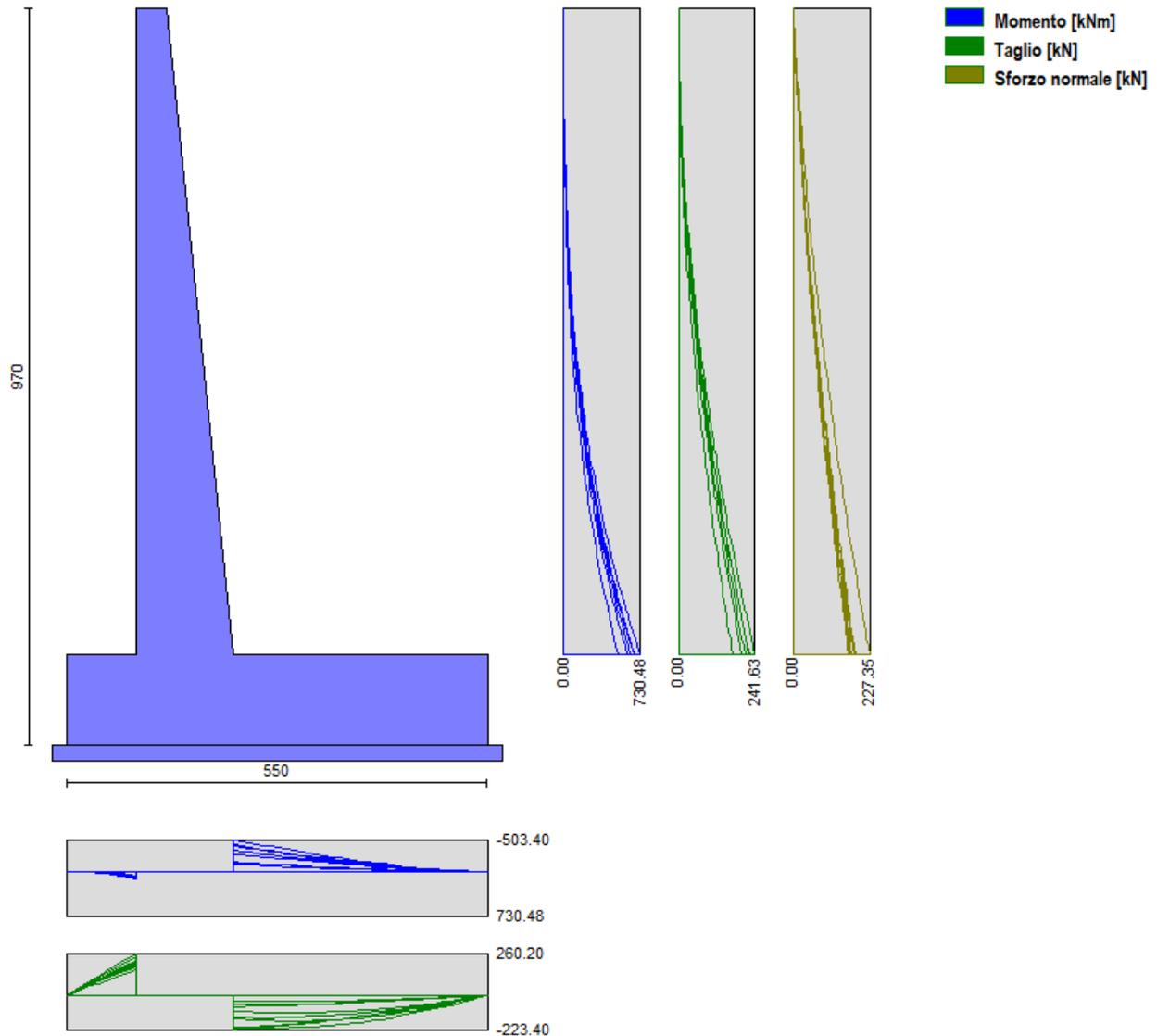


Figura 9.1: Involuppo delle sollecitazioni agenti su paramento e fondazione del muro

## 9.4. VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE

### 9.4.1. VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche sono state condotte, sulla base dell'involuppo delle sollecitazioni, secondo il metodo semiprobabilistico degli stati limite.

Sono effettuate le seguenti verifiche:

- in condizioni statiche
  - o Verifica allo SLU per flessione;
  - o Verifica allo SLU per taglio;
  - o Verifica allo SLE per fessurazione;
  - o Verifica allo SLE per tensione limite.
- in condizioni sismiche
  - o Verifica a SLU per flessione;
  - o Verifica a SLU per taglio.

Dato che nel caso in esame le combinazioni di carico quasi permanente e frequente sono identiche, la verifica di tensione limite nel calcestruzzo e la verifica a fessurazione sono riferite alla condizione più cautelativa tra le due.

Per quanto riguarda le verifiche allo SLE, la principale condizione di verifica riguarda la verifica a fessurazione sviluppata secondo le indicazioni riportate in Tab. 4.1.III e Tab. 4.1.IV delle NTC 2018.

**Tabella 9.2: Criterio di definizione della condizione ambientale.**

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

**Tabella 9.3: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione.**

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
A	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Nel caso in esame, trattandosi di condizioni ambientali ordinarie e di armatura poco sensibile, per lo stato limite di apertura delle fessure dev'essere verificato che

$$w_{\max} \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

La verifica riguardante la tensione massima di compressione nel calcestruzzo, come previsto al punto 4.1.2.2.5.1 delle NTC2018, è effettuata controllando che

$$\sigma_{c,\max} \leq 0.45 f_{ck}$$

PROGETTAZIONE ATI:

La verifica riguardante la tensione massima a trazione dell'acciaio, come previsto al punto 4.1.2.2.5.2 delle NTC 2018, è stata effettuata controllando che fosse soddisfatta per la combinazione caratteristica

$$\sigma_{s,max} \leq 0.8 f_{yk}$$

Il calcolo della  $\sigma_{c,max}$  e della  $\sigma_{s,max}$  è stato eseguito con il programma VcaSlu.

I valori di calcolo delle resistenze dei materiali si ricavano dividendo ciascun valore caratteristico per il fattore di sicurezza parziale  $\gamma_M$  specifico del materiale considerato.

**Tabella 9.4: fattore di sicurezza parziale dei materiali**

Stato limite	Acciaio $\gamma_s$	Calcestruzzo $\gamma_c$
SLU	1.15	1.5

Di seguito si riportano i valori delle resistenze di calcolo.

**Tabella 9.5: tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio**

Acciaio	$f_{yd}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim} = 0.8 f_{yk}$ [MPa]
B450C	391.3	360

dove

- $f_{yd}$  = resistenza a trazione di calcolo dell'acciaio;
- $\sigma_{s,lim}$  = tensione limite per lo stato limite di esercizio dell'acciaio.

**Tabella 9.6: resistenze di calcolo del calcestruzzo**

Elemento strutturale	Classe di resistenza	$f_{cd}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim} = 0.45 f_{ck}$ [MPa]
Fondazione e paramento	C28/35	15.87	12.6

dove

- $f_{cd}$  = resistenza a compressione cilindrica di calcolo del calcestruzzo;
- $\sigma_{c,lim}$  = tensione limite per lo stato limite di esercizio del calcestruzzo.

### 9.4.1.1. Sezione di calcolo

Nelle tabelle seguenti si riportano le armature previste per il muro in esame.

**Tabella 9.7: Armature fondazione del muro nella sezione di verifica**

Elemento strutturale	Altezza sezione [cm]	Armatura superiore	Armatura inferiore	Copriferro [cm]	Armatura a taglio
Fondazione	120	Ø20/10	Ø20/10	5	Ø12/20

**Tabella 9.8: Armature paramento del muro nella sezione di verifica**

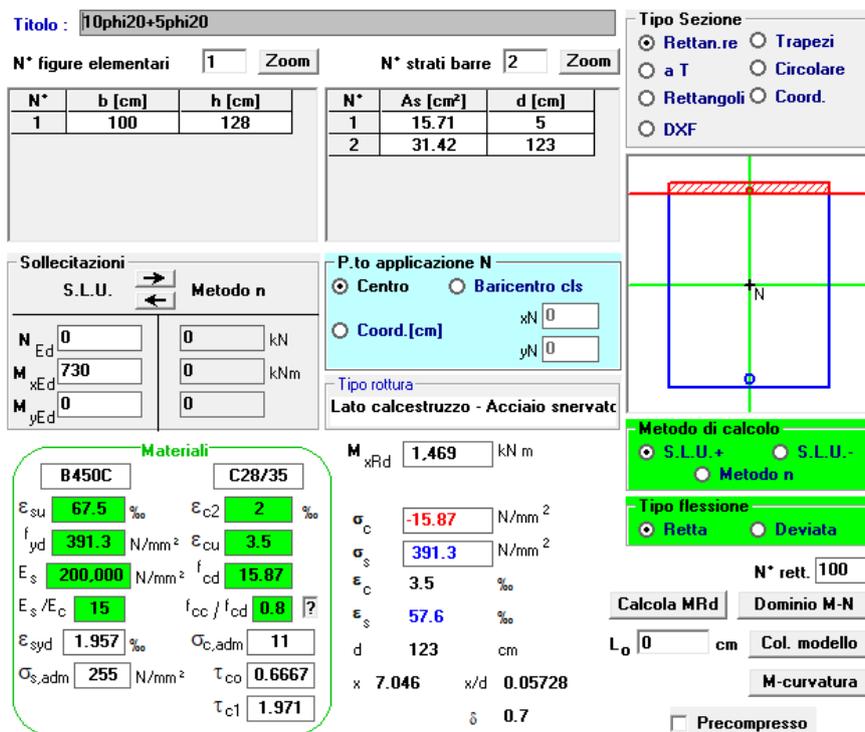
Elemento strutturale	Altezza sezione [cm]	Armatura tesa	Armatura compressa	Copriferro [cm]	Armatura a taglio
Paramento	128	Ø16/10	Ø16/20	5	Ø10/20

Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati delle verifiche per le combinazioni di carico più gravose e per le sezioni più sollecitate.

### 9.4.1.2. Paramento

#### Verifica a flessione

Di seguito si riporta la verifica di resistenza a flessione allo SLU del paramento nella sezione d'incastro del paramento.



**Figura 9.2: Verifica a flessione del paramento nella sezione di base**

La verifica risulta soddisfatta.

### Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica di resistenza al taglio allo SLU del paramento nella sezione d'incastro.

<b>Verifica di resistenza a taglio nelle sezioni con armatura trasversale a taglio</b>			
<b>Sollecitazione di progetto</b>	<b>V<sub>Ed</sub></b>	<b>242 kN</b>	
Larghezza minima della sezione	b <sub>w</sub>	1000 mm	
Altezza della sezione	h	1280 mm	
Copriferro della sezione	δ	50 mm	
Altezza utile della sezione	d	1230 mm	
Diametro delle staffe	d <sub>w</sub>	<b>10 mm</b>	
Numero di braccia	n <sub>w</sub>	<b>2.5</b>	
Area totale staffe	A <sub>sw</sub>	196.3 mm <sup>2</sup>	
Passo delle staffe	s	<b>400 mm</b>	
Inclinazione delle staffe	α	<b>90 °</b>	
Inclinazione delle bielle compresse	θ	21.8 °	<b>cot θ 2.50</b>
Coefficiente maggiorativo per sezioni compresse	α <sub>c</sub>	1.0112	
<b>Resistenza a "taglio-trazione"</b>	V <sub>Rsd</sub>	531 kN	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$
<b>Resistenza a "taglio-comprensione"</b>	V <sub>Rcd</sub>	3062 kN	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$
<b>Resistenza di progetto</b>	V <sub>Rd</sub>	<b>531 kN</b>	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$
<b>Esito della verifica</b>	<b>Soddisfatta</b>		

**Figura 9.3: Verifica a taglio del paramento nella sezione di base**

La verifica risulta soddisfatta.

### Incidenza

Il paramento presenta un'incidenza dell'acciaio all'interno del cemento armato pari a 75 kg/m<sup>3</sup>.

### Verifica delle tensioni in esercizio

Di seguito si riporta la verifica allo SLE delle tensioni limite di calcestruzzo e acciaio nel paramento in corrispondenza della sezione d'incastro.

$$\sigma_{s,max} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max} \leq 12.6 \text{ MPa}$$

**Titolo:** 10phi20+5phi20

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	128	1	31.42	5
			2	15.71	123

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

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

N<sub>Ed</sub> 0      175 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0      519 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0      0

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

**Materiali**  
 B450C      C28/35  
 ε<sub>su</sub> 67.5 ‰      ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm²      ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200,000 N/mm²      f<sub>cd</sub> 15.87  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15      f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰      σ<sub>c,adm</sub> 11  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm²      τ<sub>co</sub> 0.6667  
    τ<sub>c1</sub> 1.971

σ<sub>c</sub> -3.531 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 230.1 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 1.151 ‰  
 d 123 cm  
 x 23.01      x/d 0.1871  
                                  δ 0.7

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

**Verifica**  
 N° iterazioni: 5  
 Precompresso

Le verifiche risultano soddisfatte.

### Verifica a fessurazione

Di seguito si riporta la verifica allo SLE di apertura delle fessure nel paramento in corrispondenza della sezione d'incastro.

Verifica apertura fessure		
$\sigma_s$	230.1 N/mm <sup>2</sup>	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
$x_{ni}$	230.1 mm	Asse neutro della sezione
$R_{ck}$	35 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratteristica cubica cls
$\Phi_{long}$	20 mm	Diametro barre longitudinali in zona tesa
$\Phi_{trasv}$	10 mm	Diametro staffe o spirale
$n$	10	Numero ferri longitudinali in zona tesa
$c$	50 mm	Copriferro
$b$	1000 mm	Larghezza sezione
$h$	1280 mm	Altezza sezione
$k_1$	0.4	$k_1=0.6$ ; 0.4 carichi breve durata/lunga durata
$k_2$	0.5	$k_2=0.5$ ; 1.0 caso flessione/trazione semplice
$k_3$	0.8	$k_3=0.8$ ; 1.6 barre aderenza migliorata/lisce
$w$	0.3 mm	Valore limite apertura fessure
$d$	1230 mm	Altezza utile della sezione
$\delta$	30 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
$f_{ck}$	29.1 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratteristica cilindrica cls
$A_{c,eff}$	125000 mm <sup>2</sup>	Area efficace del calcestruzzo
$A_{s, long}$	3142 mm <sup>2</sup>	Area ferri longitudinali in zona tesa
$E_s$	206000 N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico acciaio da c.a.
$f_{ctm}$	2.8 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione media cls
$E_{cm}$	32588 N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico medio cls
$\alpha_e$	6.32	Rapporto $E_s/E_{cm}$
$f_{ctm}$	37.1 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza media cls
$\rho_{eff}$	2.51 %	Rapporto area acciaio/area efficace
$\epsilon_{sm}$	0.09 %	Deformazione unitaria media
$k_3$	3.4	Coefficiente
$k_4$	0.4	Coefficiente
$\Delta s_{max}$	237.3 mm	Distanza massima tra le fessure
$w_d$	0.205 mm	Valore di calcolo apertura fessure

Figura 9.4: Verifica a fessurazione del paramento nella sezione di base

La verifica è soddisfatta.

### 9.4.1.3. Fondazione

#### Verifica a flessione

Di seguito si riporta la verifica SLU a flessione della fondazione nella sezione trasversale più sollecitata.

**Titolo :** 10phi16+10phi16

N° figure elementari  Zoom      N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	120

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	5
2	20.11	115

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

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

N<sub>Ed</sub>     kN  
 M<sub>xEd</sub>     kNm  
 M<sub>yEd</sub>   

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

**Tipo rottura**  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali**  
     
 ε<sub>su</sub>  ‰   ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm²   ε<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm²   f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>    f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  ‰   σ<sub>c,adm</sub>   
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm²   τ<sub>co</sub>   
    τ<sub>c1</sub>

M<sub>xRd</sub>  kN m  
 σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>c</sub>  ‰  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x    x/d   
 δ

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

**Tipo flessione**  
 Retta    Deviata

N° rett.   
 Calcola MRd   Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>  cm   Col. modello  
 M-curvatura  
 Precompresso

Figura 9.5: Verifica a flessione della fondazione nella sezione d'incastro

La verifica risulta soddisfatta.

### Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica SLU a taglio della fondazione nella sezione trasversale più sollecitata.

<b>Verifica di resistenza a taglio nelle sezioni con armatura trasversale a taglio</b>			
<b>Sollecitazione di progetto</b>	<b>V<sub>Ed</sub></b>	<b>260 kN</b>	
Larghezza minima della sezione	b <sub>w</sub>	1000 mm	
Altezza della sezione	h	1200 mm	
Copriferro della sezione	δ	50 mm	
Altezza utile della sezione	d	1150 mm	
Diametro delle staffe	d <sub>w</sub>	<b>10 mm</b>	
Numero di braccia	n <sub>w</sub>	<b>2.5</b>	
Area totale staffe	A <sub>sw</sub>	196.3 mm <sup>2</sup>	
Passo delle staffe	s	<b>400 mm</b>	
Inclinazione delle staffe	α	<b>90 °</b>	
Inclinazione delle bielle compresse	θ	21.8 °	<b>cot θ 2.50</b>
Coefficiente maggiorativo per sezioni compresse	α <sub>c</sub>	1.0119	
<b>Resistenza a "taglio-trazione"</b>	<b>V<sub>Rsd</sub></b>	<b>497 kN</b>	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$
<b>Resistenza a "taglio-compresione"</b>	<b>V<sub>Rcd</sub></b>	<b>2865 kN</b>	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$
<b>Resistenza di progetto</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>497 kN</b>	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$
<b>Esito della verifica</b>	<b>Soddisfatta</b>		

La verifica risulta soddisfatta.

### Incidenza

La fondazione presenta un'incidenza dell'acciaio all'interno del cemento armato pari a 65 kg/m<sup>3</sup>.

### Verifica delle tensioni in esercizio

Di seguito si riporta la verifica allo SLE delle tensioni limite di calcestruzzo e acciaio nel paramento in corrispondenza della sezione d'incastro.

$$\sigma_{s,max} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max} \leq 12.6 \text{ MPa}$$

**Titolo:** 10phi16+10phi16

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	20.11	5
			2	20.11	115

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

**Solecitazioni:** S.L.U. **Metodo n**

**N<sub>Ed</sub>** 0 **0** kN  
**M<sub>xEd</sub>** 0 **-105** kNm  
**M<sub>yEd</sub>** 0 **0**

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

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

**Materiali:** B450C C28/35

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  15.87  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6667  
 $\tau_{c1}$  1.971

$\sigma_c$  -0.7415 N/mm²  
 $\sigma_s$  48.25 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.2413 ‰  
 d 115 cm  
 x 21.54 x/d 0.1873  
 $\delta$  0.7

**Verifica**  
 N° iterazioni: 5  
 Precompresso

Le verifiche risultano soddisfatte.

### Verifica a fessurazione

Di seguito si riporta la verifica allo SLE di apertura delle fessure nel paramento in corrispondenza della sezione d'incastro.

Verifica apertura fessure		
$\sigma_s$	48.3 N/mm <sup>2</sup>	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
$x_{nt}$	215.4 mm	Asse neutro della sezione
$R_{ck}$	35 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratteristica cubica cls
$\Phi_{long}$	16 mm	Diametro barre longitudinali in zona tesa
$\Phi_{travv}$	10 mm	Diametro staffe o spirale
$n$	10	Numero ferri longitudinali in zona tesa
$c$	50 mm	Copriferro
$b$	1000 mm	Larghezza sezione
$h$	1200 mm	Altezza sezione
$k_1$	0.4	$k_1=0.6$ ; 0.4 carichi breve durata/lunga durata
$k_2$	0.5	$k_2=0.5$ ; 1.0 caso flessione/trazione semplice
$k_3$	0.8	$k_3=0.8$ ; 1.6 barre aderenza migliorata/lisce
$w$	0.3 mm	Valore limite apertura fessure
$d$	1150 mm	Altezza utile della sezione
$\delta$	32 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
$f_{ck}$	29.1 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratteristica cilindrica cls
$A_{c,eff}$	125000 mm <sup>2</sup>	Area efficace del calcestruzzo
$A_{s, long}$	2011 mm <sup>2</sup>	Area ferri longitudinali in zona tesa
$E_s$	206000 N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico acciaio da c.a.
$f_{ctm}$	2.8 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione media cls
$E_{cm}$	32588 N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico medio cls
$\alpha_e$	6.32	Rapporto $E_s/E_{cm}$
$f_{ctm}$	37.1 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza media cls
$\rho_{eff}$	1.61 %	Rapporto area acciaio/area efficace
$\epsilon_{sm}$	0.01 %	Deformazione unitaria media
$k_3$	3.4	Coefficiente
$k_4$	0.4	Coefficiente
$\Delta s_{max}$	277.9 mm	Distanza massima tra le fessure
$w_d$	0.039 mm	Valore di calcolo apertura fessure

Figura 9.6: Verifica a fessurazione del paramento nella sezione di base

La verifica è soddisfatta.

### 9.4.2. VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche sono state eseguite attraverso il codice di calcolo MAX versione 16 di AZTEC Informatica. Nella tabella successiva sono riassunti i fattori di sicurezza associati ad ogni verifica per ogni combinazione di carico analizzata.

**Tabella 9.9: Verifiche geotecniche**

Combinazione	Sismica	Scorrimento	Ribaltamento	Capacità portante
1 - STR (A1-M1-R3)		1.847		8.005
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.379		5.233
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.334		5.470
4 - STR (A1-M1-R3)		2.286		7.668
5 - STR (A1-M1-R3)		2.129		8.291
6 - STR (A1-M1-R3)		2.004		7.523
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.142	
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.298	
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.961	

In caso di combinazione sismica H è la componente orizzontale, V è la componente verticale.

#### 9.4.2.1. Stabilità globale

Le verifiche di stabilità del sistema muro-terreno sono state svolte con il metodo dell'equilibrio limite di Bishop, analizzando le combinazioni di carico in condizioni statiche e sismiche.

L'analisi sismica è stata condotta con il metodo pseudo-statico, dove l'azione del sisma è rappresentata da una forza statica equivalente che non varia nel tempo, pari al prodotto di un coefficiente sismico  $k_h$  per il peso della massa potenzialmente instabile.

Le verifiche di stabilità globale sono state eseguite considerando la Combinazione 2 dell'Approccio 1 (A2+M2+R2) del DM Infrastrutture 20 Febbraio 2018. La resistenza in condizioni statiche deve pertanto essere ridotta di un coefficiente

$$\gamma_R = 1.1$$

In condizioni sismiche, invece, per la verifica di stabilità del complesso muro-terreno si pongono pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici, impiegando per la valutazione delle resistenze un coefficiente

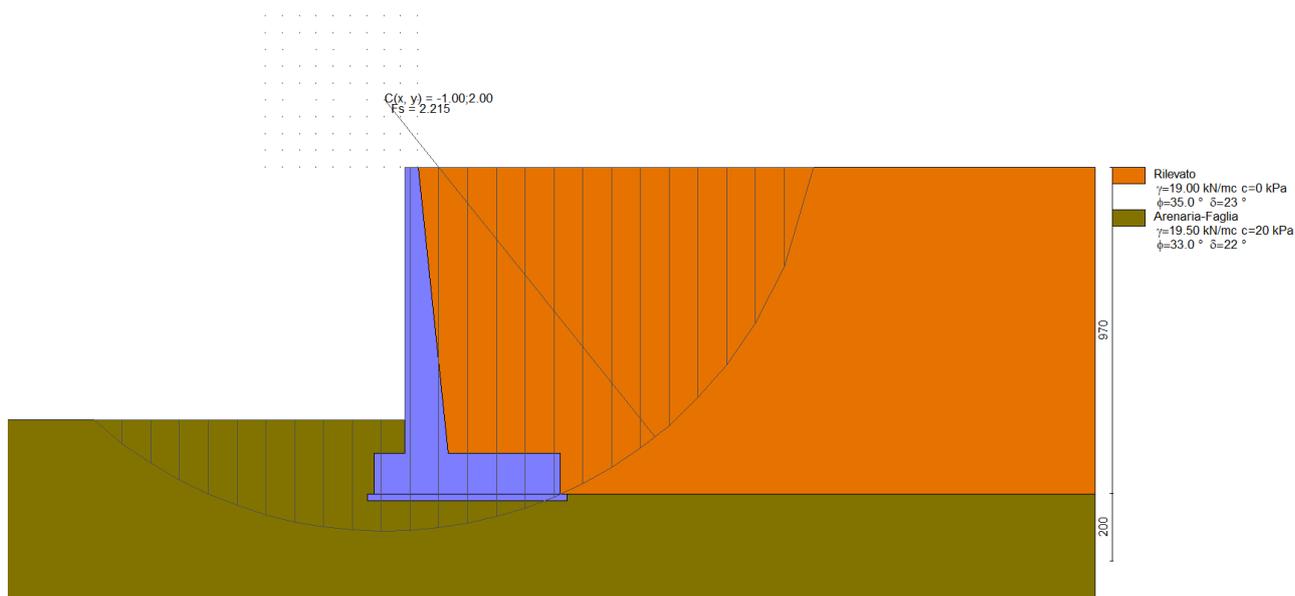
$$\gamma_R = 1.2$$

Pertanto, considerando le verifiche soddisfatte quando  $FS \geq \gamma_R$ , nella tabella seguente sono riportati i fattori di sicurezza relativi alla peggiore configurazione statica e alla peggiore configurazione sismica.

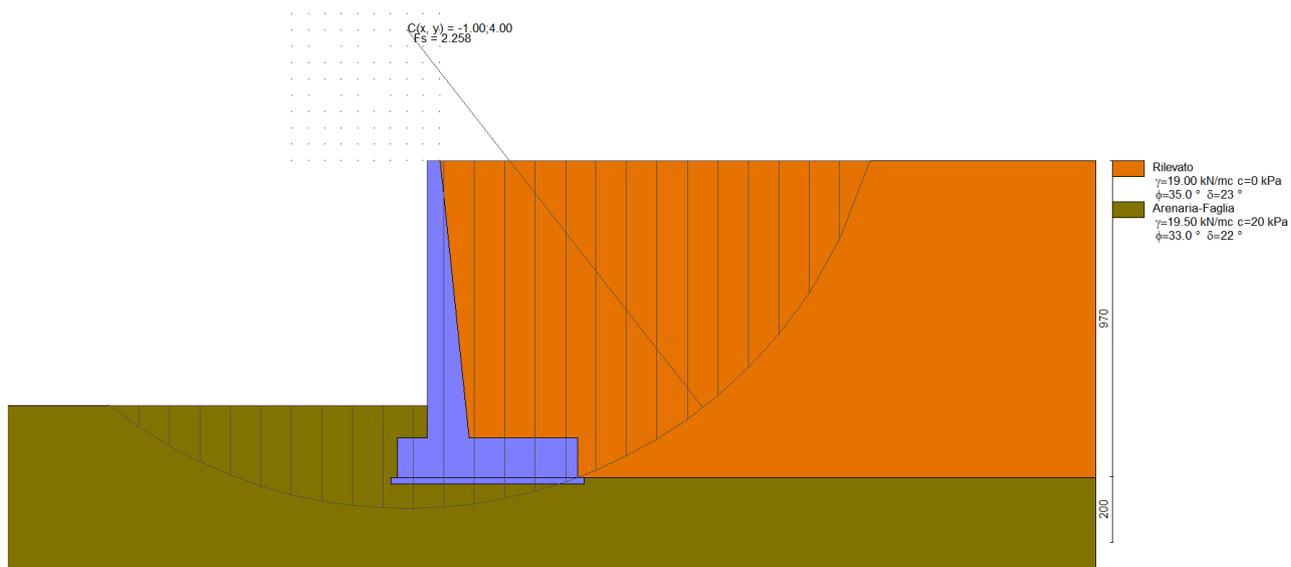
**Tabella 9.10: Verifiche di stabilità globale**

Condizione	FS	$\gamma_R$
statica	2.215	1.1
sismica	2.258	1.2

Nelle figure seguenti si riportano i risultati delle verifiche riferite alle sezioni di analisi.



**Figura 9.7. Analisi di stabilità globale – Condizioni statiche – FS = 2.215**



**Figura 9.8. Analisi di stabilità globale – Condizioni sismiche – FS = 2.258**

## ALLEGATI DI CALCOLO

### 9.4.3. SEZIONE DI CALCOLO

#### Richiami teorici

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

#### Calcolo della spinta sul muro

##### *Valori caratteristici e valori di calcolo*

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.

##### *Metodo di Culmann*

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

##### *Spinta in presenza di falda*

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

PROGETTAZIONE ATI:

### *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 parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  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

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

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

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

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.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### 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  $\eta_r$ .

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.

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

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  $\eta_s$

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

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  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una 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:

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c + q N_q s_q d_q i_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione:

- 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
- N fattori di capacità portante
- d fattori di profondità del piano di posa
- i fattori di inclinazione del carico

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$
Fattori di forma	$\phi = 0$	$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1$	$s_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1 + 0.1 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B'}{L'}$
Fattori di profondità	$\phi = 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1$	$d_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$
Fattori di inclinazione del carico	$\phi = 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = 0$
	$\phi > 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

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

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B \gamma N_\gamma$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5B\gamma N_\gamma r_\gamma$$

Verifica alla stabilità globale

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

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. 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:

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

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

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b$  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 è 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.

## Dati

### Materiali

#### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
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 [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	$R_{ck}$ [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	C28/35	C28/35	B450C	24.5170	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	$f_{yk}$ [kPa]	$f_{uk}$ [kPa]
B450C	450000	540000

### 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°	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 [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	20.00	0.00	0.000

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

### Geometria muro

#### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	10.00	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C28/35	
Altezza paramento	8.50	[m]
Altezza paramento libero	7.50	[m]
Spessore in sommità	0.40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.28	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	5.90	[°]
<u>Fondazione</u>		
Materiale	C28/35	
Lunghezza mensola di valle	0.90	[m]
Lunghezza mensola di monte	3.32	[m]
Lunghezza totale	5.50	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]

PROGETTAZIONE ATI:

MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO

Spessore 1.20 [m]  
 Spessore magrone 0.20 [m]

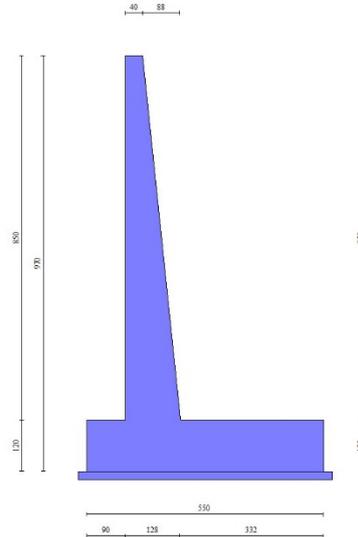


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

- n° 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 [kPa]
- $c_a$  Adesione terra-muro espressa in [kPa]
- 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 [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]
1	Rilevato	19.0000	19.0000	35.000	23.330	0	0	---	---
2	Arenaria-Faglia	19.5000	19.5000	33.000	22.000	20	10	---	---

Stratigrafia

Simbologia adottata

- n° Indice dello strato
- H Spessore dello strato espresso in [m]
- $\alpha$  Inclinazione espressa in [°]
- Terreno Terreno dello strato
- 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°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	9.70	0.000	Rilevato	---	---	---	---	---
2	2.00	0.000	Arenaria-Faglia	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE ATI:

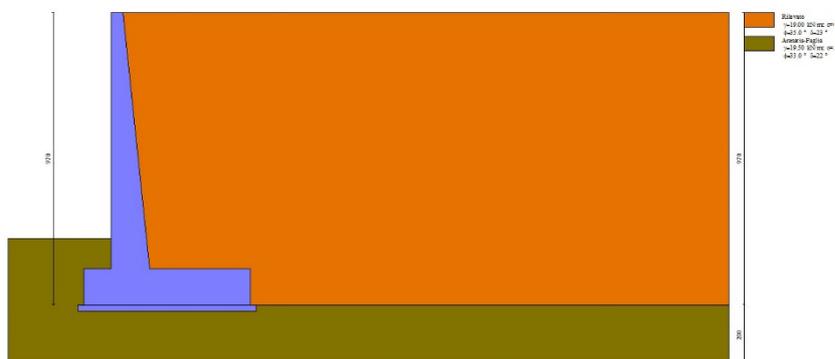


Fig. 2 - Stratigrafia

## 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 <sub>x</sub>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X <sub>i</sub>	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X <sub>f</sub>	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q <sub>i</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>i</sub> espressa in [kN]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kN]

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

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

### Condizione n° 2 (Condizione 2) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

### Condizione n° 3 (Condizione 3) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

### Condizione n° 4 (Condizione 4) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

### Condizione n° 5 (Condizione 5) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

### Condizione n° 6 (Condizione 6) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

### Condizione n° 7 (Condizione 7) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

### Condizione n° 8 (Condizione 8) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

### Condizione n° 9 (Condizione 9) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

### Condizione n° 10 (Condizione 10) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

Condizione n° 11 (Condizione 11) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

Condizione n° 12 (Condizione 12) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

Condizione n° 13 (Condizione 13) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

Condizione n° 14 (Condizione 14) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

Normativa

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	
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	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
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	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
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	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	$\gamma_r$	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	--

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.  
I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$  sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

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

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

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

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

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

Combinazione n° 8 - 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

Combinazione n° 9 - 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

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - 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

Combinazione n° 12 - 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

Combinazione n° 13 - SLER

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

Combinazione n° 14 - SLEF

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

Combinazione n° 15 - SLEQ

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

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

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

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

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

Dati sismici

Comune	Arezzo
Provincia	Arezzo
Regione	Toscana
Latitudine	43.471201
Longitudine	11.863062
Indice punti di interpolazione	21399 - 21621 - 21622 - 21400
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.930	0.856
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.197	0.087
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.429	2.489
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.299	0.283
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.413
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	10.564	5.282

PROGETTAZIONE ATI:

MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo - Ribaltamento	0.570	15.846	7.923
Esercizio	0.470	6.152	3.076

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

## Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
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 ( $0.5B\gamma N_v$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
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

## Risultati per combinazione

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C <sub>x</sub> , C <sub>y</sub>	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P <sub>x</sub> , P <sub>y</sub>	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	284.01	23.33	260.79	112.48	4.20	-6.47
	Peso/Inerzia muro			0.00	336.65/0.00	0.73	-6.97
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	607.11/0.00	2.31	-4.08
2	Spinta statica	218.47	23.33	200.61	86.52	4.20	-6.47
	Incremento di spinta sismica		69.83	64.12	27.65	4.20	-6.47
	Peso/Inerzia muro			35.56	336.65/17.78	0.73	-6.97
	Peso/Inerzia terrapieno			64.14	607.11/32.07	2.31	-4.08
3	Spinta statica	218.47	23.33	200.61	86.52	4.20	-6.47
	Incremento di spinta sismica		47.53	43.65	18.82	4.20	-6.47
	Peso/Inerzia muro			35.56	336.65/-17.78	0.73	-6.97
	Peso/Inerzia terrapieno			64.14	607.11/-32.07	2.31	-4.08
4	Spinta statica	284.01	23.33	260.79	112.48	4.20	-6.47
	Peso/Inerzia muro			0.00	437.64/0.00	0.73	-6.97
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	789.24/0.00	2.31	-4.08
5	Spinta statica	284.01	23.33	260.79	112.48	4.20	-6.47
	Peso/Inerzia muro			0.00	336.65/0.00	0.73	-6.97
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	789.24/0.00	2.31	-4.08
6	Spinta statica	284.01	23.33	260.79	112.48	4.20	-6.47
	Peso/Inerzia muro			0.00	437.64/0.00	0.73	-6.97
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	607.11/0.00	2.31	-4.08
13	Spinta statica	218.47	23.33	200.61	86.52	4.20	-6.47
	Peso/Inerzia muro			0.00	336.65/0.00	0.73	-6.97
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	607.11/0.00	2.31	-4.08
14	Spinta statica	218.47	23.33	200.61	86.52	4.20	-6.47
	Peso/Inerzia muro			0.00	336.65/0.00	0.73	-6.97
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	607.11/0.00	2.31	-4.08
15	Spinta statica	218.47	23.33	200.61	86.52	4.20	-6.47
	Peso/Inerzia muro			0.00	336.65/0.00	0.73	-6.97
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	607.11/0.00	2.31	-4.08

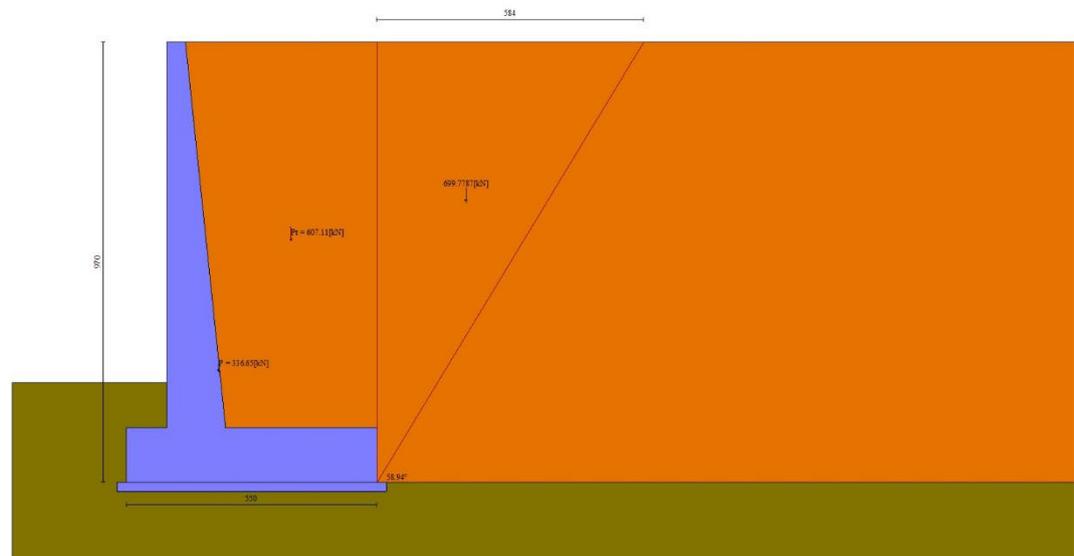


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

PROGETTAZIONE ATI:

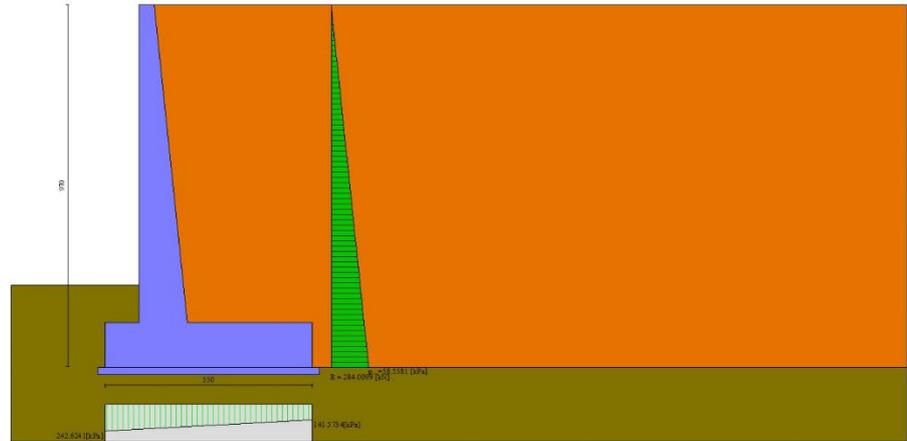


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

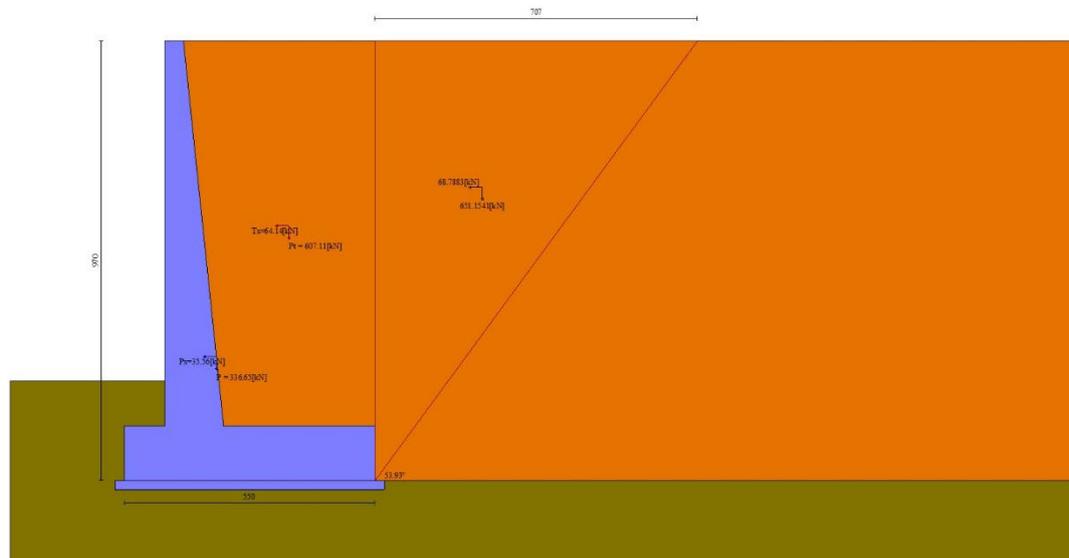


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

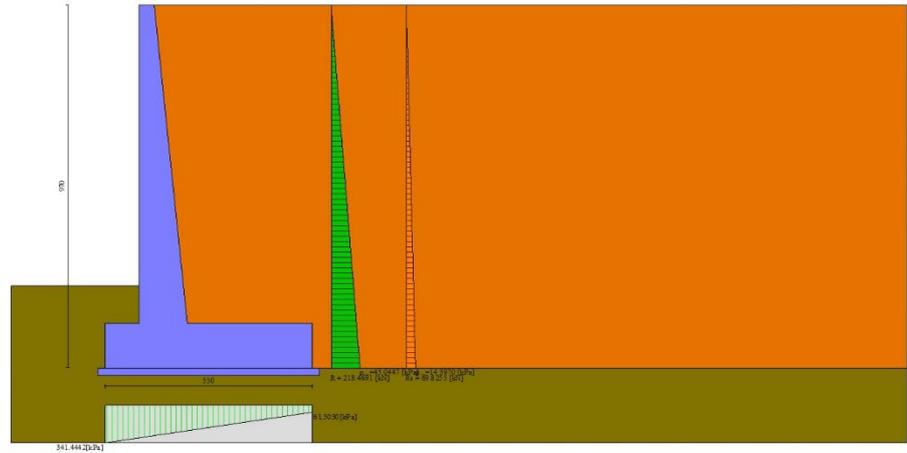


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

## 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

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)		1.847		8.005			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.379		5.233			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.334		5.470			
4 - STR (A1-M1-R3)		2.286		7.668			
5 - STR (A1-M1-R3)		2.129		8.291			
6 - STR (A1-M1-R3)		2.004		7.523			
7 - GEO (A2-M2-R2)					2.215		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.258		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.251		
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.142				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.298				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.961				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	481.73	0.00	0.00	--	--	481.73	260.79	1.847
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	502.56	0.00	0.00	--	--	502.56	364.42	1.379
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	458.71	0.00	0.00	--	--	458.71	343.95	1.334
4 - STR (A1-M1-R3)	596.12	0.00	0.00	--	--	596.12	260.79	2.286
5 - STR (A1-M1-R3)	555.32	0.00	0.00	--	--	555.32	260.79	2.129

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
6 - STR (A1-M1-R3)	522.53	0.00	0.00	--	--	522.53	260.79	2.004

*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 il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	1056.23	8455.25	6039.46	8.005
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1107.78	5797.32	4831.10	5.233
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	999.25	5465.87	4554.89	5.470
4 - STR (A1-M1-R3)	1339.36	10269.97	7335.70	7.668
5 - STR (A1-M1-R3)	1238.37	10267.41	7333.86	8.291
6 - STR (A1-M1-R3)	1157.23	8705.78	6218.41	7.523

**Dettagli calcolo portanza**

**Simbologia adottata**

n° Indice combinazione  
 Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante  
 ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico  
 dc, dq, dy 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  
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof  
 Ir, Irc Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic  
 ry Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B<sub>y</sub>N, 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]  
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]  
 φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]  
 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	Ir	Irc	Re	ry
1	38.638	0.716	1.147	--	--	--	--	--	--	0.791	0.890
	26.092	0.716	1.074	--	--	--	--	--	--		
	26.166	0.336	1.074	--	--	--	--	--	--		
2	38.638	0.636	1.147	--	--	--	--	--	--	0.660	0.890
	26.092	0.636	1.074	--	--	--	--	--	--		
	26.166	0.201	1.074	--	--	--	--	--	--		
3	38.638	0.622	1.147	--	--	--	--	--	--	0.645	0.890
	26.092	0.622	1.074	--	--	--	--	--	--		
	26.166	0.180	1.074	--	--	--	--	--	--		
4	38.638	0.770	1.147	--	--	--	--	--	--	0.848	0.890
	26.092	0.770	1.074	--	--	--	--	--	--		
	26.166	0.444	1.074	--	--	--	--	--	--		
5	38.638	0.753	1.147	--	--	--	--	--	--	0.880	0.890
	26.092	0.753	1.074	--	--	--	--	--	--		
	26.166	0.409	1.074	--	--	--	--	--	--		
6	38.638	0.738	1.147	--	--	--	--	--	--	0.773	0.890
	26.092	0.738	1.074	--	--	--	--	--	--		
	26.166	0.378	1.074	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	2.20	5.50	5.06	19.50	33.00	20
2	2.20	5.50	5.06	19.50	33.00	20
3	2.20	5.50	5.06	19.50	33.00	20
4	2.20	5.50	5.06	19.50	33.00	20
5	2.20	5.50	5.06	19.50	33.00	20
6	2.20	5.50	5.06	19.50	33.00	20

*Verifica a ribaltamento*

**Simbologia adottata**

n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

Mr 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 [kNm]	Mr [kNm]	FS
10 - EQU (A1-M1-R3)	3492.45	843.24	4.142
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	3816.60	1660.83	2.298
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	3520.03	1794.65	1.961

**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 [m]	R [m]	FS
7 - GEO (A2-M2-R2)	-1.00; 2.00	12.81	2.215
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1.00; 4.00	14.66	2.258
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1.00; 4.00	14.66	2.251

**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]  
Qf carico acqua 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 [kPa]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

**Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)**

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	23.91	0.00	0.00	11.67 - 0.85	73.948	29.256	0	0.0	
2	61.34	0.00	0.00	0.85	63.038	29.256	0	0.0	
3	84.86	0.00	0.00	0.85	55.478	29.256	0	0.0	
4	102.83	0.00	0.00	0.85	49.206	29.256	0	0.0	
5	117.37	0.00	0.00	0.85	43.662	29.256	0	0.0	
6	129.43	0.00	0.00	0.85	38.596	29.256	0	0.0	
7	139.53	0.00	0.00	0.85	33.868	29.256	0	0.0	
8	148.03	0.00	0.00	0.85	29.392	29.256	0	0.0	
9	160.36	0.00	0.00	0.85	25.106	29.256	0	0.0	
10	166.73	0.00	0.00	0.85	20.967	27.453	16	0.0	
11	171.58	0.00	0.00	0.85	16.940	27.453	16	0.0	
12	175.36	0.00	0.00	0.85	12.997	27.453	16	0.0	
13	180.14	0.00	0.00	0.85	9.117	27.453	16	0.0	
14	210.09	0.00	0.00	0.85	5.278	27.453	16	0.0	
15	75.60	0.00	0.00	0.85	1.464	27.453	16	0.0	
16	55.08	0.00	0.00	0.85	-2.344	27.453	16	0.0	
17	52.69	0.00	0.00	0.85	-6.163	27.453	16	0.0	
18	50.68	0.00	0.00	0.85	-10.009	27.453	16	0.0	
19	47.69	0.00	0.00	0.85	-13.902	27.453	16	0.0	
20	43.66	0.00	0.00	0.85	-17.862	27.453	16	0.0	
21	38.55	0.00	0.00	0.85	-21.913	27.453	16	0.0	
22	32.34	0.00	0.00	0.85	-26.083	27.453	16	0.0	
23	24.93	0.00	0.00	0.85	-30.408	27.453	16	0.0	
24	16.09	0.00	0.00	0.85	-34.936	27.453	16	0.0	
25	5.57	0.00	0.00	-9.61 - 0.85	-39.362	27.453	16	0.0	

**Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V**

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	21.27	0.00	0.00	13.12 - 0.93	68.910	35.000	0	0.0	
2	56.98	0.00	0.00	0.93	60.402	35.000	0	0.0	
3	82.57	0.00	0.00	0.93	53.659	35.000	0	0.0	
4	102.79	0.00	0.00	0.93	47.886	35.000	0	0.0	
5	119.44	0.00	0.00	0.93	42.706	35.000	0	0.0	
6	133.40	0.00	0.00	0.93	37.933	35.000	0	0.0	
7	145.21	0.00	0.00	0.93	33.454	35.000	0	0.0	
8	155.22	0.00	0.00	0.93	29.197	35.000	0	0.0	

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
9	163.65	0.00	0.00	0.93	25.112	35.000	0	0.0	
10	177.40	0.00	0.00	0.93	21.159	35.000	0	0.0	
11	182.68	0.00	0.00	0.93	17.310	33.000	20	0.0	
12	187.34	0.00	0.00	0.93	13.541	33.000	20	0.0	
13	190.82	0.00	0.00	0.93	9.830	33.000	20	0.0	
14	209.02	0.00	0.00	0.93	6.161	33.000	20	0.0	
15	158.01	0.00	0.00	0.93	2.517	33.000	20	0.0	
16	59.28	0.00	0.00	0.93	-1.116	33.000	20	0.0	
17	55.24	0.00	0.00	0.93	-4.754	33.000	20	0.0	
18	53.30	0.00	0.00	0.93	-8.412	33.000	20	0.0	
19	50.25	0.00	0.00	0.93	-12.105	33.000	20	0.0	
20	46.05	0.00	0.00	0.93	-15.849	33.000	20	0.0	
21	40.66	0.00	0.00	0.93	-19.665	33.000	20	0.0	
22	34.10	0.00	0.00	0.93	-23.574	33.000	20	0.0	
23	26.23	0.00	0.00	0.93	-27.605	33.000	20	0.0	
24	16.86	0.00	0.00	0.93	-31.790	33.000	20	0.0	
25	5.77	0.00	0.00	-10.11 - 0.93	-35.662	33.000	20	0.0	

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	21.27	0.00	0.00	13.12 - 0.93	68.910	35.000	0	0.0	
2	56.98	0.00	0.00	0.93	60.402	35.000	0	0.0	
3	82.57	0.00	0.00	0.93	53.659	35.000	0	0.0	
4	102.79	0.00	0.00	0.93	47.886	35.000	0	0.0	
5	119.44	0.00	0.00	0.93	42.706	35.000	0	0.0	
6	133.40	0.00	0.00	0.93	37.933	35.000	0	0.0	
7	145.21	0.00	0.00	0.93	33.454	35.000	0	0.0	
8	155.22	0.00	0.00	0.93	29.197	35.000	0	0.0	
9	163.65	0.00	0.00	0.93	25.112	35.000	0	0.0	
10	177.40	0.00	0.00	0.93	21.159	35.000	0	0.0	
11	182.68	0.00	0.00	0.93	17.310	33.000	20	0.0	
12	187.34	0.00	0.00	0.93	13.541	33.000	20	0.0	
13	190.82	0.00	0.00	0.93	9.830	33.000	20	0.0	
14	209.02	0.00	0.00	0.93	6.161	33.000	20	0.0	
15	158.01	0.00	0.00	0.93	2.517	33.000	20	0.0	
16	59.28	0.00	0.00	0.93	-1.116	33.000	20	0.0	
17	55.24	0.00	0.00	0.93	-4.754	33.000	20	0.0	
18	53.30	0.00	0.00	0.93	-8.412	33.000	20	0.0	
19	50.25	0.00	0.00	0.93	-12.105	33.000	20	0.0	
20	46.05	0.00	0.00	0.93	-15.849	33.000	20	0.0	
21	40.66	0.00	0.00	0.93	-19.665	33.000	20	0.0	
22	34.10	0.00	0.00	0.93	-23.574	33.000	20	0.0	
23	26.23	0.00	0.00	0.93	-27.605	33.000	20	0.0	
24	16.86	0.00	0.00	0.93	-31.790	33.000	20	0.0	
25	5.77	0.00	0.00	-10.11 - 0.93	-35.662	33.000	20	0.0	

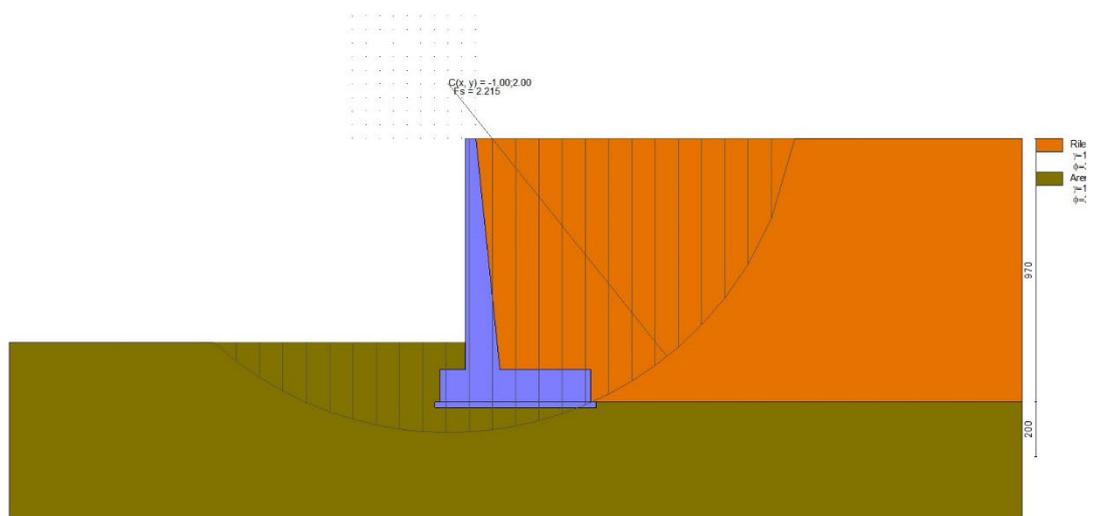


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

**Sollecitazioni**

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°           Indice della sezione  
X            Posizione della sezione, espresso in [m]  
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)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

*Paramento*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.99	0.03	0.00
3	-0.20	2.01	0.13	0.02
4	-0.30	3.06	0.28	0.05
5	-0.40	4.13	0.50	0.11
6	-0.50	5.22	0.78	0.20
7	-0.60	6.34	1.12	0.32
8	-0.70	7.49	1.52	0.49
9	-0.80	8.66	1.98	0.70
10	-0.90	9.85	2.51	0.98
11	-1.00	11.07	3.10	1.31
12	-1.10	12.32	3.75	1.71
13	-1.20	13.59	4.46	2.19
14	-1.30	14.89	5.23	2.75
15	-1.40	16.21	6.07	3.39
16	-1.50	17.56	6.97	4.13
17	-1.60	18.93	7.93	4.97
18	-1.70	20.33	8.95	5.91
19	-1.80	21.76	10.03	6.97
20	-1.90	23.21	11.18	8.15
21	-2.00	24.68	12.39	9.45
22	-2.10	26.18	13.65	10.88
23	-2.20	27.71	14.99	12.45
24	-2.30	29.26	16.38	14.17
25	-2.40	30.83	17.83	16.03
26	-2.50	32.43	19.35	18.05
27	-2.60	34.06	20.93	20.24
28	-2.70	35.71	22.57	22.59
29	-2.80	37.39	24.27	25.12
30	-2.90	39.09	26.04	27.84
31	-3.00	40.82	27.86	30.74
32	-3.10	42.57	29.75	33.83
33	-3.20	44.35	31.70	37.13
34	-3.30	46.16	33.71	40.63
35	-3.40	47.99	35.79	44.35
36	-3.50	49.84	37.92	48.29
37	-3.60	51.72	40.12	52.45
38	-3.70	53.63	42.38	56.85
39	-3.80	55.56	44.70	61.49
40	-3.90	57.51	47.09	66.37
41	-4.00	59.50	49.53	71.50
42	-4.10	61.50	52.04	76.89
43	-4.20	63.53	54.61	82.55
44	-4.30	65.59	57.24	88.47
45	-4.40	67.68	59.93	94.67
46	-4.50	69.78	62.69	101.16
47	-4.60	71.92	65.50	107.93
48	-4.70	74.08	68.38	115.01
49	-4.80	76.26	71.32	122.38
50	-4.90	78.47	74.33	130.06
51	-5.00	80.70	77.39	138.06
52	-5.10	82.96	80.52	146.37
53	-5.20	85.25	83.71	155.02
54	-5.30	87.56	86.96	164.00
55	-5.40	89.90	90.27	173.32
56	-5.50	92.26	93.64	182.98
57	-5.60	94.64	97.08	193.00
58	-5.70	97.06	100.58	203.38
59	-5.80	99.49	104.14	214.12
60	-5.90	101.96	107.76	225.24
61	-6.00	104.45	111.44	236.73
62	-6.10	106.96	115.19	248.61
63	-6.20	109.50	119.00	260.88
64	-6.30	112.06	122.87	273.54
65	-6.40	114.65	126.80	286.61
66	-6.50	117.27	130.79	300.09
67	-6.60	119.91	134.84	313.98
68	-6.70	122.57	138.96	328.30
69	-6.80	125.26	143.14	343.04

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
70	-6.90	127.98	147.38	358.22
71	-7.00	130.72	151.68	373.84
72	-7.10	133.49	156.05	389.91
73	-7.20	136.28	160.48	406.43
74	-7.30	139.10	164.96	423.42
75	-7.40	141.94	169.51	440.87
76	-7.50	144.81	174.13	458.79
77	-7.60	147.70	178.80	477.19
78	-7.70	150.62	183.54	496.08
79	-7.80	153.56	188.34	515.46
80	-7.90	156.53	193.20	535.33
81	-8.00	159.53	198.12	555.72
82	-8.10	162.55	203.10	576.61
83	-8.20	165.60	208.15	598.02
84	-8.30	168.67	213.25	619.95
85	-8.40	171.76	218.42	642.41
86	-8.50	174.88	223.66	665.41

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.05	0.14	0.01
3	-0.20	2.12	0.34	0.04
4	-0.30	3.22	0.60	0.10
5	-0.40	4.34	0.93	0.20
6	-0.50	5.50	1.33	0.33
7	-0.60	6.68	1.78	0.52
8	-0.70	7.88	2.31	0.76
9	-0.80	9.11	2.89	1.07
10	-0.90	10.37	3.54	1.44
11	-1.00	11.66	4.26	1.88
12	-1.10	12.97	5.04	2.41
13	-1.20	14.31	5.89	3.03
14	-1.30	15.68	6.79	3.74
15	-1.40	17.07	7.77	4.55
16	-1.50	18.49	8.81	5.47
17	-1.60	19.93	9.91	6.51
18	-1.70	21.41	11.08	7.66
19	-1.80	22.91	12.31	8.94
20	-1.90	24.43	13.60	10.36
21	-2.00	25.98	14.96	11.92
22	-2.10	27.56	16.39	13.63
23	-2.20	29.17	17.88	15.48
24	-2.30	30.80	19.43	17.50
25	-2.40	32.46	21.05	19.69
26	-2.50	34.15	22.73	22.05
27	-2.60	35.86	24.48	24.59
28	-2.70	37.60	26.29	27.32
29	-2.80	39.37	28.17	30.24
30	-2.90	41.16	30.11	33.36
31	-3.00	42.98	32.11	36.69
32	-3.10	44.82	34.18	40.23
33	-3.20	46.70	36.31	43.99
34	-3.30	48.60	38.51	47.98
35	-3.40	50.52	40.78	52.20
36	-3.50	52.47	43.10	56.66
37	-3.60	54.45	45.49	61.36
38	-3.70	56.46	47.95	66.32
39	-3.80	58.49	50.47	71.54
40	-3.90	60.55	53.06	77.02
41	-4.00	62.64	55.70	82.78
42	-4.10	64.75	58.42	88.81
43	-4.20	66.89	61.20	95.13
44	-4.30	69.06	64.04	101.75
45	-4.40	71.25	66.95	108.66
46	-4.50	73.47	69.92	115.87
47	-4.60	75.72	72.95	123.40
48	-4.70	77.99	76.05	131.25
49	-4.80	80.29	79.22	139.42
50	-4.90	82.61	82.45	147.93
51	-5.00	84.97	85.74	156.77
52	-5.10	87.35	89.10	165.95
53	-5.20	89.75	92.52	175.49
54	-5.30	92.19	96.01	185.39
55	-5.40	94.64	99.56	195.65
56	-5.50	97.13	103.18	206.28
57	-5.60	99.64	106.86	217.29
58	-5.70	102.18	110.60	228.68
59	-5.80	104.75	114.41	240.47
60	-5.90	107.34	118.29	252.65
61	-6.00	109.96	122.22	265.24
62	-6.10	112.61	126.23	278.24
63	-6.20	115.28	130.29	291.65
64	-6.30	117.98	134.43	305.49

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
65	-6.40	120.71	138.62	319.76
66	-6.50	123.46	142.88	334.46
67	-6.60	126.24	147.21	349.61
68	-6.70	129.05	151.60	365.21
69	-6.80	131.88	156.05	381.27
70	-6.90	134.74	160.57	397.79
71	-7.00	137.63	165.15	414.77
72	-7.10	140.54	169.80	432.24
73	-7.20	143.48	174.51	450.19
74	-7.30	146.44	179.29	468.63
75	-7.40	149.44	184.13	487.56
76	-7.50	152.46	189.03	507.00
77	-7.60	155.50	194.00	526.95
78	-7.70	158.58	199.04	547.41
79	-7.80	161.68	204.13	568.39
80	-7.90	164.80	209.30	589.91
81	-8.00	167.96	214.52	611.96
82	-8.10	171.14	219.82	634.55
83	-8.20	174.34	225.17	657.69
84	-8.30	177.57	230.59	681.39
85	-8.40	180.83	236.08	705.65
86	-8.50	184.12	241.63	730.48

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.94	0.13	0.01
3	-0.20	1.91	0.33	0.04
4	-0.30	2.89	0.58	0.10
5	-0.40	3.91	0.89	0.19
6	-0.50	4.94	1.26	0.32
7	-0.60	6.01	1.70	0.49
8	-0.70	7.09	2.19	0.72
9	-0.80	8.20	2.74	1.01
10	-0.90	9.33	3.35	1.35
11	-1.00	10.49	4.02	1.77
12	-1.10	11.67	4.74	2.27
13	-1.20	12.87	5.53	2.84
14	-1.30	14.10	6.38	3.51
15	-1.40	15.36	7.29	4.27
16	-1.50	16.63	8.26	5.13
17	-1.60	17.93	9.28	6.09
18	-1.70	19.26	10.37	7.17
19	-1.80	20.61	11.51	8.37
20	-1.90	21.98	12.72	9.69
21	-2.00	23.38	13.98	11.14
22	-2.10	24.80	15.31	12.73
23	-2.20	26.24	16.69	14.46
24	-2.30	27.71	18.14	16.34
25	-2.40	29.20	19.64	18.38
26	-2.50	30.72	21.20	20.57
27	-2.60	32.26	22.82	22.94
28	-2.70	33.83	24.51	25.47
29	-2.80	35.42	26.25	28.19
30	-2.90	37.03	28.05	31.09
31	-3.00	38.67	29.91	34.18
32	-3.10	40.33	31.83	37.47
33	-3.20	42.01	33.81	40.97
34	-3.30	43.72	35.85	44.67
35	-3.40	45.45	37.94	48.59
36	-3.50	47.21	40.10	52.73
37	-3.60	48.99	42.32	57.10
38	-3.70	50.79	44.60	61.71
39	-3.80	52.62	46.93	66.55
40	-3.90	54.48	49.33	71.64
41	-4.00	56.35	51.79	76.98
42	-4.10	58.25	54.30	82.58
43	-4.20	60.18	56.88	88.44
44	-4.30	62.13	59.51	94.58
45	-4.40	64.10	62.21	100.99
46	-4.50	66.10	64.96	107.68
47	-4.60	68.12	67.77	114.67
48	-4.70	70.16	70.64	121.94
49	-4.80	72.23	73.58	129.52
50	-4.90	74.32	76.57	137.41
51	-5.00	76.44	79.62	145.61
52	-5.10	78.58	82.73	154.12
53	-5.20	80.75	85.90	162.97
54	-5.30	82.94	89.13	172.14
55	-5.40	85.15	92.42	181.65
56	-5.50	87.38	95.77	191.51
57	-5.60	89.65	99.18	201.71
58	-5.70	91.93	102.65	212.27
59	-5.80	94.24	106.17	223.19

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
60	-5.90	96.57	109.76	234.48
61	-6.00	98.93	113.41	246.15
62	-6.10	101.31	117.12	258.19
63	-6.20	103.71	120.88	270.62
64	-6.30	106.14	124.71	283.44
65	-6.40	108.60	128.59	296.66
66	-6.50	111.07	132.54	310.28
67	-6.60	113.57	136.54	324.32
68	-6.70	116.10	140.60	338.77
69	-6.80	118.65	144.73	353.64
70	-6.90	121.22	148.91	368.94
71	-7.00	123.82	153.15	384.67
72	-7.10	126.44	157.45	400.85
73	-7.20	129.08	161.82	417.47
74	-7.30	131.75	166.24	434.55
75	-7.40	134.44	170.72	452.08
76	-7.50	137.16	175.26	470.08
77	-7.60	139.90	179.86	488.56
78	-7.70	142.66	184.52	507.50
79	-7.80	145.45	189.24	526.94
80	-7.90	148.27	194.01	546.86
81	-8.00	151.10	198.85	567.27
82	-8.10	153.96	203.75	588.19
83	-8.20	156.85	208.71	609.62
84	-8.30	159.76	213.72	631.55
85	-8.40	162.69	218.80	654.01
86	-8.50	165.65	223.93	677.00

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.29	0.03	0.00
3	-0.20	2.62	0.13	0.02
4	-0.30	3.97	0.28	0.06
5	-0.40	5.36	0.50	0.12
6	-0.50	6.79	0.78	0.22
7	-0.60	8.24	1.12	0.35
8	-0.70	9.73	1.52	0.53
9	-0.80	11.25	1.98	0.76
10	-0.90	12.81	2.51	1.04
11	-1.00	14.40	3.10	1.39
12	-1.10	16.02	3.75	1.81
13	-1.20	17.67	4.46	2.31
14	-1.30	19.36	5.23	2.89
15	-1.40	21.08	6.07	3.56
16	-1.50	22.83	6.97	4.32
17	-1.60	24.61	7.93	5.19
18	-1.70	26.43	8.95	6.17
19	-1.80	28.28	10.03	7.26
20	-1.90	30.17	11.18	8.47
21	-2.00	32.09	12.39	9.80
22	-2.10	34.04	13.65	11.28
23	-2.20	36.02	14.99	12.89
24	-2.30	38.03	16.38	14.65
25	-2.40	40.08	17.83	16.56
26	-2.50	42.16	19.35	18.63
27	-2.60	44.28	20.93	20.87
28	-2.70	46.43	22.57	23.28
29	-2.80	48.61	24.27	25.86
30	-2.90	50.82	26.04	28.64
31	-3.00	53.07	27.86	31.60
32	-3.10	55.35	29.75	34.76
33	-3.20	57.66	31.70	38.12
34	-3.30	60.01	33.71	41.70
35	-3.40	62.38	35.79	45.49
36	-3.50	64.79	37.92	49.50
37	-3.60	67.24	40.12	53.74
38	-3.70	69.72	42.38	58.22
39	-3.80	72.23	44.70	62.94
40	-3.90	74.77	47.09	67.91
41	-4.00	77.34	49.53	73.13
42	-4.10	79.95	52.04	78.62
43	-4.20	82.60	54.61	84.37
44	-4.30	85.27	57.24	90.40
45	-4.40	87.98	59.93	96.70
46	-4.50	90.72	62.69	103.29
47	-4.60	93.49	65.50	110.18
48	-4.70	96.30	68.38	117.36
49	-4.80	99.14	71.32	124.85
50	-4.90	102.01	74.33	132.66
51	-5.00	104.92	77.39	140.78
52	-5.10	107.85	80.52	149.22
53	-5.20	110.82	83.71	158.00
54	-5.30	113.83	86.96	167.11

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
55	-5.40	116.87	90.27	176.57
56	-5.50	119.94	93.64	186.37
57	-5.60	123.04	97.08	196.54
58	-5.70	126.17	100.58	207.06
59	-5.80	129.34	104.14	217.96
60	-5.90	132.54	107.76	229.23
61	-6.00	135.78	111.44	240.88
62	-6.10	139.05	115.19	252.92
63	-6.20	142.35	119.00	265.36
64	-6.30	145.68	122.87	278.19
65	-6.40	149.05	126.80	291.44
66	-6.50	152.45	130.79	305.10
67	-6.60	155.88	134.84	319.17
68	-6.70	159.34	138.96	333.68
69	-6.80	162.84	143.14	348.61
70	-6.90	166.37	147.38	363.99
71	-7.00	169.94	151.68	379.81
72	-7.10	173.53	156.05	396.09
73	-7.20	177.16	160.48	412.82
74	-7.30	180.83	164.96	430.01
75	-7.40	184.52	169.51	447.68
76	-7.50	188.25	174.13	465.83
77	-7.60	192.01	178.80	484.45
78	-7.70	195.81	183.54	503.57
79	-7.80	199.63	188.34	523.19
80	-7.90	203.49	193.20	543.30
81	-8.00	207.39	198.12	563.93
82	-8.10	211.31	203.10	585.07
83	-8.20	215.27	208.15	606.74
84	-8.30	219.27	213.25	628.93
85	-8.40	223.29	218.42	651.66
86	-8.50	227.35	223.66	674.92

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.99	0.03	0.00
3	-0.20	2.01	0.13	0.02
4	-0.30	3.06	0.28	0.05
5	-0.40	4.13	0.50	0.11
6	-0.50	5.22	0.78	0.20
7	-0.60	6.34	1.12	0.32
8	-0.70	7.49	1.52	0.49
9	-0.80	8.66	1.98	0.70
10	-0.90	9.85	2.51	0.98
11	-1.00	11.07	3.10	1.31
12	-1.10	12.32	3.75	1.71
13	-1.20	13.59	4.46	2.19
14	-1.30	14.89	5.23	2.75
15	-1.40	16.21	6.07	3.39
16	-1.50	17.56	6.97	4.13
17	-1.60	18.93	7.93	4.97
18	-1.70	20.33	8.95	5.91
19	-1.80	21.76	10.03	6.97
20	-1.90	23.21	11.18	8.15
21	-2.00	24.68	12.39	9.45
22	-2.10	26.18	13.65	10.88
23	-2.20	27.71	14.99	12.45
24	-2.30	29.26	16.38	14.17
25	-2.40	30.83	17.83	16.03
26	-2.50	32.43	19.35	18.05
27	-2.60	34.06	20.93	20.24
28	-2.70	35.71	22.57	22.59
29	-2.80	37.39	24.27	25.12
30	-2.90	39.09	26.04	27.84
31	-3.00	40.82	27.86	30.74
32	-3.10	42.57	29.75	33.83
33	-3.20	44.35	31.70	37.13
34	-3.30	46.16	33.71	40.63
35	-3.40	47.99	35.79	44.35
36	-3.50	49.84	37.92	48.29
37	-3.60	51.72	40.12	52.45
38	-3.70	53.63	42.38	56.85
39	-3.80	55.56	44.70	61.49
40	-3.90	57.51	47.09	66.37
41	-4.00	59.50	49.53	71.50
42	-4.10	61.50	52.04	76.89
43	-4.20	63.53	54.61	82.55
44	-4.30	65.59	57.24	88.47
45	-4.40	67.68	59.93	94.67
46	-4.50	69.78	62.69	101.16
47	-4.60	71.92	65.50	107.93
48	-4.70	74.08	68.38	115.01
49	-4.80	76.26	71.32	122.38

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
50	-4.90	78.47	74.33	130.06
51	-5.00	80.70	77.39	138.06
52	-5.10	82.96	80.52	146.37
53	-5.20	85.25	83.71	155.02
54	-5.30	87.56	86.96	164.00
55	-5.40	89.90	90.27	173.32
56	-5.50	92.26	93.64	182.98
57	-5.60	94.64	97.08	193.00
58	-5.70	97.06	100.58	203.38
59	-5.80	99.49	104.14	214.12
60	-5.90	101.96	107.76	225.24
61	-6.00	104.45	111.44	236.73
62	-6.10	106.96	115.19	248.61
63	-6.20	109.50	119.00	260.88
64	-6.30	112.06	122.87	273.54
65	-6.40	114.65	126.80	286.61
66	-6.50	117.27	130.79	300.09
67	-6.60	119.91	134.84	313.98
68	-6.70	122.57	138.96	328.30
69	-6.80	125.26	143.14	343.04
70	-6.90	127.98	147.38	358.22
71	-7.00	130.72	151.68	373.84
72	-7.10	133.49	156.05	389.91
73	-7.20	136.28	160.48	406.43
74	-7.30	139.10	164.96	423.42
75	-7.40	141.94	169.51	440.87
76	-7.50	144.81	174.13	458.79
77	-7.60	147.70	178.80	477.19
78	-7.70	150.62	183.54	496.08
79	-7.80	153.56	188.34	515.46
80	-7.90	156.53	193.20	535.33
81	-8.00	159.53	198.12	555.72
82	-8.10	162.55	203.10	576.61
83	-8.20	165.60	208.15	598.02
84	-8.30	168.67	213.25	619.95
85	-8.40	171.76	218.42	642.41
86	-8.50	174.88	223.66	665.41

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.29	0.03	0.00
3	-0.20	2.62	0.13	0.02
4	-0.30	3.97	0.28	0.06
5	-0.40	5.36	0.50	0.12
6	-0.50	6.79	0.78	0.22
7	-0.60	8.24	1.12	0.35
8	-0.70	9.73	1.52	0.53
9	-0.80	11.25	1.98	0.76
10	-0.90	12.81	2.51	1.04
11	-1.00	14.40	3.10	1.39
12	-1.10	16.02	3.75	1.81
13	-1.20	17.67	4.46	2.31
14	-1.30	19.36	5.23	2.89
15	-1.40	21.08	6.07	3.56
16	-1.50	22.83	6.97	4.32
17	-1.60	24.61	7.93	5.19
18	-1.70	26.43	8.95	6.17
19	-1.80	28.28	10.03	7.26
20	-1.90	30.17	11.18	8.47
21	-2.00	32.09	12.39	9.80
22	-2.10	34.04	13.65	11.28
23	-2.20	36.02	14.99	12.89
24	-2.30	38.03	16.38	14.65
25	-2.40	40.08	17.83	16.56
26	-2.50	42.16	19.35	18.63
27	-2.60	44.28	20.93	20.87
28	-2.70	46.43	22.57	23.28
29	-2.80	48.61	24.27	25.86
30	-2.90	50.82	26.04	28.64
31	-3.00	53.07	27.86	31.60
32	-3.10	55.35	29.75	34.76
33	-3.20	57.66	31.70	38.12
34	-3.30	60.01	33.71	41.70
35	-3.40	62.38	35.79	45.49
36	-3.50	64.79	37.92	49.50
37	-3.60	67.24	40.12	53.74
38	-3.70	69.72	42.38	58.22
39	-3.80	72.23	44.70	62.94
40	-3.90	74.77	47.09	67.91
41	-4.00	77.34	49.53	73.13
42	-4.10	79.95	52.04	78.62
43	-4.20	82.60	54.61	84.37
44	-4.30	85.27	57.24	90.40

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
45	-4.40	87.98	59.93	96.70
46	-4.50	90.72	62.69	103.29
47	-4.60	93.49	65.50	110.18
48	-4.70	96.30	68.38	117.36
49	-4.80	99.14	71.32	124.85
50	-4.90	102.01	74.33	132.66
51	-5.00	104.92	77.39	140.78
52	-5.10	107.85	80.52	149.22
53	-5.20	110.82	83.71	158.00
54	-5.30	113.83	86.96	167.11
55	-5.40	116.87	90.27	176.57
56	-5.50	119.94	93.64	186.37
57	-5.60	123.04	97.08	196.54
58	-5.70	126.17	100.58	207.06
59	-5.80	129.34	104.14	217.96
60	-5.90	132.54	107.76	229.23
61	-6.00	135.78	111.44	240.88
62	-6.10	139.05	115.19	252.92
63	-6.20	142.35	119.00	265.36
64	-6.30	145.68	122.87	278.19
65	-6.40	149.05	126.80	291.44
66	-6.50	152.45	130.79	305.10
67	-6.60	155.88	134.84	319.17
68	-6.70	159.34	138.96	333.68
69	-6.80	162.84	143.14	348.61
70	-6.90	166.37	147.38	363.99
71	-7.00	169.94	151.68	379.81
72	-7.10	173.53	156.05	396.09
73	-7.20	177.16	160.48	412.82
74	-7.30	180.83	164.96	430.01
75	-7.40	184.52	169.51	447.68
76	-7.50	188.25	174.13	465.83
77	-7.60	192.01	178.80	484.45
78	-7.70	195.81	183.54	503.57
79	-7.80	199.63	188.34	523.19
80	-7.90	203.49	193.20	543.30
81	-8.00	207.39	198.12	563.93
82	-8.10	211.31	203.10	585.07
83	-8.20	215.27	208.15	606.74
84	-8.30	219.27	213.25	628.93
85	-8.40	223.29	218.42	651.66
86	-8.50	227.35	223.66	674.92

Combinazione n° 13 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.99	0.02	0.00
3	-0.20	2.01	0.10	0.02
4	-0.30	3.06	0.22	0.05
5	-0.40	4.13	0.38	0.09
6	-0.50	5.22	0.60	0.17
7	-0.60	6.34	0.86	0.27
8	-0.70	7.49	1.17	0.41
9	-0.80	8.66	1.53	0.58
10	-0.90	9.85	1.93	0.80
11	-1.00	11.07	2.38	1.07
12	-1.10	12.32	2.88	1.39
13	-1.20	13.59	3.43	1.78
14	-1.30	14.89	4.03	2.22
15	-1.40	16.21	4.67	2.74
16	-1.50	17.56	5.36	3.33
17	-1.60	18.93	6.10	3.99
18	-1.70	20.33	6.88	4.74
19	-1.80	21.76	7.72	5.58
20	-1.90	23.21	8.60	6.51
21	-2.00	24.68	9.53	7.54
22	-2.10	26.18	10.50	8.67
23	-2.20	27.71	11.53	9.91
24	-2.30	29.26	12.60	11.27
25	-2.40	30.83	13.72	12.74
26	-2.50	32.43	14.88	14.33
27	-2.60	34.06	16.10	16.05
28	-2.70	35.71	17.36	17.91
29	-2.80	37.39	18.67	19.90
30	-2.90	39.09	20.03	22.03
31	-3.00	40.82	21.43	24.31
32	-3.10	42.57	22.89	26.74
33	-3.20	44.35	24.39	29.33
34	-3.30	46.16	25.93	32.07
35	-3.40	47.99	27.53	34.99
36	-3.50	49.84	29.17	38.08
37	-3.60	51.72	30.86	41.34
38	-3.70	53.63	32.60	44.79
39	-3.80	55.56	34.39	48.42

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
40	-3.90	57.51	36.22	52.24
41	-4.00	59.50	38.10	56.26
42	-4.10	61.50	40.03	60.48
43	-4.20	63.53	42.01	64.90
44	-4.30	65.59	44.03	69.54
45	-4.40	67.68	46.10	74.39
46	-4.50	69.78	48.22	79.46
47	-4.60	71.92	50.39	84.75
48	-4.70	74.08	52.60	90.28
49	-4.80	76.26	54.86	96.04
50	-4.90	78.47	57.17	102.04
51	-5.00	80.70	59.53	108.29
52	-5.10	82.96	61.94	114.78
53	-5.20	85.25	64.39	121.53
54	-5.30	87.56	66.89	128.54
55	-5.40	89.90	69.44	135.82
56	-5.50	92.26	72.03	143.36
57	-5.60	94.64	74.68	151.18
58	-5.70	97.06	77.37	159.28
59	-5.80	99.49	80.11	167.66
60	-5.90	101.96	82.89	176.33
61	-6.00	104.45	85.73	185.29
62	-6.10	106.96	88.61	194.55
63	-6.20	109.50	91.54	204.12
64	-6.30	112.06	94.51	214.00
65	-6.40	114.65	97.54	224.18
66	-6.50	117.27	100.61	234.69
67	-6.60	119.91	103.73	245.52
68	-6.70	122.57	106.89	256.67
69	-6.80	125.26	110.11	268.16
70	-6.90	127.98	113.37	279.99
71	-7.00	130.72	116.68	292.16
72	-7.10	133.49	120.04	304.68
73	-7.20	136.28	123.44	317.55
74	-7.30	139.10	126.90	330.78
75	-7.40	141.94	130.40	344.37
76	-7.50	144.81	133.94	358.33
77	-7.60	147.70	137.54	372.66
78	-7.70	150.62	141.18	387.36
79	-7.80	153.56	144.87	402.45
80	-7.90	156.53	148.61	417.93
81	-8.00	159.53	152.40	433.79
82	-8.10	162.55	156.23	450.06
83	-8.20	165.60	160.11	466.72
84	-8.30	168.67	164.04	483.79
85	-8.40	171.76	168.02	501.27
86	-8.50	174.88	172.04	519.17

Combinazione n° 14 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.99	0.02	0.00
3	-0.20	2.01	0.10	0.02
4	-0.30	3.06	0.22	0.05
5	-0.40	4.13	0.38	0.09
6	-0.50	5.22	0.60	0.17
7	-0.60	6.34	0.86	0.27
8	-0.70	7.49	1.17	0.41
9	-0.80	8.66	1.53	0.58
10	-0.90	9.85	1.93	0.80
11	-1.00	11.07	2.38	1.07
12	-1.10	12.32	2.88	1.39
13	-1.20	13.59	3.43	1.78
14	-1.30	14.89	4.03	2.22
15	-1.40	16.21	4.67	2.74
16	-1.50	17.56	5.36	3.33
17	-1.60	18.93	6.10	3.99
18	-1.70	20.33	6.88	4.74
19	-1.80	21.76	7.72	5.58
20	-1.90	23.21	8.60	6.51
21	-2.00	24.68	9.53	7.54
22	-2.10	26.18	10.50	8.67
23	-2.20	27.71	11.53	9.91
24	-2.30	29.26	12.60	11.27
25	-2.40	30.83	13.72	12.74
26	-2.50	32.43	14.88	14.33
27	-2.60	34.06	16.10	16.05
28	-2.70	35.71	17.36	17.91
29	-2.80	37.39	18.67	19.90
30	-2.90	39.09	20.03	22.03
31	-3.00	40.82	21.43	24.31
32	-3.10	42.57	22.89	26.74
33	-3.20	44.35	24.39	29.33
34	-3.30	46.16	25.93	32.07

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
35	-3.40	47.99	27.53	34.99
36	-3.50	49.84	29.17	38.08
37	-3.60	51.72	30.86	41.34
38	-3.70	53.63	32.60	44.79
39	-3.80	55.56	34.39	48.42
40	-3.90	57.51	36.22	52.24
41	-4.00	59.50	38.10	56.26
42	-4.10	61.50	40.03	60.48
43	-4.20	63.53	42.01	64.90
44	-4.30	65.59	44.03	69.54
45	-4.40	67.68	46.10	74.39
46	-4.50	69.78	48.22	79.46
47	-4.60	71.92	50.39	84.75
48	-4.70	74.08	52.60	90.28
49	-4.80	76.26	54.86	96.04
50	-4.90	78.47	57.17	102.04
51	-5.00	80.70	59.53	108.29
52	-5.10	82.96	61.94	114.78
53	-5.20	85.25	64.39	121.53
54	-5.30	87.56	66.89	128.54
55	-5.40	89.90	69.44	135.82
56	-5.50	92.26	72.03	143.36
57	-5.60	94.64	74.68	151.18
58	-5.70	97.06	77.37	159.28
59	-5.80	99.49	80.11	167.66
60	-5.90	101.96	82.89	176.33
61	-6.00	104.45	85.73	185.29
62	-6.10	106.96	88.61	194.55
63	-6.20	109.50	91.54	204.12
64	-6.30	112.06	94.51	214.00
65	-6.40	114.65	97.54	224.18
66	-6.50	117.27	100.61	234.69
67	-6.60	119.91	103.73	245.52
68	-6.70	122.57	106.89	256.67
69	-6.80	125.26	110.11	268.16
70	-6.90	127.98	113.37	279.99
71	-7.00	130.72	116.68	292.16
72	-7.10	133.49	120.04	304.68
73	-7.20	136.28	123.44	317.55
74	-7.30	139.10	126.90	330.78
75	-7.40	141.94	130.40	344.37
76	-7.50	144.81	133.94	358.33
77	-7.60	147.70	137.54	372.66
78	-7.70	150.62	141.18	387.36
79	-7.80	153.56	144.87	402.45
80	-7.90	156.53	148.61	417.93
81	-8.00	159.53	152.40	433.79
82	-8.10	162.55	156.23	450.06
83	-8.20	165.60	160.11	466.72
84	-8.30	168.67	164.04	483.79
85	-8.40	171.76	168.02	501.27
86	-8.50	174.88	172.04	519.17

Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.99	0.02	0.00
3	-0.20	2.01	0.10	0.02
4	-0.30	3.06	0.22	0.05
5	-0.40	4.13	0.38	0.09
6	-0.50	5.22	0.60	0.17
7	-0.60	6.34	0.86	0.27
8	-0.70	7.49	1.17	0.41
9	-0.80	8.66	1.53	0.58
10	-0.90	9.85	1.93	0.80
11	-1.00	11.07	2.38	1.07
12	-1.10	12.32	2.88	1.39
13	-1.20	13.59	3.43	1.78
14	-1.30	14.89	4.03	2.22
15	-1.40	16.21	4.67	2.74
16	-1.50	17.56	5.36	3.33
17	-1.60	18.93	6.10	3.99
18	-1.70	20.33	6.88	4.74
19	-1.80	21.76	7.72	5.58
20	-1.90	23.21	8.60	6.51
21	-2.00	24.68	9.53	7.54
22	-2.10	26.18	10.50	8.67
23	-2.20	27.71	11.53	9.91
24	-2.30	29.26	12.60	11.27
25	-2.40	30.83	13.72	12.74
26	-2.50	32.43	14.88	14.33
27	-2.60	34.06	16.10	16.05
28	-2.70	35.71	17.36	17.91
29	-2.80	37.39	18.67	19.90

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
30	-2.90	39.09	20.03	22.03
31	-3.00	40.82	21.43	24.31
32	-3.10	42.57	22.89	26.74
33	-3.20	44.35	24.39	29.33
34	-3.30	46.16	25.93	32.07
35	-3.40	47.99	27.53	34.99
36	-3.50	49.84	29.17	38.08
37	-3.60	51.72	30.86	41.34
38	-3.70	53.63	32.60	44.79
39	-3.80	55.56	34.39	48.42
40	-3.90	57.51	36.22	52.24
41	-4.00	59.50	38.10	56.26
42	-4.10	61.50	40.03	60.48
43	-4.20	63.53	42.01	64.90
44	-4.30	65.59	44.03	69.54
45	-4.40	67.68	46.10	74.39
46	-4.50	69.78	48.22	79.46
47	-4.60	71.92	50.39	84.75
48	-4.70	74.08	52.60	90.28
49	-4.80	76.26	54.86	96.04
50	-4.90	78.47	57.17	102.04
51	-5.00	80.70	59.53	108.29
52	-5.10	82.96	61.94	114.78
53	-5.20	85.25	64.39	121.53
54	-5.30	87.56	66.89	128.54
55	-5.40	89.90	69.44	135.82
56	-5.50	92.26	72.03	143.36
57	-5.60	94.64	74.68	151.18
58	-5.70	97.06	77.37	159.28
59	-5.80	99.49	80.11	167.66
60	-5.90	101.96	82.89	176.33
61	-6.00	104.45	85.73	185.29
62	-6.10	106.96	88.61	194.55
63	-6.20	109.50	91.54	204.12
64	-6.30	112.06	94.51	214.00
65	-6.40	114.65	97.54	224.18
66	-6.50	117.27	100.61	234.69
67	-6.60	119.91	103.73	245.52
68	-6.70	122.57	106.89	256.67
69	-6.80	125.26	110.11	268.16
70	-6.90	127.98	113.37	279.99
71	-7.00	130.72	116.68	292.16
72	-7.10	133.49	120.04	304.68
73	-7.20	136.28	123.44	317.55
74	-7.30	139.10	126.90	330.78
75	-7.40	141.94	130.40	344.37
76	-7.50	144.81	133.94	358.33
77	-7.60	147.70	137.54	372.66
78	-7.70	150.62	141.18	387.36
79	-7.80	153.56	144.87	402.45
80	-7.90	156.53	148.61	417.93
81	-8.00	159.53	152.40	433.79
82	-8.10	162.55	156.23	450.06
83	-8.20	165.60	160.11	466.72
84	-8.30	168.67	164.04	483.79
85	-8.40	171.76	168.02	501.27
86	-8.50	174.88	172.04	519.17

MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO

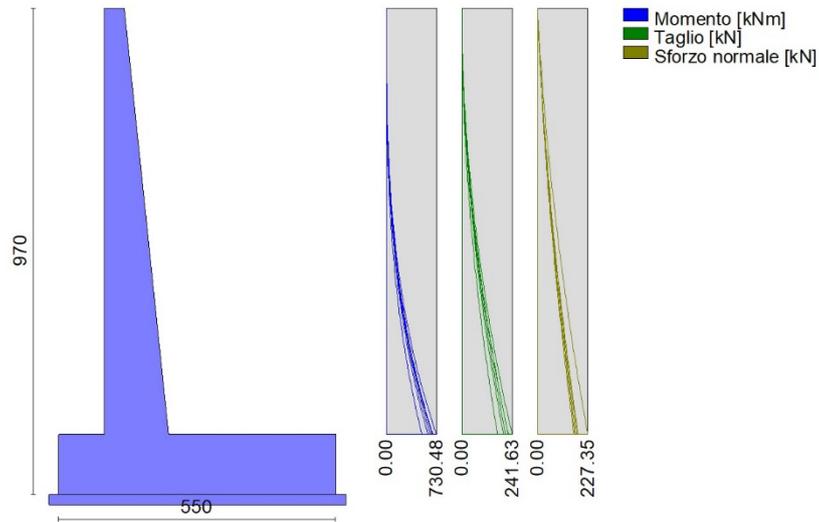


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.30	0.00	0.00	0.00
2	-1.20	0.00	21.23	1.06
3	-1.10	0.00	42.27	4.24
4	-1.00	0.00	63.13	9.51
5	-0.90	0.00	83.81	16.86
6	-0.80	0.00	104.30	26.27
7	-0.70	0.00	124.61	37.72
8	-0.60	0.00	144.74	51.18
9	-0.50	0.00	164.68	66.66
10	-0.40	0.00	184.44	84.11
11	0.88	0.00	-223.40	-426.89
12	0.98	0.00	-219.72	-405.25
13	1.07	0.00	-215.87	-383.98
14	1.17	0.00	-211.84	-363.10
15	1.27	0.00	-207.63	-342.62
16	1.37	0.00	-203.25	-322.56
17	1.46	0.00	-198.70	-302.93
18	1.56	0.00	-193.97	-283.76
19	1.66	0.00	-189.06	-265.06
20	1.76	0.00	-183.98	-246.84
21	1.85	0.00	-178.72	-229.13
22	1.95	0.00	-173.29	-211.94
23	2.05	0.00	-167.68	-195.30
24	2.15	0.00	-161.90	-179.20
25	2.25	0.00	-155.94	-163.68
26	2.34	0.00	-149.81	-148.75
27	2.44	0.00	-143.50	-134.43
28	2.54	0.00	-137.02	-120.73
29	2.64	0.00	-130.36	-107.68
30	2.73	0.00	-123.53	-95.28
31	2.83	0.00	-116.52	-83.56
32	2.93	0.00	-109.34	-72.53
33	3.03	0.00	-101.98	-62.21
34	3.12	0.00	-94.44	-52.62
35	3.22	0.00	-86.73	-43.77
36	3.32	0.00	-78.85	-35.69
37	3.42	0.00	-70.79	-28.38
38	3.51	0.00	-62.55	-21.87
39	3.61	0.00	-54.14	-16.17
40	3.71	0.00	-45.56	-11.30
41	3.81	0.00	-36.80	-7.28
42	3.91	0.00	-27.86	-4.12
43	4.00	0.00	-18.75	-1.84
44	4.10	0.00	-9.46	-0.46
45	4.20	0.00	0.00	0.00

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.30	0.00	0.00	0.00
2	-1.20	0.00	30.95	1.55
3	-1.10	0.00	61.39	6.17
4	-1.00	0.00	91.32	13.81
5	-0.90	0.00	120.74	24.42
6	-0.80	0.00	149.65	37.94
7	-0.70	0.00	178.05	54.33
8	-0.60	0.00	205.94	73.54
9	-0.50	0.00	233.33	95.50
10	-0.40	0.00	260.20	120.18
11	0.88	0.00	-149.07	-402.72
12	0.98	0.00	-152.70	-387.98
13	1.07	0.00	-155.84	-372.92
14	1.17	0.00	-158.49	-357.57
15	1.27	0.00	-160.66	-341.98
16	1.37	0.00	-162.35	-326.21
17	1.46	0.00	-163.54	-310.29
18	1.56	0.00	-164.26	-294.28
19	1.66	0.00	-164.48	-278.23
20	1.76	0.00	-164.23	-262.18
21	1.85	0.00	-163.48	-246.17
22	1.95	0.00	-162.25	-230.26
23	2.05	0.00	-160.54	-214.50
24	2.15	0.00	-158.34	-198.93
25	2.25	0.00	-155.65	-183.59
26	2.34	0.00	-152.48	-168.55
27	2.44	0.00	-148.83	-153.83
28	2.54	0.00	-144.68	-139.50
29	2.64	0.00	-140.06	-125.59
30	2.73	0.00	-134.94	-112.16
31	2.83	0.00	-129.35	-99.25
32	2.93	0.00	-123.26	-86.91
33	3.03	0.00	-116.69	-75.20
34	3.12	0.00	-109.64	-64.14
35	3.22	0.00	-102.10	-53.80
36	3.32	0.00	-94.07	-44.22
37	3.42	0.00	-85.56	-35.44
38	3.51	0.00	-76.57	-27.52
39	3.61	0.00	-67.09	-20.51
40	3.71	0.00	-57.12	-14.44
41	3.81	0.00	-46.67	-9.37
42	3.91	0.00	-35.73	-5.34
43	4.00	0.00	-24.30	-2.40
44	4.10	0.00	-12.39	-0.61
45	4.20	0.00	0.00	0.00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.30	0.00	0.00	0.00
2	-1.20	0.00	28.73	1.44
3	-1.10	0.00	56.96	5.73
4	-1.00	0.00	84.70	12.82
5	-0.90	0.00	111.93	22.65
6	-0.80	0.00	138.66	35.19
7	-0.70	0.00	164.89	50.37
8	-0.60	0.00	190.62	68.15
9	-0.50	0.00	215.85	88.48
10	-0.40	0.00	240.59	111.30
11	0.88	0.00	-211.37	-503.40
12	0.98	0.00	-213.02	-482.68
13	1.07	0.00	-214.20	-461.82
14	1.17	0.00	-214.89	-440.86
15	1.27	0.00	-215.12	-419.86
16	1.37	0.00	-214.86	-398.87
17	1.46	0.00	-214.13	-377.92
18	1.56	0.00	-212.92	-357.07
19	1.66	0.00	-211.23	-336.35
20	1.76	0.00	-209.07	-315.83
21	1.85	0.00	-206.43	-295.54
22	1.95	0.00	-203.31	-275.53
23	2.05	0.00	-199.72	-255.85
24	2.15	0.00	-195.65	-236.54
25	2.25	0.00	-191.10	-217.65
26	2.34	0.00	-186.08	-199.23
27	2.44	0.00	-180.58	-181.33
28	2.54	0.00	-174.60	-163.98
29	2.64	0.00	-168.14	-147.25
30	2.73	0.00	-161.21	-131.16
31	2.83	0.00	-153.80	-115.78
32	2.93	0.00	-145.92	-101.14
33	3.03	0.00	-137.55	-87.30
34	3.12	0.00	-128.71	-74.29

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
35	3.22	0.00	-119.40	-62.18
36	3.32	0.00	-109.60	-50.99
37	3.42	0.00	-99.33	-40.79
38	3.51	0.00	-88.59	-31.61
39	3.61	0.00	-77.36	-23.50
40	3.71	0.00	-65.66	-16.51
41	3.81	0.00	-53.48	-10.69
42	3.91	0.00	-40.83	-6.08
43	4.00	0.00	-27.69	-2.74
44	4.10	0.00	-14.09	-0.69
45	4.20	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.30	0.00	0.00	0.00
2	-1.20	0.00	23.86	1.19
3	-1.10	0.00	47.60	4.77
4	-1.00	0.00	71.22	10.71
5	-0.90	0.00	94.71	19.01
6	-0.80	0.00	118.08	29.65
7	-0.70	0.00	141.32	42.62
8	-0.60	0.00	164.44	57.91
9	-0.50	0.00	187.44	75.50
10	-0.40	0.00	210.32	95.39
11	0.88	0.00	-59.86	-136.96
12	0.98	0.00	-60.04	-131.11
13	1.07	0.00	-60.10	-125.24
14	1.17	0.00	-60.05	-119.37
15	1.27	0.00	-59.87	-113.52
16	1.37	0.00	-59.58	-107.68
17	1.46	0.00	-59.17	-101.89
18	1.56	0.00	-58.64	-96.13
19	1.66	0.00	-58.00	-90.44
20	1.76	0.00	-57.24	-84.81
21	1.85	0.00	-56.36	-79.26
22	1.95	0.00	-55.36	-73.81
23	2.05	0.00	-54.25	-68.45
24	2.15	0.00	-53.02	-63.22
25	2.25	0.00	-51.67	-58.10
26	2.34	0.00	-50.20	-53.13
27	2.44	0.00	-48.62	-48.30
28	2.54	0.00	-46.91	-43.64
29	2.64	0.00	-45.10	-39.14
30	2.73	0.00	-43.16	-34.84
31	2.83	0.00	-41.10	-30.72
32	2.93	0.00	-38.93	-26.81
33	3.03	0.00	-36.64	-23.12
34	3.12	0.00	-34.24	-19.66
35	3.22	0.00	-31.71	-16.44
36	3.32	0.00	-29.07	-13.47
37	3.42	0.00	-26.31	-10.77
38	3.51	0.00	-23.43	-8.34
39	3.61	0.00	-20.44	-6.19
40	3.71	0.00	-17.32	-4.35
41	3.81	0.00	-14.09	-2.81
42	3.91	0.00	-10.75	-1.60
43	4.00	0.00	-7.28	-0.72
44	4.10	0.00	-3.70	-0.18
45	4.20	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.30	0.00	0.00	0.00
2	-1.20	0.00	21.49	1.07
3	-1.10	0.00	42.90	4.29
4	-1.00	0.00	64.24	9.65
5	-0.90	0.00	85.52	17.14
6	-0.80	0.00	106.72	26.75
7	-0.70	0.00	127.85	38.48
8	-0.60	0.00	148.91	52.32
9	-0.50	0.00	169.91	68.26
10	-0.40	0.00	190.83	86.30
11	0.88	0.00	-72.49	-141.85
12	0.98	0.00	-71.47	-134.82
13	1.07	0.00	-70.38	-127.89
14	1.17	0.00	-69.22	-121.08
15	1.27	0.00	-68.00	-114.38
16	1.37	0.00	-66.71	-107.80
17	1.46	0.00	-65.35	-101.35
18	1.56	0.00	-63.92	-95.04
19	1.66	0.00	-62.43	-88.87

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
20	1.76	0.00	-60.87	-82.85
21	1.85	0.00	-59.24	-76.99
22	1.95	0.00	-57.55	-71.28
23	2.05	0.00	-55.79	-65.75
24	2.15	0.00	-53.96	-60.39
25	2.25	0.00	-52.06	-55.22
26	2.34	0.00	-50.10	-50.23
27	2.44	0.00	-48.07	-45.43
28	2.54	0.00	-45.97	-40.84
29	2.64	0.00	-43.80	-36.46
30	2.73	0.00	-41.57	-32.29
31	2.83	0.00	-39.27	-28.34
32	2.93	0.00	-36.90	-24.62
33	3.03	0.00	-34.47	-21.14
34	3.12	0.00	-31.96	-17.90
35	3.22	0.00	-29.39	-14.90
36	3.32	0.00	-26.76	-12.16
37	3.42	0.00	-24.05	-9.68
38	3.51	0.00	-21.28	-7.46
39	3.61	0.00	-18.44	-5.52
40	3.71	0.00	-15.54	-3.86
41	3.81	0.00	-12.57	-2.49
42	3.91	0.00	-9.52	-1.41
43	4.00	0.00	-6.42	-0.63
44	4.10	0.00	-3.24	-0.16
45	4.20	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.30	0.00	0.00	0.00
2	-1.20	0.00	23.60	1.18
3	-1.10	0.00	46.97	4.71
4	-1.00	0.00	70.11	10.57
5	-0.90	0.00	93.00	18.73
6	-0.80	0.00	115.66	29.16
7	-0.70	0.00	138.08	41.85
8	-0.60	0.00	160.27	56.77
9	-0.50	0.00	182.22	73.90
10	-0.40	0.00	203.93	93.21
11	0.88	0.00	-210.78	-422.00
12	0.98	0.00	-208.30	-401.54
13	1.07	0.00	-205.59	-381.33
14	1.17	0.00	-202.66	-361.40
15	1.27	0.00	-199.51	-341.76
16	1.37	0.00	-196.13	-322.44
17	1.46	0.00	-192.52	-303.46
18	1.56	0.00	-188.69	-284.85
19	1.66	0.00	-184.63	-266.62
20	1.76	0.00	-180.35	-248.80
21	1.85	0.00	-175.84	-231.41
22	1.95	0.00	-171.11	-214.47
23	2.05	0.00	-166.15	-198.00
24	2.15	0.00	-160.96	-182.03
25	2.25	0.00	-155.55	-166.57
26	2.34	0.00	-149.92	-151.65
27	2.44	0.00	-144.06	-137.30
28	2.54	0.00	-137.97	-123.53
29	2.64	0.00	-131.66	-110.36
30	2.73	0.00	-125.12	-97.82
31	2.83	0.00	-118.36	-85.94
32	2.93	0.00	-111.37	-74.72
33	3.03	0.00	-104.15	-64.19
34	3.12	0.00	-96.72	-54.38
35	3.22	0.00	-89.05	-45.31
36	3.32	0.00	-81.16	-37.00
37	3.42	0.00	-73.04	-29.47
38	3.51	0.00	-64.70	-22.74
39	3.61	0.00	-56.14	-16.84
40	3.71	0.00	-47.34	-11.79
41	3.81	0.00	-38.33	-7.60
42	3.91	0.00	-29.08	-4.31
43	4.00	0.00	-19.61	-1.93
44	4.10	0.00	-9.92	-0.49
45	4.20	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 13 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.30	0.00	0.00	0.00
2	-1.20	0.00	18.36	0.92
3	-1.10	0.00	36.62	3.67
4	-1.00	0.00	54.78	8.24

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
5	-0.90	0.00	72.85	14.62
6	-0.80	0.00	90.83	22.81
7	-0.70	0.00	108.71	32.78
8	-0.60	0.00	126.49	44.54
9	-0.50	0.00	144.19	58.08
10	-0.40	0.00	161.78	73.38
11	0.88	0.00	-46.05	-105.36
12	0.98	0.00	-46.19	-100.85
13	1.07	0.00	-46.23	-96.34
14	1.17	0.00	-46.19	-91.83
15	1.27	0.00	-46.06	-87.32
16	1.37	0.00	-45.83	-82.83
17	1.46	0.00	-45.52	-78.37
18	1.56	0.00	-45.11	-73.95
19	1.66	0.00	-44.62	-69.57
20	1.76	0.00	-44.03	-65.24
21	1.85	0.00	-43.35	-60.97
22	1.95	0.00	-42.59	-56.77
23	2.05	0.00	-41.73	-52.66
24	2.15	0.00	-40.78	-48.63
25	2.25	0.00	-39.74	-44.69
26	2.34	0.00	-38.62	-40.87
27	2.44	0.00	-37.40	-37.16
28	2.54	0.00	-36.09	-33.57
29	2.64	0.00	-34.69	-30.11
30	2.73	0.00	-33.20	-26.80
31	2.83	0.00	-31.62	-23.63
32	2.93	0.00	-29.95	-20.62
33	3.03	0.00	-28.19	-17.79
34	3.12	0.00	-26.33	-15.12
35	3.22	0.00	-24.39	-12.65
36	3.32	0.00	-22.36	-10.36
37	3.42	0.00	-20.24	-8.28
38	3.51	0.00	-18.02	-6.41
39	3.61	0.00	-15.72	-4.76
40	3.71	0.00	-13.33	-3.35
41	3.81	0.00	-10.84	-2.16
42	3.91	0.00	-8.27	-1.23
43	4.00	0.00	-5.60	-0.55
44	4.10	0.00	-2.85	-0.14
45	4.20	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 14 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.30	0.00	0.00	0.00
2	-1.20	0.00	18.36	0.92
3	-1.10	0.00	36.62	3.67
4	-1.00	0.00	54.78	8.24
5	-0.90	0.00	72.85	14.62
6	-0.80	0.00	90.83	22.81
7	-0.70	0.00	108.71	32.78
8	-0.60	0.00	126.49	44.54
9	-0.50	0.00	144.19	58.08
10	-0.40	0.00	161.78	73.38
11	0.88	0.00	-46.05	-105.36
12	0.98	0.00	-46.19	-100.85
13	1.07	0.00	-46.23	-96.34
14	1.17	0.00	-46.19	-91.83
15	1.27	0.00	-46.06	-87.32
16	1.37	0.00	-45.83	-82.83
17	1.46	0.00	-45.52	-78.37
18	1.56	0.00	-45.11	-73.95
19	1.66	0.00	-44.62	-69.57
20	1.76	0.00	-44.03	-65.24
21	1.85	0.00	-43.35	-60.97
22	1.95	0.00	-42.59	-56.77
23	2.05	0.00	-41.73	-52.66
24	2.15	0.00	-40.78	-48.63
25	2.25	0.00	-39.74	-44.69
26	2.34	0.00	-38.62	-40.87
27	2.44	0.00	-37.40	-37.16
28	2.54	0.00	-36.09	-33.57
29	2.64	0.00	-34.69	-30.11
30	2.73	0.00	-33.20	-26.80
31	2.83	0.00	-31.62	-23.63
32	2.93	0.00	-29.95	-20.62
33	3.03	0.00	-28.19	-17.79
34	3.12	0.00	-26.33	-15.12
35	3.22	0.00	-24.39	-12.65
36	3.32	0.00	-22.36	-10.36
37	3.42	0.00	-20.24	-8.28
38	3.51	0.00	-18.02	-6.41
39	3.61	0.00	-15.72	-4.76
40	3.71	0.00	-13.33	-3.35

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
41	3.81	0.00	-10.84	-2.16
42	3.91	0.00	-8.27	-1.23
43	4.00	0.00	-5.60	-0.55
44	4.10	0.00	-2.85	-0.14
45	4.20	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.30	0.00	0.00	0.00
2	-1.20	0.00	18.36	0.92
3	-1.10	0.00	36.62	3.67
4	-1.00	0.00	54.78	8.24
5	-0.90	0.00	72.85	14.62
6	-0.80	0.00	90.83	22.81
7	-0.70	0.00	108.71	32.78
8	-0.60	0.00	126.49	44.54
9	-0.50	0.00	144.19	58.08
10	-0.40	0.00	161.78	73.38
11	0.88	0.00	-46.05	-105.36
12	0.98	0.00	-46.19	-100.85
13	1.07	0.00	-46.23	-96.34
14	1.17	0.00	-46.19	-91.83
15	1.27	0.00	-46.06	-87.32
16	1.37	0.00	-45.83	-82.83
17	1.46	0.00	-45.52	-78.37
18	1.56	0.00	-45.11	-73.95
19	1.66	0.00	-44.62	-69.57
20	1.76	0.00	-44.03	-65.24
21	1.85	0.00	-43.35	-60.97
22	1.95	0.00	-42.59	-56.77
23	2.05	0.00	-41.73	-52.66
24	2.15	0.00	-40.78	-48.63
25	2.25	0.00	-39.74	-44.69
26	2.34	0.00	-38.62	-40.87
27	2.44	0.00	-37.40	-37.16
28	2.54	0.00	-36.09	-33.57
29	2.64	0.00	-34.69	-30.11
30	2.73	0.00	-33.20	-26.80
31	2.83	0.00	-31.62	-23.63
32	2.93	0.00	-29.95	-20.62
33	3.03	0.00	-28.19	-17.79
34	3.12	0.00	-26.33	-15.12
35	3.22	0.00	-24.39	-12.65
36	3.32	0.00	-22.36	-10.36
37	3.42	0.00	-20.24	-8.28
38	3.51	0.00	-18.02	-6.41
39	3.61	0.00	-15.72	-4.76
40	3.71	0.00	-13.33	-3.35
41	3.81	0.00	-10.84	-2.16
42	3.91	0.00	-8.27	-1.23
43	4.00	0.00	-5.60	-0.55
44	4.10	0.00	-2.85	-0.14
45	4.20	0.00	0.00	0.00

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

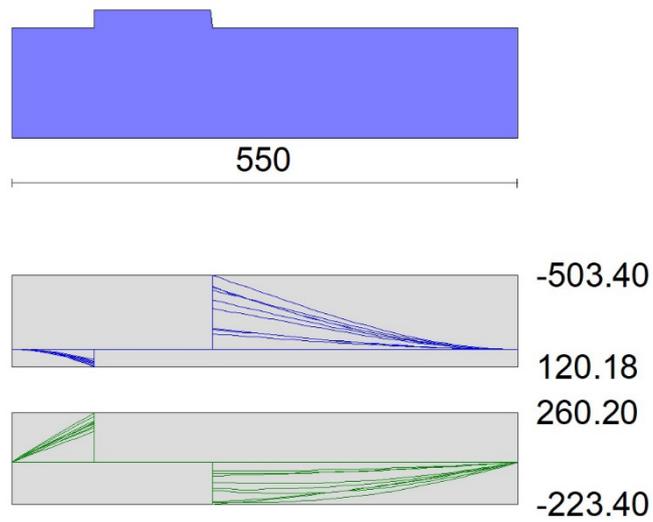


Fig. 9 - Fondazione (Inviluppo)

## Risultati per inviluppo

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C <sub>x</sub> , C <sub>y</sub>	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P <sub>x</sub> , P <sub>y</sub>	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
2	Spinta statica	218.47	23.33	200.61	86.52	4.20	-6.47
	Incremento di spinta sismica		69.83	64.12	27.65	4.20	-6.47
	Peso/Inerzia muro			35.56	336.65/17.78	0.73	-6.97
	Peso/Inerzia terrapieno			64.14	607.11/32.07	2.31	-4.08

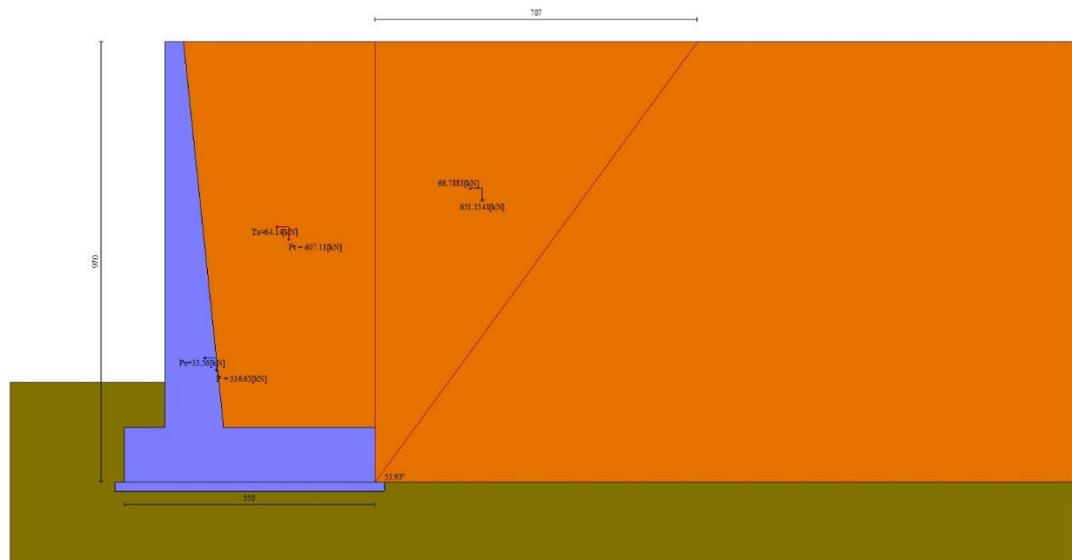
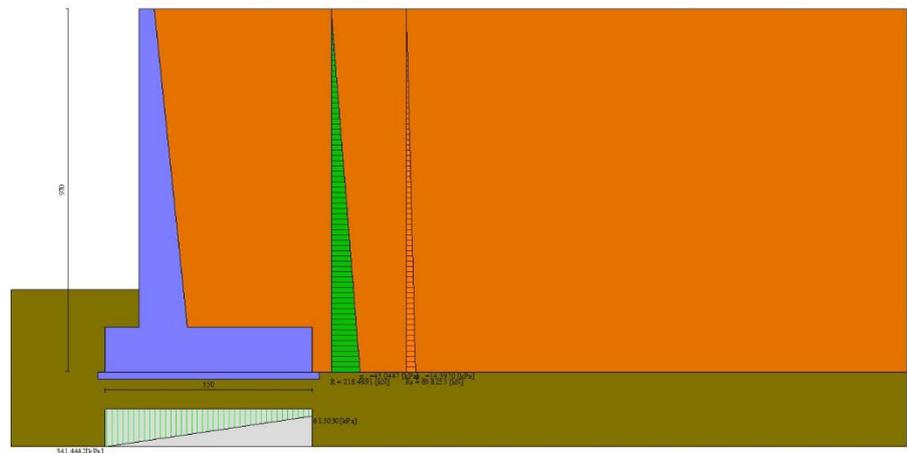


Fig. 10 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)



PROGETTAZIONE ATI:

Fig. 11 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 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

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)		1.847		8.005			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.379		5.233			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.334		5.470			
4 - STR (A1-M1-R3)		2.286		7.668			
5 - STR (A1-M1-R3)		2.129		8.291			
6 - STR (A1-M1-R3)		2.004		7.523			
7 - GEO (A2-M2-R2)					2.215		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.258		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.251		
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.142				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.298				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.961				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	458.71	0.00	0.00	--	--	458.71	343.95	1.334

### 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 il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1107.78	5797.32	4831.10	5.233

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	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
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
r <sub>γ</sub>	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B <sub>γ</sub> /N, viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

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 [kPa]  
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	Ir	Irc	Re	ry
2	38.638 26.092 26.166	0.636 0.636 0.201	1.147 1.074 1.074	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.660	0.890

n°	D	B'	H	$\gamma$	$\phi$	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/mc]	[kPa]
2	2.20	5.50	5.06	19.50	33.00	20

### Verifica a ribaltamento

**Simbologia adottata**  
n° Indice combinazione  
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
Mr 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]	
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	3520.03	1794.65	1.961

### 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]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-1.00; 2.00	12.81	2.215

### 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]  
Qf carico acqua 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 [kPa]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W	Qy	Qf	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	23.91	0.00	0.00	11.67 - 0.85	73.948	29.256	0	0.0	
2	61.34	0.00	0.00	0.85	63.038	29.256	0	0.0	
3	84.86	0.00	0.00	0.85	55.478	29.256	0	0.0	
4	102.83	0.00	0.00	0.85	49.206	29.256	0	0.0	
5	117.37	0.00	0.00	0.85	43.662	29.256	0	0.0	
6	129.43	0.00	0.00	0.85	38.596	29.256	0	0.0	
7	139.53	0.00	0.00	0.85	33.868	29.256	0	0.0	
8	148.03	0.00	0.00	0.85	29.392	29.256	0	0.0	
9	160.36	0.00	0.00	0.85	25.106	29.256	0	0.0	
10	166.73	0.00	0.00	0.85	20.967	27.453	16	0.0	
11	171.58	0.00	0.00	0.85	16.940	27.453	16	0.0	
12	175.36	0.00	0.00	0.85	12.997	27.453	16	0.0	
13	180.14	0.00	0.00	0.85	9.117	27.453	16	0.0	
14	210.09	0.00	0.00	0.85	5.278	27.453	16	0.0	
15	75.60	0.00	0.00	0.85	1.464	27.453	16	0.0	
16	55.08	0.00	0.00	0.85	-2.344	27.453	16	0.0	
17	52.69	0.00	0.00	0.85	-6.163	27.453	16	0.0	
18	50.68	0.00	0.00	0.85	-10.009	27.453	16	0.0	
19	47.69	0.00	0.00	0.85	-13.902	27.453	16	0.0	

PROGETTAZIONE ATI:

MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
20	43.66	0.00	0.00	0.85	-17.862	27.453	16	0.0	
21	38.55	0.00	0.00	0.85	-21.913	27.453	16	0.0	
22	32.34	0.00	0.00	0.85	-26.083	27.453	16	0.0	
23	24.93	0.00	0.00	0.85	-30.408	27.453	16	0.0	
24	16.09	0.00	0.00	0.85	-34.936	27.453	16	0.0	
25	5.57	0.00	0.00	-9.61 - 0.85	-39.362	27.453	16	0.0	

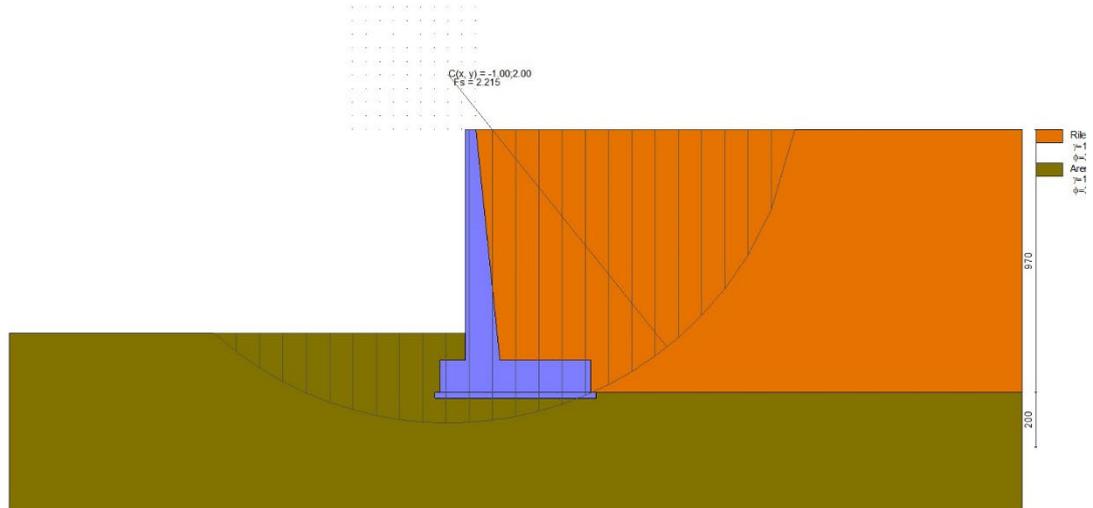


Fig. 12 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- n° Indice della sezione
  - X Posizione della sezione, espresso in [m]
  - 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)
- La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

Paramento

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.94	1.29	0.02	0.14	0.00	0.01
3	-0.20	1.91	2.62	0.10	0.34	0.02	0.04
4	-0.30	2.89	3.97	0.22	0.60	0.05	0.10
5	-0.40	3.91	5.36	0.38	0.93	0.09	0.20
6	-0.50	4.94	6.79	0.60	1.33	0.17	0.33
7	-0.60	6.01	8.24	0.86	1.78	0.27	0.52
8	-0.70	7.09	9.73	1.17	2.31	0.41	0.76
9	-0.80	8.20	11.25	1.53	2.89	0.58	1.07
10	-0.90	9.33	12.81	1.93	3.54	0.80	1.44
11	-1.00	10.49	14.40	2.38	4.26	1.07	1.88
12	-1.10	11.67	16.02	2.88	5.04	1.39	2.41
13	-1.20	12.87	17.67	3.43	5.89	1.78	3.03
14	-1.30	14.10	19.36	4.03	6.79	2.22	3.74
15	-1.40	15.36	21.08	4.67	7.77	2.74	4.55
16	-1.50	16.63	22.83	5.36	8.81	3.33	5.47
17	-1.60	17.93	24.61	6.10	9.91	3.99	6.51
18	-1.70	19.26	26.43	6.88	11.08	4.74	7.66
19	-1.80	20.61	28.28	7.72	12.31	5.58	8.94
20	-1.90	21.98	30.17	8.60	13.60	6.51	10.36
21	-2.00	23.38	32.09	9.53	14.96	7.54	11.92
22	-2.10	24.80	34.04	10.50	16.39	8.67	13.63
23	-2.20	26.24	36.02	11.53	17.88	9.91	15.48
24	-2.30	27.71	38.03	12.60	19.43	11.27	17.50
25	-2.40	29.20	40.08	13.72	21.05	12.74	19.69

PROGETTAZIONE ATI:

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
26	-2.50	30.72	42.16	14.88	22.73	14.33	22.05
27	-2.60	32.26	44.28	16.10	24.48	16.05	24.59
28	-2.70	33.83	46.43	17.36	26.29	17.91	27.32
29	-2.80	35.42	48.61	18.67	28.17	19.90	30.24
30	-2.90	37.03	50.82	20.03	30.11	22.03	33.36
31	-3.00	38.67	53.07	21.43	32.11	24.31	36.69
32	-3.10	40.33	55.35	22.89	34.18	26.74	40.23
33	-3.20	42.01	57.66	24.39	36.31	29.33	43.99
34	-3.30	43.72	60.01	25.93	38.51	32.07	47.98
35	-3.40	45.45	62.38	27.53	40.78	34.99	52.20
36	-3.50	47.21	64.79	29.17	43.10	38.08	56.66
37	-3.60	48.99	67.24	30.86	45.49	41.34	61.36
38	-3.70	50.79	69.72	32.60	47.95	44.79	66.32
39	-3.80	52.62	72.23	34.39	50.47	48.42	71.54
40	-3.90	54.48	74.77	36.22	53.06	52.24	77.02
41	-4.00	56.35	77.34	38.10	55.70	56.26	82.78
42	-4.10	58.25	79.95	40.03	58.42	60.48	88.81
43	-4.20	60.18	82.60	42.01	61.20	64.90	95.13
44	-4.30	62.13	85.27	44.03	64.04	69.54	101.75
45	-4.40	64.10	87.98	46.10	66.95	74.39	108.66
46	-4.50	66.10	90.72	48.22	69.92	79.46	115.87
47	-4.60	68.12	93.49	50.39	72.95	84.75	123.40
48	-4.70	70.16	96.30	52.60	76.05	90.28	131.25
49	-4.80	72.23	99.14	54.86	79.22	96.04	139.42
50	-4.90	74.32	102.01	57.17	82.45	102.04	147.93
51	-5.00	76.44	104.92	59.53	85.74	108.29	156.77
52	-5.10	78.58	107.85	61.94	89.10	114.78	165.95
53	-5.20	80.75	110.82	64.39	92.52	121.53	175.49
54	-5.30	82.94	113.83	66.89	96.01	128.54	185.39
55	-5.40	85.15	116.87	69.44	99.56	135.82	195.65
56	-5.50	87.38	119.94	72.03	103.18	143.36	206.28
57	-5.60	89.65	123.04	74.68	106.86	151.18	217.29
58	-5.70	91.93	126.17	77.37	110.60	159.28	228.68
59	-5.80	94.24	129.34	80.11	114.41	167.66	240.47
60	-5.90	96.57	132.54	82.89	118.29	176.33	252.65
61	-6.00	98.93	135.78	85.73	122.22	185.29	265.24
62	-6.10	101.31	139.05	88.61	126.23	194.55	278.24
63	-6.20	103.71	142.35	91.54	130.29	204.12	291.65
64	-6.30	106.14	145.68	94.51	134.43	214.00	305.49
65	-6.40	108.60	149.05	97.54	138.62	224.18	319.76
66	-6.50	111.07	152.45	100.61	142.88	234.69	334.46
67	-6.60	113.57	155.88	103.73	147.21	245.52	349.61
68	-6.70	116.10	159.34	106.89	151.60	256.67	365.21
69	-6.80	118.65	162.84	110.11	156.05	268.16	381.27
70	-6.90	121.22	166.37	113.37	160.57	279.99	397.79
71	-7.00	123.82	169.94	116.68	165.15	292.16	414.77
72	-7.10	126.44	173.53	120.04	169.80	304.68	432.24
73	-7.20	129.08	177.16	123.44	174.51	317.55	450.19
74	-7.30	131.75	180.83	126.90	179.29	330.78	468.63
75	-7.40	134.44	184.52	130.40	184.13	344.37	487.56
76	-7.50	137.16	188.25	133.94	189.03	358.33	507.00
77	-7.60	139.90	192.01	137.54	194.00	372.66	526.95
78	-7.70	142.66	195.81	141.18	199.04	387.36	547.41
79	-7.80	145.45	199.63	144.87	204.13	402.45	568.39
80	-7.90	148.27	203.49	148.61	209.30	417.93	589.91
81	-8.00	151.10	207.39	152.40	214.52	433.79	611.96
82	-8.10	153.96	211.31	156.23	219.82	450.06	634.55
83	-8.20	156.85	215.27	160.11	225.17	466.72	657.69
84	-8.30	159.76	219.27	164.04	230.59	483.79	681.39
85	-8.40	162.69	223.29	168.02	236.08	501.27	705.65
86	-8.50	165.65	227.35	172.04	241.63	519.17	730.48

MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO

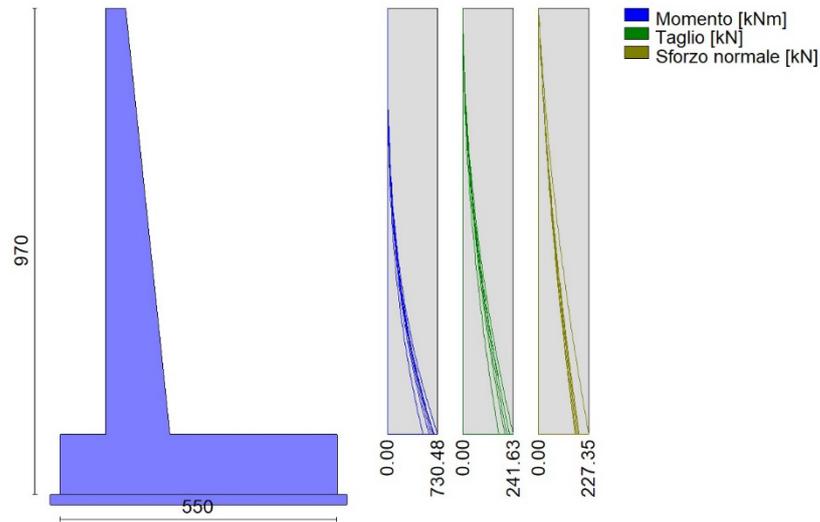


Fig. 13 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	-1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-1.20	0.00	0.00	18.36	30.95	0.92	1.55
3	-1.10	0.00	0.00	36.62	61.39	3.67	6.17
4	-1.00	0.00	0.00	54.78	91.32	8.24	13.81
5	-0.90	0.00	0.00	72.85	120.74	14.62	24.42
6	-0.80	0.00	0.00	90.83	149.65	22.81	37.94
7	-0.70	0.00	0.00	108.71	178.05	32.78	54.33
8	-0.60	0.00	0.00	126.49	205.94	44.54	73.54
9	-0.50	0.00	0.00	144.19	233.33	58.08	95.50
10	-0.40	0.00	0.00	161.78	260.20	73.38	120.18
11	0.88	0.00	0.00	-223.40	-46.05	-503.40	-105.36
12	0.98	0.00	0.00	-219.72	-46.19	-482.68	-100.85
13	1.07	0.00	0.00	-215.87	-46.23	-461.82	-96.34
14	1.17	0.00	0.00	-214.89	-46.19	-440.86	-91.83
15	1.27	0.00	0.00	-215.12	-46.06	-419.86	-87.32
16	1.37	0.00	0.00	-214.86	-45.83	-398.87	-82.83
17	1.46	0.00	0.00	-214.13	-45.52	-377.92	-78.37
18	1.56	0.00	0.00	-212.92	-45.11	-357.07	-73.95
19	1.66	0.00	0.00	-211.23	-44.62	-336.35	-69.57
20	1.76	0.00	0.00	-209.07	-44.03	-315.83	-65.24
21	1.85	0.00	0.00	-206.43	-43.35	-295.54	-60.97
22	1.95	0.00	0.00	-203.31	-42.59	-275.53	-56.77
23	2.05	0.00	0.00	-199.72	-41.73	-255.85	-52.66
24	2.15	0.00	0.00	-195.65	-40.78	-236.54	-48.63
25	2.25	0.00	0.00	-191.10	-39.74	-217.65	-44.69
26	2.34	0.00	0.00	-186.08	-38.62	-199.23	-40.87
27	2.44	0.00	0.00	-180.58	-37.40	-181.33	-37.16
28	2.54	0.00	0.00	-174.60	-36.09	-163.98	-33.57
29	2.64	0.00	0.00	-168.14	-34.69	-147.25	-30.11
30	2.73	0.00	0.00	-161.21	-33.20	-131.16	-26.80
31	2.83	0.00	0.00	-153.80	-31.62	-115.78	-23.63
32	2.93	0.00	0.00	-145.92	-29.95	-101.14	-20.62
33	3.03	0.00	0.00	-137.55	-28.19	-87.30	-17.79
34	3.12	0.00	0.00	-128.71	-26.33	-74.29	-15.12
35	3.22	0.00	0.00	-119.40	-24.39	-62.18	-12.65
36	3.32	0.00	0.00	-109.60	-22.36	-50.99	-10.36
37	3.42	0.00	0.00	-99.33	-20.24	-40.79	-8.28
38	3.51	0.00	0.00	-88.59	-18.02	-31.61	-6.41
39	3.61	0.00	0.00	-77.36	-15.72	-23.50	-4.76
40	3.71	0.00	0.00	-65.66	-13.33	-16.51	-3.35
41	3.81	0.00	0.00	-53.48	-10.84	-10.69	-2.16
42	3.91	0.00	0.00	-40.83	-8.27	-6.08	-1.23
43	4.00	0.00	0.00	-27.69	-5.60	-2.74	-0.55
44	4.10	0.00	0.00	-14.09	-2.85	-0.69	-0.14
45	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**MURO GA02 – IMBOCCO OVEST GALLERIA TORRINO – RELAZIONE DI CALCOLO**

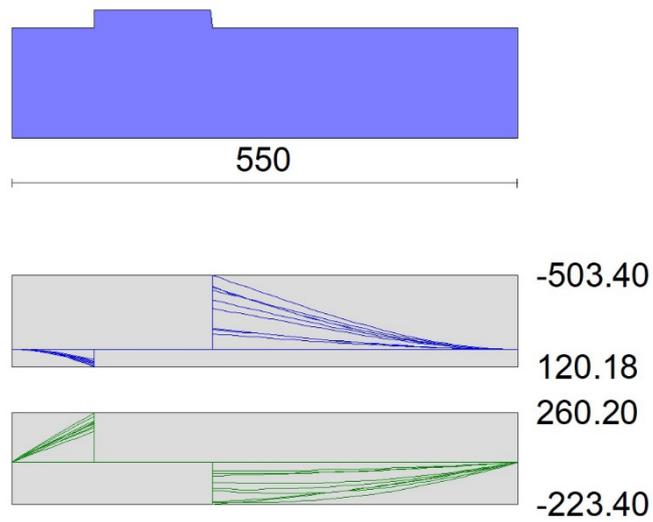


Fig. 14 - Fondazione

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

n°	Indice del ferro
nf	numero ferri
D	diametro ferro espresso in [mm]
L	Lunghezza ferro espresso in [m]
P <sub>ferro</sub>	Peso ferro espresso in [kN]

### Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	71.33	72.30	5157.27
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	65.98	61.97	4088.82
Calcestruzzo magro	[mc]	11.80	46.48	548.31
Casseformi	[mq]	170.45	13.94	2376.11
Scavo a sezione obbligata	[mc]	120.96	9.30	1124.97
<b>Totale muro</b>				<b>13295.49</b>
<b>Totale</b>				<b>13295.49</b>

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA S.R.L.
Licenza	AIU6511C7

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

Il progettista  
( )

---