

# Comune di Vigliano Biellese

## Sistemazione idraulica Torrente Chiebbia

(Codice intervento: BI\_A18\_710\_20\_287 - CUP I57J21000020005)

Ordinanza commissariale n. 15/A18.000/710 del 30/03/2022

Primi interventi urgenti di protezione civile in conseguenza degli eccezionali eventi meteorologici verificatisi nei giorni 2 e 3 ottobre 2020 - Integrazione V stralcio

## PROGETTO ESECUTIVO

	<p><i>ING. FANTON FILIPPO</i></p> <p><i>MELLO RELLA &amp; ASSOCIATI - ingegneria</i></p> <p>STUDIO TECNICO DI FANTON F. - GATTARDI L. MARTINER TESTA D. - MASSAROTTI E.</p>		<p>Dicembre 2022</p>
<p>CODICE 22.011.SI</p>	<p>Via Roma 39 - 13855 Valdengo (BI) Tel. 015881805 - E-mail: megafama@mellorellaeassociati.it</p>		<p>Rev. 00 Dicembre 2022</p>
<p>A1a</p>			

RELAZIONE SPECIALISTICA:  
RELAZIONE GEOTECNICA

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

## 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

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

dove  $\gamma_{sat}$  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.

### 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

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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.

### 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		$N_c = (N_c - 1) \cos \varphi$	$N_c = e^{-1.4 \tan \varphi} K_c$	$N_c = (N_c - 1) \tan(1.4 \varphi)$
Fattori di forma	$\varphi = 0$	$s_c = 1 + 0.2 K_c \frac{B'}{L}$	$s_c = 1$	$s_c = 1$
	$\varphi > 0$	$s_c = 1 + 0.2 K_c \frac{B'}{L}$	$s_c = 1 + 0.1 K_c \frac{B'}{L}$	$s_c = 1 + 0.1 K_c \frac{B'}{L}$
Fattori di profondità	$\varphi = 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_c}$	$d_c = 1$	$d_c = 1$
	$\varphi > 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_c}$	$d_c = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_c}$	$d_c = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_c}$
Fattori di inclinazione del carico	$\varphi = 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^*}{90^\circ}\right)^2$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^*}{90^\circ}\right)^2$	$i_c = 0$
	$\varphi > 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^*}{90^\circ}\right)^2$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^*}{90^\circ}\right)^2$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^*}{\varphi^*}\right)^2$

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:

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

#### 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:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

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

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\varphi_i$  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 [kg/mc]
$R_k$	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso
<u>Pietrame</u>	
$\gamma$	Peso di volume, espresso in [kg/mc]
$\sigma_{cp}$	Tensione di compressione, espresso in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\phi$	Angolo di attrito interno, espresso in [°]
$\tau_p$	Resistenza a taglio, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

## Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$	$R_{ck}$	E	$\nu$	n	ntc
1	Clc Armato	Rck 250	B450C	$[kg/mc]$ 2500,00	$[kg/cm^2]$ 250,00	$[kg/cm^2]$ 306659	0.30	15.00	0.50

## Pietrame

n°	Descr	$\gamma$	$\sigma_{co}$	$\phi$	$\tau_o$
4	Pietrame	$[kg/mc]$ 2600,00	$[kg/cm^2]$ 1000,00	$[^\circ]$ 45.00	$[kg/cm^2]$ 10,00

## 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  $[^\circ]$

n°	X	Y	A
	[m]	[m]	$[^\circ]$
1	0,00	0,00	0.000
2	5,00	0,00	0.000
3	10,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000  $[^\circ]$

## Geometria muro

### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 65,00 [m]

#### Paramento

Materiale Pietrame  
Altezza paramento 3,30 [m]  
Altezza paramento libero 3,30 [m]  
Spessore in sommità 1,00 [m]  
Spessore all'attacco con la fondazione 1,75 [m]  
Inclinazione paramento esterno 29,70  $[^\circ]$   
Inclinazione paramento interno -19,00  $[^\circ]$

#### Fondazione

Materiale Cls Armato  
Lunghezza mensola di valle 0,00 [m]  
Lunghezza mensola di monte 0,00 [m]  
Lunghezza totale 1,75 [m]  
Inclinazione piano di posa 0,00  $[^\circ]$   
Spessore 1,00 [m]  
Spessore magrone 0,00 [m]

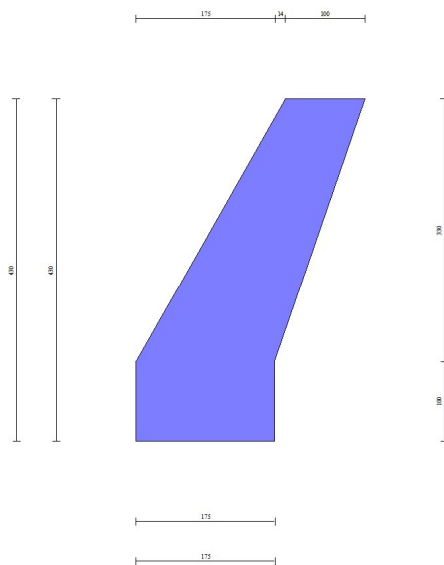


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]
c <sub>a</sub>	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]

n°	Descr	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kg/cm <sup>q</sup> ]	c <sub>a</sub> [kg/cm <sup>q</sup> ]	Cesp	$\tau_l$ [kg/cm <sup>q</sup> ]	
1	Terreno 1	1850,00	1850,00	36.000	24.000	0,00	0,00	---	---	
2	Terreno 2	1850,00	1850,00	36.000	24.000	0,00	0,00	---	---	

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)
Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')	
Kst <sub>sta</sub> , Kst <sub>sis</sub>	Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	3,30	0.000	Terreno 1	0.000	0.000	---	---	---	---	---
2	4,00	0.000	Terreno 2	0.500	0.500	---	---	---	---	---

Terreno di riempimento: Terreno 1  
Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 0.00 [°]



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 [kg]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
M	Momento espresso in [kgm]
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 [kg]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kg]

Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.40 - \Psi_1=0.40 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	Fx [kg]	Fy [kg]	M [kgm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kg]	Qf [kg]
1	Distribuito					0,00	4,00	1000,00	1000,00

## 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	$\gamma_{O,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{O,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{OT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{OT,sfav}$	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	$\gamma_{\tan(e')}$	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	$\gamma_v$	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:

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

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
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole





Fig. 3 -

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



Fig. 4 - (Inviluppo)

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



Fig. 5 - (Inviluppo)

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole



Fig. 6 - (Inviluppo)

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

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



Fig. 7 - (Inviluppo)

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

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



Fig. 8 - (Inviluppo)

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole



Fig. 9 - (Inviluppo)

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

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



Fig. 10 - (Inviluppo)

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

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



Fig. 11 - (Inviluppo)

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole



Fig. 12 - (Inviluppo)

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.40	Sfavorevole



Fig. 13 - (Inviluppo)

Combinazione n° 12 - SLEQ

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



Fig. 14 - (Inviluppo)

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

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



Fig. 15 - (Inviluppo)

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

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



Fig. 16 - (Inviluppo)

### Dati sismici

Comune	Vigliano Biellese
Provincia	Biella
Regione	Piemonte
Latitudine	45.565481
Longitudine	8.105630
Indice punti di interpolazione	11580 - 11358 - 11357 - 11579
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_0$	[m/s <sup>2</sup> ]		0.406	0.203
Accelerazione al suolo	$a_0/g$	[%]		0.041	0.021
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.690	2.576
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.284	0.183
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	1.887	0.944
Ultimo - Ribaltamento	0.570	2.831	1.415
Esercizio	0.470	1.166	0.583

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 ( $0.5B\gamma N_{\gamma}$ )	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
Richiesto controllo eccentricità verifiche muro a gravità in cls	

### Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5,00 [cm]

### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti



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 [kg]
- C<sub>x</sub>, C<sub>y</sub> Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kg]
- P<sub>x</sub>, P<sub>y</sub> Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kg]	I [°]	C <sub>x</sub> [kg]	C <sub>y</sub> [kg]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	4054	9,20	4002	648	0,00	-2,72
	Peso/Inerzia muro			0	16145/0	-1,51	-2,34

Risultanti globali

Simbologia adottata

- Cmb Indice/Tipo combinazione
- N Componente normale al piano di posa, espressa in [kg]
- T Componente parallela al piano di posa, espressa in [kg]
- M<sub>r</sub> Momento ribaltante, espresso in [kgm]
- M<sub>s</sub> Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
- ecc Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kg]	T [kg]	M <sub>r</sub> [kgm]	M <sub>s</sub> [kgm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	16793	4002	6330	24048	-0,182
2 - STR (A1-M1-R3)	16721	2916	4324	23608	-0,280
3 - STR (A1-M1-R3)	16408	2870	4472	23377	-0,279
4 - GEO (A2-M2-R2)	16518	4438	7075	23255	-0,106
5 - GEO (A2-M2-R2)	16721	2916	4324	23608	-0,280
6 - GEO (A2-M2-R2)	16408	2870	4472	23377	-0,279
7 - EQU (A1-M1-R3)	16793	4002	6330	24048	-0,182
8 - EQU (A1-M1-R3)	16811	3156	4739	23753	-0,258
9 - EQU (A1-M1-R3)	16343	3087	4961	23407	-0,256
10 - SLER	16640	3055	4819	23606	-0,256
11 - SLEF	16580	2687	4027	23434	-0,297
12 - SLEQ	16541	2441	3499	23319	-0,325
13 - SLEQ	16652	2734	4008	23497	-0,297
14 - SLEQ	16459	2705	4099	23355	-0,297

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>SOLIM</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>SOLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.868		6.175			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.553		6.479			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.545		6.602			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.654		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.154		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.152		
7 - EQU (A1-M1-R3)			3.799				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		5.012				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		4.718				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

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

n°	Rsa [kg]	Rpt [kg]	Rps [kg]	Rp [kg]	Rt [kg]	R [kg]	T [kg]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	7477	0	0	--	--	7477	4002	1.868

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N	Qu	Qd	FS
----	---	----	----	----

	[kg]	[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	16793	103707	74077	6.175

### 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 $0.5B_y N_y$ 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 [kg/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cm <sup>q</sup> ]

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

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	50.585 37.752 44.426	0.724 0.724 0.394	1.225 1.112 1.112	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.677	1.000

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kg/mc]	c [kg/cm <sup>q</sup> ]
1	1,00	1,75	1,71	1850	36.00	0,00

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kgm]	Mr [kgm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	24048	6330	3.799

### 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
4 - GEO (A2-M2-R2)	-3,00; 0,50	5,16	1.654

### 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 [kg]
Q <sub>y</sub>	carico sulla striscia espresso in [kg]
Q <sub>f</sub>	carico acqua sulla striscia espresso in [kg]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
T <sub>x</sub> ; T <sub>y</sub>	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cmq]

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm <sup>q</sup> ]	u [kg/cm <sup>q</sup> ]	Tx; Ty [kg]
1	446	398	0	2,14 - 0,35	76.061	30.167	0,00	0,000	
2	1120	398	0	0,35	64.066	30.167	0,00	0,000	
3	1513	398	0	0,35	56.213	30.167	0,00	0,000	
4	1809	398	0	0,35	49.780	30.167	0,00	0,000	
5	2048	398	0	0,35	44.126	30.167	0,00	0,000	
6	2245	398	0	0,35	38.977	30.167	0,00	0,000	
7	2493	79	0	0,35	34.182	30.167	0,00	0,000	
8	2886	0	0	0,35	29.648	30.167	0,00	0,000	
9	3263	0	0	0,35	25.312	30.167	0,00	0,000	
10	3492	0	0	0,35	21.126	30.167	0,00	0,000	
11	3181	0	0	0,35	17.056	30.167	0,00	0,000	
12	2696	0	0	0,35	13.074	30.167	0,00	0,000	
13	2193	0	0	0,35	9.155	30.167	0,00	0,000	
14	1620	0	0	0,35	5.279	30.167	0,00	0,000	
15	1060	0	0	0,35	1.428	30.167	0,00	0,000	
16	865	0	0	0,35	-2.418	30.167	0,00	0,000	
17	848	0	0	0,35	-6.274	30.167	0,00	0,000	
18	816	0	0	0,35	-10.159	30.167	0,00	0,000	

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	Tx; Ty [kg]
19	769	0	0	0,35	-14.092	30.167	0,00	0,000	
20	705	0	0	0,35	-18.094	30.167	0,00	0,000	
21	623	0	0	0,35	-22.191	30.167	0,00	0,000	
22	523	0	0	0,35	-26.412	30.167	0,00	0,000	
23	402	0	0	0,35	-30.794	30.167	0,00	0,000	
24	258	0	0	0,35	-35.388	30.167	0,00	0,000	
25	85	0	0	-6,50 - 0,35	-38.937	30.167	0,00	0,000	

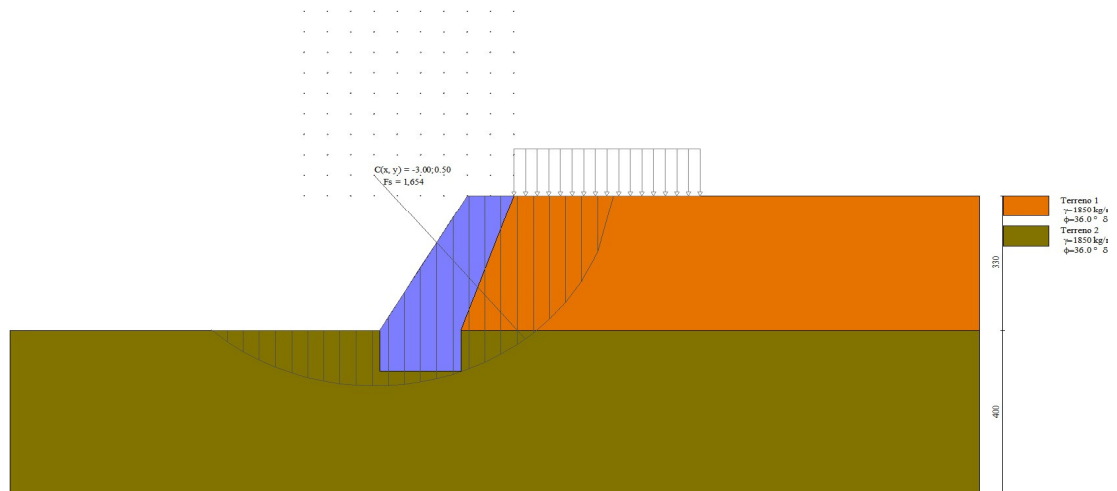


Fig. 17 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

n°	Indice della sezione
X	Posizione della sezione, espresso in [m]
N	Sforzo normale, espresso in [kg]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kg]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kgm]. 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> [kg]	N <sub>max</sub> [kg]	T <sub>min</sub> [kg]	T <sub>max</sub> [kg]	M <sub>min</sub> [kgm]	M <sub>max</sub> [kgm]
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	-0,10	260	265	1	17	-6	-5
3	-0,20	527	537	4	37	-24	-21
4	-0,30	799	814	10	59	-54	-46
5	-0,40	1077	1097	17	85	-96	-83
6	-0,50	1361	1386	27	113	-150	-129
7	-0,60	1650	1682	39	144	-216	-186
8	-0,70	1945	1983	52	177	-294	-253
9	-0,80	2247	2289	69	214	-385	-330
10	-0,90	2554	2602	87	253	-488	-417
11	-1,00	2867	2921	107	295	-604	-515
12	-1,10	3185	3246	129	340	-732	-623
13	-1,20	3510	3577	154	387	-872	-741
14	-1,30	3840	3913	181	438	-1025	-869
15	-1,40	4176	4256	210	491	-1190	-1008
16	-1,50	4518	4604	241	547	-1369	-1157
17	-1,60	4866	4959	274	606	-1560	-1316
18	-1,70	5220	5319	309	667	-1763	-1485
19	-1,80	5579	5685	346	731	-1980	-1665
20	-1,90	5944	6058	386	798	-2209	-1854
21	-2,00	6315	6436	428	868	-2451	-2054
22	-2,10	6692	6820	472	941	-2707	-2264
23	-2,20	7075	7210	518	1016	-2975	-2484
24	-2,30	7464	7606	566	1094	-3257	-2714
25	-2,40	7858	8008	616	1175	-3551	-2954
26	-2,50	8258	8415	668	1259	-3859	-3204
27	-2,60	8664	8829	723	1345	-4180	-3465
28	-2,70	9076	9249	779	1434	-4515	-3735
29	-2,80	9494	9674	838	1527	-4862	-4016
30	-2,90	9917	10106	899	1621	-5224	-4307
31	-3,00	10346	10543	962	1719	-5598	-4608
32	-3,10	10782	10987	1027	1819	-5987	-4918
33	-3,20	11222	11436	1095	1922	-6389	-5239
34	-3,30	11669	11892	1164	2028	-6804	-5570

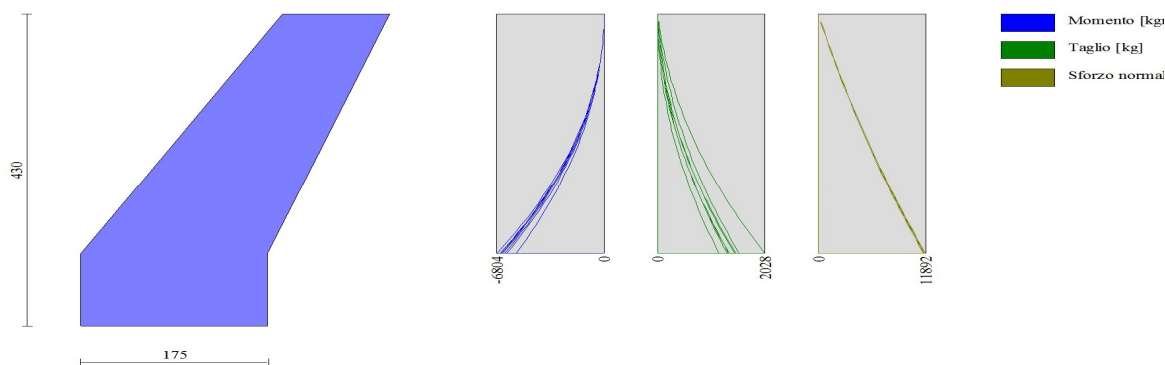


Fig. 18 - Paramento

## Verifiche strutturali

### Paramento in pietrame

#### Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
As	area sezione reagente espresso in [cmq]
e	eccentricità espresso in [cm]
$\sigma$	tensione espressa in [kg/cmq]
Rt	resistenza ai carichi orizzontali espressa in [kg]
Et	Azione orizzontale espressa in [kg]
FSsco	fattore di sicurezza allo scorrimento (Rt/Et)
Ms	momento stabilizzante espresso in [kgm]
Mr	momento ribaltante espresso in [kgm]
FSrib	fattore di sicurezza a ribaltamento (Ms/Mr)

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	$\sigma$ [kg/cmq]	Rt [kg]	Et [kg]	FSsco	Ms [kgm]	Mr [kgm]	FSrib
1	0,00	10000	0,00	0,00	100000,00	0,00	100.000	0,00	0,00	100.000
2	-0,10	10226	-2,26	0,03	102523,56	17,01	6028.172	142,00	0,83	171.727
3	-0,20	10452	-4,49	0,06	105053,00	36,83	2852.465	305,63	3,50	87.440
4	-0,30	10678	-6,66	0,10	107588,32	59,43	1810.451	491,38	8,29	59.308
5	-0,40	10904	-8,80	0,14	110129,51	84,77	1299.164	699,76	15,47	45.227
6	-0,50	11130	-10,90	0,19	112676,59	112,88	998.206	931,28	25,33	36.764
7	-0,60	11356	-12,97	0,23	115229,54	143,77	801.496	1186,46	38,14	31.107
8	-0,70	11582	-14,99	0,28	117788,36	177,44	663.834	1465,80	54,18	27.055
9	-0,80	11808	-16,98	0,33	120353,07	213,88	562.701	1769,81	73,72	24.007
10	-0,90	12035	-18,94	0,39	122923,65	253,11	485.649	2099,00	97,05	21.629
11	-1,00	12261	-20,86	0,44	125500,11	295,12	425.253	2453,89	124,44	19.720
12	-1,10	12487	-22,75	0,50	128082,45	339,91	376.818	2834,98	156,16	18.154
13	-1,20	12713	-24,61	0,55	130670,67	387,47	337.240	3242,78	192,51	16.845
14	-1,30	12679	-26,44	0,61	130671,56	437,82	298.462	3677,81	233,75	15.734
15	-1,40	12574	-28,24	0,67	129953,59	490,94	264.703	4140,56	280,17	14.779
16	-1,50	12477	-30,00	0,73	129330,46	546,84	236.503	4631,55	332,03	13.949
17	-1,60	12389	-31,75	0,79	128799,62	605,53	212.706	5151,29	389,63	13.221
18	-1,70	12309	-33,46	0,86	128358,62	666,99	192.444	5700,30	453,23	12.577
19	-1,80	12237	-35,15	0,92	128005,09	731,23	175.053	6279,07	523,12	12.003
20	-1,90	12174	-36,81	0,99	127736,75	798,26	160.020	6888,12	599,57	11.488
21	-2,00	12118	-38,45	1,05	127551,42	868,06	146.939	7527,95	682,86	11.024
22	-2,10	12069	-40,06	1,12	127446,98	940,64	135.490	8199,09	773,27	10.603
23	-2,20	12028	-41,65	1,19	127421,39	1016,00	125.415	8902,03	871,08	10.220
24	-2,30	11994	-43,22	1,26	127472,70	1094,14	116.505	9637,29	976,57	9.869
25	-2,40	11967	-44,77	1,33	127599,00	1175,06	108.590	10405,38	1090,00	9.546
26	-2,50	11946	-46,29	1,40	127798,47	1258,76	101.528	11206,80	1211,67	9.249
27	-2,60	11932	-47,79	1,47	128069,35	1345,24	95.202	12042,07	1341,85	8.974
28	-2,70	11925	-49,27	1,54	128409,93	1434,49	89.516	12911,69	1480,81	8.719
29	-2,80	11923	-50,73	1,61	128818,57	1526,53	84.387	13816,18	1628,84	8.482
30	-2,90	11928	-52,18	1,68	129293,69	1621,35	79.745	14756,04	1786,21	8.261
31	-3,00	11939	-53,60	1,75	129833,74	1718,94	75.531	15731,79	1953,20	8.054
32	-3,10	11955	-55,00	1,82	130437,25	1819,32	71.696	16743,93	2130,09	7.861
33	-3,20	11977	-56,39	1,89	131102,79	1922,47	68.195	17792,97	2317,16	7.679
34	-3,30	12005	-57,76	1,96	131828,96	2028,41	64.991	18879,43	2514,68	7.508

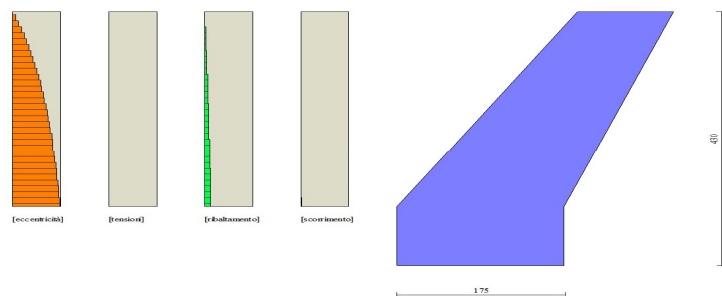


Fig. 19 - Verifiche paramento pietrame (Inviluppo)

## 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	Mello Rella e Associati
Licenza	AIU5712LJ

#### 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  
( )

\_\_\_\_\_