

**COMUNE DI BALDISSERO Torinese**

**Regione Piemonte – Città Metropolitana di Torino**

**Progetto Esecutivo per la messa in sicurezza dello smottamento  
su strada comunale Bellavista civ. 20 – 22  
Ordinanza Sindacale contingibile ed urgente n. 17 del 18.06.2020**

**Relazione di calcolo**

**Il Responsabile Unico del procedimento**

**Il Progettista incaricato**

**Allegato 6**

## Relazione di calcolo

### 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)

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 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 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

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

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

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

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

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza

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

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

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

## Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ . Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$ .

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

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

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

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:

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

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

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

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.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

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

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

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

#### Fattori di profondità

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

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

#### Fattori di inclinazione

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

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\circ$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^\circ \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

## Verifica alla stabilità globale

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

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

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

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i^n \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  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 e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## Normativa

### N.T.C. 2018 - Approccio 1

#### Simbologia adottata

$\gamma_{Gs\text{fav}}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{G\text{fav}}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qs\text{fav}}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Q\text{fav}}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{\tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_r$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G\text{fav}}$	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gs\text{fav}}$	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q\text{fav}}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qs\text{fav}}$	1,50	1,30	1,50	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri			M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$		1,00	1,00	1,00	1,00

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G\text{fav}}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gs\text{fav}}$	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q\text{fav}}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qs\text{fav}}$	1,00	1,00	1,00	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri			M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$		1,00	1,00	1,00	1,00

## FONDAZIONE SUPERFICIALE

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

#### Verifica

	R1	Coefficienti parziali	
		R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10

Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

## Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a gravità in pietrame
Altezza del paramento	5,50 [m]
Spessore in sommità	1,20 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	3,20 [m]
Inclinazione paramento esterno	20,00 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	35,00 [m]
<b>Fondazione</b>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	3,20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	3,00 [°]
Spessore fondazione	0,70 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

<i>Pietrame</i>	
Peso specifico	2000,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	30,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]
Resistenza a taglio $\tau_p$	0,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(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	Y	A
1	10,00	0,00	0,00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,00	[m]

## Descrizione terreni

### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	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>2</sup> ]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
strtato unità 1	1800	2000	30,00	20,00	0,000	0,000

Cappellaccio	2000	2000	25.00	16.67	0,050	0,050
Strato unità 2	2000	2000	30.00	20.00	0,500	0,500

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
K <sub>w</sub>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
K <sub>s</sub>	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	K <sub>w</sub>	K <sub>s</sub>	Terreno
1	5,00	10,00	0,00	0,00	strato unità 1
2	1,00	10,00	1,89	0,00	Cappellaccio
3	10,00	0,00	9,58	0,00	Strato unità 2

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

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/m]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kg/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (Condizione 1)

D	Profilo	X <sub>i</sub> =0,00	X <sub>f</sub> =5,00	Q <sub>i</sub> =2000,00	Q <sub>f</sub> =2000,00
---	---------	----------------------	----------------------	-------------------------	-------------------------

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

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

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

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

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

### Combinazione n° 3 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	0,90	1,00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1,00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1,00	1,10

### Combinazione n° 4 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

### Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00



Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Condizione 1	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 7 - Caso EQU (SLU)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	0,90	1,00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1,00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1,00	1,10
Condizione 1	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 9 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 10 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 13 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 14 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 15 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 16 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 17 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00

Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 18 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 19 - Frequente (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,00	0,75	0,75

Combinazione n° 20 - Rara (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 21 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 22 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 23 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,00	0,75	0,75

Combinazione n° 24 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,00	0,75	0,75

Combinazione n° 25 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 26 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

## Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza      metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su  $N_y$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su  $N_y$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

### **Impostazioni avanzate**

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS<sub>SCO</sub></i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS<sub>RIB</sub></i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS<sub>QLM</sub></i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS<sub>STAB</sub></i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>SCO</sub></b>	<b>CS<sub>RIB</sub></b>	<b>CS<sub>QLM</sub></b>	<b>CS<sub>STAB</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	--	2,78	--	10,32	--
2	A2-M2 - [1]	--	2,31	--	5,48	--
3	EQU - [1]	--	--	2,29	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,90
5	A1-M1 - [2]	--	1,80	--	5,59	--
6	A2-M2 - [2]	--	1,36	--	2,73	--
7	EQU - [2]	--	--	1,44	--	--
8	STAB - [2]	--	--	--	--	1,56
9	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	3,52	--	12,75	--
10	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	3,54	--	12,91	--
11	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2,17	--	5,08	--
12	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2,19	--	5,14	--
13	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,56	--	--
14	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,54	--	--
15	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,86
16	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,87
17	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	3,52	--	12,75	--
18	SLEQ - [1]	--	3,80	--	13,69	--
19	SLEF - [1]	--	2,87	--	10,02	--
20	SLER - [1]	--	2,66	--	9,03	--
21	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	3,65	--	13,19	--
22	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	3,66	--	13,28	--
23	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,77	--	9,61	--
24	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,78	--	9,67	--
25	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,57	--	8,64	--
26	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,58	--	8,70	--

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :  
 Origine in testa al muro (spigolo di monte)  
 Ascisse X (esprese in [m]) positive verso monte  
 Ordinate Y (esprese in [m]) positive verso l'alto  
 Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle  
 Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta  
 Calcolo del carico limite  
 Calcolo della stabilità globale  
 Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann  
 metodo di Meyerhof  
 metodo di Fellenius  
 Spinta attiva

### Sisma

#### Identificazione del sito

Latitudine	45.068529
Longitudine	7.817025
Comune	Baldissero Torinese
Provincia	Torino
Regione	Piemonte

Punti di interpolazione del reticolo

13795 - 13573 - 13572 - 13794

#### Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose

Vita di riferimento	50 anni		
<b>Combinazioni SLU</b>			
Accelerazione al suolo $a_g$	0.46 [m/s <sup>2</sup> ]		
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20		
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20		
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.18		
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50		
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 1.23$		
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.61$		
<b>Combinazioni SLE</b>			
Accelerazione al suolo $a_g$	0.24 [m/s <sup>2</sup> ]		
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20		
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20		
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.18		
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50		
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.65$		
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.32$		
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico		
Partecipazione spinta passiva (percento)	50,0		
Lunghezza del muro	35,00 [m]		
Peso muro	29229,94 [kg]		
Baricentro del muro	X=-1,24 Y=-3,64		
<u>Superficie di spinta</u>			
Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = -6,37		
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = 0,00		
Altezza della superficie di spinta	6,37 [m]		
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]		
<u>COMBINAZIONE n° 6</u>			
Valore della spinta statica	18026,27 [kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	17367,41 [kg]		
Componente verticale della spinta statica	4829,03 [kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00 [m]	Y = -3,75 [m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	15,54 [°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,46 [°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00 [kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00 [m]	Y = 0,00 [m]	
<u>Risultanti</u>			
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	17367,41 [kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	34058,97 [kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-598,83 [kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	34921,23 [kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	15561,10 [kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,74 [m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,60 [m]		
Risultante in fondazione	38231,40 [kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24,02 [°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	25765,75 [kgm]		
Carico ultimo della fondazione	95237,96 [kg]		
<u>Tensioni sul terreno</u>			
Lunghezza fondazione reagente	2,60 [m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	2,6905 [kg/cmq]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000 [kg/cmq]		
<u>Fattori per il calcolo della capacità portante</u>			
<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 20.42$	$N_q = 10.43$	$N_\gamma = 6.53$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,54$	$i_q = 0,54$	$i_\gamma = 0,00$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,07$	$d_q = 1,03$	$d_\gamma = 1,03$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 11.72$	$N'_q = 5.80$	$N'_\gamma = 0.01$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.36
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.73

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 6**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	120,00	0	0	0	--	0,00	--	--	0,00	--
2	0,27	129,82	673	18	267	--	0,06	--	--	2,52	--
3	0,54	139,65	1397	79	581	--	0,12	--	--	2,40	--
4	0,81	149,47	2172	192	941	--	0,20	--	--	2,31	--
5	1,08	159,29	2998	367	1347	--	0,27	--	--	2,23	--
6	1,35	169,12	3874	614	1799	--	0,36	--	--	2,15	--
7	1,62	178,94	4802	942	2296	--	0,44	--	--	2,09	--
8	1,89	188,76	5780	1362	2839	--	0,54	--	--	2,04	--
9	2,16	198,59	6809	1882	3429	--	0,63	--	--	1,99	--
10	2,43	208,41	7889	2513	4063	--	0,73	--	--	1,94	--
11	2,70	218,23	9020	3264	4744	--	0,82	--	--	1,90	--
12	2,97	228,06	10202	4145	5471	--	0,93	--	--	1,86	--
13	3,24	237,88	11434	5165	6243	--	1,03	--	--	1,83	--
14	3,51	247,70	12718	6334	7062	--	1,15	--	--	1,80	--
15	3,78	257,53	14052	7662	7926	--	1,26	--	--	1,77	--
16	4,05	267,35	15437	9158	8836	--	1,38	--	--	1,75	--
17	4,32	277,17	16873	10833	9792	--	1,51	--	--	1,72	--
18	4,59	287,00	18360	12695	10793	--	1,65	--	--	1,70	--
19	4,86	296,82	19898	14755	11840	--	1,79	--	--	1,68	--
20	5,13	306,64	21486	17023	12959	--	1,93	--	--	1,66	--
21	5,40	316,47	23126	19527	14204	--	2,09	--	--	1,63	--

**COMBINAZIONE n° 7**

Valore della spinta statica	20317,51	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	19575,37	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	5441,13	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -3,76	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	15,53	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,33	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	19575,37	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	31748,08	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-538,95	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	47858,30	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	69046,43	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	32729,06	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	17886,98	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,96	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,94	[m]
Risultante in fondazione	37297,93	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	28,66	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	31280,33	[kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.44
--	------

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

## Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	120,00	--	--	--	0,00	--	0	0	--	0,00
2	0,27	129,82	--	--	--	4,13	--	525	40	--	13,01
3	0,54	139,65	--	--	--	8,56	--	1212	171	--	7,11
4	0,81	149,47	--	--	--	13,26	--	2074	404	--	5,13
5	1,08	159,29	--	--	--	18,20	--	3125	755	--	4,14
6	1,35	169,12	--	--	--	23,34	--	4379	1237	--	3,54
7	1,62	178,94	--	--	--	28,68	--	5848	1864	--	3,14
8	1,89	188,76	--	--	--	34,19	--	7547	2648	--	2,85
9	2,16	198,59	--	--	--	39,86	--	9488	3604	--	2,63
10	2,43	208,41	--	--	--	45,67	--	11686	4745	--	2,46
11	2,70	218,23	--	--	--	51,61	--	14154	6085	--	2,33
12	2,97	228,06	--	--	--	57,67	--	16905	7638	--	2,21
13	3,24	237,88	--	--	--	63,84	--	19953	9417	--	2,12
14	3,51	247,70	--	--	--	70,12	--	23312	11435	--	2,04
15	3,78	257,53	--	--	--	76,49	--	26994	13707	--	1,97
16	4,05	267,35	--	--	--	82,95	--	31014	16246	--	1,91
17	4,32	277,17	--	--	--	89,49	--	35385	19065	--	1,86
18	4,59	287,00	--	--	--	96,10	--	40120	22178	--	1,81
19	4,86	296,82	--	--	--	102,78	--	45232	25599	--	1,77
20	5,13	306,64	--	--	--	109,54	--	50668	29342	--	1,73
21	5,40	316,47	--	--	--	116,47	--	56469	33446	--	1,69

## Stabilità globale muro + terreno

## Combinazione n° 8

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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

## Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

## Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,43 Y[m]= 0,49

Raggio del cerchio R[m]= 7,27

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,57

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,83

Larghezza della striscia dx[m]= 0,46

Coefficiente di sicurezza C= 1.56

Le strisce sono numerate da monte verso valle

## Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	2038,10	77.61	1990,60	2,13	24.79	0,00	0,00
2	3293,67	65.10	2987,54	1,08	24.79	0,00	0,00
3	3990,88	57.48	3365,27	0,85	24.79	0,00	0,00
4	4518,09	51.27	3524,37	0,73	24.79	0,00	0,00
5	4952,24	45.81	3551,13	0,65	21.87	0,03	0,00
6	5337,04	40.86	3491,41	0,60	20.46	0,04	0,00
7	5662,24	36.25	3348,32	0,57	20.46	0,04	0,00

8	5937,02	31.91	3137,87	0,54	21.17	0,10	0,00
9	6168,72	27.76	2872,97	0,52	24.79	0,40	0,00
10	6362,50	23.76	2563,75	0,50	24.79	0,40	0,00
11	6225,00	19.89	2117,57	0,49	24.79	0,40	0,00
12	5916,14	16.11	1641,15	0,47	24.79	0,40	0,00
13	6012,02	12.39	1290,41	0,47	24.79	0,40	0,00
14	5737,72	8.74	871,42	0,46	24.79	0,40	0,00
15	4670,07	5.11	416,18	0,46	24.79	0,40	0,00
16	3551,09	1.51	93,60	0,46	24.79	0,40	0,00
17	2411,17	-2.09	-87,77	0,46	24.79	0,40	0,00
18	1336,73	-5.69	-132,55	0,46	24.79	0,40	0,00
19	1069,78	-9.32	-173,22	0,46	24.79	0,40	0,00
20	980,32	-12.98	-220,26	0,47	20.46	0,04	0,00
21	862,56	-16.71	-247,94	0,48	20.46	0,04	0,00
22	714,99	-20.50	-250,40	0,49	20.46	0,04	0,00
23	535,50	-24.39	-221,16	0,50	20.46	0,04	0,00
24	333,45	-28.41	-158,65	0,52	24.79	0,00	0,00
25	112,32	-32.59	-60,49	0,54	24.79	0,00	0,00

$$\Sigma W_i = 88729,35 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 35711,11 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 32835,91 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 22724,13 \text{ [kg]}$$

## Inviluppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	120,00	0	0	0	0	0	0
2	0,27	129,82	673	673	-15	18	23	267
3	0,54	139,65	1397	1397	-53	79	92	581
4	0,81	149,47	2172	2172	-106	192	195	941
5	1,08	159,29	2998	2998	-167	367	335	1347
6	1,35	169,12	3874	3874	-230	614	514	1799
7	1,62	178,94	4802	4802	-286	942	731	2296
8	1,89	188,76	5780	5780	-328	1362	986	2839
9	2,16	198,59	6809	6809	-347	1882	1278	3429
10	2,43	208,41	7889	7889	-338	2513	1609	4063
11	2,70	218,23	9020	9020	-291	3264	1978	4744
12	2,97	228,06	10202	10202	-200	4145	2384	5471
13	3,24	237,88	11434	11434	-57	5165	2829	6243
14	3,51	247,70	12718	12718	145	6334	3311	7062
15	3,78	257,53	14052	14052	415	7662	3832	7926
16	4,05	267,35	15437	15437	759	9158	4390	8836
17	4,32	277,17	16873	16873	1186	10833	4987	9792
18	4,59	287,00	18360	18360	1702	12695	5621	10793
19	4,86	296,82	19898	19898	2315	14755	6293	11840
20	5,13	306,64	21486	21486	3033	17023	7005	12959
21	5,40	316,47	23126	23126	3867	19527	7778	14225
22	5,67	326,29	24816	24816	4829	22288	8595	15578

### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	H	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	120,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,27	129,82	4,13	0,06	525	40	2,52	13,01
3	0,54	139,65	8,56	0,12	1212	171	2,40	7,11
4	0,81	149,47	13,26	0,20	2074	404	2,31	5,13
5	1,08	159,29	18,20	0,27	3125	755	2,23	4,14

---

6	1,35	169,12	23,34	0,36	4379	1237	2,15	3,54
7	1,62	178,94	28,68	0,44	5848	1864	2,09	3,14
8	1,89	188,76	34,19	0,54	7547	2648	2,04	2,85
9	2,16	198,59	39,86	0,63	9488	3604	1,99	2,63
10	2,43	208,41	45,67	0,73	11686	4745	1,94	2,46
11	2,70	218,23	51,61	0,82	14154	6085	1,90	2,33
12	2,97	228,06	57,67	0,93	16905	7638	1,86	2,21
13	3,24	237,88	63,84	1,03	19953	9417	1,83	2,12
14	3,51	247,70	70,12	1,15	23312	11435	1,80	2,04
15	3,78	257,53	76,49	1,26	26994	13707	1,77	1,97
16	4,05	267,35	82,95	1,38	31014	16246	1,75	1,91
17	4,32	277,17	89,49	1,51	35385	19065	1,72	1,86
18	4,59	287,00	96,10	1,65	40120	22178	1,70	1,81
19	4,86	296,82	102,78	1,79	45232	25599	1,68	1,77
20	5,13	306,64	109,54	1,93	50668	29342	1,66	1,73
21	5,40	316,47	116,47	2,09	56469	33446	1,63	1,69