



# COMUNE DI CETRARO



## MESSA IN SICUREZZA BACINO E MIGLIORAMENTO FUNZIONALITÀ AREA PORTUALE

### Progetto Esecutivo

#### F - OPERE STRADALI

**F.02**

#### RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRADALI

Data:

**06-05-2022**

Scala:

PROGETTAZIONE:



Architetto  
MICHELE GONINO  
Geologo  
CATERINA CUCINOTTA

#### PROJECT MANAGER

ing. Giuseppe Bernardo



#### PROGETTISTI

ing. Giuseppe Bernardo  
arch. Michele Gonino  
ing. Massimo Tondello  
ing. Pasquale Filicetti  
ing. Gianfranco Crudo

#### GEOLOGO

geol. Caterina Cucinotta

#### GRUPPO DI LAVORO

ing. Giuseppe Cutrupi  
ing. Roberta Chiara De Clario  
ing. Simone Fiumara  
arch. Francesca Gangemi  
arch. Emanuela Panarello  
ing. Silvia Beriotto  
ing. Nicola Sguotti

REVISIONI	Rev. n°	Data	Motivazione

R.U.P.

Visti/Approvazioni

ing. Francesco Antonuccio

Codice elaborato:

CARTIGLIO.dwg

## 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  $\eta_r$ .

Eseguito 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  $\eta_s$ .

Eseguito 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:

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

Eseguito 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:

$$A = e^{\pi \cdot \text{tg} \phi}$$

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

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

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

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

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

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.

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

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

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

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

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  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

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

## 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.

## Normativa

### N.T.C. 2018

#### Simbologia adottata

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	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 uniaxiale 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	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,30	1,10
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	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:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,10
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$		1,00	1,00	1,00	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,00	1,00	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*

		<i>Coefficienti parziali</i>		
		<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
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	

## MURO H=3,00 mt

### Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a gravità in calcestruzzo
Altezza del paramento	3,00 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,60 [m]
Inclinazione paramento esterno	3,90 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0,60 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,60 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

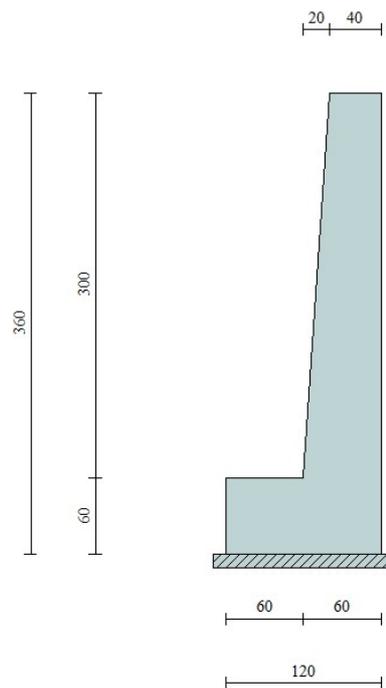


Figura 1 - Sezione muro a gravità H=3,00 mt

### Materiali utilizzati per la struttura

<i>Calcestruzzo</i>	
Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	Rck 250
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	250,0 [kg/cmq]
Modulo elastico E	306658,85 [kg/cmq]

### 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	5,00	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<sub>a</sub> Adesione terra-muro espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	c <sub>a</sub>
Terreno di Cop. 1	2000	2100	26.00	17.33	0,100	0,060
Terreno di Cop. 2	2000	2100	30.00	20.00	0,100	0,060
Terreno di Sub. 1	2000	2100	28.00	18.67	1,300	0,650

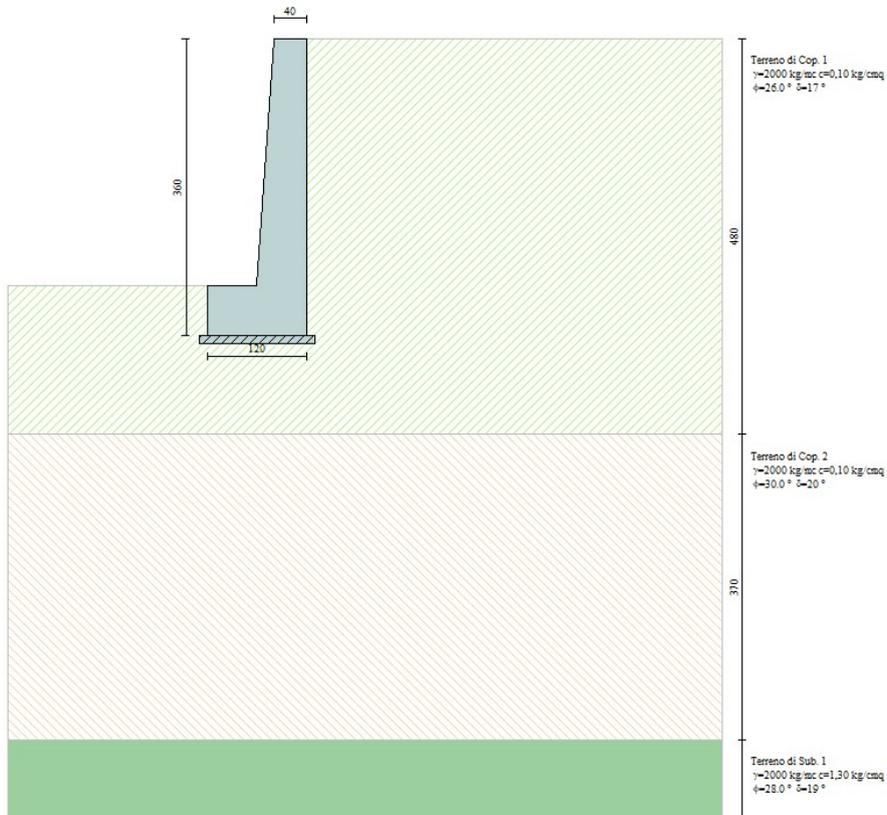


Figura 2 - Rapporto Opera-terreni

## 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	4,80	0,00	2,19	0,00	Terreno di Cop. 1
2	3,70	0,00	0,00	0,00	Terreno di Cop. 2
3	2,50	0,00	0,00	0,00	Terreno di Sub. 1

## 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 EQU (SLU)

	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° 3 - 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° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	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) - Sisma Vert. negativo

	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° 6 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	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	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 7 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	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	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	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° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	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° 10 - 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

Combinazione n° 11 - 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

Combinazione n° 12 - 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° 13 - 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

Combinazione n° 14 - 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

Combinazione n° 15 - 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

Combinazione n° 16 - 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

Combinazione n° 17 - 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° 18 - 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

**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

C	Tipo	Sisma	CS <sub>SCO</sub>	CS <sub>RIB</sub>	CS <sub>QLM</sub>	CS <sub>STAB</sub>
1	A1-M1 - [1]	--	1,13	--	4,58	--
2	EQU - [1]	--	--	2,95	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,74
4	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,16	--	4,53	--
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,23	--	5,10	--
6	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,20	--	--
7	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,36	--	--
8	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,93
9	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,98
10	SLER - [1]	--	1,99	--	5,48	--
11	SLEF - [1]	--	1,99	--	5,48	--
12	SLEQ - [1]	--	1,99	--	5,48	--
13	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,48	--	5,27	--
14	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,55	--	5,56	--
15	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,48	--	5,27	--
16	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,55	--	5,56	--
17	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,48	--	5,27	--
18	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,55	--	5,56	--

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse 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

metodo di Culmann

Calcolo del carico limite

metodo di Meyerhof

Calcolo della stabilità globale

metodo di Bishop

Calcolo della spinta in condizioni di

Spinta attiva

### Sisma

#### Identificazione del sito

Latitudine

39.517634

Longitudine

15.942042

Comune

Cetraro

Provincia

Cosenza

Regione

Calabria

Punti di interpolazione del reticolo

38999 - 38777 - 38776 - 38998

#### 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

#### Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo  $a_g$

1.51 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.20

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.10

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )

0.38

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 7.74$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v=0.50 * k_h = 3.87$

**Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo $a_g$	0.58 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.10
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.47
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 3.69$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 1.84$
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Peso muro	5573,73 [kg]
Baricentro del muro	X=-0,37 Y=-2,15
<b>Superficie di spinta</b>	
Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = -3,60
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	3,60 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

**COMBINAZIONE n° 1****Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	2497,01	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2383,62	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	743,94	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -2,81	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	56,98	[°]		
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]
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2383,62	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	6317,66	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	6317,66	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2383,62	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,02	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]		
Risultante in fondazione	6752,37	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,67	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	125,18	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	28961,67	[kg]		
<b>Tensioni sul terreno</b>				
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,5763	[kg/cm <sup>2</sup> ]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4727	[kg/cm <sup>2</sup> ]		

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 22.25$	$N_q = 11.85$	$N_\gamma = 8.00$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,59$	$i_q = 0,59$	$i_\gamma = 0,04$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,16$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,08$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.	$N'_c = 15.31$	$N'_q = 7.59$	$N'_\gamma = 0.36$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.13
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	4.58

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 1

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]
$\sigma_c$	tensione massima nel calcestruzzo in [kg/cmq]
$\sigma_m$	tensione media nel calcestruzzo in [kg/cmq]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo in [kg/cmq]

Nr.	Y	H	N	M	T	e	NRd	VRd
1	0,00	40,00	0	0	0	0,00	0	0
2	0,30	42,05	308	-2	0	0,51	482438	25076
3	0,60	44,09	631	-6	0	1,01	494733	25820
4	0,90	46,14	969	-15	0	1,50	507204	26577
5	1,20	48,18	1323	-26	1	1,98	519879	27349
6	1,50	50,23	1691	-38	32	2,27	537124	28363
7	1,80	52,27	2076	-34	137	1,65	575747	30488
8	2,10	54,32	2475	9	319	0,36	630187	33437
9	2,40	56,36	2890	114	579	3,95	569787	30444
10	2,70	58,41	3320	304	915	9,17	471100	25470
11	3,00	60,45	3766	603	1325	16,00	334459	18526

### Fondazione di valle

Taglio agente	VEd = 2402,86 [kg]
Taglio resistente	VRd = 36520,81 [kg]

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 3

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 Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,09 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 3,76

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,37

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,67

Larghezza della striscia dx[m]= 0,24

Coefficiente di sicurezza C= 1.74

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	320,46	79.67	315,27	1,35	21.32	0,08	0,00
2	766,08	64.99	694,25	0,57	21.32	0,08	0,00
3	981,94	57.23	825,65	0,45	21.32	0,08	0,00
4	1144,50	50.91	888,25	0,38	21.32	0,08	0,00
5	1275,49	45.36	907,62	0,34	21.32	0,08	0,00
6	1384,19	40.33	895,79	0,32	21.32	0,08	0,00
7	1475,63	35.65	859,97	0,30	21.32	0,08	0,00
8	1552,90	31.23	805,08	0,28	21.32	0,08	0,00
9	1618,06	27.01	734,78	0,27	21.32	0,08	0,00
10	1672,53	22.94	651,94	0,26	21.32	0,08	0,00
11	1717,34	19.00	558,98	0,26	21.32	0,08	0,00
12	2159,73	15.14	564,10	0,25	21.32	0,08	0,00
13	2132,25	11.36	419,82	0,25	21.32	0,08	0,00
14	767,41	7.62	101,76	0,24	21.32	0,08	0,00
15	434,79	3.92	29,70	0,24	21.32	0,08	0,00
16	439,03	0.23	1,76	0,24	21.32	0,08	0,00
17	366,89	-3.46	-22,11	0,24	21.32	0,08	0,00

18	352,39	-7.16	-43,90	0,24	21.32	0,08	0,00
19	333,83	-10.89	-63,05	0,25	21.32	0,08	0,00
20	307,32	-14.66	-77,80	0,25	21.32	0,08	0,00
21	272,50	-18.51	-86,51	0,25	21.32	0,08	0,00
22	228,84	-22.44	-87,36	0,26	21.32	0,08	0,00
23	175,62	-26.49	-78,34	0,27	21.32	0,08	0,00
24	111,86	-30.69	-57,10	0,28	21.32	0,08	0,00
25	36,20	-35.08	-20,81	0,30	21.32	0,08	0,00

$\Sigma W_i = 22027,79$  [kg]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 8717,77$  [kg]  
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 8594,94$  [kg]  
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 4.83$

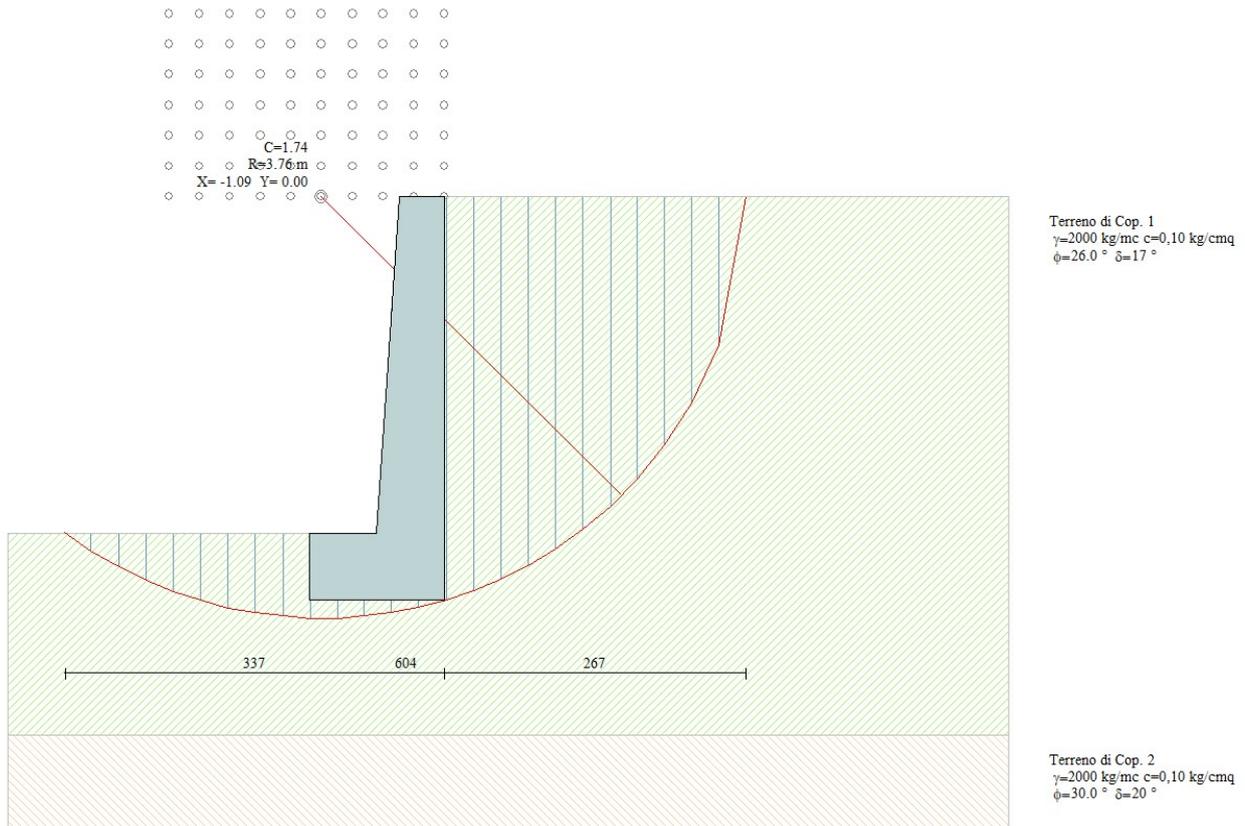


Figura 3 - Analisi di stabilità globale

**COMBINAZIONE n° 4**

Valore della spinta statica	1362,98	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1301,09	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	406,07	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -2,93	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,67	[°]		
Incremento sismico della spinta	648,87	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,00	[m]	Y = -2,93	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	54,79	[°]		
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]
Inerzia del muro	431,13	[kg]		
Inerzia verticale del muro	215,56	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2351,62	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	6388,68	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	6388,68	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2351,62	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,03	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	6807,74	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,21	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	185,77	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	28967,12	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,6072	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4536	[kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 22.25$	$N_q = 11.85$	$N_\gamma = 8.00$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,60$	$i_q = 0,60$	$i_\gamma = 0,05$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,16$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,08$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 15.52$	$N'_q = 7.70$	$N'_\gamma = 0.43$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.16
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	4.53

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 4

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]
$\sigma_c$	tensione massima nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_m$	tensione media nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Nr.	Y	H	N	M	T	e	NRd	VRd
1	0,00	40,00	0	0	0	0,00	0	0
2	0,30	42,05	308	2	24	0,64	479266	24912
3	0,60	44,09	631	8	49	1,28	488439	25494
4	0,90	46,14	969	18	75	1,90	497837	26092
5	1,20	48,18	1323	33	102	2,51	507443	26705
6	1,50	50,23	1691	53	131	3,12	517241	27333
7	1,80	52,27	2076	79	182	3,80	525258	27874
8	2,10	54,32	2475	129	321	5,20	516418	27546
9	2,40	56,36	2890	230	556	7,97	475329	25551
10	2,70	58,41	3320	412	887	12,42	394652	21508
11	3,00	60,45	3766	704	1310	18,69	271369	15251

Fondazione di valle

Taglio agente	VEd = 2513,69 [kg]
Taglio resistente	VRd = 36520,81 [kg]

COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	1362,98	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1301,09	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	406,07	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -2,93	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,67	[°]		
Incremento sismico della spinta	565,50	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,00	[m]	Y = -2,93	[m]

Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53,29	[°]		
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]
Inerzia del muro	646,69	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-323,35	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2487,60	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	5824,94	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	2436,65	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	5358,51	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	5824,94	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2487,60	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,10	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	6333,88	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,13	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	586,27	[kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.20
--	------

**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]
$\sigma_c$	tensione massima nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_m$	tensione media nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]

**Inviluppo combinazioni SLU**

Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	40,00	0	0	0	0	0	0
2	0,30	42,05	308	308	-2	2	0	24
3	0,60	44,09	631	631	-6	8	0	49
4	0,90	46,14	969	969	-15	18	0	75
5	1,20	48,18	1323	1323	-26	33	1	102
6	1,50	50,23	1691	1691	-38	53	32	131
7	1,80	52,27	2076	2076	-34	79	137	182
8	2,10	54,32	2475	2475	9	129	298	321
9	2,40	56,36	2890	2890	114	230	498	579
10	2,70	58,41	3320	3320	304	412	777	915
11	3,00	60,45	3766	3766	603	704	1132	1325

**Inviluppo combinazioni SLU**

Nr.	Y	H	e	NRd	VRd
1	0,00	40,00	0,00	0	0
2	0,30	42,05	0,64	479266	24912
3	0,60	44,09	1,28	488439	25494
4	0,90	46,14	1,90	497837	26092
5	1,20	48,18	2,51	507443	26705
6	1,50	50,23	3,12	517241	27333
7	1,80	52,27	3,80	525258	27874
8	2,10	54,32	5,20	516418	27546
9	2,40	56,36	7,97	475329	25551
10	2,70	58,41	12,42	394652	21508
11	3,00	60,45	18,69	271369	15251

**Resistenza a taglio di progetto all'attacco della fondazione di valle**

VRd = 36520,81 [kg]

## MURO H=1,50 mt

### Geometria muro e fondazione

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

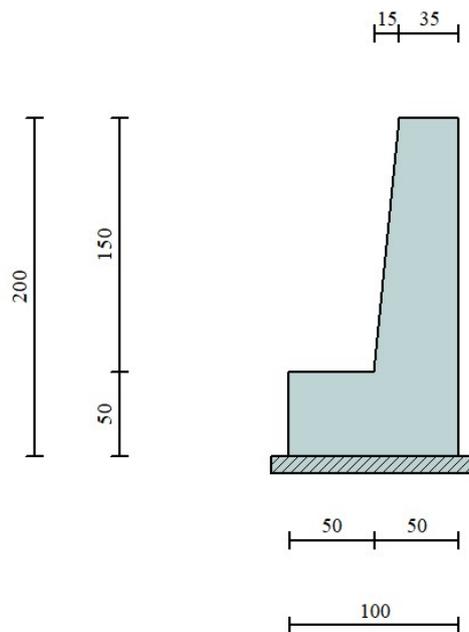


Figura 4 - Sezione muro a gravità H=1,50 mt

### Materiali utilizzati per la struttura

<i>Calcestruzzo</i>	
Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	Rck 250
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	250,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico E	306658,85 [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	5,00	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<sub>a</sub> Adesione terra-muro espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	c <sub>a</sub>
Terreno di Cop. 1	2000	2100	26.00	17.33	0,100	0,060
Terreno di Cop. 2	2000	2100	30.00	20.00	0,100	0,060
Terreno di Sub. 1	2000	2100	28.00	18.67	1,300	0,650



Figura 5 - Rapporto opera-terreni

## 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	4,80	0,00	2,00	0,00	Terreno di Cop. 1
2	3,70	0,00	0,00	0,00	Terreno di Cop. 2
3	2,50	0,00	0,00	0,00	Terreno di Sub. 1

## 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 EQU (SLU)

	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° 3 - 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° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	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) - Sisma Vert. negativo

	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° 6 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	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	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 7 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	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	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	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° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	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
<u>Combinazione n° 10 - Rara (SLE)</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
<u>Combinazione n° 11 - Frequente (SLE)</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
<u>Combinazione n° 12 - Quasi Permanente (SLE)</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
<u>Combinazione n° 13 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
<u>Combinazione n° 14 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
<u>Combinazione n° 15 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
<u>Combinazione n° 16 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
<u>Combinazione n° 17 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
<u>Combinazione n° 18 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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

## 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

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS <sub>sco</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS <sub>rib</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS <sub>qlim</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS <sub>stab</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>sco</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>qlim</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	A1-M1 - [1]	--	6,12	--	9,74	--
2	EQU - [1]	--	--	30,78	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	2,70
4	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	4,18	--	9,98	--
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	4,61	--	11,11	--
6	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	4,97	--	--
7	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	7,11	--	--
8	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2,91
9	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	3,01
10	SLER - [1]	--	29,82	--	10,90	--
11	SLEF - [1]	--	29,82	--	10,90	--
12	SLEQ - [1]	--	29,82	--	10,90	--
13	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	7,73	--	10,53	--
14	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	8,44	--	11,07	--
15	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	7,73	--	10,53	--
16	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	8,44	--	11,07	--
17	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	7,73	--	10,53	--
18	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	8,44	--	11,07	--

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse 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 Bishop

Spinta attiva

### Sisma

#### Identificazione del sito

Latitudine

39.517634

Longitudine

15.942042

Comune

Cetraro

Provincia

Cosenza

Regione

Calabria

Punti di interpolazione del reticolo

38999 - 38777 - 38776 - 38998

#### 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

#### Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo  $a_g$

1.51 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.20

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.10

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )

0.38

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 7.74$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 3.87$

**Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo $a_g$	0.58 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.10
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.47
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 3.69$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 1.84$
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Peso muro	2842,87 [kg]
Baricentro del muro	X=-0,34 Y=-1,21
<b>Superficie di spinta</b>	
Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = -2,00
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	2,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]

**COMBINAZIONE n° 1****Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	258,69 [kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	246,94 [kg]		
Componente verticale della spinta statica	77,07 [kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00 [m]	Y = -1,74 [m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,33 [°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,60 [°]		
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]	
<b>Risultanti</b>			
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	246,94 [kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	2919,95 [kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	2919,95 [kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	246,94 [kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,15 [m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,00 [m]		
Risultante in fondazione	2930,37 [kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	4,83 [°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-429,53 [kgm]		
Carico ultimo della fondazione	28438,54 [kg]		
<b>Tensioni sul terreno</b>			
Lunghezza fondazione reagente	1,00 [m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,0342 [kg/cm <sup>2</sup> ]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,5499 [kg/cm <sup>2</sup> ]		

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 22.25$	$N_q = 11.85$	$N_\gamma = 8.00$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,90$	$i_q = 0,90$	$i_\gamma = 0,66$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,16$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,08$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 23.12$	$N'_q = 11.46$	$N'_\gamma = 5.73$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	6.12
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.74

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**

**Combinazione n° 1**

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]  
 $\sigma_c$  tensione massima nel calcestruzzo in [kg/cmq]  
 $\sigma_m$  tensione media nel calcestruzzo in [kg/cmq]  
 $\tau_c$  tensione tangenziale nel calcestruzzo in [kg/cmq]

Nr.	Y	H	N	M	T	e	NRd	VRd
1	0,00	35,00	0	0	0	0,00	0	0
2	0,15	36,50	134	0	0	0,37	420376	21806
3	0,30	37,99	274	-2	0	0,74	429327	22316
4	0,45	39,49	419	-5	0	1,10	438389	22833
5	0,60	40,99	570	-8	0	1,46	447554	23357
6	0,75	42,49	726	-13	0	1,82	456816	23888
7	0,90	43,98	888	-19	0	2,17	466171	24426
8	1,05	45,48	1056	-27	0	2,52	475612	24970
9	1,20	46,98	1229	-35	0	2,86	485136	25520
10	1,35	48,47	1408	-45	6	3,18	495174	26098
11	1,50	49,97	1592	-54	29	3,37	508385	26843

**Fondazione di valle**

Taglio agente VEd = 190,91 [kg]  
 Taglio resistente VRd = 30434,01 [kg]

**Stabilità globale muro + terreno**

**Combinazione n° 3**

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 Bishop**

Numero di cerchi analizzati 36  
 Numero di strisce 25

**Cerchio critico**

Coordinate del centro X[m]= -0,76 Y[m]= 0,15  
 Raggio del cerchio R[m]= 2,28  
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2,35  
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1,51  
 Larghezza della striscia dx[m]= 0,15  
 Coefficiente di sicurezza C= 2.70  
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

**Caratteristiche delle strisce**

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	117,32	76.38	114,02	0,66	21.32	0,08	0,00
2	264,08	63.74	236,82	0,35	21.32	0,08	0,00
3	347,64	55.89	287,85	0,28	21.32	0,08	0,00
4	410,74	49.45	312,12	0,24	21.32	0,08	0,00
5	461,49	43.79	319,33	0,21	21.32	0,08	0,00
6	503,40	38.62	314,19	0,20	21.32	0,08	0,00
7	538,42	33.81	299,56	0,19	21.32	0,08	0,00
8	567,75	29.25	277,42	0,18	21.32	0,08	0,00
9	592,18	24.89	249,25	0,17	21.32	0,08	0,00
10	645,05	20.68	227,83	0,17	21.32	0,08	0,00
11	782,80	16.59	223,49	0,16	21.32	0,08	0,00
12	795,23	12.58	173,20	0,16	21.32	0,08	0,00
13	536,79	8.63	80,58	0,16	21.32	0,08	0,00
14	230,78	4.73	19,02	0,15	21.32	0,08	0,00
15	232,94	0.84	3,43	0,15	21.32	0,08	0,00
16	232,03	-3.04	-12,29	0,15	21.32	0,08	0,00
17	199,33	-6.93	-24,05	0,16	21.32	0,08	0,00

18	181,78	-10,86	-34,23	0,16	21,32	0,08	0,00
19	170,89	-14,83	-43,75	0,16	21,32	0,08	0,00
20	156,41	-18,89	-50,63	0,16	21,32	0,08	0,00
21	138,11	-23,04	-54,06	0,17	21,32	0,08	0,00
22	115,64	-27,33	-53,09	0,17	21,32	0,08	0,00
23	88,52	-31,79	-46,64	0,18	21,32	0,08	0,00
24	56,10	-36,49	-33,36	0,19	21,32	0,08	0,00
25	17,37	-41,49	-11,50	0,21	21,32	0,08	0,00

$\Sigma W_i = 8382,79$  [kg]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 2774,51$  [kg]  
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 3270,85$  [kg]  
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3,60$

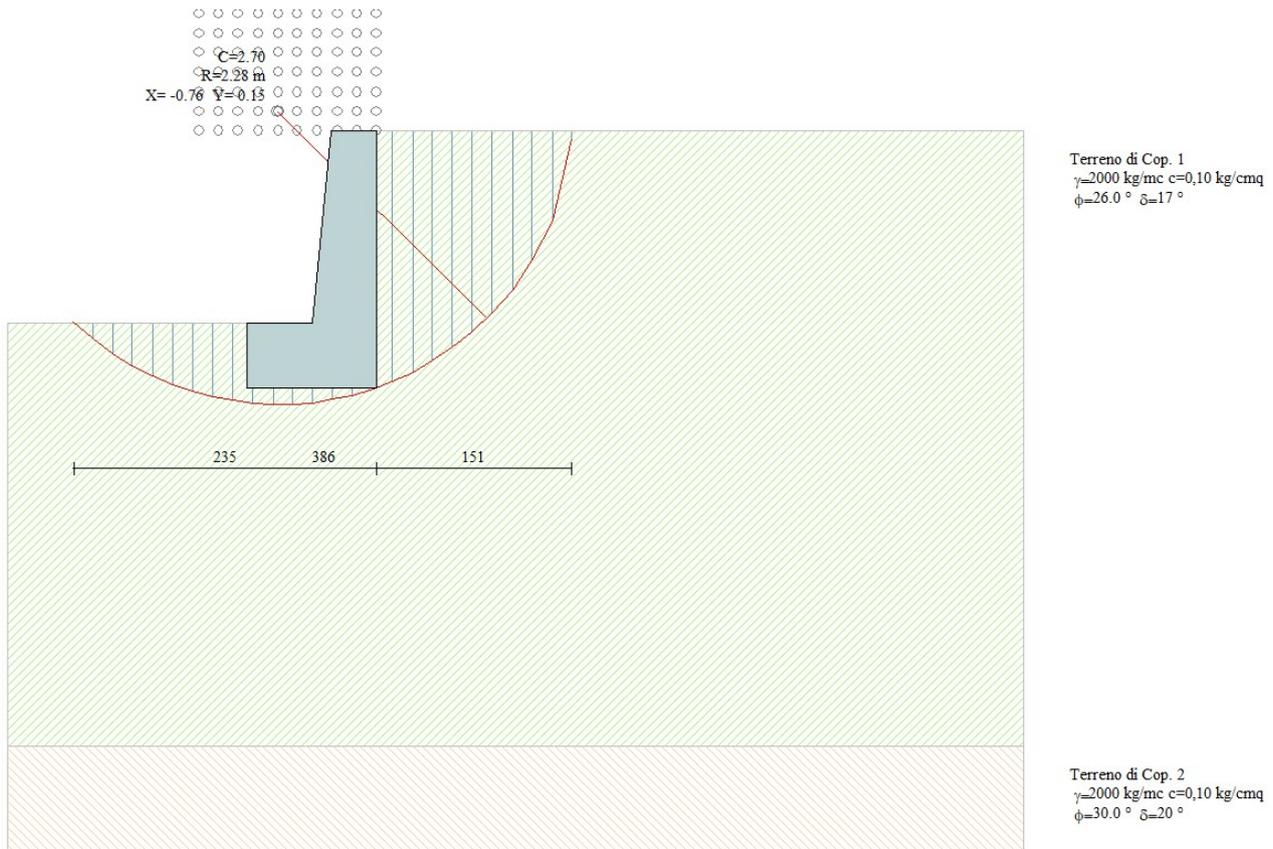


Figura 6 - Analisi di stabilità globale

**COMBINAZIONE n° 4**

Valore della spinta statica	52,42	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	50,04	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	15,62	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -1,86	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	59,48	[°]		
Incremento sismico della spinta	102,41	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,00	[m]	Y = -1,86	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	57,23	[°]		
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]
Inerzia del muro	219,90	[kg]		
Inerzia verticale del muro	109,95	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	367,69	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	2998,95	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	2998,95	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	367,69	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,10	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,00	[m]
Risultante in fondazione	3021,41	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6,99	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-301,89	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	29917,94	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,1187	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4812	[kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 22,25$	$N_q = 11,85$	$N_\gamma = 8,00$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,85$	$i_q = 0,85$	$i_\gamma = 0,53$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,16$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,08$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 21,96$	$N'_q = 10,89$	$N'_\gamma = 4,62$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	4.18
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.98

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 4

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]
$\sigma_c$	tensione massima nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_m$	tensione media nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Nr.	Y	H	N	M	T	e	NRd	VRd
1	0,00	35,00	0	0	0	0,00	0	0
2	0,15	36,50	134	0	10	0,21	424322	22010
3	0,30	37,99	274	1	21	0,41	437077	22717
4	0,45	39,49	419	3	33	0,62	449808	23424
5	0,60	40,99	570	5	45	0,83	462517	24132
6	0,75	42,49	726	8	58	1,04	475206	24840
7	0,90	43,98	888	11	71	1,25	487874	25550
8	1,05	45,48	1056	15	84	1,46	500524	26260
9	1,20	46,98	1229	20	98	1,67	513156	26971
10	1,35	48,47	1408	26	113	1,88	525771	27682
11	1,50	49,97	1592	33	129	2,09	538371	28395

Fondazione di valle

Taglio agente	VEd = 421,93 [kg]
Taglio resistente	VRd = 30434,01 [kg]

COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	52,42	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	50,04	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	15,62	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -1,86	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	59,48	[°]		
Incremento sismico della spinta	82,80	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,00	[m]	Y = -1,86	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	56,23	[°]		
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]

Inerzia del muro	329,84	[kg]
Inerzia verticale del muro	-164,92	[kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	458,92	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	2718,24	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	385,79	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1915,75	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	2718,24	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	458,92	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,06	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,00	[m]
Risultante in fondazione	2756,71	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,58	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-171,23	[kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.97
--	------

**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]
$\sigma_c$	tensione massima nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_m$	tensione media nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo in [kg/cm <sup>2</sup> ]

**Inviluppo combinazioni SLU**

Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	35,00	0	0	0	0	0	0
2	0,15	36,50	134	134	0	0	0	10
3	0,30	37,99	274	274	-2	1	0	21
4	0,45	39,49	419	419	-5	3	0	33
5	0,60	40,99	570	570	-8	5	0	45
6	0,75	42,49	726	726	-13	8	0	58
7	0,90	43,98	888	888	-19	11	0	71
8	1,05	45,48	1056	1056	-27	15	0	84
9	1,20	46,98	1229	1229	-35	20	0	98
10	1,35	48,47	1408	1408	-45	26	6	113
11	1,50	49,97	1592	1592	-54	33	29	129

**Inviluppo combinazioni SLU**

Nr.	Y	H	e	NRd	VRd
1	0,00	35,00	0,00	0	0
2	0,15	36,50	0,37	420376	21806
3	0,30	37,99	0,74	429327	22316
4	0,45	39,49	1,10	438389	22833
5	0,60	40,99	1,46	447554	23357
6	0,75	42,49	1,82	456816	23888
7	0,90	43,98	2,17	466171	24426
8	1,05	45,48	2,52	475612	24970
9	1,20	46,98	2,86	485136	25520
10	1,35	48,47	3,18	495174	26098
11	1,50	49,97	3,37	508385	26843

Resistenza a taglio di progetto all'attacco della fondazione di valle

VRd = 30434,01 [kg]

## 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 DM 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	14.00
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	GEOSTRU STUDIO ASSOCIATO INGG.FILICETTI P.-CRUDO G.
Licenza	AIU2247SB

#### 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  
( )

\_\_\_\_\_