



## RELAZIONE DI CALCOLO

Il programma MDC esegue il calcolo dei muri di sostegno secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle sollecitazioni sulla mensola in elevazione;
- Calcolo delle sollecitazioni sul piano di spinta verticale a monte della fondazione;
- Verifica a ribaltamento, scorrimento, carico limite;
- Progetto delle armature;
- Verifica di stabilità globale.

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Coulomb è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta  $S_t$  è applicata ad  $1/3 H$  di valore

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_a$$

Avendo indicato con:

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

Valori limite di  $K_a$ :

$d < (b - \varphi - e)$  secondo Muller-Breslau

$\gamma_t$  = Peso unità di volume del terreno;

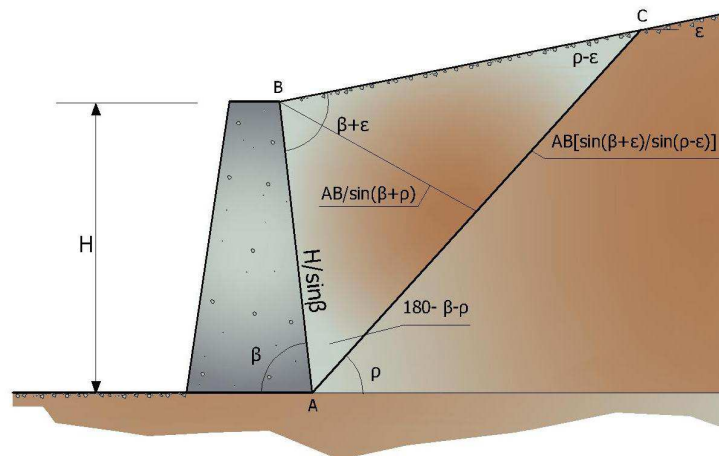
$b$  = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

$\varphi$  = Angolo di resistenza al taglio del terreno;

$\delta$  = Angolo di attrito terra-muro;

$e$  = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

$H$  = Altezza della parete.



Cuneo di rottura usato per la derivazione dell'equazione di Coulomb relativa alla pressione attiva.

Calcolo della spinta attiva con Rankine

Se  $e = d = 0$  e  $b = 90^\circ$  (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta  $S_t$  si semplifica nella forma:

$$S_t = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \frac{(1 - \sin\varphi)}{(1 + \sin\varphi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale. In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di  $K_a$  di Rankine si presenta come segue:

$$K_a = \cos\varepsilon \frac{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}$$

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Mononobe & Okabe riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo  $\varepsilon$ , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo  $\beta$ , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità  $\vartheta$  tale che:

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

con  $k_h$  coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni (NTC 2018):

$$k_h = \beta_m \cdot \left( \frac{a_{\max}}{g} \right); \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

$\beta_m$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

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

dove

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al § 3.2.3.2;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito è pari a:

$\beta_m = 0.38$  nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$  nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario. I valori del coefficiente  $\beta_m$  possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di Figura 7.11.3 di cui al successivo § 7.11.6.3.2.

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi, si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e utilizzando valori di  $\beta_m$  incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta_m \cdot \left( \frac{a_{\max}}{g} \right); k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

$\beta_m$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

$a_{\max}$  = Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = Accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

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

$S$  = coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica  $S_S$  e di amplificazione topografica  $S_T$ .

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - PVR)}$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'Eurocodice 8 (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$k_h = \frac{a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S}{g}$$

$a_{gR}$  = Accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante;  
 $\gamma I$  = Fattore di importanza;  
 $S$  = Soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E);  
 $a_g = a_{gR} \gamma I$  è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale  $k_v$  è definito in funzione di  $k_h$ , e vale:

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

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica  $Z_c$  come segue:

$$Z_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{K_a}} - \frac{Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \epsilon)}}{\gamma}$$

dove

$Q$  = Carico agente sul terrapieno.

Se  $Z_c < 0$  è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_c = P_c \cdot H$$

con punto di applicazione pari a  $H/2$ .

Carico uniforme sul terrapieno

Un carico  $Q$ , uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_q = K_a \cdot Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \epsilon)}$$

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \epsilon)}$$

Con punto di applicazione ad  $H/2$ , avendo indicato con  $K_a$  il coefficiente di spinta attiva secondo Muller-Breslau.

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot K H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove:

H= Altezza muro;

$k_v$ = Coefficiente sismico verticale;

g= Peso per unità di volume del terreno;

K= Coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico);

$E_{ws}$ = Spinta idrostatica dell'acqua;

$E_{wd}$ = Spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica  $E_{wd} = 0$ , ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo  $\vartheta$  della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

Con H' altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

Spinta idrostatica

La falda con superficie distante  $H_w$  dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità z, sono espresse come segue:

$$P_w(z) = \gamma_w \cdot z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo  $g_t$  con  $g'_t$  ( $g'_t = g_{\text{saturo}} - g_w$ ), peso efficace del materiale immerso in acqua.

Resistenza passiva

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\sin^2(\varphi + \beta)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi + \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di  $\delta$  pari a:

$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

L'espressione di  $K_p$  secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi}}{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi}}$$

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove  $V_d$  è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre  $R_d$  è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto  $R_d$  si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q$$

Dove:

$A' = B \cdot L'$  area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

$c_u$  = Coesione non drenata;

$q$  = Pressione litostatica totale sul piano di posa;

$s_c$  = Fattore di forma;

$s_c = 0.2 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right)$  per fondazioni rettangolari, il valore di  $s_c$  viene assunto pari ad 1 per fondazioni nastroforni

$d_c$  = Fattore di profondità;

$d_c = 0.4 \cdot K$  con  $K = \frac{D}{B}$  se  $\frac{D}{B} \leq 1$  altrimenti  $K = \arctan \frac{D}{B}$

$i_c$  = Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico  $H$ ;

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

$A_f$  = Area efficace della fondazione;

$c_a$  = Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

VESIC - Analisi a lungo termine

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \varphi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^m$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \varphi'}$$

$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi') \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

HANSEN - Analisi a breve termine

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u (1 + s_c + d_c - i_c) + q$$

Dove:

$A' = B' \cdot L'$  area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

$c_u$  = Coesione non drenata;

$q$  = Pressione litostatica totale sul piano di posa;

$s_c$  = Fattore di forma,  $s_c = 0$  per fondazioni nastroformi;

$d_c$  = Fattore di profondità;

$d_c = 0.4 \cdot K$  con  $K = \frac{D}{B}$  se  $\frac{D}{B} \leq 1$  altrimenti  $K = \arctan \frac{D}{B}$

$i_c$  = Fattore correttivo di inclinazione del carico;

$$i_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$A_f$  = Area efficace della fondazione;

$c_a$  = Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

### HANSEN- Analisi a lungo termine

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \varphi'$$

per forma rettangolare

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right)$$

per forma rettangolare

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$

per forma rettangolare, quadrata o circolare.

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1$$

per fondazione nastroforme

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^5$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

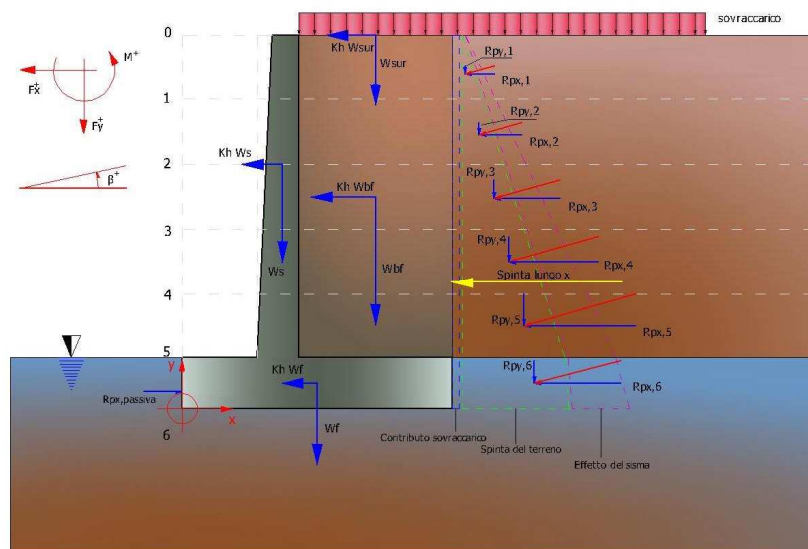
$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

### Sollecitazioni muro

Per il calcolo delle sollecitazioni il muro è stato discretizzato in n-tratti in funzione delle sezioni significative e per ogni tratto sono state calcolate le spinte del terreno (valutate secondo un piano di rottura passante per il paramento lato monte), le risultanti delle forze orizzontali e verticali e le forze inerziali.



Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni

### Calcolo delle spinte per le verifiche globali

Le spinte sono state valutate ipotizzando un piano di rottura passante per l'estradosso della mensola di fondazione lato monte, tale piano è stato discretizzato in n-tratti.

### Convenzione segni

- Forze verticali positive se dirette dall'alto verso il basso;
- Forze orizzontali positive se dirette da monte verso valle;
- Coppie positive se antiorarie;
- Angoli positivi se antiorari.

### Dati generali muro

---

Altezza muro	270.0 cm
Spessore testa muro	260.0 cm
Risega muro lato valle	70.0 cm
Risega muro lato monte	-70.0 cm
Sporgenza mensola a valle	70.0 cm
Sporgenza mensola a monte	8.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	156.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	100.0 cm

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

===

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,539	2,418	0,237
S.L.D.	50,0	0,706	2,422	0,251
S.L.V.	475,0	1,814	2,416	0,28
S.L.C.	975,0	2,334	2,432	0,283

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,0349	0,18	0,019	0,0095
S.L.D.	1,3555	0,18	0,0249	0,0124
S.L.V.	3,2834	0,24	0,0804	0,0402
S.L.C.	3,8182	0,31	0,1207	0,0604

## Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione	
1	236	22	17.00	26	0.00	16	Si		Copertura detritica	
2	240	26	19.00	30	8.00	25	No		Ammasso roccioso alterato	
3	240	18	21.00	31	12.00	30	No		Substrato roccioso	

### Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
Carico	10.0	378.0	3.0	3.0	-90.0

## FATTORI DI COMBINAZIONE

### A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	Carico	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
-----	----------	-------------------------

1	Carico limite	1.4
2	Scorrimento	1.1
3	Partecipazione spinta passiva	1.4
	Ribaltamento	1.15

#### A\_Unitari+M1+RSLV

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	Carico	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1.2
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1.2
	Ribaltamento	1

#### A\_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	Carico	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1.2
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1.2
	Ribaltamento	1

## A1+M1+R3 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0804  
Coefficiente sismico verticale Kv 0.0402

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
Qf Quota finale strato (cm);  
G Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>);  
Eps Inclinazione dello strato. (°);  
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
Delta Angolo attrito terra muro;  
c Coesione (kPa);  
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
370.0	316.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
316.0	262.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
262.0	208.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
208.0	154.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
154.0	152.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
152.5	124.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	345.0	
124.0	119.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	345.0	
119.0	100.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	345.0	

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.  
Ka Coefficiente di spinta attiva.  
Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.0	0.33	0.61	0.33	0.33	0.06	0.32	0.06

10.0	0.33	0.61	0.33	0.33	0.06	0.32	0.06
10.0	0.33	0.61	0.33	0.33	0.06	0.32	0.06

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	370.0	316.0	0.0	0.0	343.0	343.0
2	316.0	262.0	0.0	0.0	289.0	289.0
3	262.0	208.0	0.0	0.0	235.0	235.0
4	208.0	154.0	0.0	0.0	181.0	181.0
5	154.0	152.5	0.0	0.0	153.25	153.25
6	152.5	124.0	1.08	0.19	137.16	137.16
7	124.0	119.0	0.24	0.04	121.47	121.47
8	119.0	100.0	1.06	0.19	109.17	109.17

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
316.0	2.83	35.18	320.7	343.0
262.0	5.67	70.48	313.5	315.9
208.0	8.52	105.95	306.2	288.8
154.0	11.38	141.53	298.9	261.7
152.5	11.46	142.55	298.6	261.0
124.0	12.97	161.38	294.8	246.6
119.0	13.24	164.7	294.1	244.1
100.0	13.75	171.0	294.5	239.3

### Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
316.0	2.83	35.18	-1.79	261.1
262.0	5.67	70.48	-7.2	262.1
208.0	8.52	105.95	-16.21	263.2
154.0	11.38	141.53	-28.79	264.2
152.5	11.46	142.55	-29.12	264.3
124.0	14.06	161.57	-37.46	264.8
119.0	14.57	164.93	-38.97	264.9
100.0	16.13	171.42	-152.83	388.0

## VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (396,0/0,0)$

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (396,0/417,1)$

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,5/0,0)$

### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
417.1	370.0	17.0	-1.0	26.0	26.0	0.0	0.0	Falda
370.0	316.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
316.0	262.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
262.0	208.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
208.0	154.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
154.0	149.8	17.0	-1.0	26.0	26.0	0.0	0.0	Falda
149.8	100.0	19.0	26.0	30.0	30.0	8.0	0.0	
100.0	0.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	0.0	

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
Ka Coefficiente di spinta attiva.  
Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
26.0	0.34	0.53	0.2	0.3	0.15	0.18	0.09
1.47	0.25	0.38	0.17	0.25	0.01	0.17	0.0
1.47	0.25	0.38	0.17	0.25	0.01	0.17	0.0
1.47	0.25	0.38	0.17	0.25	0.01	0.17	0.0
1.47	0.25	0.38	0.17	0.25	0.01	0.17	0.0
26.0	0.34	0.53	0.2	0.3	0.15	0.18	0.09
30.0	0.53	0.98	0.49	0.46	0.26	0.42	0.25
25.0	0.52	0.93	0.45	0.47	0.22	0.41	0.19

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
Qf Quota finale strato (cm)  
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	417.1	370.0	2.58	0.73	388.84	391.13
2	370.0	316.0	6.43	-0.43	340.32	335.75
3	316.0	262.0	10.25	-1.12	287.32	286.22
4	262.0	208.0	14.08	-1.81	233.78	233.28
5	208.0	154.0	17.9	-2.5	180.04	179.76
6	154.0	149.8	1.6	0.1	151.89	151.89
7	149.8	100.0	9.6	4.77	124.04	123.89
8	100.0	0.0	29.85	11.79	44.73	45.61

### SPINTE IN FONDAZIONE

#### Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
Qf Quota finale strato (cm);  
G Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>);  
Eps Inclinazione dello strato. (°);  
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
Delta Angolo attrito terra muro;

c Coesione (kPa);  
 $\beta$  Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
124.0	0.0	19.0	206.0	30.0	25.0	8.0	180.23	

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 $K_p$  Coefficiente di resistenza passiva.  
 $K_{px}, K_{py}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	$K_p$	$K_{px}$	$K_{py}$
205.23	1.16	-1.05	-0.49

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	124.0	0.0	-34.6	-0.98	52.87	15.24

### Sollecitazioni totali

$F_x$  Forza in direzione x (kN);  
 $F_y$  Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);

	$F_x$	$F_y$	M
Spinta terreno	92.29	11.53	108.62
Peso muro	13.75	171.0	-469.84
Peso fondazione	9.0	111.98	-207.86
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	7.23	116.83	-294.35
Spinte fondazione	-34.6	-0.98	-18.29
	<b>87.67</b>	<b>410.35</b>	<b>-881.73</b>

Momento stabilizzante -1092.48 kNm  
Momento ribaltante 210.75 kNm

### Verifica alla traslazione

---

Sommatoria forze orizzontali	122.27 kN
Sommatoria forze verticali	411.33 kN
Coefficiente di attrito	0.58
Adesione	8.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	411.33 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	122.27 kN
Resistenza terreno	303.72 kN
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>2.26</b>
<b>Traslazione verificata Csd&gt;1</b>	

### Verifica al ribaltamento

---

Momento stabilizzante	-1092.48 kNm
Momento ribaltante	210.75 kNm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>4.51</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento Csv&gt;1</b>	

### Carico limite verticale VESIC

---

Somma forze in direzione x (Fx)	87.67 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	410.35 kN
Somma momenti	-881.73 kNm
Larghezza fondazione	395.5 cm
Lunghezza	4800.0 cm
Eccentricità su B	17.12 cm
Peso unità di volume	19.0 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	30.0 °
Coesione	8.0 kPa
Terreno sulla fondazione	119.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 kN/m <sup>3</sup>
Nq	18.4
Nc	30.14
Ng	22.4
Fattori di forma	
sq	1.04
sc	1.05
sg	0.97
Inclinazione carichi	
iq	0.67
ic	0.65
ig	0.54

Fattori di profondità	
dq	1.1
dc	1.13
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	1229.48 kN
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>2.14</b>

### Carico limite verificato $Csq > 1$

#### Tensioni sul terreno

---

Ascissa centro sollecitazione	215.37 cm
Larghezza della fondazione	395.5 cm
x = 0.5 cm	76.81 kPa
x = 396.0 cm	130.70 kPa

#### MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
0.5	-34.6	-0.9	3.16	124.0
128.0	-34.6	-71.18	-40.29	119.0

#### MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
388.0	29.85	7.83	-2.35	100.0

#### Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.

Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	30.26	666.62	S	227.59	0.0	28.51

### A\_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
370.0	316.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
316.0	262.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
262.0	208.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
208.0	154.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
154.0	152.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
152.5	124.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	345.0	
124.0	119.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	345.0	
119.0	100.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	345.0	

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.0	0.33	0.0	0.0	0.33	0.06	0.0	0.0
10.0	0.33	0.0	0.0	0.33	0.06	0.0	0.0
10.0	0.33	0.0	0.0	0.33	0.06	0.0	0.0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	370.0	316.0	0.0	0.0	343.0	343.0
2	316.0	262.0	0.0	0.0	289.0	289.0
3	262.0	208.0	0.0	0.0	235.0	235.0
4	208.0	154.0	0.0	0.0	181.0	181.0
5	154.0	152.5	0.0	0.0	153.25	153.25
6	152.5	124.0	0.28	0.05	138.25	138.25
7	124.0	119.0	0.05	0.01	121.5	121.5
8	119.0	100.0	0.19	0.03	109.5	109.5

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
316.0	0.0	35.18	320.7	343.0
262.0	0.0	70.48	313.5	315.9
208.0	0.0	105.95	306.2	288.8
154.0	0.0	141.53	298.9	261.7
152.5	0.0	142.55	298.6	261.0
124.0	0.0	161.38	294.8	246.6
119.0	0.0	164.7	294.1	244.1
100.0	0.0	171.0	294.5	239.3

## Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
316.0	0.0	35.18	-2.55	261.1
262.0	0.0	70.48	-10.25	262.1
208.0	0.0	105.95	-23.1	263.2
154.0	0.0	141.53	-41.04	264.2
152.5	0.0	142.55	-41.55	264.3
124.0	0.28	161.42	-53.28	264.8
119.0	0.33	164.76	-55.45	264.9
100.0	0.52	171.09	-171.86	388.0

## VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (396, 0/0, 0)$

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (396, 0/417, 1)$

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0, 5/0, 0)$

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
417.1	370.0	17.0	-1.0	26.0	26.0	0.0	0.0	Falda
370.0	316.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
316.0	262.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
262.0	208.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
208.0	154.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
154.0	149.8	17.0	-1.0	26.0	26.0	0.0	0.0	Falda
149.8	100.0	19.0	26.0	30.0	30.0	8.0	0.0	
100.0	0.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	0.0	

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 $K_a$  Coefficiente di spinta attiva.  
 $K_d$  Coefficiente di spinta dinamica.  
 $D_k$  Coefficiente di incremento dinamico.  
 $K_{ax}, K_{ay}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 $D_{kx}, D_{ky}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	$K_a$	$K_d$	$D_k$	$K_{ax}$	$K_{ay}$	$D_{kx}$	$D_{ky}$
26.0	0.34	0.0	0.0	0.3	0.15	0.0	0.0
1.47	0.25	0.0	0.0	0.25	0.01	0.0	0.0
1.47	0.25	0.0	0.0	0.25	0.01	0.0	0.0
1.47	0.25	0.0	0.0	0.25	0.01	0.0	0.0
1.47	0.25	0.0	0.0	0.25	0.01	0.0	0.0
26.0	0.34	0.0	0.0	0.3	0.15	0.0	0.0
30.0	0.53	0.0	0.0	0.46	0.26	0.0	0.0
25.0	0.52	0.0	0.0	0.47	0.22	0.0	0.0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$  Quota iniziale strato (cm)  
 $Q_f$  Quota finale strato (cm)  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	417.1	370.0	1.76	0.33	387.61	390.72
2	370.0	316.0	5.03	-0.7	340.05	338.45
3	316.0	262.0	8.33	-1.4	287.22	286.74
4	262.0	208.0	11.63	-2.1	233.72	233.49
5	208.0	154.0	14.93	-2.81	180.01	179.87
6	154.0	149.8	1.34	0.04	151.89	151.89
7	149.8	100.0	5.62	3.24	124.9	124.9
8	100.0	0.0	15.02	6.1	45.24	46.42

### SPINTE IN FONDAZIONE

#### Discretizzazione terreno

$Q_i$  Quota iniziale strato (cm);  
 $Q_f$  Quota finale strato (cm);  
 $G$  Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>);  
 $E_{ps}$  Inclinazione dello strato. (°);  
 $F_i$  Angolo di resistenza a taglio (°);

Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
$\beta$	Angolo perpendicolare al paramento lato monte ( $^{\circ}$ );
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
124.0	0.0	19.0	206.0	30.0	25.0	8.0	180.23	

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
205.23	1.16	-1.05	-0.49

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	124.0	0.0	-34.6	-0.98	52.87	15.24

### Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	63.66	2.7	107.08
Peso muro	0.0	171.0	-502.74
Peso fondazione	0.0	111.98	-212.98
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	89.87	-236.93
Spinte fondazione	-34.6	-0.98	-18.29
	<b>29.06</b>	<b>374.57</b>	<b>-863.86</b>

Momento stabilizzante -991.06 kNm  
Momento ribaltante 127.2 kNm

### Verifica alla traslazione

---

Sommatoria forze orizzontali	63.66 kN
Sommatoria forze verticali	375.55 kN
Coefficiente di attrito	0.58
Adesione	8.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	375.55 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	63.66 kN
Resistenza terreno	283.06 kN
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>4.45</b>
<b>Traslazione verificata Csd&gt;1</b>	

### Verifica al ribaltamento

---

Momento stabilizzante	-991.06 kNm
Momento ribaltante	127.2 kNm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>7.79</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento Csv&gt;1</b>	

### Carico limite verticale VESIC

---

Somma forze in direzione x (Fx)	29.06 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	374.57 kN
Somma momenti	-863.86 kNm
Larghezza fondazione	395.5 cm
Lunghezza	4800.0 cm
Eccentricità su B	32.88 cm
Peso unità di volume	19.0 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	30.0 °
Coesione	8.0 kPa
Terreno sulla fondazione	119.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 kN/m <sup>3</sup>
Nq	18.4
Nc	30.14
Ng	22.4
Fattori di forma	
sq	1.04
sc	1.04
sg	0.97
Inclinazione carichi	
iq	0.87
ic	0.86
ig	0.81

Fattori di profondità	
dq	1.1
dc	1.14
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	1512.67 kN
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>3.37</b>

### Carico limite verificato $Csq > 1$

#### Tensioni sul terreno

---

Ascissa centro sollecitazione	231.13 cm
Larghezza della fondazione	395.5 cm
x = 0.5 cm	47.47 kPa
x = 396.0 cm	141.95 kPa

#### MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
0.5	-34.6	-0.9	3.16	124.0
128.0	-34.6	-42.12	-19.99	119.0

#### MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
388.0	15.02	-1.98	-0.74	100.0

#### Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.

Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	15.29	660.75	S	225.41	0.0	111.78

### A\_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
370.0	316.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
316.0	262.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
262.0	208.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
208.0	154.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
154.0	152.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
152.5	124.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	345.0	
124.0	119.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	345.0	
119.0	100.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	345.0	

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.0	0.33	0.0	0.0	0.33	0.06	0.0	0.0
10.0	0.33	0.0	0.0	0.33	0.06	0.0	0.0
10.0	0.33	0.0	0.0	0.33	0.06	0.0	0.0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	370.0	316.0	0.0	0.0	343.0	343.0
2	316.0	262.0	0.0	0.0	289.0	289.0
3	262.0	208.0	0.0	0.0	235.0	235.0
4	208.0	154.0	0.0	0.0	181.0	181.0
5	154.0	152.5	0.0	0.0	153.25	153.25
6	152.5	124.0	0.28	0.05	138.25	138.25
7	124.0	119.0	0.05	0.01	121.5	121.5
8	119.0	100.0	0.19	0.03	109.5	109.5

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
316.0	0.0	35.18	320.7	343.0
262.0	0.0	70.48	313.5	315.9
208.0	0.0	105.95	306.2	288.8
154.0	0.0	141.53	298.9	261.7
152.5	0.0	142.55	298.6	261.0
124.0	0.0	161.38	294.8	246.6
119.0	0.0	164.7	294.1	244.1
100.0	0.0	171.0	294.5	239.3

## Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
316.0	0.0	35.18	-2.55	261.1
262.0	0.0	70.48	-10.25	262.1
208.0	0.0	105.95	-23.1	263.2
154.0	0.0	141.53	-41.04	264.2
152.5	0.0	142.55	-41.55	264.3
124.0	0.28	161.42	-53.28	264.8
119.0	0.33	164.76	-55.45	264.9
100.0	0.52	171.09	-171.86	388.0

## VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (396, 0/0, 0)$

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (396, 0/417, 1)$

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0, 5/0, 0)$

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
417.1	370.0	17.0	-1.0	26.0	26.0	0.0	0.0	Falda
370.0	316.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
316.0	262.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
262.0	208.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
208.0	154.0	17.0	-1.0	26.0	16.0	0.0	345.47	Falda
154.0	149.8	17.0	-1.0	26.0	26.0	0.0	0.0	Falda
149.8	100.0	19.0	26.0	30.0	30.0	8.0	0.0	
100.0	0.0	19.0	26.0	30.0	25.0	8.0	0.0	

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 $K_a$  Coefficiente di spinta attiva.  
 $K_d$  Coefficiente di spinta dinamica.  
 $D_k$  Coefficiente di incremento dinamico.  
 $K_{ax}, K_{ay}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 $D_{kx}, D_{ky}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	$K_a$	$K_d$	$D_k$	$K_{ax}$	$K_{ay}$	$D_{kx}$	$D_{ky}$
26.0	0.34	0.0	0.0	0.3	0.15	0.0	0.0
1.47	0.25	0.0	0.0	0.25	0.01	0.0	0.0
1.47	0.25	0.0	0.0	0.25	0.01	0.0	0.0
1.47	0.25	0.0	0.0	0.25	0.01	0.0	0.0
1.47	0.25	0.0	0.0	0.25	0.01	0.0	0.0
26.0	0.34	0.0	0.0	0.3	0.15	0.0	0.0
30.0	0.53	0.0	0.0	0.46	0.26	0.0	0.0
25.0	0.52	0.0	0.0	0.47	0.22	0.0	0.0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$  Quota iniziale strato (cm)  
 $Q_f$  Quota finale strato (cm)  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	417.1	370.0	1.76	0.33	387.61	390.72
2	370.0	316.0	5.03	-0.7	340.05	338.45
3	316.0	262.0	8.33	-1.4	287.22	286.74
4	262.0	208.0	11.63	-2.1	233.72	233.49
5	208.0	154.0	14.93	-2.81	180.01	179.87
6	154.0	149.8	1.34	0.04	151.89	151.89
7	149.8	100.0	5.62	3.24	124.9	124.9
8	100.0	0.0	15.02	6.1	45.24	46.42

### SPINTE IN FONDAZIONE

#### Discretizzazione terreno

$Q_i$  Quota iniziale strato (cm);  
 $Q_f$  Quota finale strato (cm);  
 $G$  Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>);  
 $E_{ps}$  Inclinazione dello strato. (°);  
 $F_i$  Angolo di resistenza a taglio (°);

Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
$\beta$	Angolo perpendicolare al paramento lato monte ( $^{\circ}$ );
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
124.0	0.0	19.0	206.0	30.0	25.0	8.0	180.23	

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
205.23	1.16	-1.05	-0.49

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	124.0	0.0	-34.6	-0.98	52.87	15.24

### Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	63.66	2.7	107.08
Peso muro	0.0	171.0	-502.74
Peso fondazione	0.0	111.98	-212.98
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	89.87	-236.93
Spinte fondazione	-34.6	-0.98	-18.29
	<b>29.06</b>	<b>374.57</b>	<b>-863.86</b>

Momento stabilizzante -991.06 kNm  
Momento ribaltante 127.2 kNm

### Verifica al ribaltamento

---

Momento stabilizzante	-991.06 kNm
Momento ribaltante	127.2 kNm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento C<sub>sv</sub></b>	<b>7.79</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento C<sub>sv</sub>&gt;1</b>	

### MENSOLA A VALLE

X<sub>progr.</sub> Ascissa progressiva (cm);  
F<sub>x</sub> Forza in direzione x (kN);  
F<sub>y</sub> Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

X <sub>progr.</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	M	H
0.5	-34.6	-0.9	3.16	124.0
128.0	-34.6	-42.12	-19.99	119.0

### MENSOLA A MONTE

X<sub>progr.</sub> Ascissa progressiva (cm);  
F<sub>x</sub> Forza in direzione x (kN);  
F<sub>y</sub> Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

X <sub>progr.</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	M	H
388.0	15.02	-1.98	-0.74	100.0

## Indice

Stratigrafia	.11
Fattori combinazione	.12
A1+M1+R3 [GEO+STR]	.13
1-(Peso, Baricentro, Inerzia)	.15
1-Armatura elevazione	.16
1-Sollecitazioni totali	.19
1-Verifica alla traslazione	.19
1-Verifica al ribaltamento	.19
1-Carico limite	.20
1-Tensioni sul terreno	.20
1-Armatura in fondazione	.21
A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]	.22
2-(Peso, Baricentro, Inerzia)	.23
2-Armatura elevazione	.24
2-Sollecitazioni totali	.27
2-Verifica alla traslazione	.27
2-Verifica al ribaltamento	.28
2-Carico limite	.28
2-Tensioni sul terreno	.29
2-Armatura in fondazione	.29
A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]	.30
3-(Peso, Baricentro, Inerzia)	.32
3-Sollecitazioni totali	.35
3-Verifica al ribaltamento	.35
Indice	.37