

# COMUNE DI SELARGIUS

Settore Lavori Pubblici

## PROGETTO ESECUTIVO

LAVORI DI ADEGUAMENTO VIA PERETTI E MESSA IN  
SICUREZZA ACCESSO ALL'OSPEDALE BROTZU

ELABORATO

**F**

RELAZIONE DI CALCOLO DEI MURI IN  
CALCESTRUZZO ARMATO

COMMITTENTE

COMUNE DI SELARGIUS

PROGETTAZIONE

A.T.P. CABIDDU - FIGUS - DEMURTAS

IL CAPOGRUPPO A.T.P.

DOTT. ING. ROBERTO CABIDDU

robertocabiddu@gmail.com

DOTT. ING. SIMONE FIGUS

simonefigus@hotmail.it

DATA

Novembre

2015



## RELAZIONE DI CALCOLO

### **Premessa.**

La presente relazione è relativa al calcolo strutturale dei muri di contenimento previsti nel progetto di “adeguamento via peretti e messa in sicurezza dell'accesso all'Ospedale Brotzu. La verifica è stata fatta con il metodo degli stati limite.

### **Normative di riferimento:**

**NTC2008** - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.

**CIRCOLARE 2 febbraio 2009**, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).

### **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:

$$P_t = K_a \times \gamma_t \times z$$

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

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

Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\beta - \phi)}{\text{sen}^2\beta \times \text{sen}(\beta + \delta) \times \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \phi) \times \text{sen}(\phi - \varepsilon)}{\text{sen}(\beta + \delta) \times \text{sen}(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

Valori limite di  $K_A$ :

$\delta < (\beta - \phi - \varepsilon)$  secondo Muller-Breslau

$\gamma_t$  Peso unità di volume del terreno;

$\beta$  Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

$\phi$  Angolo di resistenza al taglio del terreno;

$\delta$  Angolo di attrito terra-muro;

$\varepsilon$  Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

$H$  Altezza della parete.

### **Calcolo della spinta attiva con Rankine**

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

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

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:

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

### 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  $\theta$  tale che:

$$\operatorname{tg} \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

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

### Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti  $K_h$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:  $K_h = \beta_m \times (a_{\max} / g)$   $K_v = \pm 0,5 \times K_h$

$\beta_m$  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.

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

$S$  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:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

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.

### OPCM 3274

I coefficienti sismici orizzontale  $K_h$  e verticale  $K_v$  che interessano tutte le masse vengono calcolati come:

$$k_h = S (a_g / g) / r \quad k_v = 0,5 k_h$$

in cui  $S(a_g/g)$  rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico.

Suolo di tipo A -  $S=1$ ;

Suolo di tipo B -  $S=1.25$ ;

Suolo di tipo C -  $S=1.25$ ;

Suolo di tipo E -  $S=1.25$ ;

Suolo di tipo D -  $S=1.35$ .

Al fattore  $r$  viene può essere assegnato il valore  $r = 2$  nel caso di opere sufficientemente flessibili (muri liberi a gravità), mentre in tutti gli altri casi viene posto pari a 1 (muri in c.a. resistenti a flessione, muri in c.a. su pali o tirantati, muri di cantinato).

### D.M. 88

L'applicazione del **D.M. 88** e successive modifiche ed integrazioni è consentito mediante l'inserimento del coefficiente sismico orizzontale  $K_h$  in funzione delle Categorie Sismiche secondo il seguente schema: I Cat.  $K_h=0.1$ ; II Cat.  $K_h=0.07$ ; III Cat.  $K_h=0.04$ ;

### Eurocodice 8

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

$$K_h = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

$a_{gR}$ : 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).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

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:

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

dove

$Q$  = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

$$P_q = K_A \times Q \times \sin \beta / \sin(\beta + \epsilon)$$

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

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

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:

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

dove:

H altezza muro

$k_v$  coefficiente sismico verticale

$\gamma$  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  $\theta$  della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

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

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:

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

Con risultante pari a:

$$S_w = 1/2 \times \gamma_w \times H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo  $\gamma_t$  con  $\gamma'_t$  ( $\gamma'_t = \gamma_{saturo} - \gamma_w$ ), peso efficace del materiale immerso in acqua.

### Resistenza passiva

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

$$P_t = K_p \times \gamma_t \times z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

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

$$\delta < \beta - \phi - \varepsilon$$

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

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

### Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

#### Vesic

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:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

Dove:

$A' = B' L'$  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

$s_c = 0,2 (B'/L')$  per fondazioni rettangolari

$i_c$  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.

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

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

Dove:

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

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

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

#### Fattori di forma

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

per forma rettangolare

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \left( \frac{B'}{L'} \right)$$

per forma rettangolare

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

per forma rettangolare, quadrata o circolare.

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

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

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

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

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

#### 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.

#### 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

Descrizione	Muro cls h=120
Comune di	
Tecnico	ing.Roberto Cabiddu
Data	
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

#### Dati generali muro

Altezza muro	120,0 cm
--------------	----------

Spessore testa muro	30,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	80,0 cm
Sporgenza mensola a monte	40,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Svaso mensola a monte	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	30,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	30,0 cm

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

#### Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fed [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	30550,21	20	11,55	1,05	2,25
2	C25/30	30	32089,96	25	14,44	1,21	2,61
3	C28/35	35	32936,31	28	16,17	1,31	2,81
4	C40/50	51	35913,83	40	20,22	1,52	3,26

#### Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 iniziale	β1*β2 finale
1	B450C	203940	458,87	399,01	550,64	399,01	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	203940	458,87	399,01	550,64	458,87	.075	.0675	1	0,5
3	B450C**	203940	458,87	399,01	467,33	406,35	.012	.01	1	0,5
4	S235H	214137	244,73	212,81	367,09	212,81	0,012	0,01	1	0,5
5	S275H	214137	285,52	248,3	438,47	248,3	0,012	0,01	1	0,5
6	S355H	214137	367,09	319,17	520,05	367,09	0,012	0,01	1	0,5

#### Materiali impiegati realizzazione muro

C20/25 B450C

Copriferro, Elevazione	3,0 cm
Copriferro, Fondazione	3,0 cm
Copriferro, Dente di fondazione	3,0 cm

#### Stratigrafia

DH	Passo minimo
Eps	Inclinazione dello strato.
Gamma	Peso unità di volume
Fi	Angolo di resistenza a taglio
c	Coesione
Delta	Angolo di attrito terra muro
P.F.	Presenza di falda (Si/No)

Ns	DH (cm)	Eps (°)	Gamma (KN/m³)	Fi (°)	c (kPa)	Delta (°)	P.F.	Litologia	Descrizione
1	250	0	17,65	36	0,00	24	No		Sabbia

#### Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
carico concentrato	110,0	150,0	0,0	2,0	0,0

#### Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
carico distribuito	0,0	190,0	10,0	10,0	100,0
striscia di carico	0,0	30,0	5,0	5,0	100,0

### FATTORI DI COMBINAZIONE

#### A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30
2	Spinta terreno	1,00
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 distribuito	1,50
8	striscia di carico	1,50
9	carico concentrato	1,50

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

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

#### A2+M2+R2

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 distribuito	1,30
8	striscia di carico	1,30
9	carico concentrato	1,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coazione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

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

#### EQU+M2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,50

6	Spinta sismica in y	0,00
7	carico distribuito	1,50
8	striscia di carico	1,50
9	carico concentrato	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

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

### A1+M1+R1 [STR]

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150,0	126,0	17,65	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
126,0	102,0	17,65	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
102,0	78,0	17,65	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
78,0	54,0	17,65	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
54,0	30,0	17,65	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	

### 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
24,0	0,23	0,0	0,0	0,21	0,1	0,0	0,0
24,0	0,23	0,0	0,0	0,21	0,1	0,0	0,0
24,0	0,23	0,0	0,0	0,21	0,1	0,0	0,0
24,0	0,23	0,0	0,0	0,21	0,1	0,0	0,0
24,0	0,23	0,0	0,0	0,21	0,1	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 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	150,0	126,0	0,94	0,42	137,54	137,54
2	126,0	102,0	1,16	0,52	113,62	113,62
3	102,0	78,0	1,38	0,61	89,68	89,68
4	78,0	54,0	1,6	0,71	65,73	65,73
5	54,0	30,0	1,82	0,81	41,76	41,76

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
126,0	0,0	2,29	95,0	138,0
102,0	0,0	4,59	95,0	126,0
78,0	0,0	6,88	95,0	114,0
54,0	0,0	9,18	95,0	102,0
30,0	0,0	11,47	95,0	90,0

### 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
126,0	0,94	5,71	-0,4	30,0
102,0	2,1	8,53	-0,12	30,0
78,0	3,48	11,43	0,45	30,0
54,0	5,08	14,44	1,37	30,0
30,0	6,89	17,54	2,68	30,0

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

Afv Area dei ferri lato valle.  
 Afm Area dei ferri lato monte.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
-----	-----	----	----	------	-----	-----	---------

6Ø12 (6,79)	3Ø12 (3,39)	5,69	69,21	S	105,19	0,0	111,6
6Ø12 (6,79)	3Ø12 (3,39)	8,54	69,56	S	105,19	0,0	50,01
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	11,36	69,91	S	105,19	0,0	30,21
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	14,44	70,29	S	105,19	0,0	20,71
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	17,48	70,66	S	105,19	0,0	15,26

### VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (150,0/0,0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (150,0/150,0)

Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

#### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150,0	126,0	17,65	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
126,0	102,0	17,65	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
102,0	78,0	17,65	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
78,0	54,0	17,65	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
54,0	30,0	17,65	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
30,0	0,0	17,65	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	

#### 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
36,0	0,24	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0
36,0	0,24	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0
36,0	0,24	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0
36,0	0,24	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0
36,0	0,24	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0
24,0	0,23	0,0	0,0	0,21	0,1	0,0	0,0

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	150,0	126,0	0,86	0,62	137,54	137,54
2	126,0	102,0	1,06	0,77	113,62	113,62
3	102,0	78,0	1,25	0,91	89,68	89,68
4	78,0	54,0	1,45	1,06	65,73	65,73
5	54,0	30,0	1,65	1,2	41,76	41,76
6	30,0	0,0	2,45	1,44	14,65	14,74

#### SPINTE IN FONDAZIONE

##### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30,0	0,0	17,65	180,0	36,0	24,0	0,0	180,0	

##### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	1,16	-1,06	-0,47

##### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	30,0	0,0	-0,84	-0,37	10,0	10,0

##### Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	8,72	6,0	-3,49
Carichi esterni	0,0	3,0	-3,3

Peso muro	0,0	11,47	-10,9
Peso fondazione	0,0	14,34	-10,76
Sovraccarico	0,0	6,47	-8,42
Terr. fondazione	0,0	11,01	-14,32
Spinte fondazione	-0,84	-0,37	-0,08
	<b>7,89</b>	<b>51,93</b>	<b>-51,26</b>

Momento stabilizzante	-56,69	kNm
Momento ribaltante	5,42	kNm

#### 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
80,0	-0,84	-8,16	-1,5	30,0

#### 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);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø12 (4,52)	2Ø12 (2,26)	0,92	46,98	S	105,19	0,0	12,89

#### 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
110,0	2,45	1,28	-1,23	30,0

#### 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);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);

Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	2,42	68,81	S	105,19	0,0	82,1

**A2+M2+R2 [GEO+STR]**

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
Qf Quota finale strato  
Gamma Peso unità di volume (KN/m³);  
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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150,0	126,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
126,0	102,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
102,0	78,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
78,0	54,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
54,0	30,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

**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
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
Qf Quota inizio strato.  
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	150,0	126,0	1,04	0,46	137,48	137,48
2	126,0	102,0	1,31	0,59	113,58	113,58
3	102,0	78,0	1,59	0,71	89,66	89,66
4	78,0	54,0	1,86	0,83	65,71	65,71
5	54,0	30,0	2,13	0,95	41,74	41,74

#### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
126,0	0,0	1,77	95,0	138,0
102,0	0,0	3,53	95,0	126,0
78,0	0,0	5,3	95,0	114,0
54,0	0,0	7,06	95,0	102,0
30,0	0,0	8,83	95,0	90,0

#### 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
126,0	1,04	4,83	-0,34	30,0
102,0	2,36	7,18	-0,03	30,0
78,0	3,94	9,65	0,62	30,0
54,0	5,8	12,25	1,66	30,0
30,0	7,94	14,96	3,16	30,0

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

Afv      Area dei ferri lato valle.  
 Afm      Area dei ferri lato monte.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT    Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø12 (6,79)	3Ø12 (3,39)	4,88	69,11	S	105,19	0,0	101,02
6Ø12 (6,79)	3Ø12 (3,39)	7,19	69,4	S	105,19	0,0	44,65
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	9,62	69,7	S	105,19	0,0	26,67
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	12,17	70,01	S	105,19	0,0	18,12
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	14,97	70,35	S	105,19	0,0	13,25

#### VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (150,0/0,0)

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (150,0/150,0)$   
 Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$

#### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150,0	126,0	17,65	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
126,0	102,0	17,65	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
102,0	78,0	17,65	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
78,0	54,0	17,65	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
54,0	30,0	17,65	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
30,0	0,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

#### 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
30,17	0,3	0,0	0,0	0,26	0,15	0,0	0,0
30,17	0,3	0,0	0,0	0,26	0,15	0,0	0,0
30,17	0,3	0,0	0,0	0,26	0,15	0,0	0,0
30,17	0,3	0,0	0,0	0,26	0,15	0,0	0,0
30,17	0,3	0,0	0,0	0,26	0,15	0,0	0,0
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	150,0	126,0	0,99	0,58	137,48	137,48
2	126,0	102,0	1,25	0,73	113,58	113,58
3	102,0	78,0	1,51	0,88	89,66	89,66
4	78,0	54,0	1,77	1,03	65,71	65,71
5	54,0	30,0	2,03	1,18	41,74	41,74
6	30,0	0,0	2,97	1,54	14,64	14,69

**SPINTE IN FONDAZIONE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30,0	0,0	17,65	180,0	30,17	24,0	0,0	180,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	0,91	-0,83	-0,37

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	30,0	0,0	-0,66	-0,29	10,0	10,0

**Sollecitazioni total i**

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	10,51	5,93	-2,32
Carichi esterni	0,0	2,6	-2,86
Peso muro	0,0	8,83	-8,38
Peso fondazione	0,0	11,03	-8,27
Sovraccarico	0,0	5,61	-7,29
Terr. fondazione	0,0	8,47	-11,01
Spinte fondazione	-0,66	-0,29	-0,07
	<b>9,86</b>	<b>42,18</b>	<b>-40,21</b>

Momento stabilizzante	-46,72	kNm
Momento ribaltante	6,51	kNm

### Verifica alla traslazione

---

Sommatoria forze orizzontali	10,51 kN
Sommatoria forze verticali	42,47 kN
Coefficiente di attrito	0,58
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	42,47 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	10,51 kN
Resistenza terreno	25,34 kN
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>2,41</b>
<b>Traslazione verificata Csd&gt;1</b>	

### Verifica al ribaltamento

---

Momento stabilizzante	-46,72 kNm
Momento ribaltante	6,51 kNm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>7,18</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento Csv&gt;1</b>	

### Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

---

Somma forze in direzione x	9,86 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	42,18 kN
Somma momenti	-40,21 kNm
Larghezza fondazione	150,0 cm
Lunghezza	100,0 cm
Eccentricità su B	20,33 cm
Peso unità di volume	17,65 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	30,17 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	30,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	17,65 KN/m <sup>3</sup>
Nq	18,75
Nc	30,54
Ng	22,96
Fattori di forma	
sq	1,53
sc	1,56
sg	0,63
Inclinazione carichi	
iq	0,67
ic	0,66
ig	0,52
Inclinazione valle	
gq	1,0
gc	0,0
gg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	191,67 kN
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>4,54</b>
<b>Carico limite verificato Csq&gt;1</b>	

### Tensioni sul terreno

---

Ascissa centro sollecitazione	95,33 cm
Larghezza della fondazione	150,0 cm

x = 0,0 cm Tensione... 5,25 kPa  
 x = 150,0 cm Tensione... 50,99 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
80,0	-0,66	-8,36	-2,13	30,0

#### 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);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø12 (4,52)	2Ø12 (2,26)	0,73	46,96	S	105,19	0,0	12,58

#### 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
110,0	2,97	5,0	-2,03	30,0

#### 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);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	2,96	68,88	S	105,19	0,0	21,05

**EQU+M2 [GEO+STR]**

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150,0	126,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
126,0	102,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
102,0	78,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
78,0	54,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
54,0	30,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

**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
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	150,0	126,0	1,19	0,53	137,5	137,5
2	126,0	102,0	1,49	0,67	113,6	113,6
3	102,0	78,0	1,8	0,8	89,67	89,67
4	78,0	54,0	2,1	0,93	65,71	65,71
5	54,0	30,0	2,4	1,07	41,75	41,75

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
126,0	0,0	1,59	95,0	138,0
102,0	0,0	3,18	95,0	126,0
78,0	0,0	4,77	95,0	114,0
54,0	0,0	6,35	95,0	102,0
30,0	0,0	7,94	95,0	90,0

### 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
126,0	1,19	5,12	-0,39	30,0
102,0	2,69	7,37	-0,03	30,0
78,0	4,48	9,76	0,7	30,0
54,0	6,58	12,28	1,88	30,0
30,0	8,98	14,94	3,58	30,0

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

Afv       Area dei ferri lato valle.  
 Afm       Area dei ferri lato monte.  
 Nu       Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu       Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd       Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd       Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT   Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu       Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø12 (6,79)	3Ø12 (3,39)	5,15	69,15	S	105,19	0,0	88,09
6Ø12 (6,79)	3Ø12 (3,39)	7,32	69,41	S	105,19	0,0	39,12
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	9,75	69,71	S	105,19	0,0	23,46
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	12,3	70,03	S	105,19	0,0	15,99
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	14,97	70,35	S	105,19	0,0	11,72

### VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (150,0/0,0)  
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (150,0/150,0)  
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

### Discretizzazione terreno

Qi           Quota iniziale strato (cm);

Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150,0	126,0	17,65	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
126,0	102,0	17,65	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
102,0	78,0	17,65	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
78,0	54,0	17,65	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
54,0	30,0	17,65	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
30,0	0,0	17,65	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

#### 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
30,17	0,3	0,0	0,0	0,26	0,15	0,0	0,0
30,17	0,3	0,0	0,0	0,26	0,15	0,0	0,0
30,17	0,3	0,0	0,0	0,26	0,15	0,0	0,0
30,17	0,3	0,0	0,0	0,26	0,15	0,0	0,0
30,17	0,3	0,0	0,0	0,26	0,15	0,0	0,0
24,0	0,29	0,0	0,0	0,27	0,12	0,0	0,0

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	150,0	126,0	1,13	0,66	137,5	137,5
2	126,0	102,0	1,42	0,83	113,6	113,6
3	102,0	78,0	1,71	0,99	89,67	89,67
4	78,0	54,0	1,99	1,16	65,71	65,71
5	54,0	30,0	2,28	1,32	41,75	41,75
6	30,0	0,0	3,33	1,72	14,65	14,7

#### SPINTE IN FONDAZIONE

##### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30,0	0,0	17,65	180,0	30,17	24,0	0,0	180,0	

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	0,91	-0,83	-0,37

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	30,0	0,0	-0,66	-0,29	10,0	10,0

#### Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	11,86	6,68	-2,57
Carichi esterni	0,0	3,0	-3,3
Peso muro	0,0	7,94	-7,55
Peso fondazione	0,0	9,93	-7,45
Sovraccarico	0,0	6,47	-8,42
Terr. fondazione	0,0	8,47	-11,01
Spinte fondazione	-0,66	-0,29	-0,07
	<b>11,2</b>	<b>42,21</b>	<b>-40,36</b>

Momento stabilizzante	-47,75	kNm
Momento ribaltante	7,39	kNm

#### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	11,86 kN
Sommatoria forze verticali	42,5 kN
Coefficiente di attrito	0,58

Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	42,5 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	11,86 kN
Resistenza terreno	25,36 kN
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>2,14</b>
<b>Traslazione verificata Csd&gt;1</b>	

#### Verifica al ribaltamento

---

Momento stabilizzante	-47,75 kNm
Momento ribaltante	7,39 kNm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>6,46</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento Csv&gt;1</b>	

#### Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

---

Somma forze in direzione x	11,2 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	42,21 kN
Somma momenti	-40,36 kNm
Larghezza fondazione	150,0 cm
Lunghezza	100,0 cm
Eccentricità su B	20,62 cm
Peso unità di volume	17,65 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	30,17 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	30,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	17,65 KN/m <sup>3</sup>
Nq	18,75
Nc	30,54
Ng	22,96
Fattori di forma	
sq	1,53
sc	1,56
sg	0,63
Inclinazione carichi	
iq	0,63
ic	0,61
ig	0,47
Inclinazione valle	
gq	1,0
gc	0,0
gg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	175,59 kN
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>4,16</b>
<b>Carico limite verificato Csq&gt;1</b>	

#### Tensioni sul terreno

---

Ascissa centro sollecitazione	95,62 cm
Larghezza della fondazione	150,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	4,93 kPa
x = 150,0 cm Tensione...	51,35 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
80,0	-0,66	-8,84	-2,31	30,0

**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);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø12 (4,52)	2Ø12 (2,26)	0,73	46,96	S	105,19	0,0	11,89

**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
110,0	3,33	6,21	-2,43	30,0

**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);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
3Ø12 (3,39)	6Ø12 (6,79)	3,24	68,91	S	105,19	0,0	16,93

## Indice

1.Dati generali	7
2.CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI	8
3.Stratigrafia	8
4.Fattori combinazione	8
5.A1+M1+R1 [STR]	10
5.1.1-(Peso, Baricentro, Inerzia)	11
5.2.1-Armatura elevazione	11
5.3.1-Sollecitazioni totali	14
5.4.1-Armatura in fondazione	14
6.A2+M2+R2 [GEO+STR]	15
6.1.2-(Peso, Baricentro, Inerzia)	16
6.2.2-Armatura elevazione	17
6.3.2-Sollecitazioni totali	19
6.4.2-Verifica alla traslazione	19
6.5.2-Verifica al ribaltamento	19
6.6.2-Carico limite	19
6.7.2-Tensioni sul terreno	20
6.8.2-Armatura in fondazione	20
7.EQU+M2 [GEO+STR]	21
7.1.3-(Peso, Baricentro, Inerzia)	22
7.2.3-Armatura elevazione	23
7.3.3-Sollecitazioni totali	25
7.4.3-Verifica alla traslazione	25
7.5.3-Verifica al ribaltamento	26
7.6.3-Carico limite	26
7.7.3-Tensioni sul terreno	26
7.8.3-Armatura in fondazione	27
Indice	29