



STUDI DI INGEGNERIA
ing. Angelo Riz

56127 Pisa, via S.Marta, 23
tel. 050 571355 fax. 1782232594
e-mail:riz.ing@tiscali.it

committente

COMUNE DI CAPOLIVERI

Provincia di Livorno

progetto

**LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA
STRADA COMUNALE DI "FONTE ALLE ROSE"**

PROGETTO DEFINITIVO

tavola

**ELABORATO DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO -
Muri di Contenimento**

aggiornamenti -Rev. 01

scala

data ottobre 2014

tav. n.

Ec

RELAZIONE DI CALCOLO

Normative di riferimento:

D.M. 11/3/88; Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Provvedimenti per le costruzioni con prescrizioni per zone sismiche (Legge 2/2/74 , D.M. 16/1/96 e D.M. 11/3/1988)

II) Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi (D.M. 16/1/96)

III) Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, e strutture metalliche (Legge 5/11/71, n.1086 e D.M. 14/2/92)

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:

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

Valori limite di K_A :

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

γ_t Peso unità di volume del terreno;

β Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

ϕ Angolo di resistenza al taglio del terreno;

δ Angolo di attrito terra-muro;

ε 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 terramuro 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 ε , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo β , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità θ tale che:

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

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: $K_h = \beta_m \times (a_{\max}/g)$ $K_v = \pm 0,5 \times K_h$

β_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 β_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,

γ_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 :

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

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

γ 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 θ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

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

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:

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

Con risultante pari a:

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

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo γ_t con γ'_t ($\gamma'_t = \gamma_{\text{saturo}} - \gamma_w$), 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:

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

(Muller-Breslau) con valori limiti di δ 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Muro di sostegno/Capoliveri/Ing. Angelo Riz

Lat./Long. [WGS84]

42.74444785/10.38334906

Normativa

NTC 2008

Spinta

Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

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:

A

Categoria topografica:

T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.186	2.61	0.273
S.L.D.	50.0	0.235	2.67	0.296
S.L.V.	475.0	0.49	2.88	0.34
S.L.C.	975.0	0.588	2.98	0.372

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.2232	0.2	0.0046	0.0023
S.L.D.	0.282	0.2	0.0058	0.0029
S.L.V.	0.588	0.2	0.012	0.006
S.L.C.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072

Dati generali muro

Altezza muro

400.0 cm

Spessore testa muro

30.0 cm

Risega muro lato valle

10.0 cm

Risega muro lato monte

0.0 cm

Sporgenza mensola a valle

200.0 cm

Sporgenza mensola a monte

60.0 cm

Svaso mensola a valle

0.0 cm

Svaso mensola a monte

0.0 cm

Altezza estremità mensola a valle

40.0 cm

Altezza estremità mensola a monte

40.0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Classe conglomerato Rck 30

Fattore parziale di sicurezza calcestruzzo	1.5
Resistenza a compressione di calcolo fcd	14.11 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo fctd	1.19 N/mm ²

Acciaio Tipo B450C

Modulo elastico	210000 N/mm ²
Fattore parziale di sicurezza acciaio	1.15
fyk (Tensione caratteristica snervamento)	440 N/mm ²
fyd (Resistenza ultima di calcolo)	382.61 N/mm ²
Deformazione ultima di calcolo	0.07

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/m ³)	Fi (°)	c (kPa)	Delta (°)	P.F.	Litologia	Descrizione
1	940	0	20.00	35	0.00	20	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
	340.0	440.0	0.0	20.0	0.0

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
Strada	0.0	650.0	20.0	20.0	0.0

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	Strada	1.50
8		0.00

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	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	0.00
7	Strada	1.30
8		0.00

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

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0.90
2	Spinta terreno	1.10
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.50
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	Strada	1.50
8		0.00

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

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0046
 Coefficiente sismico verticale Kv 0.0023

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
440.0	360.0	18.0	0.0	30.0	20.0	0.0	0.0	
360.0	280.0	18.0	0.0	30.0	20.0	0.0	0.0	
280.0	200.0	18.0	0.0	30.0	20.0	0.0	0.0	
200.0	120.0	18.0	0.0	30.0	20.0	0.0	0.0	
120.0	40.0	18.0	0.0	30.0	20.0	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
20.0	0.3	0.3	0.0	0.28	0.1	0.0	0.0
20.0	0.3	0.3	0.0	0.28	0.1	0.0	0.0
20.0	0.3	0.3	0.0	0.28	0.1	0.0	0.0
20.0	0.3	0.3	0.0	0.28	0.1	0.0	0.0
20.0	0.3	0.3	0.0	0.28	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	440.0	360.0	8.41	3.06	397.42	397.42
2	360.0	280.0	11.67	4.25	318.14	318.14
3	280.0	200.0	14.93	5.43	238.55	238.55

4	200.0	120.0	18.18	6.62	158.81	158.81
5	120.0	40.0	21.44	7.8	78.99	78.99

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
360.0	0.04	8.06	224.5	399.6
280.0	0.08	16.64	224.0	358.3
200.0	0.12	25.74	223.5	316.4
120.0	0.16	35.36	222.9	273.7
40.0	0.21	45.49	222.4	230.5

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
360.0	8.45	11.12	2.63	32.0
280.0	20.16	23.95	13.01	34.0
200.0	35.13	38.48	33.71	36.0
120.0	53.35	54.72	67.34	38.0
40.0	74.84	72.66	116.42	40.0

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
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	11.1	105.89	S	116.62	0.0	13.81
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	23.99	115.42	S	125.5	0.0	6.23
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	38.47	125.44	S	134.63	0.0	3.84
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	54.68	136.03	S	144.02	0.0	2.7
6Ø16 (12.06)	6Ø16 (12.06)	72.61	173.38	S	156.04	0.0	2.09

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (300.0/0.0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (300.0/440.0)

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 ³);
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
440.0	360.0	20.0	0.0	35.0	35.0	0.0	0.0	
360.0	280.0	20.0	0.0	35.0	35.0	0.0	0.0	
280.0	200.0	20.0	0.0	35.0	35.0	0.0	0.0	
200.0	120.0	20.0	0.0	35.0	35.0	0.0	0.0	
120.0	40.0	20.0	0.0	35.0	35.0	0.0	0.0	
40.0	0.0	20.0	0.0	35.0	20.0	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
35.0	0.25	0.25	0.0	0.2	0.14	0.0	0.0
35.0	0.25	0.25	0.0	0.2	0.14	0.0	0.0
35.0	0.25	0.25	0.0	0.2	0.14	0.0	0.0
35.0	0.25	0.25	0.0	0.2	0.14	0.0	0.0
35.0	0.25	0.25	0.0	0.2	0.14	0.0	0.0
20.0	0.25	0.25	0.0	0.23	0.08	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	440.0	360.0	6.3	4.41	397.19	397.19
2	360.0	280.0	8.96	6.27	318.02	318.02
3	280.0	200.0	11.61	8.13	238.48	238.48
4	200.0	120.0	14.26	9.99	158.76	158.76
5	120.0	40.0	16.92	11.85	78.95	78.95
6	40.0	0.0	9.81	5.8	19.75	19.84

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
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
40.0	0.0	20.0	180.0	35.0	20.0	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
200.0	1.1	-1.04	-0.38

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	40.0	0.0	-1.66	-0.6	13.33	13.33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	67.86	46.45	-20.2
Peso muro	0.21	45.49	-100.7
Peso fondazione	0.18	39.0	-58.46
Sovraccarico	0.08	18.0	-48.24
Terr. fondazione	0.2	56.16	-151.16
Spinte fondazione	-1.66	-0.6	-0.22
	66.87	204.5	-378.97

Momento stabilizzante	-499.25	kNm
Momento ribaltante	120.29	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	68.53 kN
Sommatoria forze verticali	205.1 kN
Coefficiente di attrito	0.36
Adesione	15.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	205.1 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	68.53 kN
Resistenza terreno	121.31 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1.77
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-499.25 kNm
Momento ribaltante	120.29 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	4.15
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	66.87 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	204.5 kN
Somma momenti	-378.97 kNm
Larghezza fondazione	300.0 cm
Lunghezza	100.0 cm
Eccentricità su B	35.32 cm
Peso unità di volume	20.0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	35.0 °
Coesione	0.0 kPa
Terreno sulla fondazione	80.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 KN/m ³
Nq	33.3
Nc	46.12
Ng	48.03
sq	1.31
sc	1.0
sg	0.83
iq	0.6
ic	0.58
ig	0.4
Carico limite verticale (Qlim)	1742.05 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	8.52
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	185.32 cm
Larghezza della fondazione	300.0 cm
x = 0.0 cm Tensione...	20.02 kPa
x = 300.0 cm Tensione...	116.31 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
200.0	-1.66	-78.84	-57.97	40.0

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
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	1.7	135.05	S	143.81	0.0	1.83

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
240.0	9.81	56.24	-30.26	40.0

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
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	-9.74	133.08	S	142.21	0.0	2.53

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0046
 Coefficiente sismico verticale Kv 0.0023

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
440.0	360.0	18.0	0.0	24.79	20.0	0.0	0.0	
360.0	280.0	18.0	0.0	24.79	20.0	0.0	0.0	
280.0	200.0	18.0	0.0	24.79	20.0	0.0	0.0	
200.0	120.0	18.0	0.0	24.79	20.0	0.0	0.0	
120.0	40.0	18.0	0.0	24.79	20.0	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
20.0	0.36	0.36	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.36	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.36	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.36	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.36	0.0	0.34	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	440.0	360.0	9.09	3.27	397.11	397.11
2	360.0	280.0	13.03	4.69	317.98	317.98
3	280.0	200.0	16.97	6.11	238.45	238.45

4	200.0	120.0	20.91	7.53	158.74	158.74
5	120.0	40.0	24.86	8.95	78.94	78.94

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
360.0	0.03	6.2	224.5	399.6
280.0	0.06	12.8	224.0	358.3
200.0	0.09	19.8	223.5	316.4
120.0	0.13	27.2	222.9	273.7
40.0	0.16	35.0	222.4	230.5

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
360.0	9.12	9.47	2.83	32.0
280.0	22.18	20.76	14.19	34.0
200.0	39.18	33.87	37.2	36.0
120.0	60.13	48.79	75.02	38.0
40.0	85.02	65.54	130.7	40.0

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
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	9.38	105.66	S	116.4	0.0	12.78
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	20.72	114.95	S	125.06	0.0	5.64
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	33.79	124.73	S	134.0	0.0	3.42
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	48.7	135.07	S	143.2	0.0	2.38
6Ø16 (12.06)	6Ø16 (12.06)	65.57	172.19	S	155.05	0.0	1.82

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (300.0/0.0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (300.0/440.0)

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 ³);
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
440.0	360.0	20.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
360.0	280.0	20.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
280.0	200.0	20.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
200.0	120.0	20.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
120.0	40.0	20.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
40.0	0.0	20.0	0.0	29.26	20.0	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
29.26	0.31	0.31	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.31	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.31	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.31	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.31	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
20.0	0.31	0.31	0.0	0.29	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	440.0	360.0	7.33	4.06	396.86	396.86
2	360.0	280.0	10.78	5.96	317.87	317.87
3	280.0	200.0	14.23	7.87	238.38	238.38
4	200.0	120.0	17.68	9.78	158.7	158.7
5	120.0	40.0	21.13	11.69	78.91	78.91
6	40.0	0.0	12.11	6.03	19.74	19.81

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
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
40.0	0.0	20.0	180.0	29.26	20.0	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
200.0	0.87	-0.82	-0.3

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	40.0	0.0	-1.31	-0.48	13.33	13.33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	83.25	45.38	8.22
Peso muro	0.16	35.0	-77.46
Peso fondazione	0.14	30.0	-44.97
Sovraccarico	0.07	15.6	-41.8
Terr. fondazione	0.2	43.2	-116.16
Spinte fondazione	-1.31	-0.48	-0.17
	82.51	168.7	-272.35

Momento stabilizzante	-417.74	kNm
Momento ribaltante	145.39	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	83.82 kN
Sommatoria forze verticali	169.18 kN
Coefficiente di attrito	0.36
Adesione	15.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	169.18 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	83.82 kN
Resistenza terreno	107.89 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1.29
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-417.74 kNm
Momento ribaltante	145.39 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv}	2.87
Muro verificato a ribaltamento C_{sv}>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	82.51 kN
Somma forze in direzione y (F _y)	168.7 kN
Somma momenti	-272.35 kNm
Larghezza fondazione	300.0 cm
Lunghezza	100.0 cm
Eccentricità su B	11.44 cm
Peso unità di volume	20.0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	29.26 °
Coesione	0.0 kPa
Terreno sulla fondazione	80.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 KN/m ³
N _q	16.92
N _c	28.42
N _g	20.08
s _q	1.2
s _c	1.0
s _g	0.86
i _q	0.43
i _c	0.39
i _g	0.22
Carico limite verticale (Q _{lim})	654.62 kN
Fattore sicurezza (C_{sq}=Q_{lim}/F_y)	3.88
Carico limite verificato C_{sq}>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	161.44 cm
Larghezza della fondazione	300.0 cm
x = 0.0 cm Tensione...	43.37 kPa
x = 300.0 cm Tensione...	69.1 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
200.0	-1.31	-84.36	-79.04	40.0

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
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	1.27	134.98	S	143.76	0.0	1.71

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
240.0	12.11	75.07	-36.01	40.0

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
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	-12.12	132.67	S	141.89	0.0	1.89

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0046

Coefficiente sismico verticale Kv 0.0023

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
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
440.0	360.0	18.0	0.0	24.79	20.0	0.0	0.0	
360.0	280.0	18.0	0.0	24.79	20.0	0.0	0.0	
280.0	200.0	18.0	0.0	24.79	20.0	0.0	0.0	
200.0	120.0	18.0	0.0	24.79	20.0	0.0	0.0	
120.0	40.0	18.0	0.0	24.79	20.0	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
20.0	0.36	0.36	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.36	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.36	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.36	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.36	0.0	0.34	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	440.0	360.0	10.38	3.74	397.22	397.22
2	360.0	280.0	14.71	5.3	318.04	318.04
3	280.0	200.0	19.04	6.86	238.48	238.48
4	200.0	120.0	23.37	8.42	158.76	158.76
5	120.0	40.0	27.71	9.98	78.96	78.96

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
360.0	0.03	5.58	224.5	399.6
280.0	0.05	11.52	224.0	358.3
200.0	0.08	17.82	223.5	316.4
120.0	0.11	24.48	222.9	273.7
40.0	0.14	31.5	222.4	230.5

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
360.0	10.4	9.32	3.25	32.0
280.0	25.14	20.55	16.19	34.0
200.0	44.21	33.71	42.25	36.0
120.0	67.62	48.78	84.9	38.0
40.0	95.35	65.78	147.51	40.0

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
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	9.38	105.66	S	116.38	0.0	11.2
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	20.52	114.92	S	125.04	0.0	4.98
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	33.79	124.73	S	133.98	0.0	3.03
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	48.7	135.07	S	143.2	0.0	2.12
6Ø16 (12.06)	6Ø16 (12.06)	65.79	172.23	S	155.09	0.0	1.63

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (300.0/0.0)
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (300.0/440.0)
 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 ³);
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
440.0	360.0	20.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
360.0	280.0	20.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
280.0	200.0	20.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
200.0	120.0	20.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
120.0	40.0	20.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
40.0	0.0	20.0	0.0	29.26	20.0	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
29.26	0.31	0.31	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.31	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.31	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.31	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.31	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
20.0	0.31	0.31	0.0	0.29	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	440.0	360.0	8.36	4.63	396.98	396.98
2	360.0	280.0	12.15	6.73	317.92	317.92
3	280.0	200.0	15.94	8.83	238.42	238.41
4	200.0	120.0	19.73	10.92	158.72	158.72
5	120.0	40.0	23.52	13.02	78.93	78.93
6	40.0	0.0	13.47	6.69	19.75	19.82

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato

Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
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
40.0	0.0	20.0	180.0	29.26	20.0	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
200.0	0.87	-0.82	-0.3

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	40.0	0.0	-1.31	-0.48	13.33	13.33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	93.18	50.82	9.93
Peso muro	0.14	31.5	-69.71
Peso fondazione	0.12	27.0	-40.47
Sovraccarico	0.08	18.0	-48.24
Terr. fondazione	0.2	43.2	-116.16
Spinte fondazione	-1.31	-0.48	-0.17
	92.42	170.03	-264.83

Momento stabilizzante	-428.23	kNm
Momento ribaltante	163.4	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	93.73 kN
Sommatoria forze verticali	170.51 kN

Coefficiente di attrito	0.36
Adesione	15.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	170.51 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	93.73 kN
Resistenza terreno	108.37 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1.16

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-428.23 kNm
Momento ribaltante	163.4 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	2.62

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	92.42 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	170.03 kN
Somma momenti	-264.83 kNm
Larghezza fondazione	300.0 cm
Lunghezza	100.0 cm
Eccentricità su B	5.75 cm
Peso unità di volume	20.0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	29.26 °
Coesione	0.0 kPa
Terreno sulla fondazione	80.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 KN/m ³
Nq	16.92
Nc	28.42
Ng	20.08
sq	1.19
sc	1.0
sg	0.86
iq	0.37
ic	0.33
ig	0.17
Carico limite verticale (Qlim)	575.6 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	3.39

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	155.75 cm
Larghezza della fondazione	300.0 cm
x = 0.0 cm Tensione...	50.15 kPa
x = 300.0 cm Tensione...	63.2 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
200.0	-1.31	-91.48	-88.93	40.0

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
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	1.27	134.98	S	143.76	0.0	1.57

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
240.0	13.47	85.08	-40.73	40.0

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
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	-13.43	132.44	S	141.71	0.0	1.67

