



SHARESALMO - GESTIONE ITTICA INTEGRATA E SOSTENIBILE PER LA
 VALORIZZAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ E LA DIFESA DALLE SPECIE INFESTANTI

ATTIVITÀ 5.1 - Intervento strategico di deframmentazione del Fiume Sesia



PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato:

Elaborato:

Relazione geotecnica

B.2

Rif.:

18S28

Data:

Febbraio 2020

Rev.:

01

Formato:

A4

Timbro e firma:

Progettista:

Ing. Stefano MOLINARI
 Via Europa n.33/a
 21040 - Morazzone (VA) - IT
 ste.moli@hotmail.it



Altri partner di progetto:



Parco  Ticino



Sommario

1	PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
2	AZIONE SISMICA PER I MURI DI SOSTEGNO.....	3
3	VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU).....	4
4	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI	10
5	VERIFICA ALLA TRASLAZIONE ORIZZONTALE.....	14
6	VERIFICA AL RIBALTAMENTO	15
7	VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE DELLE OPERE DI SOSTEGNO.....	16
8	CALCOLI.....	19
8.1	Discontinuità A.....	19
8.2	Discontinuità B	51

1 PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI

Il presente documento costituisce la relazione geotecnica del Progetto Definitivo “*Intervento strategico di deframmentazione del Fiume Sesia*”, e prende in considerazione la progettazione di due passaggi per pesci sul citato corso d’acqua, in corrispondenza di due sbarramenti artificiali che ne impediscono la risalita.

Il lavoro è svolto ottemperando alla specifica normativa di settore:

- D.M. 17/01/2018 e sua circolare esplicativa;

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute in:

- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.) “Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.

- Eurocodice 7 – “Progettazione geotecnica” - ENV 1997-1 per quanto non in contrasto con le disposizioni del D.M. 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Il programma di calcolo utilizzato è MDC di GeoStru aggiornato all’ultima versione.

2 AZIONE SISMICA PER I MURI DI SOSTEGNO

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie il cui valore può essere ricavato dalla relazione:

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

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido.

L'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche è eseguita mediante i metodi pseudostatici. L'analisi pseudostatica è condotta mediante i metodi dell'equilibrio limite. L'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità ed opportuni coefficienti sismici. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

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

dove:

a_{max} accelerazione massima al sito

g accelerazione di gravità

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Tab. 7.11-II delle NTC)

3 VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)

La condizione di verifica è espressa attraverso la seguente disequazione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e R_d è il valore di resistenza del sistema geotecnico.

SLU di tipo geotecnico (GEO)

Nel caso dei muri di sostegno le verifiche previste dalle NTC 2018 sono:

- Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno
- Collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno
- Collasso per scorrimento sul piano di posa
- Ribaltamento

SLU di tipo strutturale (STR)

- Raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

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 :

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

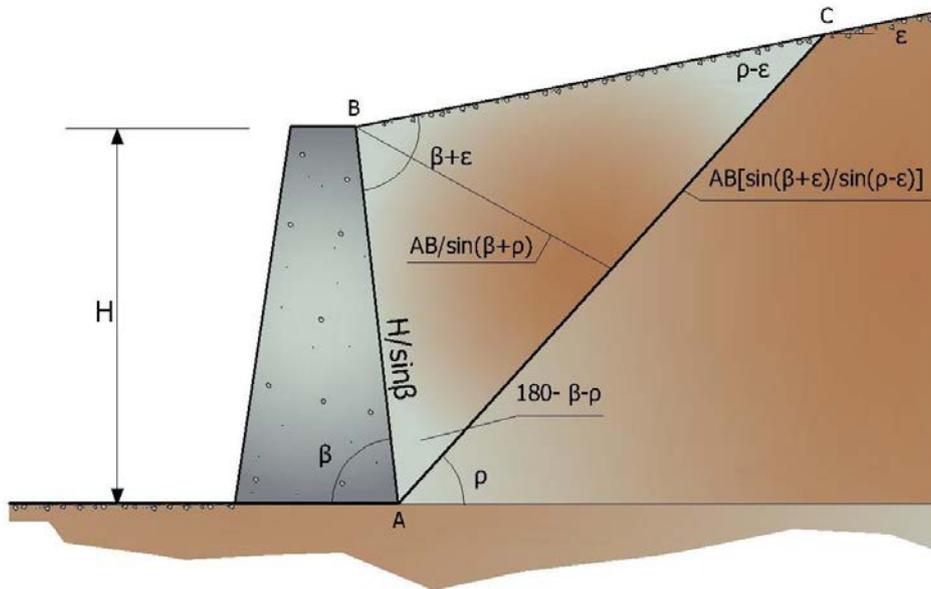
γ_t Peso unità di volume del terreno;

b inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

φ angolo di resistenza al taglio del terreno;

d 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:

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

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

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

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:

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

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:

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

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

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

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:

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

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:

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

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 δ pari a:

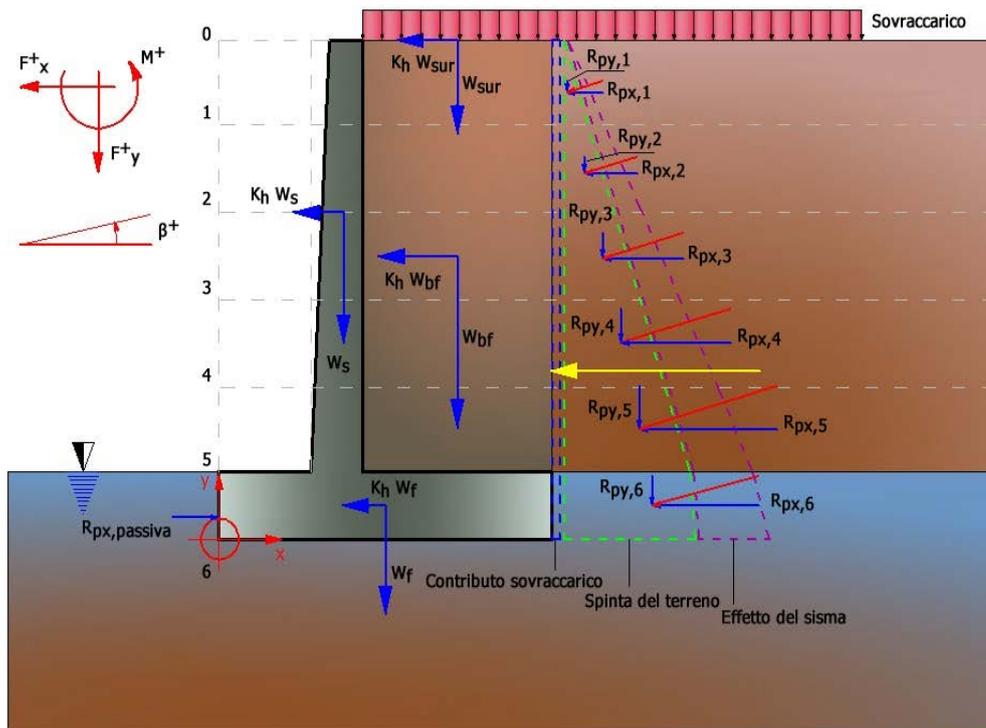
$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

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

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

SOLLECITAZIONI SUL MURO

Per il calcolo delle sollecitazioni, il muro viene discretizzato in n-tratti in funzione delle sezioni significative e per ogni tratto vengono 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 sono rappresentate in figura.



Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni

-

- **CALCOLO DELLE SPINTE PER LE VERIFICHE**

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.

-

- **CONVENZIONI SUI 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.

4 CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

VESIC – ANALISI A BREVE TERMINE

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:

$A' = B'L'$ 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 nastriformi

d_c = fattore di profondità;

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

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:

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

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

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

Fattori di forma

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

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

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

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

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

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^{m+1} \quad d_q = 1 + 2 \tan \phi' \cdot (1 - \sin \phi') \cdot K$$

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

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

$$d_\gamma = 1$$

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

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 nastriformi;

d_c = fattore di profondità;

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

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.

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

Dove:

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

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

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

Fattori di forma

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

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

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

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1 \quad \text{per fondazione nastriforme}$$

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

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^3$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^3$$

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

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

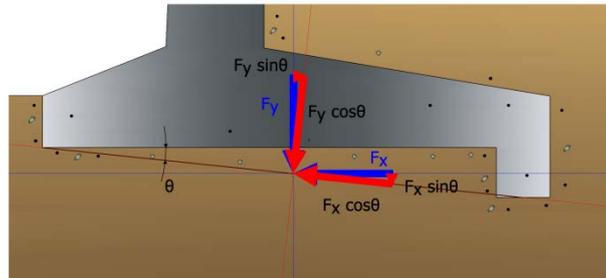
$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

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

$$d_\gamma = 1$$

5 VERIFICA ALLA TRASLAZIONE ORIZZONTALE

Nel caso in cui il piano di scorrimento della fondazione sia inclinato di un certo angolo θ , le risultanti delle azioni F_x ed F_y dovranno essere riferiti a tale piano.



Verifica alla traslazione orizzontale, azioni di progetto

L'azione di progetto è data da:

$$E_d = F_x \cdot \cos \theta - F_y \cdot \sin \theta$$

La forza normale al piano di scorrimento è:

$$P = F_x \cdot \sin \theta + F_y \cdot \cos \theta$$

La resistenza di progetto si determina dalla relazione:

$$R_d = \frac{c_a \cdot B + P \cdot \tan \delta - S_p}{\gamma_r}$$

Dove:

c_a = coesione;

B = larghezza della fondazione;

$\tan \delta$ = coefficiente d'attrito;

γ_r = coefficiente parziale sulle resistenze;

S_p = contributo della spinta passiva.

Se $\theta = 0$ si ha che $P = F_y$ e $E_d = F_x$

6 VERIFICA AL RIBALTAMENTO

L'azione di progetto E_d è definita dal momento che tende a far ribaltare il muro, ovvero da tutte le forze responsabili di tale meccanismo, la resistenza R_d coincide con il momento stabilizzante, ovvero dalle forze che tendono a stabilizzare il muro. Le azioni totali che intervengono nel calcolo sono riportate in tabella, dove $S M = E_d - R_d$

Azioni	Fx	Fy	Braccio		M
Spinta terreno*	S_{Tx}	S_{Ty}	d_{1x}	d_{1y}	ΔM
Peso muro	W_s	W_s	d_{2x}	d_{2y}	ΔM
Peso fondazione	W_f	W_f	d_{3x}	d_{3y}	ΔM
Sovraccarico	W_{bf}	W_{bf}	d_{4x}	d_{4y}	ΔM
Terreno fondazione	S_{Px}	S_{Py}	d_{5x}	d_{5y}	ΔM
Spinte fondazione***	S_{Px}	S_{Py}	d_{6x}	d_{6y}	ΔM
Totale	S Fx	S Fy			S M

* si tiene conto del contributo del sisma, del sovraccarico, dell'eventuale presenza della falda...

** oltre alla spinta passiva si considera il contributo della sottospinta per l'eventuale presenza di falda.

La condizione di verifica viene espressa dalla relazione:

$$\frac{E_d}{R_d} = \frac{\text{Momento ribaltante}}{\text{Momento stabilizzante}} \leq 1$$

7 VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE DELLE OPERE DI SOSTEGNO

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

METODO EQUILIBRIO LIMITE (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (t) e confrontate con la resistenza disponibile (t_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

-

METODO DEI CONCI

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;

- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- (n-1) forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- (n-1) forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- (n-1) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a:

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

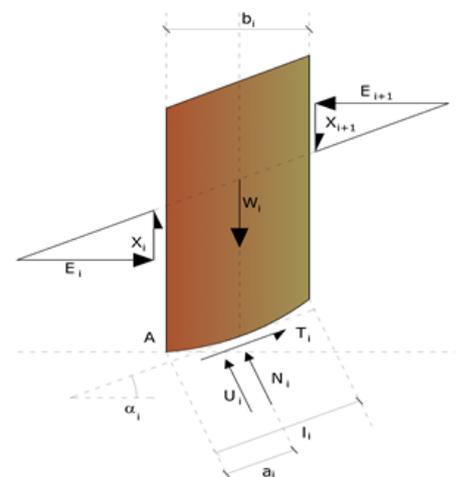
Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

•

METODO DI BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:



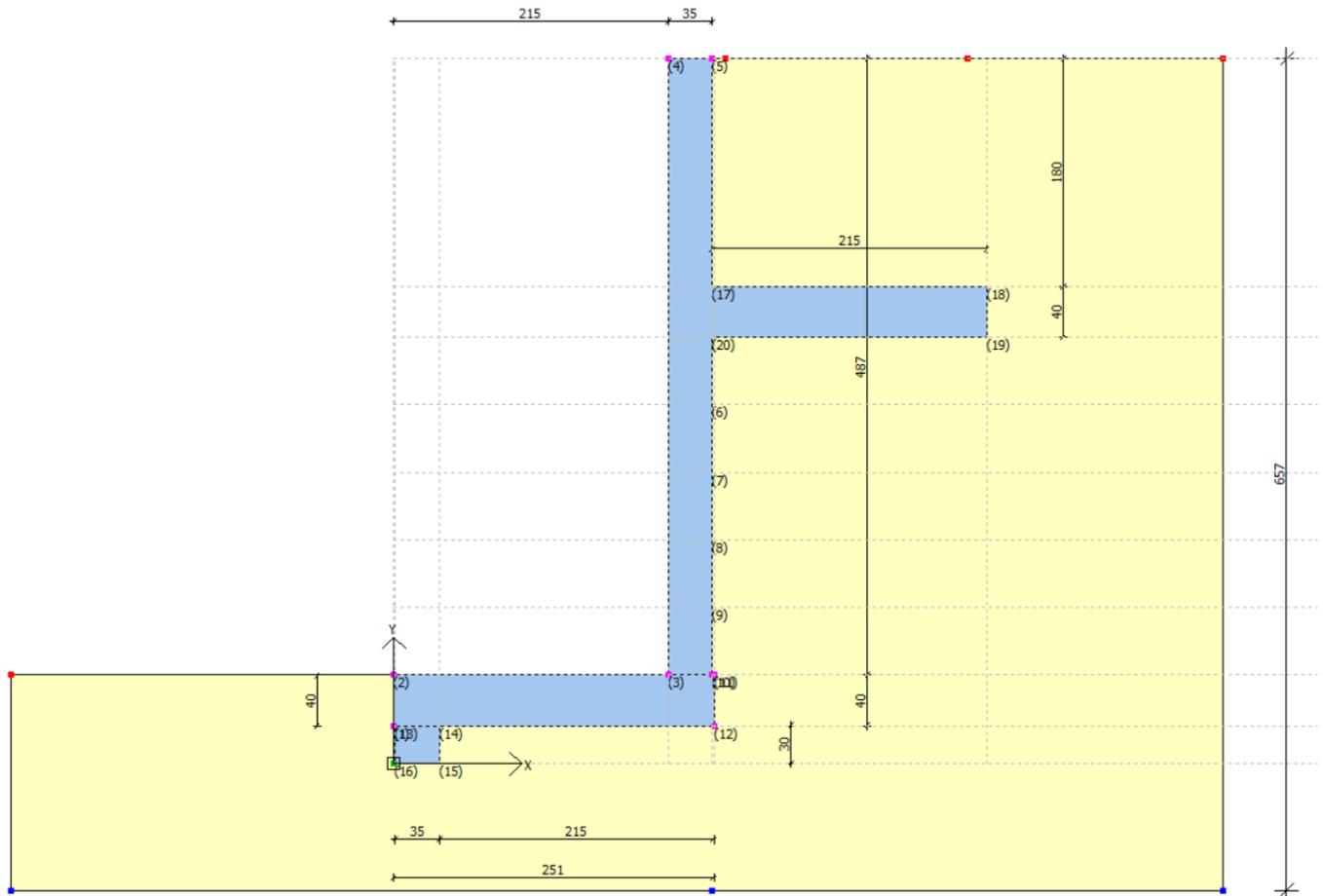
$\sum F_y = 0, \sum M_0 = 0$ Criterio di rottura

$$F = \frac{\sum \{c_i \cdot b_i + (W_i - u_i \cdot b_i + \Delta X_i) \cdot \tan \varphi_i\} \cdot \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \cdot \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di DX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $DX = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

8 CALCOLI

8.1 Discontinuità A



Dati generali

Data 23/01/2020
Condizioni ambientali Ordinarie
Lat./Long. [WGS84] 45,818136/8,241569

Normativa GEO NTC 2018
Normativa STR NTC 2018
Spinta Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	487,0	cm
Spessore testa muro	35,0	cm
Risega muro lato valle	0,0	cm
Risega muro lato monte	0,0	cm
Sporgenza mensola a valle	215,0	cm
Sporgenza mensola a monte	1,0	cm

Svaso mensola a valle	0,0	cm
Altezza estremità mensola a valle	40,0	cm
Altezza estremità mensola a monte	40,0	cm
Distanza mensola dalla testa del muro	180,0	cm
Larghezza mensola	215,0	cm
Larghezza mensola	40,0	cm
Distanza dente lato monte	215,0	cm
Altezza dente	30,0	cm
Spessore dente	35,0	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: B
 Categoria topografica: T1

S.L.	TR	ag	F0	TC*
Stato limite	Tempo ritorno [anni]	[m/s ²]	[-]	[sec]
S.L.O.	30,0	0,18	2,56	0,16
S.L.D.	50,0	0,23	2,55	0,19
S.L.V.	475,0	0,48	2,68	0,28
S.L.C.	975,0	0,58	2,76	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Classe II

S.L.	amax	beta	kh	kv
Stato limite	[m/s ²]	[-]	[-]	[sec]
S.L.O.	0,216	1,0	0,022	0,011
S.L.D.	0,276	0,47	0,0132	0,0066
S.L.V.	0,576	0,38	0,0223	0,0112
S.L.C.	0,696	1,0	0,071	0,0355

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	29960	20	11,33	1,03	2,21
2	C25/30	30	31470	25	14,16	1,19	2,56
3	C28/35	35	32300	28	15,86	1,28	2,76
4	C40/50	50	35220	40	19,83	1,49	3,2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	$\beta_1 \cdot \beta_2$ iniziale	$\beta_1 \cdot \beta_2$ finale
1	B450C	20000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	20000	450	391,3	540	450	.075	.0675	1	0,5
3	B450C**	20000	450	391,3	458,3	398,5	.012	.01	1	0,5
4	S235H	20000	240	210	360	210	0,012	0,01	1	0,5
5	S275H	20000	280	243	460	244	0,012	0,01	1	0,5
6	S355H	20000	360	312	510	360	0,012	0,01	1	0,5

Materiali impiegati realizzazione muro C25/30 B450C

Copriferro, Elevazione 5,0 cm

Copriferro, Fondazione 5,0 cm

Copriferro, Dente di fondazione 5,0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terreno muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	657	0	19,00	31	0,00	24	No		

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

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

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

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	0,0223
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0112

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
557,0	377,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
377,0	337,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
337,0	283,6	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
283,6	230,2	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
230,2	176,8	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
176,8	123,4	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
123,4	70,0	19,0	0,0	31,0	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	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01

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	557,0	377,0	12,59	5,61	443,34	443,34
2	377,0	337,0	5,49	2,45	356,41	356,41
3	337,0	283,6	8,86	3,95	309,42	309,42
4	283,6	230,2	10,61	4,72	256,17	256,17
5	230,2	176,8	12,36	5,5	202,87	202,87
6	176,8	123,4	14,11	6,28	149,55	149,55
7	123,4	70,0	15,86	7,06	96,21	96,21

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
377,0	0,35	15,75	232,5	467,0
337,0	0,91	40,75	298,5	399,5
283,6	1,01	45,43	291,7	390,3
230,2	1,12	50,1	286,1	377,9
176,8	1,22	54,78	281,6	363,0
123,4	1,33	59,45	277,7	346,3
70,0	1,43	64,1	274,4	328,1

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
377,0	12,94	21,36	7,69	35,0
337,0	18,99	48,8	-18,54	35,0
283,6	27,96	57,42	-6,77	35,0
230,2	38,68	66,82	10,16	35,0
176,8	51,14	77,0	33,06	35,0
123,4	65,36	87,96	63,01	35,0
70,0	81,32	99,67	100,87	35,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (251,0/30,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (251,0/557,0)$

Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/30,0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
557,0	377,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
377,0	337,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
337,0	283,6	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
283,6	230,2	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
230,2	176,8	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
176,8	123,4	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
123,4	70,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
70,0	30,0	19,0	0,0	31,0	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
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01

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	557,0	377,0	12,2	7,26	443,99	443,78
2	377,0	337,0	5,28	3,08	356,38	356,53
3	337,0	283,6	8,53	4,9	309,44	309,4
4	283,6	230,2	10,18	5,89	256,18	256,15
5	230,2	176,8	11,82	6,88	202,88	202,86
6	176,8	123,4	13,47	7,87	149,56	149,54
7	123,4	70,0	15,12	8,86	96,22	96,2
8	70,0	30,0	12,43	7,22	49,74	49,8

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);

Qf Quota finale strato

G 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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
70,0	30,0	19,0	180,0	31,0	24,0	0,0	180,0	
30,0	0,0	19,0	180,0	31,0	31,0	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	3,12	-2,85	-1,27
211,0	3,12	-2,68	-1,61

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	70,0	30,0	-4,34	-1,93	43,33	43,33
2	30,0	0,0	-8,8	-4,27	13,7	13,39

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	89,02	51,97	33,16
Peso muro	1,43	64,1	-171,63
Peso fondazione	0,56	25,1	-31,39
Peso dente	0,06	2,63	-0,49
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,02	1,11	-2,73
Spinte fondazione	-13,14	-6,21	0,86
	77,96	138,7	-172,23

Momento stabilizzante -339,67 kNm

Momento ribaltante 167,44 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	91,09 kN
Sommatoria forze verticali	144,9 kN
Coefficiente di attrito	0,6
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-39,81 °
Forze normali al piano di scorrimento	169,63kN
Forze parall. al piano di scorrimento	-22,79 kN
Resistenza terreno	115,06kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	4,59
Traslazione verificata Csd	>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -339,67 kNm

Momento ribaltante 167,44kNm

Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv} 1,76

Muro verificato a ribaltamento $C_{sv}>1$

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx) 77,96 kN

Somma forze in direzione y (Fy) 138,7 kN

Somma momenti -172,23 kNm

Larghezza fondazione 251,0 cm

Lunghezza 100,0 cm

Eccentricità su B 1,32 cm

Peso unità di volume 19,0 KN/m³

Angolo di resistenza al taglio 31,0 °

Coesione 0,0 kPa

Terreno sulla fondazione 40,0 cm

Peso terreno sul piano di posa 19,0 KN/m³

Nq 20,63

Nc 32,67

Ng 25,99

Fattori di forma

sq 1,24

sc 1,25

sg 0,84

Inclinazione carichi

iq 0,35

ic 0,31

ig 0,15

Fattori di profondità

dq 1,05

dc 1,06

dg 1,0
Carico limite verticale (Qlim) 368,08kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy) 1,9

Carico limite verificato $Csq > 1$

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione 124,18cm
Larghezza della fondazione 251,0 cm

x = 0,0 cm 57,01 kPa

x = 251,0 cm 53,51 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
1,0	-4,34	-2,4	0,27	40,0
36,0	-4,34	-18,76	-3,44	40,0
215,0	-4,34	-99,78	-110,22	40,0

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
---------	----	----	---	---

250,0	12,43	52,46	-0,55	40,0
-------	-------	-------	-------	------

DENTE DI FONDAZIONE

Quota Quota rispetto alla testa del muro.

Fx Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

H Altezza sezione (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
-------	----	----	---	---

30,0	8,71	-137,13		147,8935,0
------	------	---------	--	------------

A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0223

Coefficiente sismico verticale Kv 0,0112

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);

Qf Quota finale strato

G 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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
557,0	377,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
377,0	337,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
337,0	283,6	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
283,6	230,2	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
230,2	176,8	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
176,8	123,4	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
123,4	70,0	19,0	0,0	31,0	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	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01

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	557,0	377,0	10,18	4,53	444,83	444,83
2	377,0	337,0	4,31	1,92	356,42	356,42
3	337,0	283,6	6,91	3,08	309,45	309,45
4	283,6	230,2	8,23	3,67	256,18	256,18
5	230,2	176,8	9,56	4,26	202,88	202,88
6	176,8	123,4	10,88	4,85	149,56	149,56
7	123,4	70,0	12,21	5,43	96,22	96,22

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
	377,0	0,35	15,75	232,5	467,0
	337,0	0,91	40,75	298,5	399,5
	283,6	1,01	45,43	291,7	390,3
	230,2	1,12	50,1	286,1	377,9
	176,8	1,22	54,78	281,6	363,0
	123,4	1,33	59,45	277,7	346,3
	70,0	1,43	64,1	274,4	328,1

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
377,0	10,54	20,28	6,43	35,0
337,0	15,4	47,2	-19,76	35,0
283,6	22,41	54,95	-10,26	35,0
230,2	30,75	63,29	3,28	35,0
176,8	40,41	72,22	21,43	35,0
123,4	51,4	81,74	45,06	35,0
70,0	63,71	91,83	74,8	35,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (251,0/30,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (251,0/557,0)$

Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/30,0)$

Discretizzazione terreno

- Qi Quota iniziale strato (cm);
- Qf Quota finale strato
- G 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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
557,0	377,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	0,0
377,0	337,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	0,0
337,0	283,6	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	0,0
283,6	230,2	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	0,0
230,2	176,8	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	0,0

176,8	123,4	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0
123,4	70,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0
70,0	30,0	19,0	0,0	31,0	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
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01

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	557,0	377,0	9,93	5,9	445,59	445,34
2	377,0	337,0	4,15	2,42	356,4	356,54

3	337,0	283,6	6,66	3,83	309,47	309,43
4	283,6	230,2	7,91	4,58	256,2	256,17
5	230,2	176,8	9,16	5,33	202,89	202,87
6	176,8	123,4	10,41	6,08	149,57	149,55
7	123,4	70,0	11,65	6,83	96,22	96,21
8	70,0	30,0	9,57	5,56	49,74	49,8

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
70,0	30,0	19,0	180,0	31,0	24,0	0,0	180,0	
30,0	0,0	19,0	180,0	31,0	31,0	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	3,12	-2,85	-1,27
211,0	3,12	-2,68	-1,61

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	70,0	30,0	-4,34	-1,93	43,33	43,33
2	30,0	0,0	-8,8	-4,27	13,7	13,39

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	69,44	40,52	27,51
Peso muro	1,43	64,1	-171,63
Peso fondazione	0,56	25,1	-31,39
Peso dente	0,06	2,63	-0,49
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,02	0,86	-2,09
Spinte fondazione	-13,14	-6,21	0,86
Totale	58,37	127,0	-177,24

Momento stabilizzante -310,3 kNm

Momento ribaltante 133,07 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	71,51 kN
Sommatoria forze verticali	133,2 kN
Coefficiente di attrito	0,6
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-39,81 °
Forze normali al piano di scorrimento	148,11kN
Forze parall. al piano di scorrimento	-30,34 kN
Resistenza terreno	102,13kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	3,37

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-310,3 kNm
Momento ribaltante	133,07kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	2,33

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	58,37 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	127,0 kN
Somma momenti	-177,24 kNm
Larghezza fondazione	251,0 cm
Lunghezza	100,0 cm
Eccentricità su B	14,06 cm
Peso unità di volume	19,0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	31,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	40,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19,0 KN/m ³

Nq	20,63
Nc	32,67
Ng	25,99
Fattori di forma	
sq	1,27
sc	1,28
sg	0,82
Inclinazione carichi	
iq	0,45
ic	0,42
ig	0,24
Fattori di profondità	
dq	1,05
dc	1,07
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	451,08kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	2,96

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	139,56cm
Larghezza della fondazione	251,0 cm
x = 0,0 cm	33,59 kPa
x = 251,0 cm	67,60 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
	1,0	-4,34	-2,17	0,27	40,0
	36,0	-4,34	-11,3	-2,04	40,0
	215,0	-4,34	-83,97	-80,87	40,0

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
	250,0	9,57	40,88	-0,43	40,0

DENTE DI FONDAZIONE

Quota Quota rispetto alla testa del muro.

Fx Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

H Altezza sezione (cm);

	Quota	Fx	Fy	M	H
	30,0	14,51	-137,73	154,6335,0	

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0223

Coefficiente sismico verticale Kv 0,0112

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
557,0	377,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
377,0	337,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
337,0	283,6	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
283,6	230,2	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
230,2	176,8	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
176,8	123,4	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
123,4	70,0	19,0	0,0	31,0	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	0,29	0,31	0,03	0,26	0,12	0,02	0,01

24,0	0,29	0,31	0,03	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,31	0,03	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,31	0,03	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,31	0,03	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,31	0,03	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,31	0,03	0,26	0,12	0,02	0,01

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	557,0	377,0	11,34	5,05	447,77	447,77
2	377,0	337,0	4,49	2,0	356,47	356,47
3	337,0	283,6	7,12	3,17	309,5	309,5
4	283,6	230,2	8,39	3,74	256,22	256,22
5	230,2	176,8	9,67	4,31	202,91	202,91
6	176,8	123,4	10,95	4,88	149,58	149,58
7	123,4	70,0	12,23	5,45	96,23	96,23

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
	377,0	0,53	15,75	232,5	467,0
	337,0	1,36	40,75	298,5	399,5
	283,6	1,52	45,43	291,7	390,3

230,2	1,68	50,1	286,1	377,9
176,8	1,83	54,78	281,6	363,0
123,4	1,99	59,45	277,7	346,3
70,0	2,14	64,1	274,4	328,1

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
377,0	11,86	20,8	7,61	35,0
337,0	17,19	47,8	-18,15	35,0
283,6	24,46	55,64	-7,63	35,0
230,2	33,01	64,05	7,04	35,0
176,8	42,84	73,03	26,44	35,0
123,4	53,95	82,58	51,4	35,0
70,0	66,33	92,68	82,52	35,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (251,0/30,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (251,0/557,0)$

Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/30,0)$

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);

Qf Quota finale strato

G 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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
557,0	377,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
377,0	337,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
337,0	283,6	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
283,6	230,2	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
230,2	176,8	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
176,8	123,4	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
123,4	70,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
70,0	30,0	19,0	0,0	31,0	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
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
24,0	0,29	0,31	0,03	0,26	0,12	0,02	0,01
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
24,0	0,29	0,31	0,03	0,26	0,12	0,02	0,01

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	557,0	377,0	11,18	6,62	448,69	448,4
2	377,0	337,0	4,36	2,54	356,45	356,58
3	337,0	283,6	6,9	3,97	309,53	309,49
4	283,6	230,2	8,1	4,69	256,24	256,21
5	230,2	176,8	9,31	5,41	202,93	202,91
6	176,8	123,4	10,51	6,13	149,59	149,58
7	123,4	70,0	11,71	6,86	96,24	96,23
8	70,0	30,0	9,58	5,57	49,75	49,81

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);

Qf Quota finale strato

G 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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
70,0	30,0	19,0	180,0	31,0	24,0	0,0	180,0	
30,0	0,0	19,0	180,0	31,0	31,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ 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.

μ	K_p	K_{px}	K_{py}
204,0	3,12	-2,85	-1,27
211,0	3,12	-2,68	-1,61

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.

Q_f Quota inizio strato.

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	70,0	30,0	-4,34	-1,93	43,33	43,33
2	30,0	0,0	-8,8	-4,27	13,7	13,39

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	71,66	41,78	32,13
Peso muro	2,14	64,1	-169,5
Peso fondazione	0,84	25,1	-31,33
Peso dente	0,09	2,63	-0,5

Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,03	0,86	-2,06
Spinte fondazione	-13,14	-6,21	0,86
61,62	128,26	-170,41	

Momento stabilizzante -313,47 kNm

Momento ribaltante 143,06 kNm

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -313,47 kNm

Momento ribaltante 143,06 kNm

Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv} 2,19

Muro verificato a ribaltamento $C_{sv} > 1$

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
	1,0	-4,34	-2,25	0,27	40,0
	36,0	-4,34	-13,95	-2,54	40,0
	215,0	-4,34	-87,53	-89,98	40,0

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
---------	----	----	---	---

250,0	9,58	42,22	-0,44	40,0
-------	------	-------	-------	------

DENTE DI FONDAZIONE

Quota Quota rispetto alla testa del muro.

Fx Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);

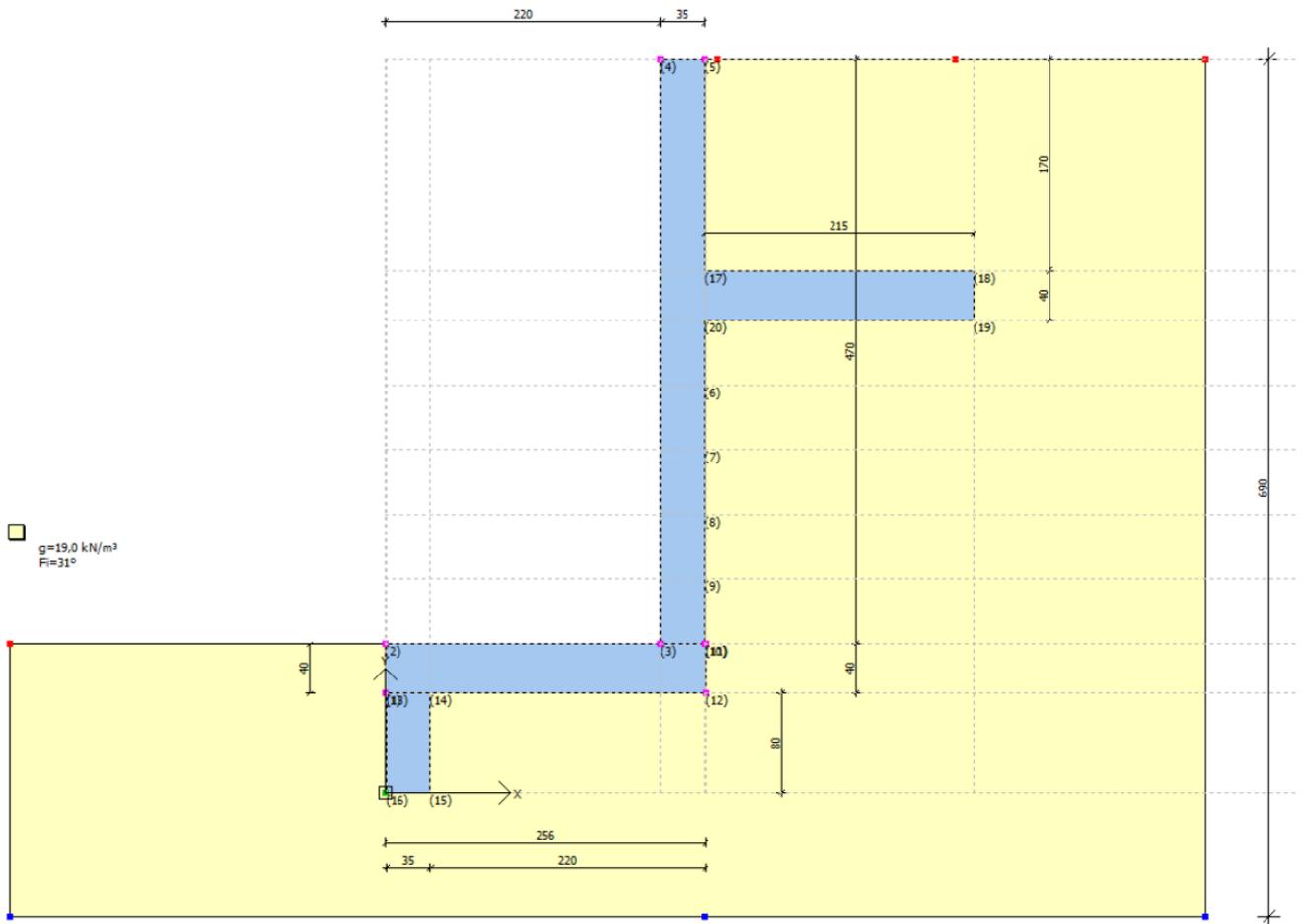
M Momento (kNm);

H Altezza sezione (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
-------	----	----	---	---

30,0	13,21	-135,25	147,76	35,0
------	-------	---------	--------	------

8.2 Discontinuità B



Dati generali

Data 23/01/2020
 Condizioni ambientali Ordinarie
 Lat./Long. [WGS84] 45,812087/8,254894
 Normativa GEO NTC 2018
 Normativa STR NTC 2018
 Spinta Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	470,0	cm
Spessore testa muro	35,0	cm
Risega muro lato valle	0,0	cm
Risega muro lato monte	0,0	cm
Sporgenza mensola a valle	220,0	cm
Sporgenza mensola a monte	1,0	cm
Svaso mensola a valle	0,0	cm

Altezza estremità mensola a valle	40,0	cm
Altezza estremità mensola a monte	40,0	cm
Distanza mensola dalla testa del muro	170,0	cm
Larghezza mensola	215,0	cm
Larghezza mensola	40,0	cm
Distanza dente lato monte	220,0	cm
Altezza dente	80,0	cm
Spessore dente	35,0	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: B
 Categoria topografica: T1

S.L.	TR	ag	F0	TC*
Stato limite	Tempo ritorno [anni]	[m/s ²]	[-]	[sec]
S.L.O.	30,0	0,18	2,56	0,16
S.L.D.	50,0	0,2	2,56	0,17
S.L.V.	475,0	0,43	2,66	0,27
S.L.C.	975,0	0,52	2,72	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Classe II

S.L.	amax	beta	kh	kv
Stato limite	[m/s ²]	[-]	[-]	[sec]
S.L.O.	0,216	1,0	0,022	0,011
S.L.D.	0,24	0,47	0,0115	0,0058
S.L.V.	0,516	0,38	0,02	0,01
S.L.C.	0,624	1,0	0,0636	0,0318

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	29960	20	11,33	1,03	2,21
2	C25/30	30	31470	25	14,16	1,19	2,56
3	C28/35	35	32300	28	15,86	1,28	2,76
4	C40/50	50	35220	40	19,83	1,49	3,2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	$\beta_1 \cdot \beta_2$ iniziale	$\beta_1 \cdot \beta_2$ finale
1	B450C	20000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
2	B450C *	20000	450	391,3	540	450	.075	.0675	1	0,5
3	B450C **	20000	450	391,3	458,3	398,5	.012	.01	1	0,5
4	S235H	20000	240	210	360	210	0,012	0,01	1	0,5
5	S275H	20000	280	243	460	244	0,012	0,01	1	0,5
6	S355H	20000	360	312	510	360	0,012	0,01	1	0,5

Materiali impiegati realizzazione muro C25/30 B450C

Copriferro, Elevazione 5,0 cm

Copriferro, Fondazione 5,0 cm

Copriferro, Dente di fondazione 5,0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terreno muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	690	0	19,00	31	0,00	24	No		

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

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

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

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 0,02

Coefficiente sismico verticale Kv 0,01

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);

Qf Quota finale strato

G 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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
590,0	420,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
420,0	380,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
380,0	328,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
328,0	276,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
276,0	224,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
224,0	172,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
172,0	120,0	19,0	0,0	31,0	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	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01

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	590,0	420,0	11,07	4,93	482,2	482,2
2	420,0	380,0	5,19	2,31	399,37	399,37
3	380,0	328,0	8,22	3,66	353,12	353,12
4	328,0	276,0	9,89	4,4	301,27	301,27
5	276,0	224,0	11,56	5,15	249,38	249,38
6	224,0	172,0	13,22	5,89	197,45	197,45
7	172,0	120,0	14,89	6,63	145,52	145,52

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
420,0	0,3	14,88	237,5	505,0
380,0	0,8	39,88	304,9	439,2
328,0	0,89	44,43	298,0	430,4
276,0	0,98	48,98	292,4	418,5
224,0	1,07	53,53	287,7	404,2
172,0	1,16	58,08	283,8	388,0
120,0	1,25	62,63	280,4	370,4

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
420,0	11,37	19,8	6,28	35,0
380,0	17,06	47,11	-20,32	35,0
328,0	25,37	55,33	-10,01	35,0
276,0	35,35	64,28	4,93	35,0
224,0	47,0	73,98	25,39	35,0
172,0	60,32	84,41	52,17	35,0
120,0	75,3	95,59	86,22	35,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (256,0/80,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (256,0/590,0)$

Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/80,0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
590,0	420,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
420,0	380,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
380,0	328,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
328,0	276,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
276,0	224,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
224,0	172,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
172,0	120,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
120,0	80,0	19,0	0,0	31,0	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
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01

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	590,0	420,0	10,71	6,38	482,8	482,6
2	420,0	380,0	4,99	2,91	399,34	399,5
3	380,0	328,0	7,91	4,54	353,14	353,1
4	328,0	276,0	9,48	5,48	301,28	301,25
5	276,0	224,0	11,05	6,42	249,38	249,36
6	224,0	172,0	12,62	7,37	197,46	197,45
7	172,0	120,0	14,19	8,31	145,52	145,51
8	120,0	80,0	12,01	6,98	99,73	99,79

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

G	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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120,0	80,0	19,0	180,0	31,0	24,0	0,0	180,0	
80,0	0,0	19,0	180,0	31,0	31,0	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	3,12	-2,85	-1,27
211,0	3,12	-2,68	-1,61

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	120,0	80,0	-4,34	-1,93	93,33	93,33
2	80,0	0,0	-33,63	-17,51	33,55	32,55

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	82,97	48,38	23,03
Peso muro	1,25	62,63	-171,96
Peso fondazione	0,51	25,6	-32,67
Peso dente	0,14	7,0	-1,35
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,02	1,06	-2,67
Spinte fondazione	-37,97	-19,44	15,05
	46,92	125,22	-170,58

Momento stabilizzante	-320,66 kNm
Momento ribaltante	150,09 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	84,9 kN
Sommatoria forze verticali	144,67kN
Coefficiente di attrito	0,6
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-65,77 °
Forze normali al piano di scorrimento	136,78kN
Forze parall. al piano di scorrimento	-97,09 kN
Resistenza terreno	120,16kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,13
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -320,66kNm

Momento ribaltante 150,09kNm

Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv} 1,86

Muro verificato a ribaltamento $C_{sv} > 1$

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (F_x) 46,92 kN

Somma forze in direzione y (F_y) 125,22kN

Somma momenti -170,58 kNm

Larghezza fondazione 256,0 cm

Lunghezza 100,0 cm

Eccentricità su B 8,22 cm

Peso unità di volume 19,0 KN/m³

Angolo di resistenza al taglio 31,0 °

Coesione 0,0 kPa

Terreno sulla fondazione 40,0 cm

Peso terreno sul piano di posa 19,0 KN/m³

N_q 20,63

N_c 32,67

N_g 25,99

Fattori di forma

s_q 1,25

s_c 1,26

s_g 0,83

Inclinazione carichi

i_q 0,54

i_c 0,52

i_g 0,34

Fattori di profondità

d_q 1,05

d_c 1,07

dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	669,9 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	3,82

Carico limite verificato $Csq > 1$

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	136,22cm
Larghezza della fondazione	256,0 cm
x = 0,0 cm	39,50 kPa
x = 256,0 cm	58,34 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
	1,0	-4,34	-2,22	0,27	40,0
	36,0	-4,34	-13,02	-2,37	40,0
	220,0	-4,34	-84,63	-88,43	40,0

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
---------	----	----	---	---

255,0	12,01	48,79	-0,52	40,0
-------	-------	-------	-------	------

DENTE DI FONDAZIONE

Quota Quota rispetto alla testa del muro.

Fx Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

H Altezza sezione (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
-------	----	----	---	---

80,0	6,21	-216,58	160,3835,0	
------	------	---------	------------	--

A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,02

Coefficiente sismico verticale Kv 0,01

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);

Qf Quota finale strato

G 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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
----	----	---	-----	----	-------	---	---	------

590,0	420,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
-------	-------	------	-----	------	------	-----	-----	--

420,0	380,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0
380,0	328,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0
328,0	276,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0
276,0	224,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0
224,0	172,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0
172,0	120,0	19,0	0,0	31,0	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	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01

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	590,0	420,0	8,92	3,97	483,54	483,54
2	420,0	380,0	4,06	1,81	399,39	399,39
3	380,0	328,0	6,4	2,85	353,14	353,14
4	328,0	276,0	7,67	3,41	301,29	301,29
5	276,0	224,0	8,93	3,98	249,39	249,39
6	224,0	172,0	10,2	4,54	197,46	197,46
7	172,0	120,0	11,46	5,1	145,52	145,52

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
420,0	0,3	14,88	237,5	505,0
380,0	0,8	39,88	304,9	439,2
328,0	0,89	44,43	298,0	430,4
276,0	0,98	48,98	292,4	418,5
224,0	1,07	53,53	287,7	404,2
172,0	1,16	58,08	283,8	388,0
120,0	1,25	62,63	280,4	370,4

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
420,0	9,22	18,85	5,23	35,0
380,0	13,78	45,66	-21,28	35,0
328,0	20,28	53,06	-12,98	35,0
276,0	28,04	61,02	-1,08	35,0
224,0	37,06	69,55	15,11	35,0
172,0	47,35	78,64	36,19	35,0
120,0	58,9	88,29	62,89	35,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (256,0/80,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (256,0/590,0)$

Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/80,0)$

Discretizzazione terreno

- Qi Quota iniziale strato (cm);
- Qf Quota finale strato
- G 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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
590,0	420,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
420,0	380,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
380,0	328,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
328,0	276,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
276,0	224,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
224,0	172,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	

172,0	120,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0
120,0	80,0	19,0	0,0	31,0	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
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,01	0,01

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	590,0	420,0	8,69	5,16	484,23	484,0
2	420,0	380,0	3,92	2,28	399,36	399,51
3	380,0	328,0	6,17	3,54	353,16	353,12

4	328,0	276,0	7,36	4,26	301,3	301,27
5	276,0	224,0	8,56	4,97	249,4	249,38
6	224,0	172,0	9,75	5,69	197,47	197,45
7	172,0	120,0	10,94	6,4	145,53	145,52
8	120,0	80,0	9,25	5,37	99,73	99,79

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120,0	80,0	19,0	180,0	31,0	24,0	0,0	180,0	
80,0	0,0	19,0	180,0	31,0	31,0	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	3,12	-2,85	-1,27
211,0	3,12	-2,68	-1,61

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	120,0	80,0	-4,34	-1,93	93,33	93,33
2	80,0	0,0	-33,63	-17,51	33,55	32,55

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	64,63	37,67	19,28
Peso muro	1,25	62,63	-171,96
Peso fondazione	0,51	25,6	-32,67
Peso dente	0,14	7,0	-1,35
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,02	0,82	-2,04
Spinte fondazione	-37,97	-19,44	15,05
	28,58	114,27	-173,7

Momento stabilizzante -292,62 kNm

Momento ribaltante 118,92 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	66,55	kN
Sommatoria forze verticali	133,71	kN
Coefficiente di attrito	0,6	
Adesione	0,0	kPa
Angolo piano di scorrimento	-65,77	°
Forze normali al piano di scorrimento	115,56	kN
Forze parall. al piano di scorrimento	-94,63	kN
Resistenza terreno	107,41	kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,14	
Traslazione verificata Csd>1		

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-292,62	kNm
Momento ribaltante	118,92	kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	2,46	
Muro verificato a ribaltamento Csv>1		

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	28,58	kN
Somma forze in direzione y (Fy)	114,27	kN
Somma momenti	-173,7	kNm
Larghezza fondazione	256,0	cm
Lunghezza	100,0	cm
Eccentricità su B	24,01	cm
Peso unità di volume	19,0	kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	31,0	°
Coesione	0,0	kPa
Terreno sulla fondazione	40,0	cm
Peso terreno sul piano di posa	19,0	kN/m ³
Nq	20,63	

Nc 32,67

Ng 25,99

Fattori di forma

sq 1,29

sc 1,3

sg 0,81

Inclinazione carichi

iq 0,68

ic 0,67

ig 0,51

Fattori di profondità

dq 1,05

dc 1,08

dg 1,0

Carico limite verticale (Qlim) 744,57kN

Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy) 5,43

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione 152,01cm

Larghezza della fondazione 256,0 cm

x = 0,0 cm 19,52 kPa

x = 256,0 cm 69,75 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
	1,0	-4,34	-2,03	0,27	40,0
	36,0	-4,34	-6,63	-1,17	40,0
	220,0	-4,34	-70,37	-61,82	40,0

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
	255,0	9,25	37,97	-0,4	40,0

DENTE DI FONDAZIONE

Quota Quota rispetto alla testa del muro.

Fx Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

H Altezza sezione (cm);

	Quota	Fx	Fy	M	H
	80,0	5,2	-209,77	165,57	35,0

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,02

Coefficiente sismico verticale Kv 0,01

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
590,0	420,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
420,0	380,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
380,0	328,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
328,0	276,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
276,0	224,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
224,0	172,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
172,0	120,0	19,0	0,0	31,0	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	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01

24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01

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	590,0	420,0	9,86	4,39	486,16	486,16
2	420,0	380,0	4,22	1,88	399,43	399,43
3	380,0	328,0	6,58	2,93	353,19	353,19
4	328,0	276,0	7,8	3,47	301,32	301,32
5	276,0	224,0	9,03	4,02	249,41	249,41
6	224,0	172,0	10,26	4,57	197,48	197,48
7	172,0	120,0	11,48	5,11	145,54	145,54

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
	420,0	0,45	14,88	237,5	505,0
	380,0	1,2	39,88	304,9	439,2
	328,0	1,33	44,43	298,0	430,4
	276,0	1,47	48,98	292,4	418,5

224,0	1,61	53,53	287,7	404,2
172,0	1,74	58,08	283,8	388,0
120,0	1,88	62,63	280,4	370,4

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
420,0	10,3	19,26	6,13	35,0
380,0	15,28	46,14	-20,02	35,0
328,0	21,99	53,62	-10,9	35,0
276,0	29,93	61,65	1,93	35,0
224,0	39,09	70,22	19,13	35,0
172,0	49,49	79,33	41,29	35,0
120,0	61,1	88,99	69,12	35,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (256,0/80,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (256,0/590,0)$

Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/80,0)$

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);

Qf Quota finale strato

G 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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
590,0	420,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
420,0	380,0	19,0	0,0	31,0	24,0	0,0	0,0	
380,0	328,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
328,0	276,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
276,0	224,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
224,0	172,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
172,0	120,0	19,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
120,0	80,0	19,0	0,0	31,0	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
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
31,0	0,29	0,31	0,03	0,25	0,15	0,02	0,01
24,0	0,29	0,3	0,02	0,26	0,12	0,02	0,01

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	590,0	420,0	9,71	5,75	487,01	486,74
2	420,0	380,0	4,1	2,38	399,41	399,55
3	380,0	328,0	6,37	3,66	353,22	353,18
4	328,0	276,0	7,53	4,35	301,34	301,31
5	276,0	224,0	8,68	5,04	249,42	249,4
6	224,0	172,0	9,83	5,74	197,49	197,48
7	172,0	120,0	10,99	6,43	145,55	145,53
8	120,0	80,0	9,26	5,37	99,74	99,8

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);

Qf Quota finale strato

G 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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120,0	80,0	19,0	180,0	31,0	24,0	0,0	180,0	
80,0	0,0	19,0	180,0	31,0	31,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ 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.

μ	K_p	K_{px}	K_{py}
204,0	3,12	-2,85	-1,27
211,0	3,12	-2,68	-1,61

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.

Q_f Quota inizio strato.

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	120,0	80,0	-4,34	-1,93	93,33	93,33
2	80,0	0,0	-33,63	-17,51	33,55	32,55

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	66,47	38,72	22,86
Peso muro	1,88	62,63	-170,14
Peso fondazione	0,77	25,6	-32,61
Peso dente	0,21	7,0	-1,38

Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,02	0,82	-2,02
Spinte fondazione	-37,97	-19,44	15,05
	31,38	115,32	-168,26

Momento stabilizzante -295,33 kNm

Momento ribaltante 127,07 kNm

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -295,33 kNm

Momento ribaltante 127,07 kNm

Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv} 2,32

Muro verificato a ribaltamento $C_{sv} > 1$

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
	1,0	-4,34	-2,1	0,27	40,0
	36,0	-4,34	-8,7	-1,57	40,0
	220,0	-4,34	-73,17	-69,18	40,0

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

255,0 9,26 39,07 -0,41 40,0

DENTE DI FONDAZIONE

Quota Quota rispetto alla testa del muro.

Fx Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

H Altezza sezione (cm);

Quota Fx Fy M H

80,0 5,12 -208,56 160,01 35,0

Morazzone, Febbraio 2020

Dott. Ing. Stefano Molinari

