

LOGO:



TITOLO PROGETTO:

SISTEMA IDRICO DEL MENTA

DESCRIZIONE PROGETTO:

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLO SCHEMA IDRICO SULLA DIGA DEL TORRENTE MENTA: OPERE DI BY-PASS DEL TRATTO TERMINALE DELLA CONDOTTA FORZATA PER L'AVVIO DELL'ADDUZIONE IDROPOTABILE

EMISSIONE	-	GEOM. R. ROTUNDO	ING. D. COSTANTINO	ING. D. COSTANTINO	0	16/02/2017
MOTIVO	FASE P.D.P.	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV.	DATA

FASE:

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

APPROVAZIONI:

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Domenico COSTANTINO

SIA - Studio Ingegneri Associati:

Dott. Ing. Luigi DE BONI

Dott. Ing. Giancarlo MADONI

Dott. Ing. Poul Erik NIELSEN

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Giuseppe SORRENTINO

RESPONSABILE SERVIZI INGEGNERIA:

Dott. Ing. Antonio VOCI

UNITA' DI PROGETTAZIONE SORICAL:

Dott. Ing. Luca VITALE

Dott. Ing. Giuseppe VIGGLIANI

IMPRESA:

CONSORZIO CONPAT S.C.A.R.L.



L'IMPRESA DESIGNATA



TIPO DOCUMENTO:

RELAZIONE TECNICA CALCOLO STRUTTURE

ELEMENTO/ITEM:

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA

SCALA	LINGUA	FORMATO	TAVOLA	P.D.P.		
-	IT	A4	-			
PROGETTO/COMMESSA		ORIGINE/UNUTA'	SISTEMA	PROGRESSIVO		
A.02.4.C		SOP	CST	B14	-	03

FONTI CARTOGRAFICHE:

REGIONE CALABRIA - CENTRO CARTOGRAFICO / I.G.M. - ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE

IL PRESENTE DISEGNO E' DI PROPRIETA' DI SO.RI.CAL. S.P.A. - A TERMINE DI LEGGE OGNI DIRITTO E' RISERVATO

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO FINE CONDOTTA DN 900

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti k_h e k_v devono essere calcolati come:

$$k_h = S a_g / r \qquad k_v = 0,5 k_h$$

in cui $S a_g$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. 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).

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:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

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

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:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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:

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

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso;
- La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra;
- La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x ;

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (*K costante*) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa (λ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q$$

Avendo indicato con:

γ Peso unità di volume del terreno;
 D Lunghezza del palo;
 N_c e N_q Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di α , β e λ dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo A, proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = A \times c + q \times K \times \text{tg } \delta$$

c valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate.

q pressione verticale del terreno

k coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + \text{tg}^2 \phi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \text{tg}^2 \phi$$

δ attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \times \text{tg } \phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \text{tg } \phi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

Inoltre:

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{\text{oeffrid}} = 1 - k_h$$

Infine

- Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , ϕ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%
- Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indefornabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito. Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \times B \times I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- τ_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- E Modulo elastico del terreno;
- B Diametro del palo;
- $I_{i,j}$ Coefficiente di influenza;

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree

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.

Calcolo della spinta

H= 364,7 carico sulla condotta m
D= 90 diametro condotta cm
spinta
R= 2203,334 KN

profondità blocco= 2 m
S= 1102 spinta sul blocco a ml KN

Dati generali

//

Calcolo di resistenza

Stati limiti ultimi

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:
Latitudine: 38,1
Longitudine: 15,77
Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe IV
Vita nominale: 50,0 [anni]
Vita di riferimento: 100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: A
Categoria topografica: T3

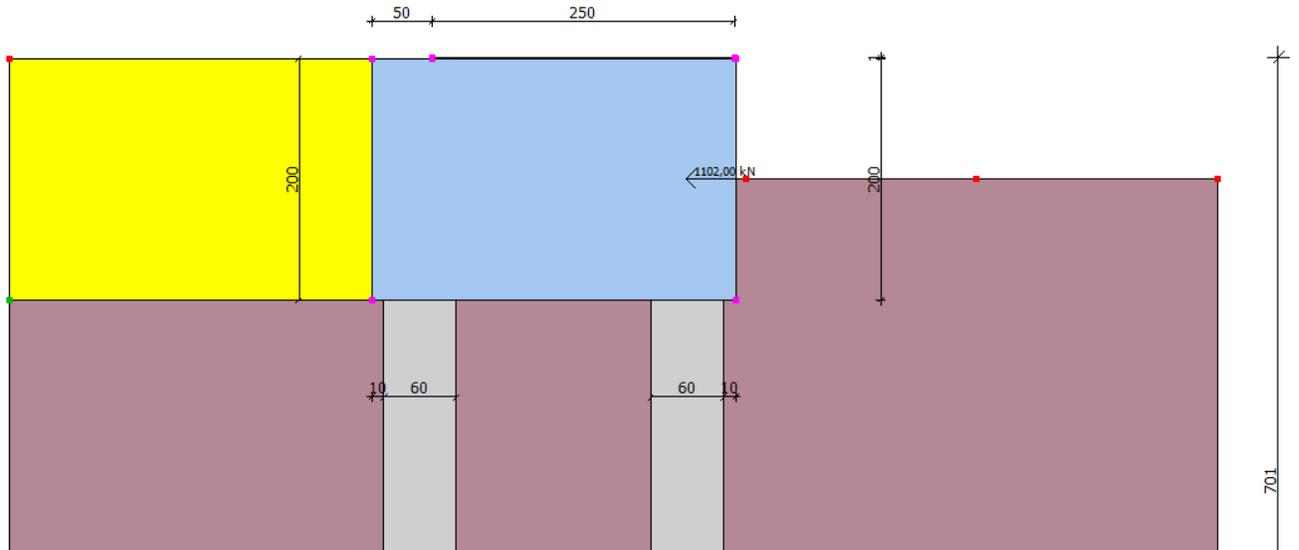
S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,51	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,59	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,212	0,31	0,1332	0,0666
S.L.C.	5,508	1,0	0,5617	0,2808

■ Substrato roccioso
 $g=2,21 \text{ kN/m}^3$
 $F=35^\circ$



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	250,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	50,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	200,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	200,0 cm
Sezione dei pali	60,0 cm
Lunghezza dei pali	550,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	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 f_{cd}	14,11 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo f_{ctd}	1,19 N/mm ²

Acciaio Tipo B450C

Modulo elastico	210000 N/mm ²
Fattore parziale di sicurezza acciaio	1,15
f_{yk} (Tensione caratteristica snervamento)	440 N/mm ²
f_{yd} (Resistenza ultima di calcolo)	382,61 N/mm ²
Deformazione ultima di calcolo	0,01

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

Stratigrafia

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

Ns	DH (cm)	Eps (°)	Gamma (KN/m³)	Fi (°)	c (kPa)	Delta (°)	P.F.	Litologia	Descrizione
1	701	0	17,65	22	0,00	19	No		Limo o limo con sabbia
2	2300	0	2,21	35	0,00	30	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta tubo 900	260,0	100,0	1102,0	0,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta tubo 900	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
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	spinta tubo 900	1,30

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta tubo 900	1,00

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R1

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1332
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0666

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
201,0	200,8	17,65	0,0	22,0	18,7	0,0	0,0	
200,8	200,6	17,65	0,0	22,0	18,7	0,0	0,0	
200,6	200,4	17,65	0,0	22,0	18,7	0,0	0,0	
200,4	200,2	17,65	0,0	22,0	18,7	0,0	0,0	
200,2	200,0	17,65	0,0	22,0	18,7	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
18,7	0,4	0,54	0,17	0,38	0,13	0,16	0,05
18,7	0,4	0,54	0,17	0,38	0,13	0,16	0,05
18,7	0,4	0,54	0,17	0,38	0,13	0,16	0,05
18,7	0,4	0,54	0,17	0,38	0,13	0,16	0,05
18,7	0,4	0,54	0,17	0,38	0,13	0,16	0,05

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1

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
200,8	0,02	0,12	175,0	200,9
200,6	0,03	0,25	175,0	200,8
200,4	0,05	0,37	175,0	200,7
200,2	0,07	0,5	175,0	200,6
200,0	0,08	0,62	175,0	200,5

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
200,8	0,02	0,12	0,0	250,0
200,6	0,03	0,25	0,0	250,0
200,4	0,05	0,38	0,0	250,0
200,2	0,07	0,5	0,0	250,0
200,0	0,08	0,63	0,0	250,0

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
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,5	0,0	56314,5
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	28125,9
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	18729,75
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,52	4612,77	S	938,55	0,0	14031,72
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,57	0,0	11212,92

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
201,0	200,8	17,65	0,0	22,0	22,0	0,0	0,0	
200,8	200,6	17,65	0,0	22,0	22,0	0,0	0,0	
200,6	200,4	17,65	0,0	22,0	22,0	0,0	0,0	
200,4	200,2	17,65	0,0	22,0	22,0	0,0	0,0	
200,2	200,0	17,65	0,0	22,0	22,0	0,0	0,0	
200,0	0,0	17,65	0,0	22,0	18,7	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
22,0	0,4	0,54	0,17	0,37	0,15	0,16	0,06
22,0	0,4	0,54	0,17	0,37	0,15	0,16	0,06
22,0	0,4	0,54	0,17	0,37	0,15	0,16	0,06
22,0	0,4	0,54	0,17	0,37	0,15	0,16	0,06
22,0	0,4	0,54	0,17	0,37	0,15	0,16	0,06
18,7	0,4	0,54	0,17	0,38	0,13	0,16	0,05

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1
6	200,0	0,0	19,09	6,47	66,99	67,05

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
200,0	0,0	17,65	180,0	22,0	18,7	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
198,7	1,95	-1,85	-0,63

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	200,0	0,0	-65,2	-22,06	66,67	66,67

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	19,09	6,47	-6,7
Carichi esterni	1102,0	0,0	1102,0
Peso muro	0,08	0,62	-0,93
Peso fondazione	20,04	150,48	-206,43
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-65,2	-22,06	-43,47
	1076,01	135,52	844,47

Momento stabilizzante -247,06 kNm
 Momento ribaltante 1091,53 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 342,37 kN
 Forza verticale 276,54 kN

Dati palo

Lunghezza 550,0 cm
 Diametro 60,0 cm
 Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato 500,0 cm

Peso unità di volume	17,65 KN/m ³
Angolo di attrito	22,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	50,0 cm
Peso unità di volume	2,21 KN/m ³
Angolo di attrito	35,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	175,75 cm
Cedimento del palo	0,05 cm
Spostamento in x	0,47 cm
Rotazione in testa	0,15 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 196,27 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	1275,77 kN
Carico limite laterale	166,93 kN
Carico limite totale	1442,71 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1
Resistenza di calcolo	1442,71 kN
Fattore di sicurezza Fs	4,58

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	276,54 kN
Area ferri	21,99 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	276,53 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	247,06 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	80,14 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	262,22 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifica palo alla profondità di cm 220,00

Momento	198,57 kNm
Sforzo normale	291,79 kN
Area ferri	21,99 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	291,77 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	248,81 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	81,35 kN

Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 351,50

Momento	78,22 kNm
Sforzo normale	300,94 kN
Area ferri	21,99 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	300,94 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	249,86 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	82,07 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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
50,0	-635,81	-457,97	541,47	200,0

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
18Ø12 (20,36)	36Ø12 (40,72)	635,86	3540,24	S	843,18	0,0	1,84

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
300,0	19,09	6,97	-6,37	200,0

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
18Ø12 (20,36)	36Ø12 (40,72)	-19,16	2957,11	S	746,42	0,0	107,05

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1332
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0666

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
201,0	200,8	17,65	0,0	17,91	18,7	0,0	0,0	
200,8	200,6	17,65	0,0	17,91	18,7	0,0	0,0	
200,6	200,4	17,65	0,0	17,91	18,7	0,0	0,0	
200,4	200,2	17,65	0,0	17,91	18,7	0,0	0,0	
200,2	200,0	17,65	0,0	17,91	18,7	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
18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06
18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06
18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06

18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06
18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1

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
200,8	0,02	0,12	175,0	200,9
200,6	0,03	0,25	175,0	200,8
200,4	0,05	0,37	175,0	200,7
200,2	0,07	0,5	175,0	200,6
200,0	0,08	0,62	175,0	200,5

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
200,8	0,02	0,12	0,0	250,0
200,6	0,03	0,25	0,0	250,0
200,4	0,05	0,38	0,0	250,0
200,2	0,07	0,5	0,0	250,0
200,0	0,08	0,63	0,0	250,0

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
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,5	0,0	56288,69
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	28100,15
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	18704,07
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,52	4612,77	S	938,55	0,0	14006,1
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,57	0,0	11187,37

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
201,0	200,8	17,65	0,0	17,91	17,91	0,0	0,0	
200,8	200,6	17,65	0,0	17,91	17,91	0,0	0,0	
200,6	200,4	17,65	0,0	17,91	17,91	0,0	0,0	
200,4	200,2	17,65	0,0	17,91	17,91	0,0	0,0	
200,2	200,0	17,65	0,0	17,91	17,91	0,0	0,0	
200,0	0,0	17,65	0,0	17,91	18,7	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
17,91	0,46	0,62	0,19	0,44	0,14	0,18	0,06
17,91	0,46	0,62	0,19	0,44	0,14	0,18	0,06
17,91	0,46	0,62	0,19	0,44	0,14	0,18	0,06
17,91	0,46	0,62	0,19	0,44	0,14	0,18	0,06
17,91	0,46	0,62	0,19	0,44	0,14	0,18	0,06
18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1
6	200,0	0,0	26,82	6,85	67,0	66,98

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
200,0	0,0	17,65	180,0	17,91	18,7	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
198,7	1,65	-1,57	-0,53

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	200,0	0,0	-55,3	-18,72	66,67	66,67

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M

Spinta terreno	26,82	6,85	-2,64
Carichi esterni	1432,6	0,0	1432,6
Peso muro	0,08	0,62	-0,93
Peso fondazione	20,04	150,48	-206,43
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-55,3	-18,72	-36,87
	1424,25	139,23	1185,73

Momento stabilizzante	-248,18	kNm
Momento ribaltante	1433,91	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	443,86 kN
Forza verticale	369,3 kN

Dati palo

Lunghezza	550,0 cm
Diametro	60,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	500,0 cm
Peso unità di volume	17,65 KN/m ³
Angolo di attrito	22,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	50,0 cm
Peso unità di volume	2,21 KN/m ³
Angolo di attrito	35,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	175,75 cm
Cedimento del palo	0,07 cm
Spostamento in x	0,61 cm
Rotazione in testa	0,2 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 196,27 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	1275,77 kN
Carico limite laterale	166,93 kN
Carico limite totale	1442,71 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1
Resistenza di calcolo	1442,71 kN
Fattore di sicurezza F_s	3,54

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	369,3 kN
Area ferri	21,99 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	369,35 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	257,64 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	87,48 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	356,39 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifica palo alla profondità di cm 220,00

Momento	257,43 kNm
Sforzo normale	384,56 kN
Area ferri	21,99 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	384,53 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	259,35 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	88,68 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 351,50

Momento	101,41 kNm
Sforzo normale	393,71 kN
Area ferri	21,99 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	393,78 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	260,39 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	89,41 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

MENSOLA A VALLE

X _{progr.}	Ascissa progressiva (cm);
F _x	Forza in direzione x (kN);
F _y	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50,0	-795,07	-609,23	693,54	200,0

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
18Ø12 (20,36)	36Ø12 (40,72)	795,13	3679,28	S	866,72	0,0	1,42

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
300,0	26,82	7,35	-8,92	200,0

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
18Ø12 (20,36)	36Ø12 (40,72)	-26,79	2950,21	S	745,28	0,0	101,45

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1332
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0666

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
201,0	200,8	17,65	0,0	17,91	18,7	0,0	0,0	
200,8	200,6	17,65	0,0	17,91	18,7	0,0	0,0	
200,6	200,4	17,65	0,0	17,91	18,7	0,0	0,0	
200,4	200,2	17,65	0,0	17,91	18,7	0,0	0,0	
200,2	200,0	17,65	0,0	17,91	18,7	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
18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06
18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06
18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06
18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06
18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1

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
200,8	0,01	0,11	175,0	200,9
200,6	0,03	0,22	175,0	200,8
200,4	0,04	0,34	175,0	200,7
200,2	0,06	0,45	175,0	200,6
200,0	0,07	0,56	175,0	200,5

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
200,8	0,02	0,11	0,0	250,0
200,6	0,03	0,22	0,0	250,0
200,4	0,05	0,34	0,0	250,0
200,2	0,06	0,45	0,0	250,0
200,0	0,08	0,56	0,0	250,0

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
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,49	0,0	62551,06
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	31230,45
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	20790,33
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,54	0,0	15570,34
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,56	0,0	12438,4

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	Coazione (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
----	----	-------	-----	----	-------	---	---	------

201,0	200,8	17,65	0,0	17,91	17,91	0,0	0,0
200,8	200,6	17,65	0,0	17,91	17,91	0,0	0,0
200,6	200,4	17,65	0,0	17,91	17,91	0,0	0,0
200,4	200,2	17,65	0,0	17,91	17,91	0,0	0,0
200,2	200,0	17,65	0,0	17,91	17,91	0,0	0,0
200,0	0,0	17,65	0,0	17,91	18,7	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
17,91	0,46	0,62	0,19	0,44	0,14	0,18	0,06
17,91	0,46	0,62	0,19	0,44	0,14	0,18	0,06
17,91	0,46	0,62	0,19	0,44	0,14	0,18	0,06
17,91	0,46	0,62	0,19	0,44	0,14	0,18	0,06
17,91	0,46	0,62	0,19	0,44	0,14	0,18	0,06
18,7	0,46	0,62	0,19	0,44	0,15	0,18	0,06

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1
6	200,0	0,0	22,15	5,27	67,0	66,98

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

200,0 0,0 17,65 180,0 17,91 18,7 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}
198,7	1,65	-1,57	-0,53

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	200,0	0,0	-55,3	-18,72	66,67	66,67

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	22,15	5,27	-1,02
Carichi esterni	1102,0	0,0	1102,0
Peso muro	0,07	0,56	-0,83
Peso fondazione	18,04	135,43	-185,79
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-55,3	-18,72	-36,87
	1086,96	122,54	877,5

Momento stabilizzante -220,67 kNm
Momento ribaltante 1098,16 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	342,68 kN
Forza verticale	280,61 kN

Dati palo

Lunghezza	550,0 cm
Diametro	60,0 cm
Copriferro	3,0 cm

Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	500,0 cm
Peso unità di volume	17,65 KN/m ³
Angolo di attrito	22,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	50,0 cm
Peso unità di volume	2,21 KN/m ³
Angolo di attrito	35,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	175,75 cm
Cedimento del palo	0,05 cm
Spostamento in x	0,47 cm
Rotazione in testa	0,15 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 196,27 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	1275,77 kN
Carico limite laterale	166,93 kN
Carico limite totale	1442,71 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1
Resistenza di calcolo	1442,71 kN
Fattore di sicurezza Fs	4,53

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	280,61 kN
Area ferri	21,99 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	280,63 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	247,53 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	80,46 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	262,22 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifica palo alla profondità di cm 220,00

Momento	198,75 kNm
Sforzo normale	295,86 kN
Area ferri	21,99 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	295,82 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	249,27 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	81,67 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 351,50

Momento	78,29 kNm
Sforzo normale	305,01 kN
Area ferri	21,99 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	305,11 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	250,33 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	82,39 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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
50,0	-626,43	-463,91	539,06	200,0

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
18Ø12 (20,36)	36Ø12 (40,72)	626,38	3531,94	S	841,8	0,0	1,81

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
300,0	22,15	5,72	-7,36	200,0

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
18Ø12 (20,36)	36Ø12 (40,72)	-22,13	2954,43	S	745,97	0,0	130,5

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA

RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 27

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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.

calcolo delle spinte

DH [m]=	53,14	salto
D tubo [cm]=	50	diametro della condotta
Pe [Kg/cmq]	5,14	pressione di esercizio
H1 [KN]	99,09	spinta nel tubo
	rad	°
azimuth	2,71	155
P1 [KN]	42,89	risultante azimutale della spinta
quota monte	727,70	
quota centro	727,16	
quota valle	721,71	
dislivello 1	0,54	
dislivello 2	5,45	
delta 1	25,58	
delta 2	15,13	
	rad	°
angolo zenitale 1 z1	0,021107107	1,209
angolo zenitale 1 z2	0,345742803	19,810
angolo al centro z3	2,816964305	161,400
risultante R =	13,86361263	KN
angolo della risultante sul piano z4	1,387375045	79,491
componenti orizzontali e verticali della risultante	KN	
Componente verticale= R sin z4=		13,63 KN
Componente orizzontale =R cos z4=		2,53 KN
lunghezza del blocco =	1,5	m
forza verticale applicata al ml		9,09 KN
forza orizzontale applicata al ml		1,69 KN

Dati generali

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38,08
Longitudine:	15,73
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

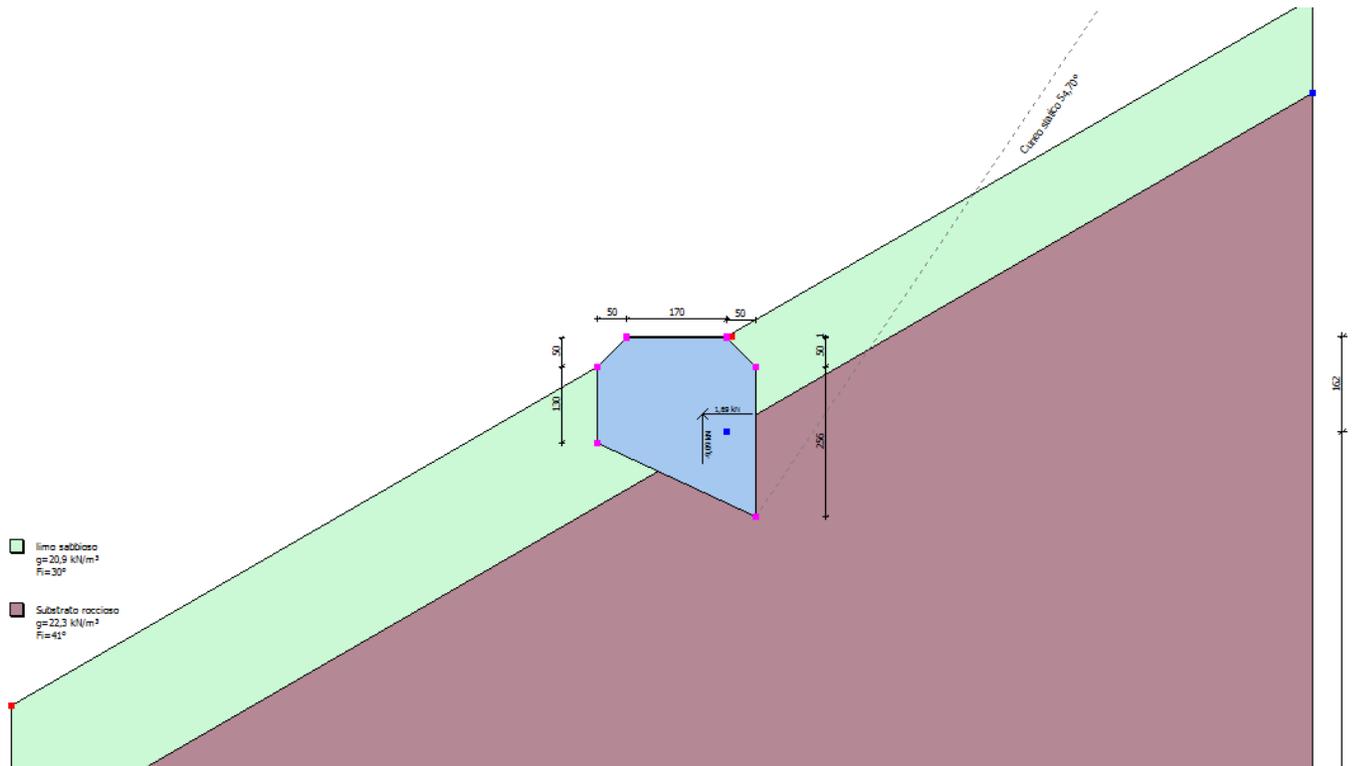
S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	170,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	50,0 cm
Sporgenza mensola a monte	50,0 cm
Svaso mensola a valle	50,0 cm
Svaso mensola a valle	50,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	130,0 cm

Altezza estremità mensola a monte

256,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Peso specifico muro	24,51662 KN/m ³
Resistenza a compressione di calcolo	9,80665 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	0,588399 N/mm ²

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	162	30	20,90	30	0,00	20	No		limo sabbioso
2	3338	30	22,30	41	0,00	27	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta tub angolo 40	180,0	50,0	1,69	-9,09	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta tub angolo 40	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	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00

5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta tub angolo 40	1,30

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

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

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta tub angolo 40	1,00

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

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

A1+M1+R1

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1328
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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 Coazione (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

181,0	180,8	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0
180,8	180,6	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0
180,6	180,4	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0
180,4	180,2	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0
180,2	180,0	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09

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	181,0	180,8	0,0	0,0	180,87	180,87
2	180,8	180,6	0,0	0,0	180,69	180,69
3	180,6	180,4	0,0	0,0	180,49	180,49
4	180,4	180,2	0,0	0,0	180,3	180,3
5	180,2	180,0	0,0	0,0	180,1	180,1

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

P_y	Peso del muro (kN);
P_x	Forza inerziale (kN);
X_p, Y_p	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
180,8	0,01	0,07	135,0	180,9
180,6	0,02	0,17	135,0	180,8
180,4	0,03	0,25	135,0	180,7
180,2	0,05	0,34	135,0	180,6
180,0	0,06	0,42	135,0	180,5

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
F_x	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
180,8	0,01	0,07	0,0	170,0
180,6	0,02	0,17	0,0	170,0
180,4	0,03	0,25	0,0	170,0
180,2	0,05	0,34	0,0	170,0
180,0	0,06	0,42	0,0	170,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (270,0/-125,9)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (270,0/209,9)$

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

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (KN/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
209,9	181,0	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
181,0	180,8	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
180,0	130,0	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
130,0	47,9	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
47,9	0,0	22,3	30,0	41,0	27,33	0,0	0,0	
0,0	-125,9	22,3	30,0	41,0	41,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16

30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
27,33	0,29	0,56	0,3	0,26	0,13	0,26	0,14
41,0	0,32	0,65	0,37	0,24	0,21	0,28	0,24

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	209,9	181,0	0,89	0,51	190,63	190,63
2	181,0	180,8	0,01	0,01	180,9	180,9
3	180,8	180,6	0,01	0,01	180,7	180,7
4	180,6	180,4	0,01	0,01	180,5	180,5
5	180,4	180,2	0,01	0,01	180,3	180,3
6	180,2	180,0	0,01	0,01	180,1	180,1
7	180,0	130,0	5,85	3,38	151,21	151,21
8	130,0	47,9	20,95	10,61	84,41	85,68
9	47,9	0,0	17,62	8,36	23,34	23,29
10	0,0	-125,9	59,01	31,77	-66,22	-68,23

SPINTE IN FONDAZIONE

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
130,0	0,0	22,3	210,0	41,0	27,33	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
207,33	1,1	-0,98	-0,51

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	130,0	0,0	-18,48	-9,55	43,33	43,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	104,38	54,67	-154,23
Carichi esterni	1,69	-9,09	17,21
Peso muro	0,06	0,42	-0,46
Peso fondazione	20,54	154,7	-216,98
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,98
Spinte fondazione	-18,48	-9,55	-8,01
	109,33	191,15	-360,49

Momento stabilizzante	-414,81	kNm
Momento ribaltante	52,33	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	127,81 kN
Sommatoria forze verticali	200,7 kN
Coefficiente di attrito	0,51
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-25,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	235,91 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	31,02 kN
Resistenza terreno	138,68 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	4,47
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-414,81 kNm
Momento ribaltante	52,33 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	7,93
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	109,33 kN
----------------------------	-----------

Somma forze in direzione y (Fy)	191,15 kN
Somma momenti	-360,49 kNm
Larghezza fondazione	270,0 cm
Lunghezza	150,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	53,59 cm
Peso unità di volume	22,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	41,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	180,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,9 KN/m ³
Nq	73,9
Nc	83,86
Ng	130,21
sq	1,8
sc	1,81
sg	0,63
iq	0,28
ic	0,28
ig	0,12
Carico limite verticale (Qlim)	2618,81 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	13,7
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	188,59 cm
Larghezza della fondazione	270,0 cm
x = 25,78 cm Tensione...	0,0 kPa
x = 270,0 cm Tensione...	156,54 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	170,00 cm
Eccentricità	0,01 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	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	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09

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	181,0	180,8	0,0	0,0	180,87	180,87
2	180,8	180,6	0,0	0,0	180,69	180,69
3	180,6	180,4	0,0	0,0	180,49	180,49
4	180,4	180,2	0,0	0,0	180,3	180,3
5	180,2	180,0	0,0	0,0	180,1	180,1

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
180,8	0,01	0,07	135,0	180,9
180,6	0,02	0,17	135,0	180,8
180,4	0,03	0,25	135,0	180,7
180,2	0,05	0,34	135,0	180,6
180,0	0,06	0,42	135,0	180,5

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
180,8	0,01	0,07	0,0	170,0
180,6	0,02	0,17	0,0	170,0
180,4	0,03	0,25	0,0	170,0
180,2	0,05	0,34	0,0	170,0
180,0	0,06	0,42	0,0	170,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (270,0/-125,9)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (270,0/209,9)

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
209,9	181,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,0	130,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
130,0	47,9	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
47,9	0,0	22,3	30,0	34,82	27,33	0,0	0,0	
0,0	-125,9	22,3	30,0	34,82	34,82	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
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
27,33	0,44	1,0	0,61	0,39	0,2	0,54	0,28
34,82	0,46	1,11	0,71	0,38	0,26	0,58	0,41

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	209,9	181,0	1,14	0,42	190,63	190,63
2	181,0	180,8	0,02	0,01	180,9	180,9
3	180,8	180,6	0,02	0,01	180,7	180,7
4	180,6	180,4	0,02	0,01	180,5	180,5
5	180,4	180,2	0,02	0,01	180,3	180,3
6	180,2	180,0	0,02	0,01	180,1	180,1
7	180,0	130,0	7,52	2,78	151,21	151,21
8	130,0	47,9	27,09	9,34	84,34	85,01
9	47,9	0,0	23,83	7,7	23,05	23,25
10	0,0	-125,9	88,76	28,07	-67,45	-67,49

SPINTE IN FONDAZIONE

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
130,0	0,0	22,3	210,0	34,82	27,33	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
207,33	0,81	-0,72	-0,37

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	130,0	0,0	-13,58	-7,02	43,33	43,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	148,42	48,34	-148,36
Carichi esterni	2,2	-11,82	22,37
Peso muro	0,06	0,42	-0,46
Peso fondazione	20,54	154,7	-216,98
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,98
Spinte fondazione	-13,58	-7,02	-5,88
	158,78	184,63	-347,34

Momento stabilizzante	-418,53	kNm
Momento ribaltante	69,2	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	172,36 kN
Sommatoria forze verticali	191,64 kN
Coefficiente di attrito	0,51
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-25,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	246,53 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	75,22 kN
Resistenza terreno	139,19 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,85

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-418,53 kNm
Momento ribaltante	69,2 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	6,05

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	158,78 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	184,63 kN
Somma momenti	-347,34 kNm
Larghezza fondazione	270,0 cm
Lunghezza	150,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	53,13 cm
Peso unità di volume	22,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	34,82 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	180,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,9 KN/m ³
Nq	32,54
Nc	45,36
Ng	46,65
sq	1,64
sc	1,66
sg	0,63
iq	0,05
ic	0,02
ig	0,01
Carico limite verticale (Qlim)	186,17 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,01
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	188,13 cm
Larghezza della fondazione	270,0 cm
x = 24,39 cm Tensione...	0,0 kPa
x = 270,0 cm Tensione...	150,34 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	170,00 cm
Eccentricità	0,01 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	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	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09

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	181,0	180,8	0,0	0,0	180,87	180,87
2	180,8	180,6	0,0	0,0	180,69	180,69
3	180,6	180,4	0,0	0,0	180,49	180,49
4	180,4	180,2	0,0	0,0	180,3	180,3
5	180,2	180,0	0,0	0,0	180,1	180,1

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
180,8	0,01	0,07	135,0	180,9
180,6	0,02	0,15	135,0	180,8

180,4	0,03	0,22	135,0	180,7
180,2	0,04	0,31	135,0	180,6
180,0	0,05	0,38	135,0	180,5

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
180,8	0,01	0,07	0,0	170,0
180,6	0,02	0,15	0,0	170,0
180,4	0,03	0,22	0,0	170,0
180,2	0,04	0,31	0,0	170,0
180,0	0,05	0,38	0,0	170,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (270,0/-125,9)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (270,0/209,9)$

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

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m 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
209,9	181,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,0	130,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
130,0	47,9	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
47,9	0,0	22,3	30,0	34,82	27,33	0,0	0,0	
0,0	-125,9	22,3	30,0	34,82	34,82	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
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
27,33	0,44	1,0	0,61	0,39	0,2	0,54	0,28
34,82	0,46	1,11	0,71	0,38	0,26	0,58	0,41

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota finale 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	209,9	181,0	0,93	0,33	190,63	190,63
2	181,0	180,8	0,01	0,0	180,9	180,9
3	180,8	180,6	0,01	0,0	180,7	180,7
4	180,6	180,4	0,01	0,0	180,5	180,5
5	180,4	180,2	0,01	0,0	180,3	180,3
6	180,2	180,0	0,01	0,0	180,1	180,1
7	180,0	130,0	6,13	2,14	151,21	151,21
8	130,0	47,9	22,06	7,19	84,35	85,01
9	47,9	0,0	19,59	5,92	22,97	23,25
10	0,0	-125,9	74,83	21,59	-67,73	-67,49

SPINTE IN FONDAZIONE

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
130,0	0,0	22,3	210,0	34,82	27,33	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}
207,33	0,81	-0,72	-0,37

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	130,0	0,0	-13,58	-7,02	43,33	43,33

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	123,61	37,19	-116,81
Carichi esterni	1,69	-9,09	17,21
Peso muro	0,05	0,38	-0,42
Peso fondazione	18,49	139,23	-195,29
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,98
Spinte fondazione	-13,58	-7,02	-5,88
	131,41	160,69	-299,21

Momento stabilizzante	-356,4	kNm
Momento ribaltante	55,21	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	144,99 kN
Sommatoria forze verticali	167,7 kN
Coefficiente di attrito	0,51
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-25,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	213,27 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	60,53 kN
Resistenza terreno	122,24 kN
Coeff. sicurezza traslazione C_{sd}	2,02
Traslazione verificata $C_{sd} > 1$	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-356,4 kNm
-----------------------	------------

Momento ribaltante 55,21 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv} 6,46
Muro verificato a ribaltamento $C_{sv} > 1$

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	131,41 kN
Somma forze in direzione y (F_y)	160,69 kN
Somma momenti	-299,21 kNm
Larghezza fondazione	270,0 cm
Lunghezza	150,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	51,21 cm
Peso unità di volume	22,3 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	34,82 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	180,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,9 kN/m ³
N_q	32,54
N_c	45,36
N_g	46,65
s_q	1,62
s_c	1,64
s_g	0,64
i_q	0,08
i_c	0,05
i_g	0,01
Carico limite verticale (Q_{lim})	285,28 kN
Fattore sicurezza ($C_{sq} = Q_{lim}/F_y$)	1,78

Carico limite verificato $C_{sq} > 1$

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	186,21 cm
Larghezza della fondazione	270,0 cm
$x = 18,62$ cm Tensione...	0,0 kPa
$x = 270,0$ cm Tensione...	127,84 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	170,00 cm
Eccentricità	0,00 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA

RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 30

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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.

calcolo delle spinte

DH [m]=	65,5	salto
D tubo [cm]=	50	diametro della condotta
Pe [Kg/cmq]	6,34	pressione di esercizio
H1 [KN]	122,14	spinta nel tubo
	rad	°
azimuth	2,16	124
P1 [KN]	114,68	risultante azimutale della spinta
quota monte	716,69	
quota centro	714,80	
quota valle	702,53	
dislivello 1	1,89	
dislivello 2	12,27	
delta 1	4,23	
delta 2	17,13	
	rad	°
angolo zenitale 1 z1	0,420196714	24,075
angolo zenitale 1 z2	0,62157355	35,613
angolo al centro z3	2,940223164	168,462
risultante R =	23,05454487	KN
angolo della risultante sul piano z4	1,049914868	60,156
componenti orizzontali e verticali della risultante	KN	
Componente verticale= R sin z4=		20,00 KN
Componente orizzontale =R cos z4=		11,47 KN
lunghezza del blocco =	2 m	
forza verticale applicata al ml		10,00 KN
forza orizzontale applicata al ml		5,74 KN

Dati generali

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38,08
Longitudine:	15,73
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
----------------------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------

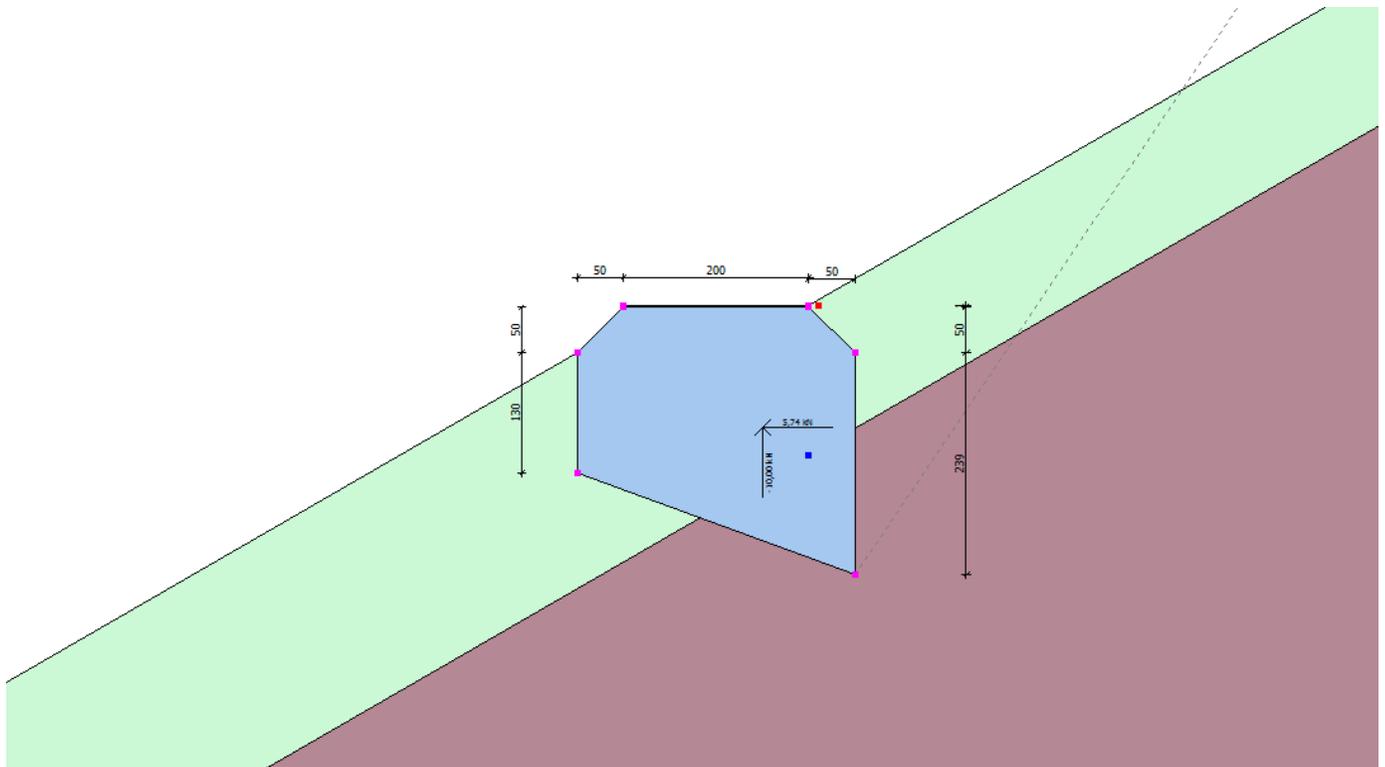
	[anni]			
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	200,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	50,0 cm
Sporgenza mensola a monte	50,0 cm
Svaso mensola a valle	50,0 cm
Svaso mensola a monte	50,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	130,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	239,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Peso specifico muro	24,51662 KN/m ³
Resistenza a compressione di calcolo	9,80665 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	0,588399 N/mm ²

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	162	30	20,90	30	0,00	20	No		limo sabbioso
2	3338	30	22,30	41	0,00	27	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta tub angolo 40	200,0	50,0	5,74	-10,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta tub angolo 40	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	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta tub angolo 40	1,30

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	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta tub angolo 40	1,00

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 K_h 0,1328
 Coefficiente sismico verticale K_v 0,0664

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Q_i Quota iniziale strato (cm);
 Q_f Quota finale strato
 Γ Peso unità di volume (KN/m³);
 ϵ Inclinazione dello strato. (°);
 F_i Angolo di resistenza a taglio (°);
 Δ Angolo attrito terra muro;
 c Coesione (kPa);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Q_i	Q_f	Γ	ϵ	F_i	Δ	c	β	Note
181,0	180,8	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	

180,4	180,2	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0
180,2	180,0	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09

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	181,0	180,8	0,0	0,0	180,87	180,87
2	180,8	180,6	0,0	0,0	180,69	180,69
3	180,6	180,4	0,0	0,0	180,49	180,49
4	180,4	180,2	0,0	0,0	180,3	180,3
5	180,2	180,0	0,0	0,0	180,1	180,1

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

P_y	Peso del muro (kN);
P_x	Forza inerziale (kN);
X_p, Y_p	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
180,8	0,01	0,1	150,0	180,9
180,6	0,03	0,2	150,0	180,8
180,4	0,04	0,29	150,0	180,7
180,2	0,05	0,39	150,0	180,6
180,0	0,07	0,49	150,0	180,5

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
180,8	0,01	0,1	0,0	200,0
180,6	0,03	0,2	0,0	200,0
180,4	0,04	0,29	0,0	200,0
180,2	0,05	0,39	0,0	200,0
180,0	0,07	0,49	0,0	200,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (300,0/-109,2)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (300,0/209,9)

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
209,9	181,0	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
181,0	180,8	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
180,0	130,0	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
130,0	47,9	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
47,9	0,0	22,3	30,0	41,0	27,33	0,0	0,0	
0,0	-109,19	22,3	30,0	41,0	41,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16

30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
27,33	0,29	0,56	0,3	0,26	0,13	0,26	0,14
41,0	0,32	0,65	0,37	0,24	0,21	0,28	0,24

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	209,9	181,0	0,89	0,51	190,63	190,63
2	181,0	180,8	0,01	0,01	180,9	180,9
3	180,8	180,6	0,01	0,01	180,7	180,7
4	180,6	180,4	0,01	0,01	180,5	180,5
5	180,4	180,2	0,01	0,01	180,3	180,3
6	180,2	180,0	0,01	0,01	180,1	180,1
7	180,0	130,0	5,85	3,38	151,21	151,21
8	130,0	47,9	20,95	10,61	84,41	85,68
9	47,9	0,0	17,62	8,36	23,34	23,29
10	0,0	-109,19	50,12	26,64	-57,1	-58,7

SPINTE IN FONDAZIONE

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
130,0	0,0	22,3	210,0	41,0	27,33	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
207,33	1,1	-0,98	-0,51

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	130,0	0,0	-18,48	-9,55	43,33	43,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	95,49	49,53	-144,76
Carichi esterni	5,74	-10,0	22,87
Peso muro	0,07	0,49	-0,62
Peso fondazione	22,1	166,42	-257,21
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,98
Spinte fondazione	-18,48	-9,55	-8,01
	106,06	196,89	-385,75

Momento stabilizzante -447,72 kNm
 Momento ribaltante 59,99 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 124,54 kN
 Sommatoria forze verticali 206,44 kN
 Coefficiente di attrito 0,51
 Adesione 0,0 kPa
 Angolo piano di scorrimento -20,0 °
 Forze normali al piano di scorrimento 236,59 kN
 Forze parall. al piano di scorrimento 46,42 kN
 Resistenza terreno 139,03 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd 2,99

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -447,72 kNm
 Momento ribaltante 59,99 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 7,46

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x 106,06 kN
 Somma forze in direzione y (Fy) 196,89 kN
 Somma momenti -385,75 kNm
 Larghezza fondazione 300,0 cm

Lunghezza	200,0 cm
Inclinazione piano di posa	-20,0 °
Eccentricità su B	45,92 cm
Peso unità di volume	22,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	41,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	180,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,9 KN/m ³
Nq	73,9
Nc	83,86
Ng	130,21
sq	1,84
sc	1,85
sg	0,62
iq	0,32
ic	0,31
ig	0,15
Carico limite verticale (Qlim)	3917,9 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	19,9
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	195,92 cm
Larghezza della fondazione	300,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	5,36 kPa
x = 300,0 cm Tensione...	125,9 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	200,00 cm
Eccentricità	0,01 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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

181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0
180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0
180,2	180,0	20,9	30,0	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	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09

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	181,0	180,8	0,0	0,0	180,87	180,87
2	180,8	180,6	0,0	0,0	180,69	180,69
3	180,6	180,4	0,0	0,0	180,49	180,49
4	180,4	180,2	0,0	0,0	180,3	180,3
5	180,2	180,0	0,0	0,0	180,1	180,1

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
180,8	0,01	0,1	150,0	180,9
180,6	0,03	0,2	150,0	180,8
180,4	0,04	0,29	150,0	180,7
180,2	0,05	0,39	150,0	180,6
180,0	0,07	0,49	150,0	180,5

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
180,8	0,01	0,1	0,0	200,0
180,6	0,03	0,2	0,0	200,0
180,4	0,04	0,29	0,0	200,0
180,2	0,05	0,39	0,0	200,0
180,0	0,07	0,49	0,0	200,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (300,0/-109,2)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (300,0/209,9)$

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

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m 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
209,9	181,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,0	130,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
130,0	47,9	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
47,9	0,0	22,3	30,0	34,82	27,33	0,0	0,0	
0,0	-109,19	22,3	30,0	34,82	34,82	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
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12

24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
27,33	0,44	1,0	0,61	0,39	0,2	0,54	0,28
34,82	0,46	1,11	0,71	0,38	0,26	0,58	0,41

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	209,9	181,0	1,14	0,42	190,63	190,63
2	181,0	180,8	0,02	0,01	180,9	180,9
3	180,8	180,6	0,02	0,01	180,7	180,7
4	180,6	180,4	0,02	0,01	180,5	180,5
5	180,4	180,2	0,02	0,01	180,3	180,3
6	180,2	180,0	0,02	0,01	180,1	180,1
7	180,0	130,0	7,52	2,78	151,21	151,21
8	130,0	47,9	27,09	9,34	84,34	85,01
9	47,9	0,0	23,83	7,7	23,05	23,25
10	0,0	-109,19	74,78	23,64	-58,08	-58,11

SPINTE IN FONDAZIONE

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
130,0	0,0	22,3	210,0	34,82	27,33	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
207,33	0,81	-0,72	-0,37

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	130,0	0,0	-13,58	-7,02	43,33	43,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	134,45	43,92	-133,16
Carichi esterni	7,46	-13,0	29,73
Peso muro	0,07	0,49	-0,62
Peso fondazione	22,1	166,42	-257,21
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,98
Spinte fondazione	-13,58	-7,02	-5,88
	151,64	190,81	-365,16

Momento stabilizzante	-445,7	kNm
Momento ribaltante	78,56	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	165,22 kN
Sommatoria forze verticali	197,83 kN
Coefficiente di attrito	0,51
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-20,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	242,41 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	87,59 kN
Resistenza terreno	137,09 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,57

Traslazione verificata Csd > 1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-445,7 kNm
Momento ribaltante	78,56 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	5,67

Muro verificato a ribaltamento Csv > 1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	151,64 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	190,81 kN
Somma momenti	-365,16 kNm
Larghezza fondazione	300,0 cm
Lunghezza	200,0 cm
Inclinazione piano di posa	-20,0 °
Eccentricità su B	41,37 cm
Peso unità di volume	22,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	34,82 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	180,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,9 KN/m ³
Nq	32,54
Nc	45,36
Ng	46,65
sq	1,64
sc	1,66
sg	0,63
iq	0,1
ic	0,07
ig	0,02
Carico limite verticale (Qlim)	449,87 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	2,36
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	191,37 cm
Larghezza della fondazione	300,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	10,98 kPa
x = 300,0 cm Tensione...	116,23 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	200,00 cm
Eccentricità	0,01 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	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	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09

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	181,0	180,8	0,0	0,0	180,87	180,87
2	180,8	180,6	0,0	0,0	180,69	180,69
3	180,6	180,4	0,0	0,0	180,49	180,49
4	180,4	180,2	0,0	0,0	180,3	180,3
5	180,2	180,0	0,0	0,0	180,1	180,1

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
180,8	0,01	0,09	150,0	180,9
180,6	0,02	0,18	150,0	180,8
180,4	0,04	0,26	150,0	180,7
180,2	0,05	0,35	150,0	180,6
180,0	0,06	0,44	150,0	180,5

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
180,8	0,01	0,09	0,0	200,0
180,6	0,02	0,18	0,0	200,0
180,4	0,04	0,26	0,0	200,0
180,2	0,05	0,35	0,0	200,0
180,0	0,06	0,44	0,0	200,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (300,0/-109,2)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (300,0/209,9)$

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

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m 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
209,9	181,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,0	130,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
130,0	47,9	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
47,9	0,0	22,3	30,0	34,82	27,33	0,0	0,0	
0,0	-109,19	22,3	30,0	34,82	34,82	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
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
27,33	0,44	1,0	0,61	0,39	0,2	0,54	0,28
34,82	0,46	1,11	0,71	0,38	0,26	0,58	0,41

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	209,9	181,0	0,93	0,33	190,63	190,63
2	181,0	180,8	0,01	0,0	180,9	180,9
3	180,8	180,6	0,01	0,0	180,7	180,7
4	180,6	180,4	0,01	0,0	180,5	180,5
5	180,4	180,2	0,01	0,0	180,3	180,3
6	180,2	180,0	0,01	0,0	180,1	180,1
7	180,0	130,0	6,13	2,14	151,21	151,21
8	130,0	47,9	22,06	7,19	84,35	85,01
9	47,9	0,0	19,59	5,92	22,97	23,25
10	0,0	-109,19	62,94	18,19	-58,3	-58,11

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
130,0	0,0	22,3	210,0	34,82	27,33	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
207,33	0,81	-0,72	-0,37

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	130,0	0,0	-13,58	-7,02	43,33	43,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	111,72	33,79	-103,77
Carichi esterni	5,74	-10,0	22,87
Peso muro	0,06	0,44	-0,56
Peso fondazione	19,89	149,78	-231,49
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,98
Spinte fondazione	-13,58	-7,02	-5,88
	124,98	166,99	-316,85

Momento stabilizzante -381,5 kNm
 Momento ribaltante 62,67 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	138,55 kN
Sommatoria forze verticali	174,0 kN
Coefficiente di attrito	0,51
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-20,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	210,9 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	70,69 kN
Resistenza terreno	121,04 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,71

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-381,5 kNm
Momento ribaltante	62,67 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	6,09

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	124,98 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	166,99 kN
Somma momenti	-316,85 kNm
Larghezza fondazione	300,0 cm
Lunghezza	200,0 cm
Inclinazione piano di posa	-20,0 °
Eccentricità su B	39,75 cm
Peso unità di volume	22,3 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	34,82 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	180,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,9 kN/m ³
Nq	32,54
Nc	45,36
Ng	46,65
sq	1,63
sc	1,65
sg	0,64
iq	0,13
ic	0,1
ig	0,03
Carico limite verticale (Qlim)	627,41 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	3,76
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	189,75 cm
Larghezza della fondazione	300,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	11,41 kPa
x = 300,0 cm Tensione...	99,91 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	200,00 cm
Eccentricità	0,00 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 31

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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.

Calcolo delle spinte

DH [m]=	77.77	salto
D tubo [cm]=	50	diámetro della condotta
Pe [Kg/cmq]	7.53	pressione di esercizio
P1 [KN]	145.01	spinta nella tubazione
	°	rad
inclinazione rispetto al piano (z)	34.68	0.6052816
angolo azimutale (deviazione) (a)	40	0.698133333
Risultante della spinta $R = 2 P \sin a/2$		99.20 KN
componenti orizzontali e verticali della risultante		
Componente verticale = $R \sin z$		56.44 KN
Componente orizzontale = $R \cos z$		81.57 KN
lunghezza del blocco =	1.5 m	
forza verticale applicata al ml		37.63
forza orizzontale applicata al ml		54.38

Dati generali

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38,08
Longitudine:	15,73
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

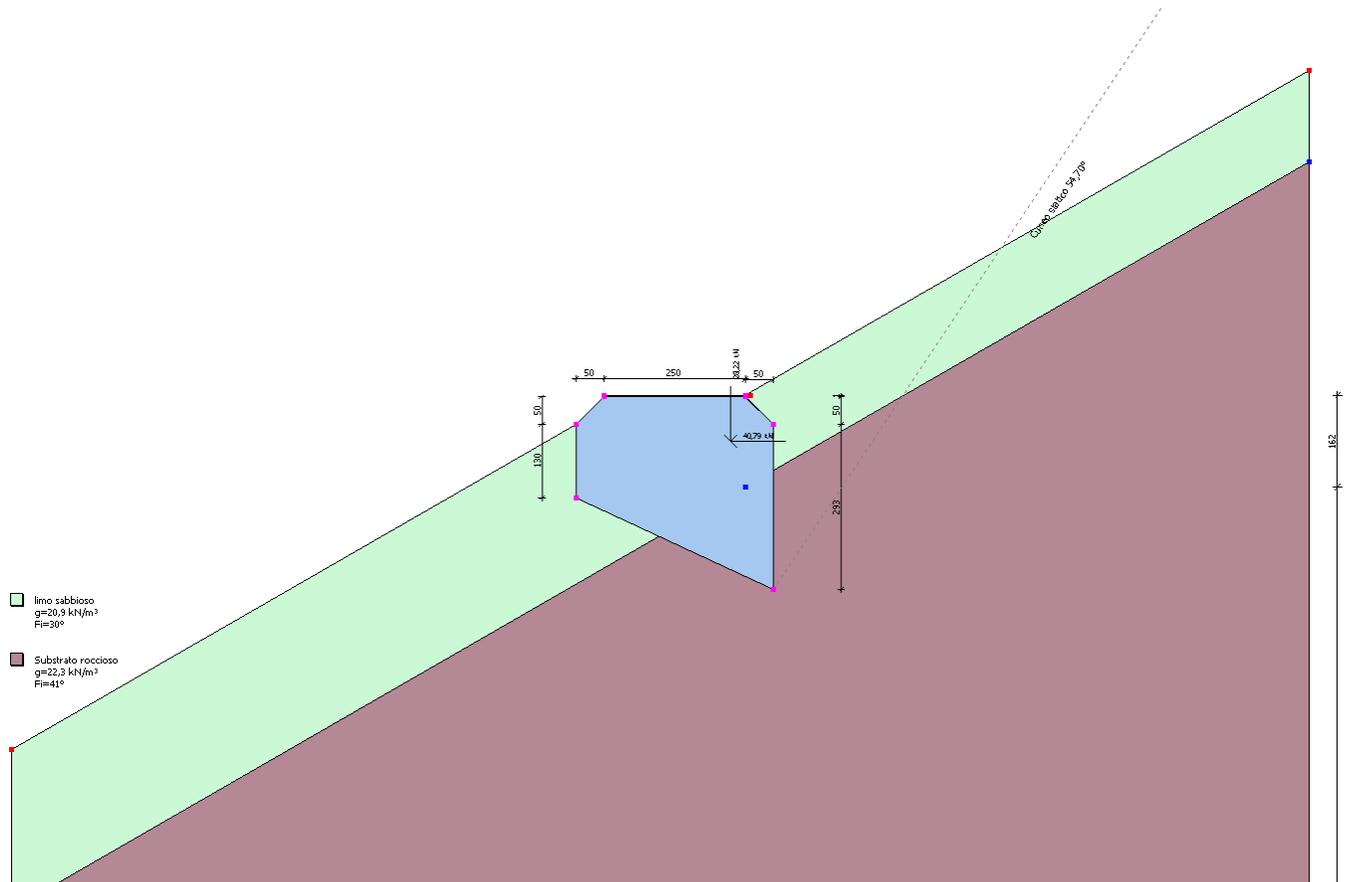
Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Opere di sostegno
--------	-------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	250,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	50,0 cm
Sporgenza mensola a monte	50,0 cm
Svaso mensola a valle	50,0 cm
Svaso mensola a monte	50,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	130,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	293,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Peso specifico muro	24,51662 KN/m ³
Resistenza a compressione di calcolo	9,80665 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	0,588399 N/mm ²

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	162	30	20,90	30	0,00	20	No		limo sabbioso
2	3338	30	22,30	41	0,00	27	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta tub angolo 40	275,0	100,0	54,38	37,63	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta tub	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	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta tub	1,30

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	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta tub	1,00

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 0,1328
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
181,0	180,8	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09

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	181,0	180,8	0,0	0,0	180,87	180,87
2	180,8	180,6	0,0	0,0	180,69	180,69
3	180,6	180,4	0,0	0,0	180,49	180,49
4	180,4	180,2	0,0	0,0	180,3	180,3
5	180,2	180,0	0,0	0,0	180,1	180,1

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

P_y	Peso del muro (kN);
P_x	Forza inerziale (kN);
X_p, Y_p	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
180,8	0,02	0,12	175,0	180,9
180,6	0,03	0,25	175,0	180,8
180,4	0,05	0,37	175,0	180,7
180,2	0,07	0,49	175,0	180,6
180,0	0,08	0,61	175,0	180,5

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	F_x	F_y	M	H
-------	-------	-------	-----	-----

20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
27,33	0,29	0,56	0,3	0,26	0,13	0,26	0,14
41,0	0,32	0,65	0,37	0,24	0,21	0,28	0,24

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	209,9	181,0	0,89	0,51	190,63	190,63
2	181,0	180,8	0,01	0,01	180,9	180,9
3	180,8	180,6	0,01	0,01	180,7	180,7
4	180,6	180,4	0,01	0,01	180,5	180,5
5	180,4	180,2	0,01	0,01	180,3	180,3
6	180,2	180,0	0,01	0,01	180,1	180,1
7	180,0	130,0	5,85	3,38	151,21	151,21
8	130,0	47,9	20,95	10,61	84,41	85,68
9	47,9	0,0	17,62	8,36	23,34	23,29
10	0,0	-163,21	80,02	44,25	-86,85	-89,85

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
130,0	0,0	22,3	210,0	41,0	27,33	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
207,33	1,1	-0,98	-0,51

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	130,0	0,0	-18,48	-9,55	43,33	43,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	125,39	67,15	-272,08
Carichi esterni	54,38	37,63	-49,1
Peso muro	0,08	0,61	-0,93
Peso fondazione	29,0	218,35	-410,87
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,98
Spinte fondazione	-18,48	-9,55	-8,01
	191,52	314,19	-739,0

Momento stabilizzante -832,02 kNm
 Momento ribaltante 91,04 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 210,0 kN
 Sommatoria forze verticali 323,74 kN
 Coefficiente di attrito 0,51
 Adesione 0,0 kPa
 Angolo piano di scorrimento -25,0 °
 Forze normali al piano di scorrimento 382,16 kN
 Forze parall. al piano di scorrimento 53,5 kN
 Resistenza terreno 213,2 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd 3,98
Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -832,02 kNm
 Momento ribaltante 91,04 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 9,14
Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x 191,52 kN
 Somma forze in direzione y (Fy) 314,19 kN
 Somma momenti -739,0 kNm
 Larghezza fondazione 350,0 cm
 Lunghezza 150,0 cm
 Inclinazione piano di posa -25,0 °

Eccentricità su B	60,21 cm
Peso unità di volume	22,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	41,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	180,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,9 KN/m ³
Nq	73,9
Nc	83,86
Ng	130,21
sq	1,57
sc	1,58
sg	0,74
iq	0,27
ic	0,26
ig	0,11
Carico limite verticale (Qlim)	3288,76 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	10,47
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	235,21 cm
Larghezza della fondazione	350,0 cm
x = 5,63 cm Tensione...	0,0 kPa
x = 350,0 cm Tensione...	182,47 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	250,00 cm
Eccentricità	0,01 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	

180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0
180,2	180,0	20,9	30,0	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	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09

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	181,0	180,8	0,0	0,0	180,87	180,87
2	180,8	180,6	0,0	0,0	180,69	180,69
3	180,6	180,4	0,0	0,0	180,49	180,49
4	180,4	180,2	0,0	0,0	180,3	180,3
5	180,2	180,0	0,0	0,0	180,1	180,1

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
180,8	0,02	0,12	175,0	180,9
180,6	0,03	0,25	175,0	180,8
180,4	0,05	0,37	175,0	180,7
180,2	0,07	0,49	175,0	180,6
180,0	0,08	0,61	175,0	180,5

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
180,8	0,02	0,12	0,0	250,0
180,6	0,03	0,25	0,0	250,0
180,4	0,05	0,37	0,0	250,0
180,2	0,07	0,49	0,0	250,0
180,0	0,08	0,61	0,0	250,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (350,0/-163,2)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (350,0/209,9)

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/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
209,9	181,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,0	130,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
130,0	47,9	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
47,9	0,0	22,3	30,0	34,82	27,33	0,0	0,0	
0,0	-163,21	22,3	30,0	34,82	34,82	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
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12

24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
27,33	0,44	1,0	0,61	0,39	0,2	0,54	0,28
34,82	0,46	1,11	0,71	0,38	0,26	0,58	0,41

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	209,9	181,0	1,14	0,42	190,63	190,63
2	181,0	180,8	0,02	0,01	180,9	180,9
3	180,8	180,6	0,02	0,01	180,7	180,7
4	180,6	180,4	0,02	0,01	180,5	180,5
5	180,4	180,2	0,02	0,01	180,3	180,3
6	180,2	180,0	0,02	0,01	180,1	180,1
7	180,0	130,0	7,52	2,78	151,21	151,21
8	130,0	47,9	27,09	9,34	84,34	85,01
9	47,9	0,0	23,83	7,7	23,05	23,25
10	0,0	-163,21	122,37	38,71	-88,72	-88,76

SPINTE IN FONDAZIONE

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
130,0	0,0	22,3	210,0	34,82	27,33	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
207,33	0,81	-0,72	-0,37

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	130,0	0,0	-13,58	-7,02	43,33	43,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	182,03	58,99	-272,99
Carichi esterni	70,69	48,92	-63,83
Peso muro	0,08	0,61	-0,93
Peso fondazione	29,0	218,35	-410,87
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,98
Spinte fondazione	-13,58	-7,02	-5,88
	269,37	319,85	-752,52

Momento stabilizzante -873,56 kNm
 Momento ribaltante 119,06 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 282,95 kN
 Sommatoria forze verticali 326,87 kN
 Coefficiente di attrito 0,51
 Adesione 0,0 kPa
 Angolo piano di scorrimento -25,0 °
 Forze normali al piano di scorrimento 415,82 kN
 Forze parall. al piano di scorrimento 118,3 kN
 Resistenza terreno 225,45 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd 1,91

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -873,56 kNm
 Momento ribaltante 119,06 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 7,34

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x 269,37 kN
 Somma forze in direzione y (Fy) 319,85 kN

Somma momenti	-752,52 kNm
Larghezza fondazione	350,0 cm
Lunghezza	150,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	60,27 cm
Peso unità di volume	22,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	34,82 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	180,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,9 KN/m ³
Nq	32,54
Nc	45,36
Ng	46,65
sq	1,45
sc	1,47
sg	0,74
iq	0,08
ic	0,05
ig	0,01
Carico limite verticale (Qlim)	335,11 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,05
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	235,27 cm
Larghezza della fondazione	350,0 cm
x = 5,82 cm Tensione...	0,0 kPa
x = 350,0 cm Tensione...	185,86 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	250,00 cm
Eccentricità	0,01 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	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	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09

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	181,0	180,8	0,0	0,0	180,87	180,87
2	180,8	180,6	0,0	0,0	180,69	180,69
3	180,6	180,4	0,0	0,0	180,49	180,49
4	180,4	180,2	0,0	0,0	180,3	180,3
5	180,2	180,0	0,0	0,0	180,1	180,1

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
180,8	0,01	0,11	175,0	180,9
180,6	0,03	0,22	175,0	180,8
180,4	0,04	0,33	175,0	180,7
180,2	0,06	0,44	175,0	180,6
180,0	0,07	0,55	175,0	180,5

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
180,8	0,01	0,11	0,0	250,0
180,6	0,03	0,22	0,0	250,0
180,4	0,04	0,33	0,0	250,0
180,2	0,06	0,44	0,0	250,0
180,0	0,07	0,55	0,0	250,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (350,0/-163,2)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (350,0/209,9)

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
209,9	181,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
181,0	180,8	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,8	180,6	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,6	180,4	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,4	180,2	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,2	180,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
180,0	130,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
130,0	47,9	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
47,9	0,0	22,3	30,0	34,82	27,33	0,0	0,0	
0,0	-163,21	22,3	30,0	34,82	34,82	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
---	----	----	----	-----	-----	-----	-----

24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
27,33	0,44	1,0	0,61	0,39	0,2	0,54	0,28
34,82	0,46	1,11	0,71	0,38	0,26	0,58	0,41

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	209,9	181,0	0,93	0,33	190,63	190,63
2	181,0	180,8	0,01	0,0	180,9	180,9
3	180,8	180,6	0,01	0,0	180,7	180,7
4	180,6	180,4	0,01	0,0	180,5	180,5
5	180,4	180,2	0,01	0,0	180,3	180,3
6	180,2	180,0	0,01	0,0	180,1	180,1
7	180,0	130,0	6,13	2,14	151,21	151,21
8	130,0	47,9	22,06	7,19	84,35	85,01
9	47,9	0,0	19,59	5,92	22,97	23,25
10	0,0	-163,21	103,54	29,78	-89,12	-88,76

SPINTE IN FONDAZIONE

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
130,0	0,0	22,3	210,0	34,82	27,33	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
---	----	-----	-----

207,33 0,81 -0,72 -0,37

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	130,0	0,0	-13,58	-7,02	43,33	43,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	152,33	45,38	-216,82
Carichi esterni	54,38	37,63	-49,1
Peso muro	0,07	0,55	-0,83
Peso fondazione	26,1	196,51	-369,78
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,98
Spinte fondazione	-13,58	-7,02	-5,88
	220,44	273,05	-640,44

Momento stabilizzante -736,18 kNm
Momento ribaltante 93,76 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 234,02 kN
Sommatoria forze verticali 280,07 kN
Coefficiente di attrito 0,51
Adesione 0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento -25,0 °
Forze normali al piano di scorrimento 352,73 kN
Forze parall. al piano di scorrimento 93,73 kN
Resistenza terreno 193,3 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd 2,06
Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -736,18 kNm
Momento ribaltante 93,76 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 7,85
Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	220,44 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	273,05 kN
Somma momenti	-640,44 kNm
Larghezza fondazione	350,0 cm
Lunghezza	150,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	59,55 cm
Peso unità di volume	22,3 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	34,82 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	180,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,9 kN/m ³
Nq	32,54
Nc	45,36
Ng	46,65
sq	1,45
sc	1,47
sg	0,74
iq	0,1
ic	0,07
ig	0,02
Carico limite verticale (Qlim)	453,25 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,66
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	234,55 cm
Larghezza della fondazione	350,0 cm

x = 3,65 cm Tensione...	0,0 kPa
x = 350,0 cm Tensione...	157,67 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	250,00 cm
Eccentricità	0,00 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 32

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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.

calcolo delle spinte

DH [m]=	83.15	salto
D tubo [cm]=	50	diametro della condotta
Pe [Kg/cmq]	8.05	pressione di esercizio
P1 [KN]	155.05	spinta nella tubazione
inclinazione rispetto al piano (z)	34.68	rad 0.6052816

KN

componenti orizzontali e verticali della risultante

Componente verticale= R sin z=	88.22	KN
Componente orizzontale =R cos z=	127.50	KN

lunghezza del blocco = 2 m

forza verticale applicata al ml	44.11
forza orizzontale applicata al ml	63.75

Dati generali

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38,08
Longitudine:	15,73
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

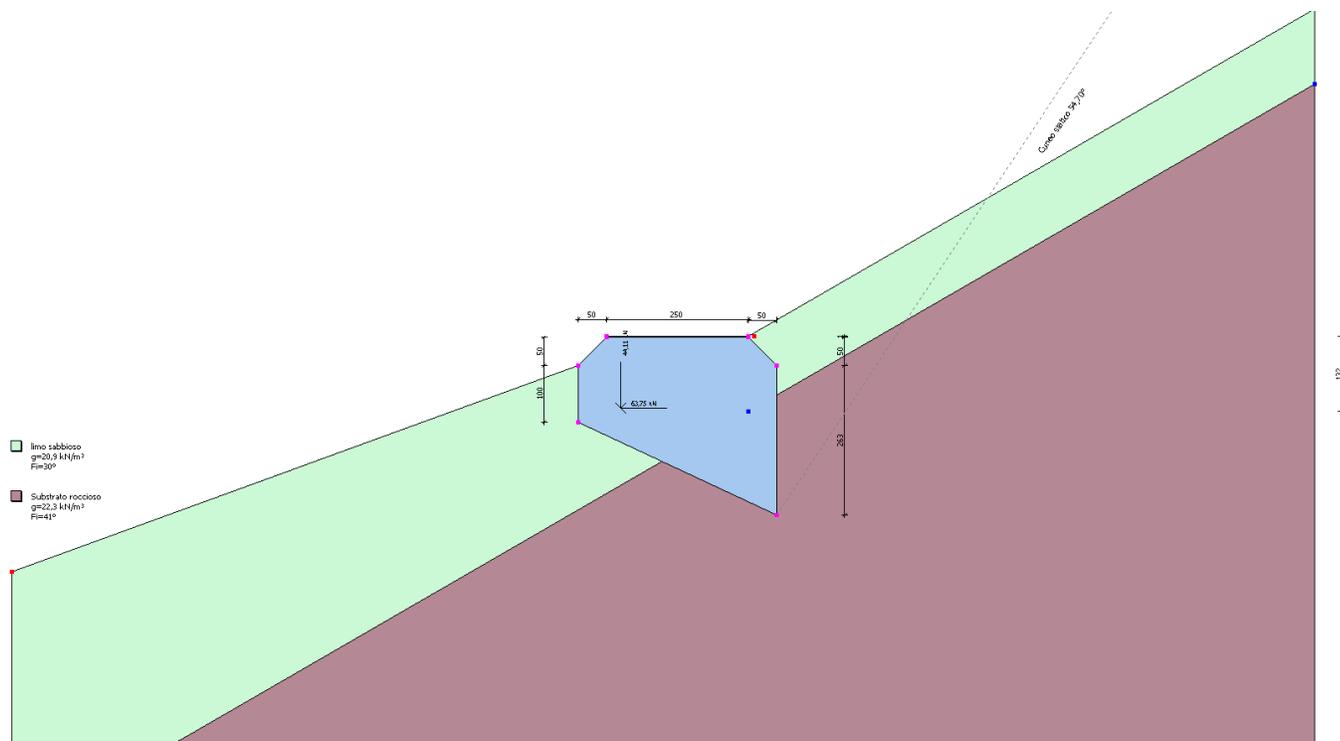
S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	250,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	50,0 cm
Sporgenza mensola a monte	50,0 cm
Svaso mensola a valle	50,0 cm
Svaso mensola a valle	50,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	100,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	263,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Peso specifico muro	24,51662 KN/m ³
Resistenza a compressione di calcolo	9,80665 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	0,588399 N/mm ²

Stratigrafia

DH Passo minimo

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

Ns	DH (cm)	Eps (°)	Gamma (KN/m³)	Fi (°)	c (kPa)	Delta (°)	P.F.	Litologia	Descrizione
1	132	30	20,90	30	0,00	20	No		limo sabbioso
2	3338	30	22,30	41	0,00	27	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta tub angolo 40	75,0	25,0	63,75	44,11	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta tub angolo 40	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	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta tub angolo 40	1,30

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	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta tub angolo 40	1,00

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 K_h 0,1328
 Coefficiente sismico verticale K_v 0,0664

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Q_i Quota iniziale strato (cm);
 Q_f Quota finale strato
 Γ Peso unità di volume (KN/m³);
 ϵ Inclinazione dello strato. (°);
 F_i Angolo di resistenza a taglio (°);
 Δ Angolo attrito terra muro;
 c Coesione (kPa);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Q_i	Q_f	Γ	ϵ	F_i	Δ	c	β	Note
151,0	150,8	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
 K_a Coefficiente di spinta attiva.
 K_d 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	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,02	0,12	175,0	150,9
150,6	0,03	0,25	175,0	150,8
150,4	0,05	0,37	175,0	150,7
150,2	0,07	0,49	175,0	150,6
150,0	0,08	0,61	175,0	150,5

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
150,8	0,02	0,12	0,0	250,0
150,6	0,03	0,25	0,0	250,0
150,4	0,05	0,37	0,0	250,0
150,2	0,07	0,49	0,0	250,0
150,0	0,08	0,61	0,0	250,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (350,0/-163,2)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (350,0/179,9)$

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

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m 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
179,9	151,0	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
151,0	150,8	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
150,0	100,0	20,9	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	
100,0	47,9	20,9	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	
47,9	0,0	22,3	30,0	41,0	27,33	0,0	0,0	
0,0	-163,21	22,3	30,0	41,0	41,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
30,0	0,87	1,12	0,31	0,75	0,43	0,27	0,16
20,0	0,8	1,0	0,25	0,75	0,27	0,24	0,09
27,33	0,29	0,56	0,3	0,26	0,13	0,26	0,14
41,0	0,32	0,65	0,37	0,24	0,21	0,28	0,24

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	179,9	151,0	0,89	0,51	160,63	160,63
2	151,0	150,8	0,01	0,01	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,01	0,01	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,01	0,01	150,5	150,5
5	150,4	150,2	0,01	0,01	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,01	0,01	150,1	150,1
7	150,0	100,0	5,85	3,38	121,21	121,21
8	100,0	47,9	11,68	6,15	71,87	72,51
9	47,9	0,0	14,65	7,28	23,22	23,19
10	0,0	-163,21	69,92	40,58	-87,61	-90,6

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
100,0	0,0	22,3	210,0	41,0	27,33	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
207,33	1,96	-1,74	-0,9

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	100,0	0,0	-19,39	-10,02	33,33	33,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	103,05	57,93	-243,59
Carichi esterni	63,75	44,11	-17,15
Peso muro	0,08	0,61	-0,95
Peso fondazione	25,58	192,6	-371,21
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,64
Spinte fondazione	-19,39	-10,02	-6,46
	174,22	285,24	-637,72

Momento stabilizzante -676,05 kNm
Momento ribaltante 36,69 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 193,61 kN
Sommatoria forze verticali 295,26 kN
Coefficiente di attrito 0,51
Adesione 0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento -25,0 °
Forze normali al piano di scorrimento 349,41 kN
Forze parall. al piano di scorrimento 50,69 kN
Resistenza terreno 197,42 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd 3,9
Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -676,05 kNm
Momento ribaltante 36,69 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 18,43
Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x 174,22 kN
Somma forze in direzione y (Fy) 285,24 kN
Somma momenti -637,72 kNm
Larghezza fondazione 350,0 cm
Lunghezza 200,0 cm
Inclinazione piano di posa -25,0 °
Eccentricità su B 48,58 cm
Peso unità di volume 22,3 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio 41,0 °
Coesione 0,0 kPa
Terreno sulla fondazione 150,0 cm
Peso terreno sul piano di posa 20,9 KN/m³

Nq	73,9
Nc	83,86
Ng	130,21
sq	1,69
sc	1,7
sg	0,68
iq	0,26
ic	0,25
ig	0,1
Carico limite verticale (Qlim)	3169,93 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	11,11
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	223,58 cm
Larghezza della fondazione	350,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	13,63 kPa
x = 350,0 cm Tensione...	149,36 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	250,00 cm
Eccentricità	0,01 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
151,0	150,8	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

P_y	Peso del muro (kN);
P_x	Forza inerziale (kN);
X_p, Y_p	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
150,8	0,02	0,12	175,0	150,9
150,6	0,03	0,25	175,0	150,8
150,4	0,05	0,37	175,0	150,7
150,2	0,07	0,49	175,0	150,6
150,0	0,08	0,61	175,0	150,5

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	F_x	F_y	M	H
150,8	0,02	0,12	0,0	250,0

150,6	0,03	0,25	0,0	250,0
150,4	0,05	0,37	0,0	250,0
150,2	0,07	0,49	0,0	250,0
150,0	0,08	0,61	0,0	250,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (350,0/-163,2)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (350,0/179,9)

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
179,9	151,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
151,0	150,8	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
150,0	100,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
100,0	47,9	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
47,9	0,0	22,3	30,0	34,82	27,33	0,0	0,0	
0,0	-163,21	22,3	30,0	34,82	34,82	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
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
27,33	0,44	1,0	0,61	0,39	0,2	0,54	0,28

34,82 0,46 1,11 0,71 0,38 0,26 0,58 0,41

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	179,9	151,0	1,14	0,42	160,63	160,63
2	151,0	150,8	0,02	0,01	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,02	0,01	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,02	0,01	150,5	150,5
5	150,4	150,2	0,02	0,01	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,02	0,01	150,1	150,1
7	150,0	100,0	7,52	2,78	121,21	121,21
8	100,0	47,9	15,08	5,31	71,83	72,18
9	47,9	0,0	19,94	6,55	22,87	23,13
10	0,0	-163,21	109,12	34,8	-89,58	-89,57

SPINTE IN FONDAZIONE

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
100,0	0,0	22,3	210,0	34,82	27,33	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
207,33	1,5	-1,34	-0,69

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	100,0	0,0	-14,9	-7,7	33,33	33,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	152,88	49,89	-245,9
Carichi esterni	82,88	57,34	-22,29
Peso muro	0,08	0,61	-0,95
Peso fondazione	25,58	192,6	-371,21
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,64
Spinte fondazione	-14,9	-7,7	-4,97
	247,66	292,75	-643,68

Momento stabilizzante -694,33 kNm
 Momento ribaltante 49,02 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 262,55 kN
 Sommatoria forze verticali 300,45 kN
 Coefficiente di attrito 0,51
 Adesione 0,0 kPa
 Angolo piano di scorrimento -25,0 °
 Forze normali al piano di scorrimento 383,26 kN
 Forze parall. al piano di scorrimento 110,98 kN
 Resistenza terreno 210,18 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd 1,89
Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -694,33 kNm
 Momento ribaltante 49,02 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 14,17
Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x 247,66 kN
 Somma forze in direzione y (Fy) 292,75 kN
 Somma momenti -643,68 kNm
 Larghezza fondazione 350,0 cm
 Lunghezza 200,0 cm
 Inclinazione piano di posa -25,0 °
 Eccentricità su B 44,87 cm
 Peso unità di volume 22,3 KN/m³

Angolo di resistenza al taglio	34,82 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	150,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,9 KN/m ³
Nq	32,54
Nc	45,36
Ng	46,65
sq	1,53
sc	1,55
sg	0,69
iq	0,07
ic	0,04
ig	0,01
Carico limite verticale (Qlim)	304,09 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,04
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	219,87 cm
Larghezza della fondazione	350,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	19,3 kPa
x = 350,0 cm Tensione...	147,98 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	250,00 cm
Eccentricità	0,01 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
151,0	150,8	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	

150,4	150,2	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0
150,2	150,0	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

P_y	Peso del muro (kN);
P_x	Forza inerziale (kN);
X_p, Y_p	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
150,8	0,01	0,11	175,0	150,9
150,6	0,03	0,22	175,0	150,8
150,4	0,04	0,33	175,0	150,7
150,2	0,06	0,44	175,0	150,6
150,0	0,07	0,55	175,0	150,5

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
150,8	0,01	0,11	0,0	250,0
150,6	0,03	0,22	0,0	250,0
150,4	0,04	0,33	0,0	250,0
150,2	0,06	0,44	0,0	250,0
150,0	0,07	0,55	0,0	250,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (350,0/-163,2)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (350,0/179,9)

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
179,9	151,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
151,0	150,8	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
150,0	100,0	20,9	30,0	24,79	24,79	0,0	0,0	
100,0	47,9	20,9	30,0	24,79	20,0	0,0	0,0	
47,9	0,0	22,3	30,0	34,82	27,33	0,0	0,0	
0,0	-163,21	22,3	30,0	34,82	34,82	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
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12

24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
24,79	0,89	1,11	0,29	0,81	0,37	0,26	0,12
20,0	0,86	1,06	0,26	0,81	0,29	0,24	0,09
27,33	0,44	1,0	0,61	0,39	0,2	0,54	0,28
34,82	0,46	1,11	0,71	0,38	0,26	0,58	0,41

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	179,9	151,0	0,93	0,33	160,63	160,63
2	151,0	150,8	0,01	0,0	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,01	0,0	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,01	0,0	150,5	150,5
5	150,4	150,2	0,01	0,0	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,01	0,0	150,1	150,1
7	150,0	100,0	6,13	2,14	121,21	121,21
8	100,0	47,9	12,28	4,08	71,84	72,18
9	47,9	0,0	16,43	5,04	22,79	23,13
10	0,0	-163,21	92,77	26,77	-89,99	-89,57

SPINTE IN FONDAZIONE

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
100,0	0,0	22,3	210,0	34,82	27,33	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
207,33	1,5	-1,34	-0,69

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	100,0	0,0	-14,9	-7,7	33,33	33,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	128,61	38,38	-196,22
Carichi esterni	63,75	44,11	-17,15
Peso muro	0,07	0,55	-0,86
Peso fondazione	23,02	173,34	-334,09
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	1,14	0,0	1,64
Spinte fondazione	-14,9	-7,7	-4,97
	201,7	248,68	-551,63

Momento stabilizzante -591,95 kNm
 Momento ribaltante 38,68 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 216,6 kN
 Sommatoria forze verticali 256,38 kN
 Coefficiente di attrito 0,51
 Adesione 0,0 kPa
 Angolo piano di scorrimento -25,0 °
 Forze normali al piano di scorrimento 323,9 kN
 Forze parall. al piano di scorrimento 87,95 kN
 Resistenza terreno 179,93 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd 2,05
Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -591,95 kNm
 Momento ribaltante 38,68 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 15,3
Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x 201,7 kN
 Somma forze in direzione y (Fy) 248,68 kN
 Somma momenti -551,63 kNm
 Larghezza fondazione 350,0 cm

Lunghezza	200,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	46,82 cm
Peso unità di volume	22,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	34,82 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	150,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,9 KN/m ³
Nq	32,54
Nc	45,36
Ng	46,65
sq	1,54
sc	1,56
sg	0,69
iq	0,09
ic	0,06
ig	0,02
Carico limite verticale (Qlim)	407,64 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,64
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	221,82 cm
Larghezza della fondazione	350,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	14,02 kPa
x = 350,0 cm Tensione...	128,08 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	250,00 cm
Eccentricità	0,00 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 33

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti k_h e k_v devono essere calcolati come:

$$k_h = S a_g / r \qquad k_v = 0,5 k_h$$

in cui $S a_g$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. 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).

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:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

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

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:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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:

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

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso;
- La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra;
- La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x ;

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (*K costante*) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa (λ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q$$

Avendo indicato con:

- γ Peso unità di volume del terreno;
 D Lunghezza del palo;
 N_c e N_q Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di α , β e λ dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo A, proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = A \times c + q \times K \times \text{tg } \delta$$

- c valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate.
 q pressione verticale del terreno
 k coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + \text{tg}^2 \phi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \text{tg}^2 \phi$$

δ attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \times \text{tg } \phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \text{tg } \phi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

Inoltre:

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{\text{oeffrid}} = 1 - k_h$$

Infine

- Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , ϕ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%
- Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito. Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \times B \times I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- τ_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- E Modulo elastico del terreno;
- B Diametro del palo;
- $I_{i,j}$ Coefficiente di influenza;

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree

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.

calcolo delle spinte

DH [m]=	84.75	salto
D tubo [cm]=	50	diametro della condotta
Pe [Kg/cmq]	8.20	pressione di esercizio
P1 [KN]	158.03	spinta nella tubazione
	°	rad
inclinazione rispetto al piano (z)	31	0.541053333
angolo azimutale (deviazione) (a)	0	0
Risultante della spinta $R = 2 P \sin z/2$		84.46 KN
componenti orizzontali e verticali della risultante		
Componente verticale = $R \sin z =$		-43.50 KN
Componente orizzontale = $R \cos z =$		72.40 KN

lunghezza del blocco = 1 m

forza verticale applicata al ml	-43.50
forza orizzontale applicata al ml	72.40

Dati generali

Calcolo di resistenza Stati limiti ultimi

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38,08
Longitudine:	15,73
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

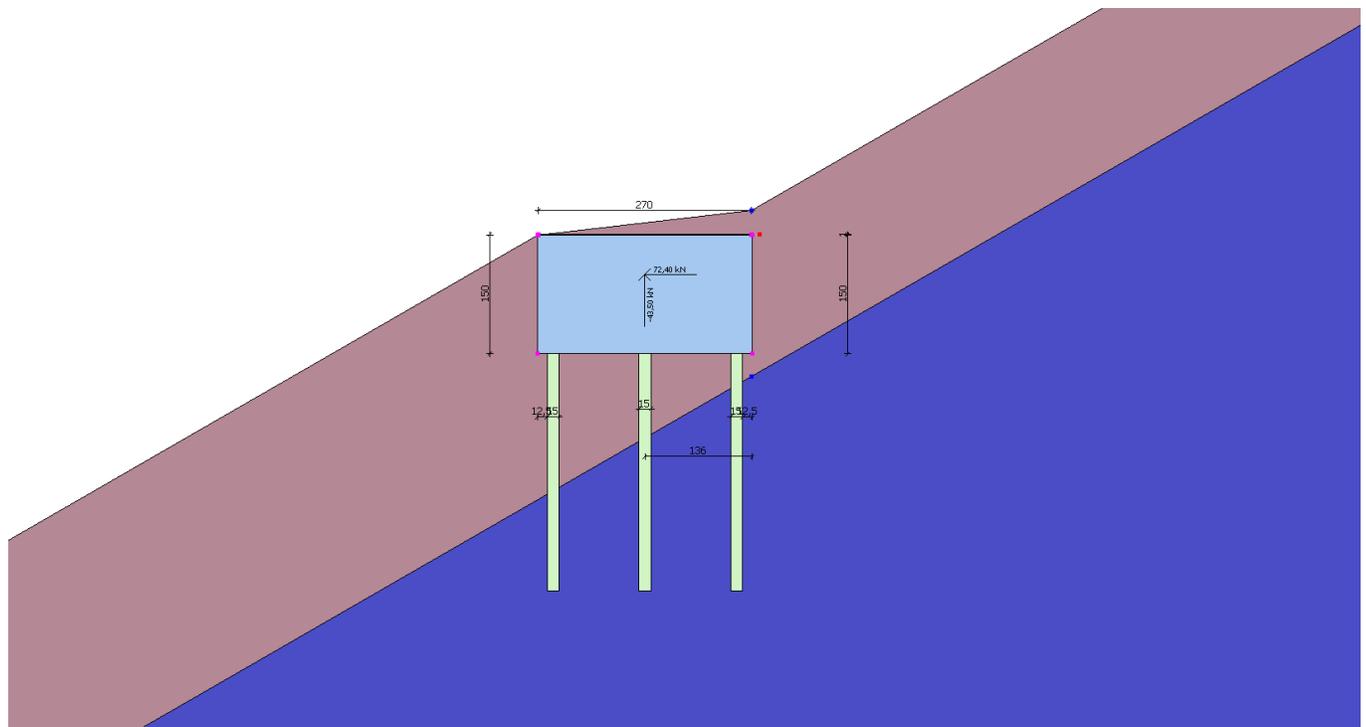
S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	270,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	1,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Svaso mensola a monte	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	150,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	150,0 cm
Sezione dei pali	15,0 cm
Lunghezza dei pali	300,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	20,0 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/mm²
 Resistenza a trazione di calcolo fctd 1,19 N/mm²

Acciaio Tipo B450C

Modulo elastico 210000 N/mm²
 Fattore parziale di sicurezza acciaio 1,15
 fyk (Tensione caratteristica snervamento) 440 N/mm²
 fyd (Resistenza ultima di calcolo) 382,61 N/mm²
 Deformazione ultima di calcolo 0,01

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

Tubolari De=60mm spessore 4 mm qualità S355

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	30	30	15,60	28	0,00	19	No		suolo pedologico
2	210	30	20,90	30	0,00	20	No		limo sabbioso
3	3290	30	22,30	41	0,00	27	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta tub	135,0	100,0	72,4	-43,5	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta tub	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1

2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta tub	1,30

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta tub	1,00

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Totale

A1+M1+R1

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1328

Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
151,0	150,8	15,6	30,0	28,0	18,66	0,0	0,0	
150,8	150,6	15,6	30,0	28,0	18,66	0,0	0,0	
150,6	150,4	15,6	30,0	28,0	18,66	0,0	0,0	
150,4	150,2	15,6	30,0	28,0	18,66	0,0	0,0	
150,2	150,0	15,6	30,0	28,0	18,66	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
18,66	0,81	1,01	0,26	0,76	0,26	0,25	0,08
18,66	0,81	1,01	0,26	0,76	0,26	0,25	0,08
18,66	0,81	1,01	0,26	0,76	0,26	0,25	0,08
18,66	0,81	1,01	0,26	0,76	0,26	0,25	0,08
18,66	0,81	1,01	0,26	0,76	0,26	0,25	0,08

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,02	0,12	136,0	150,9
150,6	0,04	0,27	136,0	150,8
150,4	0,05	0,4	136,0	150,7
150,2	0,07	0,55	136,0	150,6
150,0	0,09	0,67	136,0	150,5

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
150,8	0,02	0,12	0,0	270,0
150,6	0,04	0,28	0,0	270,0
150,4	0,05	0,4	0,0	270,0
150,2	0,07	0,55	0,0	270,0
150,0	0,09	0,68	0,0	270,0

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

Afv Area dei ferri lato valle.
 Afr 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	Afr	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,1	5384,45	S	1014,43	0,0	61007,14
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,24	5384,63	S	1014,45	0,0	27688,18
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,38	5384,8	S	1014,47	0,0	19000,21
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,52	5384,98	S	1014,49	0,0	13797,16
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,67	5385,15	S	1014,51	0,0	11221,32

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
151,6	151,0	15,6	30,0	28,0	28,0	0,0	0,0	
151,0	150,8	15,6	30,0	28,0	28,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	15,6	30,0	28,0	28,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	15,6	30,0	28,0	28,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	15,6	30,0	28,0	28,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	15,6	30,0	28,0	28,0	0,0	0,0	
150,0	0,0	15,6	30,0	28,0	18,66	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
28,0	0,87	1,12	0,31	0,76	0,41	0,28	0,15
28,0	0,87	1,12	0,31	0,76	0,41	0,28	0,15
28,0	0,87	1,12	0,31	0,76	0,41	0,28	0,15
28,0	0,87	1,12	0,31	0,76	0,41	0,28	0,15
28,0	0,87	1,12	0,31	0,76	0,41	0,28	0,15
28,0	0,87	1,12	0,31	0,76	0,41	0,28	0,15
18,66	0,81	1,01	0,26	0,76	0,26	0,25	0,08

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	151,6	151,0	0,0	0,0	151,2	151,2
2	151,0	150,8	0,0	0,0	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,0	0,0	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,0	0,0	150,5	150,5
5	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
7	150,0	0,0	18,12	6,2	50,54	50,84

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma Peso unità di volume (KN/m³);

Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150,0	0,0	20,9	210,0	30,0	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	0,88	-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	150,0	0,0	-19,34	-7,04	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	18,12	6,2	-7,69
Carichi esterni	72,4	-43,5	131,13
Peso muro	0,09	0,67	-0,78
Peso fondazione	13,54	101,99	-128,55
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-19,34	-7,04	-9,67
	84,82	58,32	-15,57

Momento stabilizzante	-156,48	kNm
Momento ribaltante	140,91	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	17,36 kN
Forza verticale	14,25 kN

Dati palo

Lunghezza	300,0 cm
Diametro	15,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	29,0 cm
Peso unità di volume	20,9 KN/m ³
Angolo di attrito	30,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	196133,0 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	271,0 cm
Peso unità di volume	22,3 KN/m ³
Angolo di attrito	41,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	56,84 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,21 cm
Rotazione in testa	0,21 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 100,67 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	133,62 kN
Carico limite laterale	11,5 kN
Carico limite totale	145,11 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1
Resistenza di calcolo	145,11 kN
Fattore di sicurezza Fs	9,33

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	14,25 kN
Tensione acciaio (c.)	20,25 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	20,25 N/mm ²

Taglio	17,36 kN
Tensione a taglio	49,34 N/mm ²

Verifica palo alla profondità di cm 71,00

Momento	3,26 kNm
Sforzo normale	14,56 kN
Tensione acciaio (c.)	-332,68 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	373,17 N/mm ²

Verifiche palo alla profondità di cm 113,67

Momento	1,28 kNm
Sforzo normale	14,74 kN
Tensione acciaio (c.)	-118,79 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	159,28 N/mm ²

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	-19,34	-6,66	4,77	150,0

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
14Ø12 (15,83)	27Ø12 (30,54)	19,35	1674,89	S	562,11	0,0	84,37

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
271,0	18,12	-36,37	-43,15	150,0

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
14Ø12 (15,83)	27Ø12 (30,54)	-18,04	1649,6	S	556,6	0,0	15,31

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
151,0	150,8	15,6	30,0	23,04	18,66	0,0	0,0	
150,8	150,6	15,6	30,0	23,04	18,66	0,0	0,0	
150,6	150,4	15,6	30,0	23,04	18,66	0,0	0,0	
150,4	150,2	15,6	30,0	23,04	18,66	0,0	0,0	
150,2	150,0	15,6	30,0	23,04	18,66	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
18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08
18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08
18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08

18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08
18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,02	0,12	136,0	150,9
150,6	0,04	0,27	136,0	150,8
150,4	0,05	0,4	136,0	150,7
150,2	0,07	0,55	136,0	150,6
150,0	0,09	0,67	136,0	150,5

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
150,8	0,02	0,12	0,0	270,0
150,6	0,04	0,28	0,0	270,0
150,4	0,05	0,4	0,0	270,0
150,2	0,07	0,55	0,0	270,0
150,0	0,09	0,68	0,0	270,0

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
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,1	5384,45	S	1014,43	0,0	60972,19
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,24	5384,63	S	1014,45	0,0	27659,4
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,38	5384,8	S	1014,47	0,0	18969,74
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,52	5384,98	S	1014,49	0,0	13768,61
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,67	5385,15	S	1014,51	0,0	11191,82

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
151,6	151,0	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
151,0	150,8	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
150,8	150,6	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
150,6	150,4	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
150,4	150,2	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
150,2	150,0	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
150,0	0,0	15,6	30,0	23,04	18,66	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
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08

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	151,6	151,0	0,0	0,0	151,2	151,2
2	151,0	150,8	0,0	0,0	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,0	0,0	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,0	0,0	150,5	150,5
5	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
7	150,0	0,0	23,59	6,57	50,53	50,65

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
 Eps Inclinazione dello strato. (°);
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
 Delta Angolo attrito terra muro;
 c Coesione (kPa);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150,0	0,0	20,9	210,0	24,79	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	0,93	-0,88	-0,32

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	150,0	0,0	-20,61	-7,5	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	23,59	6,57	-5,94
Carichi esterni	94,12	-56,55	170,46
Peso muro	0,09	0,67	-0,78
Peso fondazione	13,54	101,99	-128,55
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-20,61	-7,5	-10,3
	110,74	45,18	24,89

Momento stabilizzante	-157,49	kNm
Momento ribaltante	182,38	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	21,89 kN
Forza verticale	14,14 kN

Dati palo

Lunghezza	300,0 cm
Diametro	15,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	29,0 cm
Peso unità di volume	20,9 KN/m ³
Angolo di attrito	30,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	196133,0 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	271,0 cm
Peso unità di volume	22,3 KN/m ³
Angolo di attrito	41,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	56,84 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,26 cm
Rotazione in testa	0,26 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 100,67 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	133,62 kN
Carico limite laterale	11,5 kN
Carico limite totale	85,36 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale	1,7
Resistenza di calcolo	85,36 kN
Fattore di sicurezza F_s	5,53

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	14,14 kN
Tensione acciaio (c.)	20,1 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	20,1 N/mm ²
Taglio	21,89 kN
Tensione a taglio	62,22 N/mm ²

Verifica palo alla profondità di cm 71,00

Momento	4,11 kNm
Sforzo normale	14,45 kN
Tensione acciaio (c.)	-424,96 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	465,16 N/mm ²

Verifiche palo alla profondità di cm 113,67

Momento	1,62 kNm
Sforzo normale	14,64 kN
Tensione acciaio (c.)	-155,23 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	195,42 N/mm ²

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	-20,61	-7,13	5,08	150,0

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
14Ø12 (15,83)	27Ø12 (30,54)	20,64	1675,75	S	562,29	0,0	78,91

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
271,0	23,59	-36,0	-44,49	150,0

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
14Ø12 (15,83)	27Ø12 (30,54)	-23,61	1645,83	S	555,8	0,0	15,44

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
151,0	150,8	15,6	30,0	23,04	18,66	0,0	0,0	

150,8	150,6	15,6	30,0	23,04	18,66	0,0	0,0
150,6	150,4	15,6	30,0	23,04	18,66	0,0	0,0
150,4	150,2	15,6	30,0	23,04	18,66	0,0	0,0
150,2	150,0	15,6	30,0	23,04	18,66	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
18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08
18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08
18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08
18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08
18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,11	136,0	150,9
150,6	0,03	0,25	136,0	150,8
150,4	0,05	0,36	136,0	150,7
150,2	0,07	0,49	136,0	150,6
150,0	0,08	0,61	136,0	150,5

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
150,8	0,01	0,11	0,0	270,0
150,6	0,03	0,25	0,0	270,0
150,4	0,05	0,36	0,0	270,0
150,2	0,07	0,5	0,0	270,0
150,0	0,08	0,61	0,0	270,0

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
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,1	5384,45	S	1014,43	0,0	67763,34
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,24	5384,63	S	1014,45	0,0	30746,2
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,38	5384,8	S	1014,46	0,0	21091,81
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,52	5384,98	S	1014,48	0,0	15311,87
24Ø12 (27,14)	48Ø12 (54,29)	0,52	5384,98	S	1014,5	0,0	12449,22

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
151,6	151,0	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
151,0	150,8	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
150,8	150,6	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
150,6	150,4	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
150,4	150,2	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
150,2	150,0	15,6	30,0	23,04	23,04	0,0	0,0	
150,0	0,0	15,6	30,0	23,04	18,66	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
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
23,04	0,9	1,11	0,27	0,83	0,35	0,25	0,11
18,66	0,88	1,07	0,25	0,83	0,28	0,24	0,08

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota fine 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	151,6	151,0	0,0	0,0	151,2	151,2
2	151,0	150,8	0,0	0,0	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,0	0,0	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,0	0,0	150,5	150,5
5	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
7	150,0	0,0	19,13	5,05	50,53	50,65

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
 Eps Inclinazione dello strato. (°);
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
 Delta Angolo attrito terra muro;
 c Coesione (kPa);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150,0	0,0	20,9	210,0	24,79	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 0,93 -0,88 -0,32

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	150,0	0,0	-20,61	-7,5	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	19,13	5,05	-4,07
Carichi esterni	72,4	-43,5	131,13
Peso muro	0,08	0,61	-0,7
Peso fondazione	12,19	91,79	-115,69
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-20,61	-7,5	-10,3
	83,19	46,45	0,35

Momento stabilizzante -139,4 kNm
Momento ribaltante 139,75 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 17,3 kN
Forza verticale 9,07 kN

Dati palo

Lunghezza 300,0 cm
Diametro 15,0 cm
Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato 29,0 cm
Peso unità di volume 20,9 kN/m³
Angolo di attrito 30,0 °
Coesione 0,0 kPa

Modulo di elasticità	9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	196133,0 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	271,0 cm
Peso unità di volume	22,3 KN/m ³
Angolo di attrito	41,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	56,84 cm
Cedimento del palo	0,0 cm
Spostamento in x	0,21 cm
Rotazione in testa	0,21 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 100,67 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	133,62 kN
Carico limite laterale	11,5 kN
Carico limite totale	85,36 kN
Coefficiente di sicurezza totale	1,7
Resistenza di calcolo	85,36 kN
Fattore di sicurezza F_s	8,23

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	9,07 kN
Tensione acciaio (c.)	12,88 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	12,88 N/mm ²
Taglio	17,3 kN
Tensione a taglio	49,17 N/mm ²

Verifica palo alla profondità di cm 71,00

Momento	3,24 kNm
Sforzo normale	9,37 kN
Tensione acciaio (c.)	-338,83 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	364,6 N/mm ²

Verifiche palo alla profondità di cm 113,67

Momento	1,28 kNm
Sforzo normale	9,56 kN
Tensione acciaio (c.)	-125,67 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	151,44 N/mm ²

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	-20,61	-7,16	5,08	150,0

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
14Ø12 (15,83)	27Ø12 (30,54)	20,64	1675,75	S	562,29	0,0	78,5

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
271,0	19,13	-37,55	-43,38	150,0

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
14Ø12 (15,83)	27Ø12 (30,54)	-19,16	1648,85	S	556,45	0,0	14,82

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 72

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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:

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

(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.

**calcolo delle spinte
componenti orizzontali e verticali della risultante**

Componente verticale= $R \sin \alpha = 65.33 \text{ KN}$
 Componente orizzontale = $R \cos \alpha = 12.58 \text{ KN}$

lunghezza del blocco = 1.5 m

forza verticale applicata al ml 43.55
 forza orizzontale applicata al ml 8.38

Dati generali

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:
 Latitudine: 38,08
 Longitudine: 15,73
 Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe IV
 Vita nominale: 50,0 [anni]
 Vita di riferimento: 100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

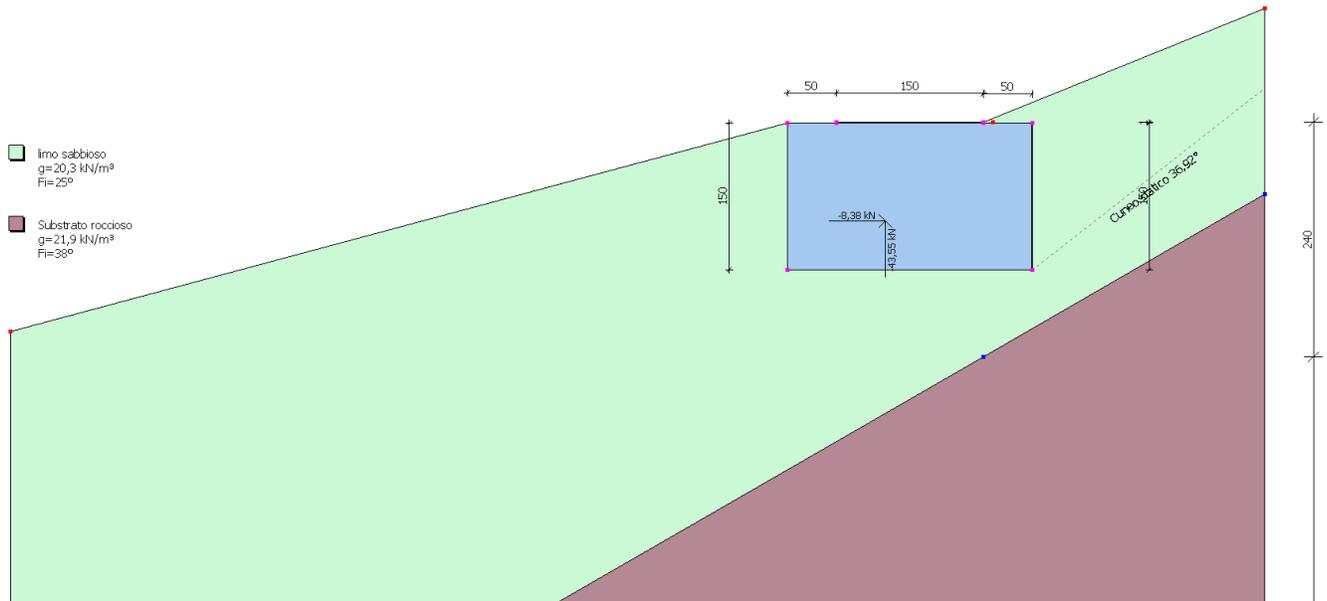
Categoria sottosuolo: A
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	150,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	50,0 cm
Sporgenza mensola a monte	50,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Svaso mensola a monte	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	150,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	150,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Peso specifico muro	24,51662 KN/m ³
Resistenza a compressione di calcolo	9,80665 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	0,588399 N/mm ²

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	240	30	20,30	25	0,00	17	No		limo sabbioso
2	2710	30	21,90	38	0,00	25	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta verticale	100,0	50,0	0,0	-43,55	0,0
spinta orizzontale	100,0	50,0	-8,38	0,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	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	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,30
8	spinta orizzontale ne	1,30

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	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	1,00

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 0,1328
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
151,0	150,8	20,3	22,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,3	22,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,3	22,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,3	22,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,3	22,0	25,0	16,66	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
---	----	----	----	-----	-----	-----	-----

16,66	0,6	1,03	0,49	0,57	0,17	0,47	0,14
16,66	0,6	1,03	0,49	0,57	0,17	0,47	0,14
16,66	0,6	1,03	0,49	0,57	0,17	0,47	0,14
16,66	0,6	1,03	0,49	0,57	0,17	0,47	0,14
16,66	0,6	1,03	0,49	0,57	0,17	0,47	0,14

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,07	125,0	150,9
150,6	0,02	0,15	125,0	150,8
150,4	0,03	0,22	125,0	150,7
150,2	0,04	0,29	125,0	150,6
150,0	0,05	0,37	125,0	150,5

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
150,8	0,01	0,07	0,0	150,0
150,6	0,02	0,15	0,0	150,0
150,4	0,03	0,22	0,0	150,0
150,2	0,04	0,29	0,0	150,0
150,0	0,05	0,37	0,0	150,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (250,0/0,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (250,0/171,2)$

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
171,2	151,0	20,3	22,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
151,0	150,8	20,3	22,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,3	22,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,3	22,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,3	22,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,3	22,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
150,0	0,0	20,3	22,0	25,0	16,66	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
25,0	0,61	1,11	0,57	0,55	0,26	0,51	0,24
25,0	0,61	1,11	0,57	0,55	0,26	0,51	0,24
25,0	0,61	1,11	0,57	0,55	0,26	0,51	0,24
25,0	0,61	1,11	0,57	0,55	0,26	0,51	0,24
25,0	0,61	1,11	0,57	0,55	0,26	0,51	0,24
25,0	0,61	1,11	0,57	0,55	0,26	0,51	0,24
16,66	0,6	1,03	0,49	0,57	0,17	0,47	0,14

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	171,2	151,0	0,44	0,21	157,73	157,73
2	151,0	150,8	0,01	0,0	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,01	0,0	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,01	0,0	150,5	150,5

5	150,4	150,2	0,01	0,0	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,01	0,0	150,1	150,1
7	150,0	0,0	30,64	10,32	55,62	57,78

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
150,0	0,0	20,3	202,0	25,0	16,66	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
196,66	1,2	-1,15	-0,34

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	150,0	0,0	-26,19	-7,84	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	31,13	10,55	-8,56
Carichi esterni	-8,38	-43,55	39,36
Peso muro	0,05	0,37	-0,39
Peso fondazione	12,21	91,94	-105,76
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,01	0,1	-0,21

Spinte fondazione	-26,19 8,83	-7,84 51,56	-13,1 -88,65
-------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------

Momento stabilizzante	-146,17	kNm
Momento ribaltante	57,51	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	35,02 kN
Sommatoria forze verticali	59,4 kN
Coefficiente di attrito	0,47
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	59,4 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	35,02 kN
Resistenza terreno	53,89 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,54
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-146,17 kNm
Momento ribaltante	57,51 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	2,54
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	8,83 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	51,56 kN
Somma momenti	-88,65 kNm
Larghezza fondazione	250,0 cm
Lunghezza	150,0 cm
Eccentricità su B	46,93 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	150,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 KN/m³
Nq	10,66
Nc	20,72
Ng	10,88
sq	1,45
sc	1,49
sg	0,62
iq	0,76
ic	0,73
ig	0,63
Carico limite verticale (Qlim)	658,62 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	12,77
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	171,93 cm
Larghezza della fondazione	250,0 cm
x = 15,79 cm	Tensione... 0,0 kPa
x = 250,0 cm	Tensione... 44,03 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	150,00 cm
Eccentricità	0,00 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
151,0	150,8	20,3	22,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,3	22,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,3	22,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,3	22,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,3	22,0	20,46	16,66	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
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,07	125,0	150,9
150,6	0,02	0,15	125,0	150,8
150,4	0,03	0,22	125,0	150,7
150,2	0,04	0,29	125,0	150,6
150,0	0,05	0,37	125,0	150,5

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
150,8	0,01	0,07	0,0	150,0
150,6	0,02	0,15	0,0	150,0
150,4	0,03	0,22	0,0	150,0
150,2	0,04	0,29	0,0	150,0
150,0	0,05	0,37	0,0	150,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (250,0/0,0)$
Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (250,0/171,2)$
Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$

Discretizzazione terreno

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

Gamma	Peso unità di volume (KN/m 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
171,2	151,0	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
151,0	150,8	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,0	0,0	20,3	22,0	20,46	16,66	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
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07

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	171,2	151,0	0,56	0,17	157,73	157,73
2	151,0	150,8	0,01	0,0	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,01	0,0	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,01	0,0	150,5	150,5
5	150,4	150,2	0,01	0,0	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,01	0,0	150,1	150,1
7	150,0	0,0	39,4	10,34	55,55	56,51

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
150,0	0,0	20,3	202,0	20,46	16,66	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
196,66	0,97	-0,93	-0,28

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	150,0	0,0	-21,22	-6,35	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	40,02	10,53	-3,47
Carichi esterni	-10,89	-56,62	51,17
Peso muro	0,05	0,37	-0,39
Peso fondazione	12,21	91,94	-105,76
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,01	0,0	0,02
Spinte fondazione	-21,22	-6,35	-10,61
	20,18	39,87	-69,04

Momento stabilizzante	-147,15	kNm
Momento ribaltante	78,09	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	41,4 kN
Sommatoria forze verticali	46,22 kN
Coefficiente di attrito	0,47
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	46,22 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	41,4 kN
Resistenza terreno	42,77 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,03
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-147,15 kNm
Momento ribaltante	78,09 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	1,88
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	20,18 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	39,87 kN
Somma momenti	-69,04 kNm
Larghezza fondazione	250,0 cm
Lunghezza	150,0 cm
Eccentricità su B	48,15 cm
Peso unità di volume	20,3 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	20,46 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	150,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 kN/m ³
Nq	6,7
Nc	15,27
Ng	5,74
sq	1,36
sc	1,43
sg	0,61
iq	0,35
ic	0,23
ig	0,17
Carico limite verticale (Qlim)	163,54 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	4,1
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	173,15 cm	
Larghezza della fondazione	250,0 cm	
x = 19,44 cm	Tensione...	0,0 kPa
x = 250,0 cm	Tensione...	34,59 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	150,00 cm
Eccentricità	0,00 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
151,0	150,8	20,3	22,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,3	22,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,3	22,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,3	22,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,3	22,0	20,46	16,66	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
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,07	125,0	150,9
150,6	0,02	0,13	125,0	150,8
150,4	0,03	0,2	125,0	150,7
150,2	0,04	0,26	125,0	150,6
150,0	0,04	0,33	125,0	150,5

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
150,8	0,01	0,07	0,0	150,0
150,6	0,02	0,13	0,0	150,0
150,4	0,03	0,2	0,0	150,0
150,2	0,04	0,26	0,0	150,0
150,0	0,05	0,33	0,0	150,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (250,0/0,0)$
 Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (250,0/171,2)$
 Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma Peso unità di volume (KN/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
171,2	151,0	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
151,0	150,8	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,3	22,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,0	0,0	20,3	22,0	20,46	16,66	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
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07

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	171,2	151,0	0,45	0,13	157,73	157,73
2	151,0	150,8	0,01	0,0	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,01	0,0	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,01	0,0	150,5	150,5
5	150,4	150,2	0,01	0,0	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,01	0,0	150,1	150,1
7	150,0	0,0	31,84	7,95	55,56	56,51

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
 Eps Inclinazione dello strato. (°);
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);

Delta Angolo attrito terra muro;
 c Coesione (kPa);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150,0	0,0	20,3	202,0	20,46	16,66	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
196,66	0,97	-0,93	-0,28

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	150,0	0,0	-21,22	-6,35	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	32,34	8,1	-1,78
Carichi esterni	-8,38	-43,55	39,36
Peso muro	0,04	0,33	-0,35
Peso fondazione	10,99	82,74	-95,19
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,01	0,0	0,02
Spinte fondazione	-21,22	-6,35	-10,61
	13,79	41,28	-68,54

Momento stabilizzante	-128,28	kNm
Momento ribaltante	59,72	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	35,0 kN
Sommatoria forze verticali	47,62 kN
Coefficiente di attrito	0,47

Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	47,62 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	35,0 kN
Resistenza terreno	43,43 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,24

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-128,28 kNm
Momento ribaltante	59,72 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	2,15

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	13,79 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	41,28 kN
Somma momenti	-68,54 kNm
Larghezza fondazione	250,0 cm
Lunghezza	150,0 cm
Eccentricità su B	41,05 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	20,46 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	150,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 KN/m ³
Nq	6,7
Nc	15,27
Ng	5,74
sq	1,33
sc	1,39
sg	0,64
iq	0,55
ic	0,47
ig	0,37
Carico limite verticale (Qlim)	289,69 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	7,02

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	166,05 cm
Larghezza della fondazione	250,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	0,25 kPa
x = 250,0 cm	Tensione... 32,78 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	150,00 cm
Eccentricità	0,01 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 76

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti k_h e k_v devono essere calcolati come:

$$k_h = S a_g / r \qquad k_v = 0,5 k_h$$

in cui $S a_g$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. 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).

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:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

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

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:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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:

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

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso;
- La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra;
- La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x ;

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (*K costante*) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa (λ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q$$

Avendo indicato con:

γ Peso unità di volume del terreno;
 D Lunghezza del palo;
 N_c e N_q Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di α , β e λ dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo A, proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = A \times c + q \times K \times \text{tg } \delta$$

c valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate.

q pressione verticale del terreno

k coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + \text{tg}^2 \phi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \text{tg}^2 \phi$$

δ attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \times \text{tg } \phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \text{tg } \phi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

Inoltre:

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{\text{oeffrid}} = 1 - k_h$$

Infine

- Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , ϕ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%
- Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indefornabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito. Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \times B \times I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- τ_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- E Modulo elastico del terreno;
- B Diametro del palo;
- $I_{i,j}$ Coefficiente di influenza;

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree

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.

Calcolo delle spinte

DH [m]=	259.94	salto
D tubo [cm]=	50	diametro della condotta
Pe [Kg/cmq]	25.16	pressione di esercizio
P1 [KN]	484.70	spinta nella tubazione
quota monte	522.47	
quota centro	520.36	
quota valle	514.95	
dislivello 1	2.11	
dislivello 2	5.41	
delta 1	7.95	
delta 2	12.34	
	rad	°
angolo zenitale 1 z1	0.25942767	14.864
angolo zenitale 1 z2	0.41317539	23.673
angolo al centro z3	2.98785228	171.191
risultante R =	74.448	KN
angolo della risultante sul piano z4	1.234	70.731
		KN
componenti orizzontali e verticali della risultante		
Componente verticale= R sin z4=		70.28 KN
Componente orizzontale =R cos z4=		24.57 KN
lunghezza del blocco =	1.5 m	
forza verticale applicata al ml		46.85
forza orizzontale applicata al ml		16.38

Dati generali

Calcolo di resistenza

Stati limiti ultimi

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38,08
Longitudine:	15,73
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

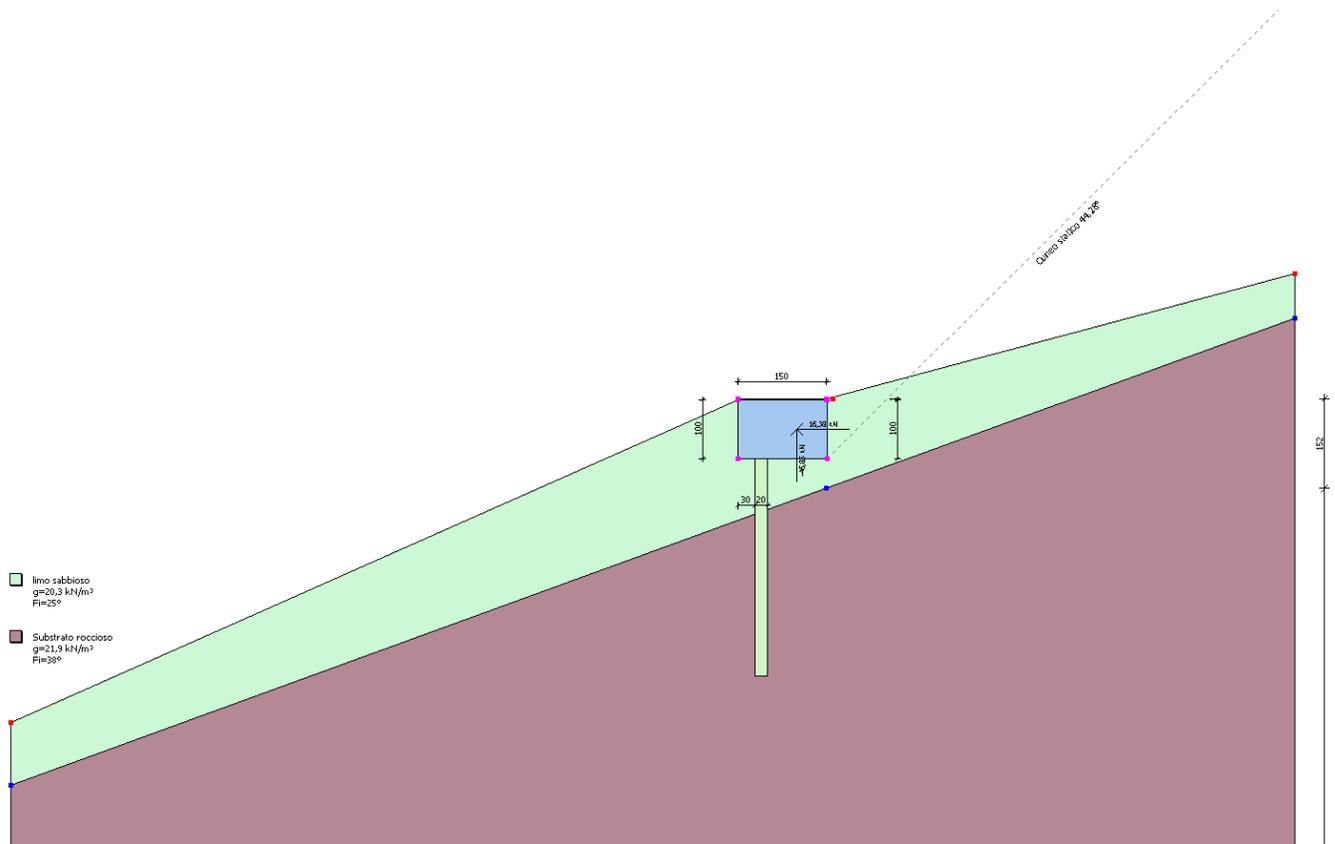
S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	150,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	1,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm

Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	100,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	100,0 cm
Sezione dei pali	20,0 cm
Lunghezza dei pali	370,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	40,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Classe conglomerato Rck 265

Fattore parziale di sicurezza calcestruzzo	1,5
Resistenza a compressione di calcolo fcd	124,64 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo fctd	5,07 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	0,01

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	152	20	20,30	25	0,00	17	No		limo sabbioso
2	3210	20	21,90	38	0,00	25	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta verticale	100,0	50,0	0,0	-46,85	0,0
spinta orizzontale	100,0	50,0	16,38	0,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

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

6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	1,30

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	1,00

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R1

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1328
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
101,0	100,8	20,3	15,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
100,8	100,6	20,3	15,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
100,6	100,4	20,3	15,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
100,4	100,2	20,3	15,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
100,2	100,0	20,3	15,0	25,0	16,66	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
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1

Spinte risultanti e punto di applicazione

6Ø16 (12,06)	12Ø16 (24,13)	0,06	1340,86	S	2357,36	0,0	235974,03
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,17	1673,82	S	2387,94	0,0	119142,42
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,31	1673,92	S	2387,95	0,0	79180,08
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,31	1673,92	S	2387,96	0,0	59200,09
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,31	1673,92	S	2387,97	0,0	47213,01

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
101,3	101,0	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
101,0	100,8	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
100,8	100,6	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
100,6	100,4	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
100,4	100,2	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
100,2	100,0	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
100,0	0,0	20,3	15,0	25,0	16,66	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
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1

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	101,3	101,0	0,0	0,0	101,1	101,1
2	101,0	100,8	0,0	0,0	100,89	100,89
3	100,8	100,6	0,0	0,0	100,69	100,69
4	100,6	100,4	0,0	0,0	100,5	100,5
5	100,4	100,2	0,0	0,0	100,3	100,3
6	100,2	100,0	0,0	0,0	100,1	100,1
7	100,0	0,0	8,07	2,45	33,75	33,98

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
100,0	0,0	20,3	195,0	25,0	16,66	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
196,66	0,93	-0,89	-0,27

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	100,0	0,0	-9,05	-2,71	33,33	33,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	8,07	2,45	-1,0
Carichi esterni	16,38	-46,85	55,04

Peso muro	0,05	0,37	-0,23
Peso fondazione	5,05	38,0	-26,35
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-9,05	-2,71	-3,02
	20,5	-8,74	24,44

Momento stabilizzante	-32,88	kNm
Momento ribaltante	57,32	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	29,54 kN
Forza verticale	-6,03 kN
Momento	24,44 kNm

Dati palo

Lunghezza	370,0 cm
Diametro	20,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	51,0 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	39226,6 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	319,0 cm
Peso unità di volume	21,9 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	138,46 cm
Cedimento del palo	0,0 cm
Spostamento in x	3,76 cm
Rotazione in testa	1,2 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 198,03 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	0,0 kN
------------------------	--------

Carico limite laterale	19,77 kN
Carico limite totale	19,77 kN

Coefficiente di sicurezza laterale a trazione 1

Resistenza di calcolo	19,77 kN
Fattore di sicurezza F_s	6,22

Verifica palo in testa

Momento	19,55 kNm
Sforzo normale	-6,03 kN
Tensione acciaio (c.)	-537,61 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	528,89 N/mm ²
Taglio	29,54 kN
Tensione a taglio	42,75 N/mm ²

Verifica palo alla profondità di cm 110,77

Momento	50,32 kNm
Sforzo normale	-5,18 kN
Tensione acciaio (c.)	-1376,77 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	1368,04 N/mm ²
Taglio	-17,16 kN
Tensione a taglio	24,83 N/mm ²

Verifiche palo alla profondità di cm 276,92

Momento	35,55 kNm
Sforzo normale	-3,9 kN
Tensione acciaio (c.)	-973,93 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	965,2 N/mm ²

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	-9,05	-2,46	1,48	100,0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
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)	10Ø16 (20,11)	9,14	740,44	S	1578,06	0,0	642,4

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
151,0	8,07	2,7	-1,34	100,0

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

Afi Area dei ferri inferiori.
 Afs Area dei ferri superiori.
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);
 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)	10Ø16 (20,11)	-8,02	732,2	S	1575,57	0,0	583,83

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1328
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
101,0	100,8	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
100,8	100,6	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
100,6	100,4	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
100,4	100,2	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	

100,2 100,0 20,3 15,0 20,46 16,66 0,0 0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16

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	101,0	100,8	0,0	0,0	100,87	100,87
2	100,8	100,6	0,0	0,0	100,69	100,69
3	100,6	100,4	0,0	0,0	100,49	100,49
4	100,4	100,2	0,0	0,0	100,3	100,3
5	100,2	100,0	0,0	0,0	100,1	100,1

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

P_y Peso del muro (kN);
 P_x Forza inerziale (kN);
 X_p, Y_p Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
100,8	0,01	0,07	76,0	100,9
100,6	0,02	0,15	76,0	100,8
100,4	0,03	0,22	76,0	100,7
100,2	0,04	0,3	76,0	100,6
100,0	0,05	0,37	76,0	100,5

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
100,8	0,01	0,08	0,0	150,0
100,6	0,02	0,15	0,0	150,0
100,4	0,03	0,23	0,0	150,0
100,2	0,04	0,3	0,0	150,0
100,0	0,05	0,38	0,0	150,0

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
6Ø16 (12,06)	12Ø16 (24,13)	0,06	1340,86	S	2357,36	0,0	235516,35
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,17	1673,82	S	2387,94	0,0	118682,56
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,31	1673,92	S	2387,95	0,0	78723,95
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,31	1673,92	S	2387,96	0,0	58747,66
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,31	1673,92	S	2387,97	0,0	46764,24

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
101,3	101,0	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
101,0	100,8	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,8	100,6	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,6	100,4	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,4	100,2	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,2	100,0	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,0	0,0	20,3	15,0	20,46	16,66	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
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16

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	101,3	101,0	0,0	0,0	101,1	101,1
2	101,0	100,8	0,0	0,0	100,89	100,89
3	100,8	100,6	0,0	0,0	100,69	100,69
4	100,6	100,4	0,0	0,0	100,5	100,5
5	100,4	100,2	0,0	0,0	100,3	100,3
6	100,2	100,0	0,0	0,0	100,1	100,1
7	100,0	0,0	13,05	2,29	33,76	33,85

SPINTE IN FONDAZIONE

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
100,0	0,0	20,3	195,0	20,46	16,66	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
196,66	0,97	-0,93	-0,28

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	100,0	0,0	-9,43	-2,82	33,33	33,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	13,05	2,29	0,92
Carichi esterni	21,29	-46,85	57,5
Peso muro	0,05	0,37	-0,23
Peso fondazione	5,05	38,0	-26,35
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-9,43	-2,82	-3,14
	30,01	-9,01	28,69

Momento stabilizzante -32,65 kNm
 Momento ribaltante 61,34 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 39,44 kN
 Forza verticale -6,19 kN
 Momento 28,69 kNm

Dati palo

Lunghezza 370,0 cm
 Diametro 20,0 cm
 Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato 51,0 cm
 Peso unità di volume 20,3 KN/m³
 Angolo di attrito 25,0 °
 Coesione 0,0 kPa
 Modulo di elasticità 9806,66 kPa
 Modulo di reaz. orizzontale 39226,6 KN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	319,0 cm
Peso unità di volume	21,9 kN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	138,46 cm
Cedimento del palo	0,0 cm
Spostamento in x	4,85 cm
Rotazione in testa	1,53 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 198,03 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	0,0 kN
Carico limite laterale	19,77 kN
Carico limite totale	11,63 kN

Coefficiente di sicurezza laterale a trazione 1,7

Resistenza di calcolo	11,63 kN
Fattore di sicurezza F_s	3,49

Verifica palo in testa

Momento	22,95 kNm
Sforzo normale	-6,19 kN
Tensione acciaio (c.)	-630,48 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	621,52 N/mm ²
Taglio	39,44 kN
Tensione a taglio	57,07 N/mm ²

Verifica palo alla profondità di cm 110,77

Momento	64,14 kNm
Sforzo normale	-5,33 kN
Tensione acciaio (c.)	-1754,0 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	1745,05 N/mm ²
Taglio	-21,57 kN
Tensione a taglio	31,21 N/mm ²

Verifiche palo alla profondità di cm 276,92

Momento	45,88 kNm
Sforzo normale	-4,05 kN
Tensione acciaio (c.)	-1255,93 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	1246,98 N/mm ²

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	-9,43	-2,57	1,54	100,0

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

Afi Area dei ferri inferiori.
 Afs Area dei ferri superiori.
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);
 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)	10Ø16 (20,11)	9,52	740,62	S	1578,11	0,0	613,05

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
151,0	13,05	2,54	-2,14	100,0

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

Afi Area dei ferri inferiori.
 Afs Area dei ferri superiori.
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);
 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)	10Ø16 (20,11)	-12,99	729,81	S	1574,84	0,0	619,39

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1328
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
101,0	100,8	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
100,8	100,6	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
100,6	100,4	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
100,4	100,2	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
100,2	100,0	20,3	15,0	20,46	16,66	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
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16

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	101,0	100,8	0,0	0,0	100,87	100,87
2	100,8	100,6	0,0	0,0	100,69	100,69
3	100,6	100,4	0,0	0,0	100,49	100,49
4	100,4	100,2	0,0	0,0	100,3	100,3
5	100,2	100,0	0,0	0,0	100,1	100,1

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
100,8	0,01	0,07	76,0	100,9
100,6	0,02	0,13	76,0	100,8
100,4	0,03	0,2	76,0	100,7
100,2	0,04	0,27	76,0	100,6
100,0	0,04	0,34	76,0	100,5

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
100,8	0,01	0,07	0,0	150,0
100,6	0,02	0,14	0,0	150,0
100,4	0,03	0,2	0,0	150,0
100,2	0,04	0,27	0,0	150,0
100,0	0,05	0,34	0,0	150,0

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

Afv Area dei ferri lato valle.
 Afrm 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	Afrm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	12Ø16 (24,13)	0,06	1340,86	S	2357,36	0,0	261736,0
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,17	1673,82	S	2387,94	0,0	131920,86
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,17	1673,82	S	2387,95	0,0	87521,88
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,31	1673,92	S	2387,96	0,0	65325,51
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	0,31	1673,92	S	2387,97	0,0	52010,11

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
101,3	101,0	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
101,0	100,8	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,8	100,6	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,6	100,4	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,4	100,2	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,2	100,0	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,0	0,0	20,3	15,0	20,46	16,66	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
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16

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	101,3	101,0	0,0	0,0	101,1	101,1
2	101,0	100,8	0,0	0,0	100,89	100,89
3	100,8	100,6	0,0	0,0	100,69	100,69
4	100,6	100,4	0,0	0,0	100,5	100,5
5	100,4	100,2	0,0	0,0	100,3	100,3
6	100,2	100,0	0,0	0,0	100,1	100,1
7	100,0	0,0	11,29	1,76	33,76	33,85

SPINTE IN FONDAZIONE

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
100,0	0,0	20,3	195,0	20,46	16,66	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
196,66	0,97	-0,93	-0,28

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	100,0	0,0	-9,43	-2,82	33,33	33,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	11,3	1,76	1,13
Carichi esterni	16,38	-46,85	55,04
Peso muro	0,04	0,34	-0,21
Peso fondazione	4,54	34,2	-23,72
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-9,43	-2,82	-3,14
	22,83	-13,38	29,1

Momento stabilizzante -28,93 kNm
 Momento ribaltante 58,03 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	32,26 kN
Forza verticale	-10,55 kN
Momento	29,1 kNm

Dati palo

Lunghezza	370,0 cm
Diametro	20,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	51,0 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	39226,6 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	319,0 cm
Peso unità di volume	21,9 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	138,46 cm
Cedimento del palo	0,0 cm
Spostamento in x	4,21 cm
Rotazione in testa	1,36 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 198,03 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	0,0 kN
Carico limite laterale	19,77 kN
Carico limite totale	11,63 kN

Coefficiente di sicurezza laterale a trazione 1,7

Resistenza di calcolo	11,63 kN
Fattore di sicurezza Fs	1,51

Verifica palo in testa

Momento	23,28 kNm
Sforzo normale	-10,55 kN
Tensione acciaio (c.)	-642,64 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	627,38 N/mm ²
Taglio	32,26 kN

Tensione a taglio 46,68 N/mm²

Verifica palo alla profondità di cm 110,77

Momento	56,8 kNm
Sforzo normale	-9,7 kN
Tensione acciaio (c.)	-1557,02 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	1541,75 N/mm ²
Taglio	-19,56 kN
Tensione a taglio	28,3 N/mm ²

Verifiche palo alla profondità di cm 276,92

Momento	39,78 kNm
Sforzo normale	-8,42 kN
Tensione acciaio (c.)	-1092,74 N/mm ²
Tensione acciaio (t.)	1077,48 N/mm ²

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	-9,43	-2,6	1,54	100,0

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

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
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)	10Ø16 (20,11)	9,52	740,62	S	1578,11	0,0	607,16

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

151,0 11,29 1,99 -1,85 100,0

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

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
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)	10Ø16 (20,11)	-11,27	730,64	S	1575,1	0,0	792,1

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA

RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 78

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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.

calcolo delle spinte

DH [m]=	278,98	salto	
D tubo [cm]=	50	diametro della condotta	
Pe [Kg/cmq]	27,01	pressione di esercizio	
H1 [KN]	520,20	spinta nel tubo	
	rad		°
azimuth	2,91		167
P1 [KN]	117,78	risultante azimutale della spinta	
quota monte	514,95		
quota centro	501,32		
quota valle	480,45		
dislivello 1	13,63		
dislivello 2	20,87		
delta 1	28,78		
delta 2	25,18		
	rad		°
angolo zenitale 1 z1	0,442299539		25,342
angolo zenitale 1 z2	0,692076105		39,653
angolo al centro z3	2,891823434		165,689
risultante R =	29,34165272	KN	
angolo della risultante sul piano z4	1,003612178		57,503
componenti orizzontali e verticali della risultante		KN	
Componente verticale= R sin z4=			24,75 KN
Componente orizzontale =R cos z4=			15,76 KN
lunghezza del blocco =	2	m	
forza verticale applicata al ml			12,37 KN
forza orizzontale applicata al ml			7,88 KN
Dati generali			

//

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38,08
Longitudine:	15,73
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

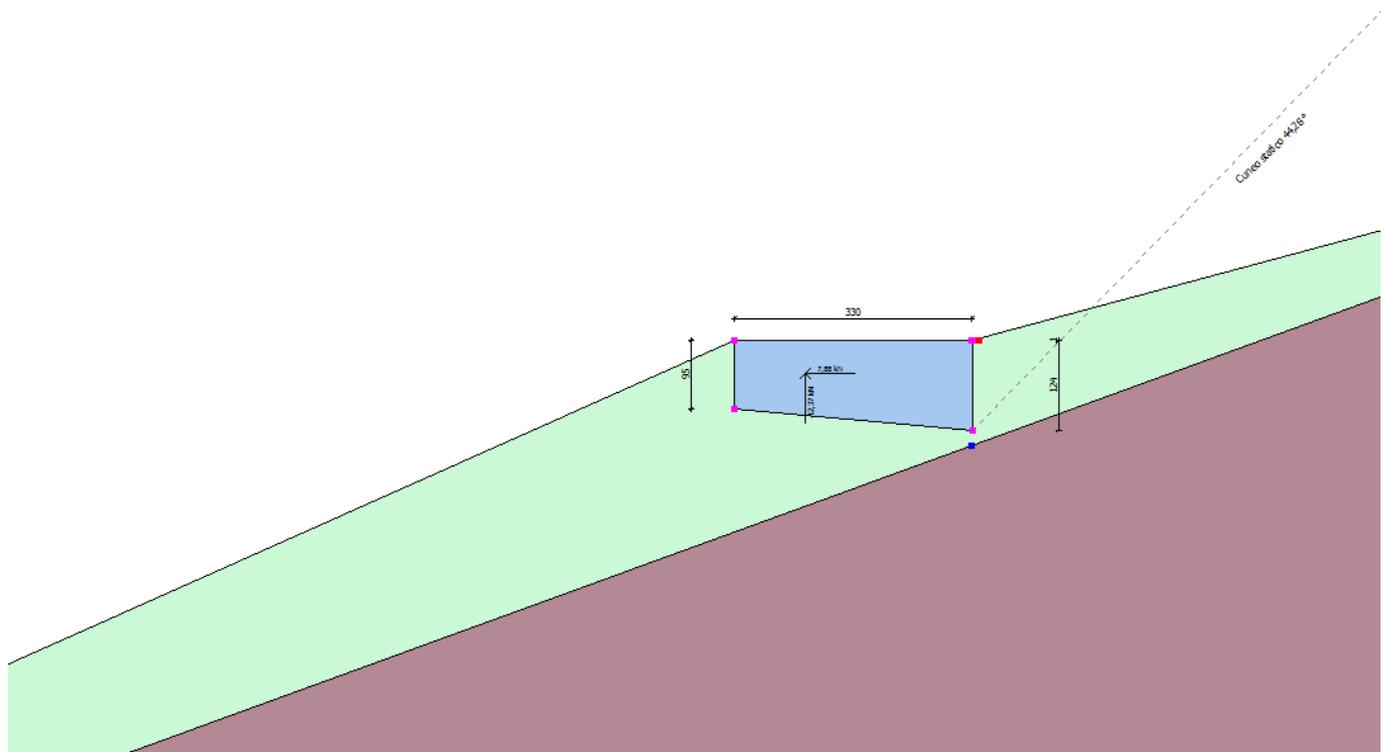
S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	330,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	1,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Svaso mensola a monte	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	95,0 cm

Altezza estremità mensola a monte

124,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Peso specifico muro	24,99715 KN/m ³
Resistenza a compressione di calcolo	9,80665 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	0,588399 N/mm ²

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	147	20	20,30	25	0,00	17	No		limo sabbioso
2	3210	20	21,90	38	0,00	25	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta verticale	100,0	50,0	0,0	-12,37	0,0
spinta orizzontale	100,0	50,0	7,88	0,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE**A1+M1+R1**

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	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	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00

2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	1,30

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	1,8
2	Scorrimento	1,1
3	Partecipazione spinta passiva	1

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	1,00

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 0,1328
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
96,0	95,8	20,3	15,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
95,8	95,6	20,3	15,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
95,6	95,4	20,3	15,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
95,4	95,2	20,3	15,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
95,2	95,0	20,3	15,0	25,0	16,66	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
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1

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	96,0	95,8	0,0	0,0	95,87	95,87
2	95,8	95,6	0,0	0,0	95,69	95,69
3	95,6	95,4	0,0	0,0	95,49	95,49
4	95,4	95,2	0,0	0,0	95,3	95,3
5	95,2	95,0	0,0	0,0	95,1	95,1

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
95,8	0,02	0,17	166,0	95,9
95,6	0,04	0,32	166,0	95,8
95,4	0,07	0,5	166,0	95,7
95,2	0,09	0,65	166,0	95,6
95,0	0,11	0,82	166,0	95,5

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
95,8	0,02	0,17	0,0	330,0
95,6	0,04	0,33	0,0	330,0
95,4	0,07	0,5	0,0	330,0
95,2	0,09	0,65	0,0	330,0
95,0	0,11	0,83	0,0	330,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (332,0/-29,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (332,0/96,3)$

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

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m 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
96,3	96,0	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
96,0	95,8	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
95,8	95,6	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
95,6	95,4	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
95,4	95,2	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
95,2	95,0	20,3	15,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
95,0	0,0	20,3	15,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
0,0	-29,05	20,3	15,0	25,0	25,0	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
---	----	----	----	-----	-----	-----	-----

25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16
16,66	0,47	0,77	0,34	0,45	0,13	0,33	0,1
25,0	0,47	0,8	0,38	0,43	0,2	0,34	0,16

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	96,3	96,0	0,0	0,0	96,1	96,1
2	96,0	95,8	0,0	0,0	95,89	95,89
3	95,8	95,6	0,0	0,0	95,69	95,69
4	95,6	95,4	0,0	0,0	95,5	95,5
5	95,4	95,2	0,0	0,0	95,3	95,3
6	95,2	95,0	0,0	0,0	95,1	95,1
7	95,0	0,0	7,29	2,21	32,09	32,31
8	0,0	-29,05	5,06	1,63	-15,15	-15,43

SPINTE IN FONDAZIONE

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
95,0	0,0	20,3	195,0	25,0	16,66	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
196,66	0,93	-0,89	-0,27

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	95,0	0,0	-8,17	-2,45	31,67	31,67

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	12,35	3,85	-11,2
Carichi esterni	7,88	-12,37	16,31
Peso muro	0,11	0,82	-1,26
Peso fondazione	12,07	90,89	-152,7
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-8,17	-2,45	-2,59
	24,24	80,75	-151,44

Momento stabilizzante -172,42 kNm
 Momento ribaltante 20,99 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 32,41 kN
 Sommatoria forze verticali 83,19 kN
 Coefficiente di attrito 0,47
 Adesione 0,0 kPa
 Angolo piano di scorrimento -5,0 °
 Forze normali al piano di scorrimento 85,7 kN
 Forze parall. al piano di scorrimento 25,04 kN
 Resistenza terreno 48,13 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd 1,92
Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -172,42 kNm
 Momento ribaltante 20,99 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 8,22
Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x 24,24 kN
 Somma forze in direzione y (Fy) 80,75 kN

Somma momenti	-151,44 kNm
Larghezza fondazione	332,0 cm
Lunghezza	2000,0 cm
Inclinazione piano di posa	-5,0 °
Eccentricità su B	21,55 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	95,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 KN/m ³
Nq	10,66
Nc	20,72
Ng	10,88
sq	1,07
sc	1,07
sg	0,94
iq	0,51
ic	0,46
ig	0,36
Carico limite verticale (Qlim)	635,96 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	7,88
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	187,55 cm
Larghezza della fondazione	332,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	14,85 kPa
x = 332,0 cm Tensione...	33,79 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	330,00 cm
Eccentricità	0,02 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
96,0	95,8	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
95,8	95,6	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
95,6	95,4	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
95,4	95,2	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
95,2	95,0	20,3	15,0	20,46	16,66	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
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16

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	96,0	95,8	0,0	0,0	95,87	95,87
2	95,8	95,6	0,0	0,0	95,69	95,69
3	95,6	95,4	0,0	0,0	95,49	95,49
4	95,4	95,2	0,0	0,0	95,3	95,3
5	95,2	95,0	0,0	0,0	95,1	95,1

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
95,8	0,02	0,17	166,0	95,9
95,6	0,04	0,32	166,0	95,8
95,4	0,07	0,5	166,0	95,7
95,2	0,09	0,65	166,0	95,6
95,0	0,11	0,82	166,0	95,5

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
95,8	0,02	0,17	0,0	330,0
95,6	0,04	0,32	0,0	330,0
95,4	0,07	0,5	0,0	330,0
95,2	0,09	0,65	0,0	330,0
95,0	0,11	0,83	0,0	330,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (332,0/-29,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (332,0/96,3)$

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

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m 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
96,3	96,0	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
96,0	95,8	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
95,8	95,6	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
95,6	95,4	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
95,4	95,2	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
95,2	95,0	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
95,0	0,0	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
0,0	-29,05	20,3	15,0	20,46	20,46	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
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2

20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2

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	96,3	96,0	0,0	0,0	96,1	96,1
2	96,0	95,8	0,0	0,0	95,89	95,89
3	95,8	95,6	0,0	0,0	95,69	95,69
4	95,6	95,4	0,0	0,0	95,5	95,5
5	95,4	95,2	0,0	0,0	95,3	95,3
6	95,2	95,0	0,0	0,0	95,1	95,1
7	95,0	0,0	11,79	2,07	32,09	32,18
8	0,0	-29,05	8,2	1,48	-15,16	-15,27

SPINTE IN FONDAZIONE

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
95,0	0,0	20,3	195,0	20,46	16,66	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
196,66	0,97	-0,93	-0,28

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	95,0	0,0	-8,51	-2,55	31,67	31,67

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	19,99	3,55	-9,23
Carichi esterni	10,24	-12,37	17,49
Peso muro	0,11	0,82	-1,26
Peso fondazione	12,07	90,89	-152,7
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-8,51	-2,55	-2,69
	33,91	80,34	-148,4

Momento stabilizzante -171,9 kNm
 Momento ribaltante 23,5 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 42,42 kN
 Sommatoria forze verticali 82,89 kN
 Coefficiente di attrito 0,47
 Adesione 0,0 kPa
 Angolo piano di scorrimento -5,0 °
 Forze normali al piano di scorrimento 86,27 kN
 Forze parall. al piano di scorrimento 35,03 kN
 Resistenza terreno 48,74 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd 1,26
Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -171,9 kNm
 Momento ribaltante 23,5 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 7,31
Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x 33,91 kN
 Somma forze in direzione y (Fy) 80,34 kN
 Somma momenti -148,4 kNm
 Larghezza fondazione 332,0 cm

Lunghezza	2000,0 cm
Inclinazione piano di posa	-5,0 °
Eccentricità su B	18,7 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	20,46 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	95,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 KN/m ³
Nq	6,7
Nc	15,27
Ng	5,74
sq	1,05
sc	1,06
sg	0,94
iq	0,36
ic	0,25
ig	0,21
Carico limite verticale (Qlim)	242,51 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,68
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	184,7 cm
Larghezza della fondazione	332,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	16,02 kPa
x = 332,0 cm Tensione...	32,38 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	330,00 cm
Eccentricità	0,02 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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

96,0	95,8	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0
95,8	95,6	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0
95,6	95,4	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0
95,4	95,2	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0
95,2	95,0	20,3	15,0	20,46	16,66	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
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16

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	96,0	95,8	0,0	0,0	95,87	95,87
2	95,8	95,6	0,0	0,0	95,69	95,69
3	95,6	95,4	0,0	0,0	95,49	95,49
4	95,4	95,2	0,0	0,0	95,3	95,3
5	95,2	95,0	0,0	0,0	95,1	95,1

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
95,8	0,02	0,16	166,0	95,9
95,6	0,04	0,29	166,0	95,8
95,4	0,06	0,45	166,0	95,7
95,2	0,08	0,58	166,0	95,6
95,0	0,1	0,74	166,0	95,5

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
95,8	0,02	0,16	0,0	330,0
95,6	0,04	0,29	0,0	330,0
95,4	0,06	0,45	0,0	330,0
95,2	0,08	0,59	0,0	330,0
95,0	0,1	0,74	0,0	330,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (332,0/-29,0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (332,0/96,3)

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/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
96,3	96,0	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
96,0	95,8	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
95,8	95,6	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
95,6	95,4	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
95,4	95,2	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
95,2	95,0	20,3	15,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
95,0	0,0	20,3	15,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
0,0	-29,05	20,3	15,0	20,46	20,46	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
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2

20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2
16,66	0,59	1,07	0,54	0,56	0,17	0,52	0,16
20,46	0,59	1,11	0,58	0,55	0,21	0,55	0,2

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	96,3	96,0	0,0	0,0	96,1	96,1
2	96,0	95,8	0,0	0,0	95,89	95,89
3	95,8	95,6	0,0	0,0	95,69	95,69
4	95,6	95,4	0,0	0,0	95,5	95,5
5	95,4	95,2	0,0	0,0	95,3	95,3
6	95,2	95,0	0,0	0,0	95,1	95,1
7	95,0	0,0	10,21	1,59	32,09	32,18
8	0,0	-29,05	7,1	1,13	-15,16	-15,27

SPINTE IN FONDAZIONE

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
95,0	0,0	20,3	195,0	20,46	16,66	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
196,66	0,97	-0,93	-0,28

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	95,0	0,0	-8,51	-2,55	31,67	31,67

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	17,31	2,73	-6,86
Carichi esterni	7,88	-12,37	16,31
Peso muro	0,1	0,74	-1,14
Peso fondazione	10,86	81,8	-137,43
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-8,51	-2,55	-2,69
	27,64	70,35	-131,81

Momento stabilizzante -153,13 kNm
 Momento ribaltante 21,32 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 36,15 kN
 Sommatoria forze verticali 72,9 kN
 Coefficiente di attrito 0,47
 Adesione 0,0 kPa
 Angolo piano di scorrimento -5,0 °
 Forze normali al piano di scorrimento 75,78 kN
 Forze parall. al piano di scorrimento 29,66 kN
 Resistenza terreno 43,85 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd 1,48

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -153,13 kNm
 Momento ribaltante 21,32 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 7,18

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x 27,64 kN
 Somma forze in direzione y (Fy) 70,35 kN
 Somma momenti -131,81 kNm
 Larghezza fondazione 332,0 cm
 Lunghezza 2000,0 cm
 Inclinazione piano di posa -5,0 °

Eccentricità su B	21,35 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	20,46 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	95,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 KN/m ³
Nq	6,7
Nc	15,27
Ng	5,74
sq	1,05
sc	1,06
sg	0,94
iq	0,39
ic	0,29
ig	0,24
Carico limite verticale (Qlim)	264,23 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	3,76
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	187,35 cm
Larghezza della fondazione	332,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	13,01 kPa
x = 332,0 cm	Tensione... 29,37 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	330,00 cm
Eccentricità	0,03 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 112

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti k_h e k_v devono essere calcolati come:

$$k_h = S a_g / r \qquad k_v = 0,5 k_h$$

in cui $S a_g$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. 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).

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:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

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

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:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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:

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

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso;
- La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra;
- La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x ;

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (*K costante*) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa (λ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q$$

Avendo indicato con:

- γ Peso unità di volume del terreno;
 D Lunghezza del palo;
 N_c e N_q Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di α , β e λ dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo A, proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = A \times c + q \times K \times \text{tg } \delta$$

- c valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate.
 q pressione verticale del terreno
 k coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + \text{tg}^2 \phi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \text{tg}^2 \phi$$

δ attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \times \text{tg } \phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \text{tg } \phi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

Inoltre:

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{\text{oeffrid}} = 1 - k_h$$

Infine

- Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , ϕ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%
- Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito. Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo. Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \times B \times I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- τ_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- E Modulo elastico del terreno;
- B Diametro del palo;
- $I_{i,j}$ Coefficiente di influenza;

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree

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

Calcolo di resistenza

Stati limiti ultimi

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:

Latitudine:

38,08

Longitudine: 15,73
 Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe IV
 Vita nominale: 50,0 [anni]
 Vita di riferimento: 100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: A
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802

Dati generali muro

Altezza muro 1,0 cm
 Spessore testa muro 210,0 cm
 Risega muro lato valle 0,0 cm
 Risega muro lato monte 0,0 cm
 Sporgenza mensola a valle 1,0 cm
 Sporgenza mensola a monte 1,0 cm
 Svaso mensola a valle 0,0 cm
 Svaso mensola a valle 0,0 cm
 Altezza estremità mensola a valle 200,0 cm
 Altezza estremità mensola a monte 200,0 cm
 Sezione dei pali 60,0 cm
 Lunghezza dei pali 500,0 cm
 Distanza asse da estremità mensola 40,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Classe conglomerato Rck 265

Fattore parziale di sicurezza calcestruzzo 1,5
 Resistenza a compressione di calcolo fcd 124,64 N/mm²
 Resistenza a trazione di calcolo fctd 5,07 N/mm²

Acciaio Tipo B450C

Modulo elastico 210000 N/mm²

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	0,01
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	252	20	20,30	25	0,00	17	No		limo sabbioso
2	3210	20	21,90	38	0,00	25	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta verticale	100,0	75,0	0,0	-190,82	0,0
spinta orizzontale	100,0	75,0	61,02	0,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	1,30

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	1,00

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R1

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1328
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
201,0	200,8	20,3	20,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
200,4	200,2	20,3	20,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
200,2	200,0	20,3	20,0	25,0	16,66	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
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1

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
200,8	0,01	0,1	106,0	200,9
200,6	0,03	0,2	106,0	200,8
200,4	0,04	0,32	106,0	200,7
200,2	0,06	0,42	106,0	200,6
200,0	0,07	0,52	106,0	200,5

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
200,8	0,01	0,1	0,0	210,0
200,6	0,03	0,2	0,0	210,0
200,4	0,04	0,33	0,0	210,0
200,2	0,06	0,43	0,0	210,0
200,0	0,07	0,53	0,0	210,0

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
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,04	3301,06	S	3361,35	0,0	252347,08
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,24	3301,26	S	3361,36	0,0	125775,28
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,24	3301,26	S	3361,38	0,0	77212,85
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,43	3301,46	S	3361,39	0,0	58860,66
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,43	3301,46	S	3361,41	0,0	47500,43

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
201,4	201,0	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
201,0	200,8	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
200,4	200,2	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
200,2	200,0	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
200,0	0,0	20,3	20,0	25,0	16,66	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
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota fine 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	201,4	201,0	0,0	0,0	201,13	201,13
2	201,0	200,8	0,0	0,0	200,89	200,89
3	200,8	200,6	0,0	0,0	200,7	200,7
4	200,6	200,4	0,0	0,0	200,5	200,5
5	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
6	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1
7	200,0	0,0	42,84	12,92	67,14	67,4

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
200,0	0,0	20,3	200,0	25,0	16,66	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}
196,66	0,93	-0,89	-0,27

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf 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);

	Qi	Qf	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	200,0	0,0	-36,2	-10,83	66,67	66,67

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	42,84	12,92	1,37
Carichi esterni	61,02	-190,82	236,59
Peso muro	0,07	0,52	-0,42
Peso fondazione	14,08	105,99	-98,27
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-36,2	-10,83	-24,13
	81,81	-82,21	115,14

Momento stabilizzante -140,3 kNm
 Momento ribaltante 255,44 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 141,61 kN
 Forza verticale -85,66 kN

Momento 138,16 kNm

Dati palo

Lunghezza 500,0 cm
Diametro 60,0 cm
Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato 51,0 cm
Peso unità di volume 20,3 kN/m³
Angolo di attrito 25,0 °
Coesione 0,0 kPa
Modulo di elasticità 9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale 39226,6 kN/m³

Strato N° 2

Spessore strato 449,0 cm
Peso unità di volume 21,9 kN/m³
Angolo di attrito 38,0 °
Coesione 0,0 kPa
Modulo di elasticità 98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda 315,62 cm
Cedimento del palo 0,0 cm
Spostamento in x 2,28 cm
Rotazione in testa 0,3 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 451,41 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta 0,0 kN
Carico limite laterale 121,64 kN
Carico limite totale 121,64 kN

Coefficiente di sicurezza laterale a trazione 1

Resistenza di calcolo 121,64 kN
Fattore di sicurezza Fs 2,39

Verifica palo in testa

Momento 110,53 kNm
Sforzo normale -85,66 kN
Area ferri 72,26 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu) -85,69 kN
Momento flettente ultimo (Mu) 573,68 kNm
Stato verifica a flessione Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd) 73,9 kN

Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,83

Verifica palo alla profondità di cm 252,49

Momento	450,54 kNm
Sforzo normale	-68,16 kN
Area ferri	72,26 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-68,24 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	576,18 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	75,28 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	4,13

Verifiche palo alla profondità di cm 631,24

Momento	336,84 kNm
Sforzo normale	-41,92 kN
Area ferri	72,26 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-41,88 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	579,94 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	77,36 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-36,2	-10,33	11,96	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	36,13	3026,48	S	3204,44	0,0	310,32

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
211,0	42,84	13,42	-14,21	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	-42,91	2950,43	S	3192,77	0,0	237,87

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
201,0	200,8	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,4	200,2	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,2	200,0	20,3	20,0	20,46	16,66	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
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1

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
200,8	0,01	0,1	106,0	200,9
200,6	0,03	0,2	106,0	200,8
200,4	0,04	0,32	106,0	200,7
200,2	0,06	0,42	106,0	200,6
200,0	0,07	0,52	106,0	200,5

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
200,8	0,01	0,1	0,0	210,0

200,6	0,03	0,2	0,0	210,0
200,4	0,04	0,33	0,0	210,0
200,2	0,06	0,43	0,0	210,0
200,0	0,07	0,53	0,0	210,0

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
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,04	3301,06	S	3361,35	0,0	252137,6
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,24	3301,26	S	3361,36	0,0	125567,25
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,24	3301,26	S	3361,38	0,0	77036,56
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,43	3301,46	S	3361,39	0,0	58678,68
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,43	3301,46	S	3361,41	0,0	47315,4

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
201,4	201,0	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
201,0	200,8	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,4	200,2	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,2	200,0	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,0	0,0	20,3	20,0	20,46	16,66	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
---	----	----	----	-----	-----	-----	-----

20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1

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	201,4	201,0	0,0	0,0	201,13	201,13
2	201,0	200,8	0,0	0,0	200,89	200,89
3	200,8	200,6	0,0	0,0	200,7	200,7
4	200,6	200,4	0,0	0,0	200,5	200,5
5	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
6	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1
7	200,0	0,0	54,06	12,25	67,13	67,23

SPINTE IN FONDAZIONE

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
200,0	0,0	20,3	200,0	20,46	16,66	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
196,66	0,97	-0,93	-0,28

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	200,0	0,0	-37,73	-11,29	66,67	66,67

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	54,06	12,25	10,33
Carichi esterni	79,33	-190,82	250,31
Peso muro	0,07	0,52	-0,42
Peso fondazione	14,08	105,99	-98,27
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-37,73	-11,29	-25,15
	109,8	-83,35	136,8

Momento stabilizzante -138,87 kNm
 Momento ribaltante 275,67 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 177,04 kN
 Forza verticale -86,47 kN
 Momento 164,16 kNm

Dati palo

Lunghezza 500,0 cm
 Diametro 60,0 cm
 Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato 51,0 cm
 Peso unità di volume 20,3 KN/m³
 Angolo di attrito 25,0 °
 Coesione 0,0 kPa
 Modulo di elasticità 9806,66 kPa
 Modulo di reaz. orizzontale 39226,6 KN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	449,0 cm
Peso unità di volume	21,9 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	315,62 cm
Cedimento del palo	0,0 cm
Spostamento in x	2,83 cm
Rotazione in testa	0,37 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 451,41 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	0,0 kN
Carico limite laterale	121,64 kN
Carico limite totale	71,55 kN
Coefficiente di sicurezza laterale a trazione	1,7
Resistenza di calcolo	71,55 kN
Fattore di sicurezza Fs	1,38

Verifica palo in testa

Momento	131,33 kNm
Sforzo normale	-86,47 kN
Area ferri	72,26 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-86,42 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	573,58 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	73,83 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,46

Verifica palo alla profondità di cm 252,49

Momento	556,65 kNm
Sforzo normale	-68,97 kN
Area ferri	72,26 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-69,01 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	576,07 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	75,22 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	3,36

Verifiche palo alla profondità di cm 631,24

Momento	417,68 kNm
Sforzo normale	-42,73 kN
Area ferri	72,26 cm ²

Sforzo normale ultimo (Nu)	-42,63 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	579,83 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	77,29 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-37,73	-10,79	12,47	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	37,66	3027,95	S	3204,67	0,0	297,08

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
211,0	54,06	12,75	-17,89	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	-54,06	2939,69	S	3191,11	0,0	250,34

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1328
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
201,0	200,8	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,4	200,2	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,2	200,0	20,3	20,0	20,46	16,66	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
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1

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
200,8	0,01	0,09	106,0	200,9
200,6	0,02	0,18	106,0	200,8
200,4	0,04	0,29	106,0	200,7
200,2	0,05	0,38	106,0	200,6
200,0	0,06	0,47	106,0	200,5

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
200,8	0,01	0,09	0,0	210,0
200,6	0,02	0,18	0,0	210,0
200,4	0,04	0,29	0,0	210,0
200,2	0,05	0,38	0,0	210,0
200,0	0,06	0,47	0,0	210,0

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
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,04	3301,06	S	3361,34	0,0	280245,06
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,24	3301,26	S	3361,36	0,0	139610,66
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,24	3301,26	S	3361,37	0,0	85673,67
11Ø16 (22,12)	21Ø16 (42,22)	0,43	3301,46	S	3361,39	0,0	65278,5

11Ø16 (22,12) 21Ø16 (42,22) 0,43 3301,46 S 3361,4 0,0 52653,93

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
201,4	201,0	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
201,0	200,8	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,4	200,2	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,2	200,0	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,0	0,0	20,3	20,0	20,46	16,66	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
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1

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	201,4	201,0	0,0	0,0	201,13	201,13
2	201,0	200,8	0,0	0,0	200,89	200,89
3	200,8	200,6	0,0	0,0	200,7	200,7
4	200,6	200,4	0,0	0,0	200,5	200,5

5	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
6	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1
7	200,0	0,0	44,64	9,42	67,13	67,23

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
200,0	0,0	20,3	200,0	20,46	16,66	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
196,66	0,97	-0,93	-0,28

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	200,0	0,0	-37,73	-11,29	66,67	66,67

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	44,65	9,42	10,0
Carichi esterni	61,02	-190,82	236,59
Peso muro	0,06	0,47	-0,37
Peso fondazione	12,67	95,39	-88,44
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0

Spinte fondazione	-37,73	-11,29	-25,15
	80,67	-96,82	132,62

Momento stabilizzante	-121,59	kNm
Momento ribaltante	254,2	kNm

Verifica palo max solleccitato

Forza orizzontale	142,08 kN
Forza verticale	-102,64 kN
Momento	159,14 kNm

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	51,0 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	39226,6 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	449,0 cm
Peso unità di volume	21,9 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	315,62 cm
Cedimento del palo	0,0 cm
Spostamento in x	2,35 cm
Rotazione in testa	0,31 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 451,41 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	0,0 kN
Carico limite laterale	121,64 kN
Carico limite totale	71,55 kN

Coefficiente di sicurezza laterale a trazione 1,7

Resistenza di calcolo	71,55 kN
Fattore di sicurezza Fs	1,05

Verifica palo in testa

Momento	127,31 kNm
Sforzo normale	-102,64 kN
Area ferri	72,26 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-102,68 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	571,24 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	72,55 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,81

Verifica palo alla profondità di cm 252,49

Momento	467,82 kNm
Sforzo normale	-85,14 kN
Area ferri	72,26 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-85,21 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	573,75 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	73,94 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	3,91

Verifiche palo alla profondità di cm 631,24

Momento	346,16 kNm
Sforzo normale	-58,9 kN
Area ferri	72,26 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-58,82 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	577,52 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	76,01 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-37,73	-10,84	12,46	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	37,66	3027,95	S	3204,67	0,0	295,71

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
211,0	44,64	9,87	-14,77	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	-44,58	2948,82	S	3192,5	0,0	323,42

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 114

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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.

calcolo delle spinte

DH [m]=	429.05	salto	
D tubo [cm]=	50	diametro della condotta	
Pe [Kg/cmq]	41.53	pressione di esercizio	
P1 [KN]	800.03	spinta nella tubazione	
quota monte	362.15		
quota centro	351.25		
quota valle	347.25		
dislivello 1	10.90		
dislivello 2	4.00		
delta 1	16.40		
delta 2	23.38		
	rad		°
angolo zenitale 1 z1	0.58659415		33.609
angolo zenitale 1 z2	0.16944585		9.709
angolo al centro z3	3.5587483		203.901
risultante R =	331.318	KN	
angolo della risultante sul piano z4	1.193		68.341
			KN
componenti orizzontali e verticali della risultante			
Componente verticale= R sin z4=			307.93 KN
Componente orizzontale =R cos z4=			122.28 KN
lunghezza del blocco =	3	m	
forza verticale applicata al ml			102.64
forza orizzontale applicata al ml			40.76

Dati generali

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38,08
Longitudine:	15,73
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

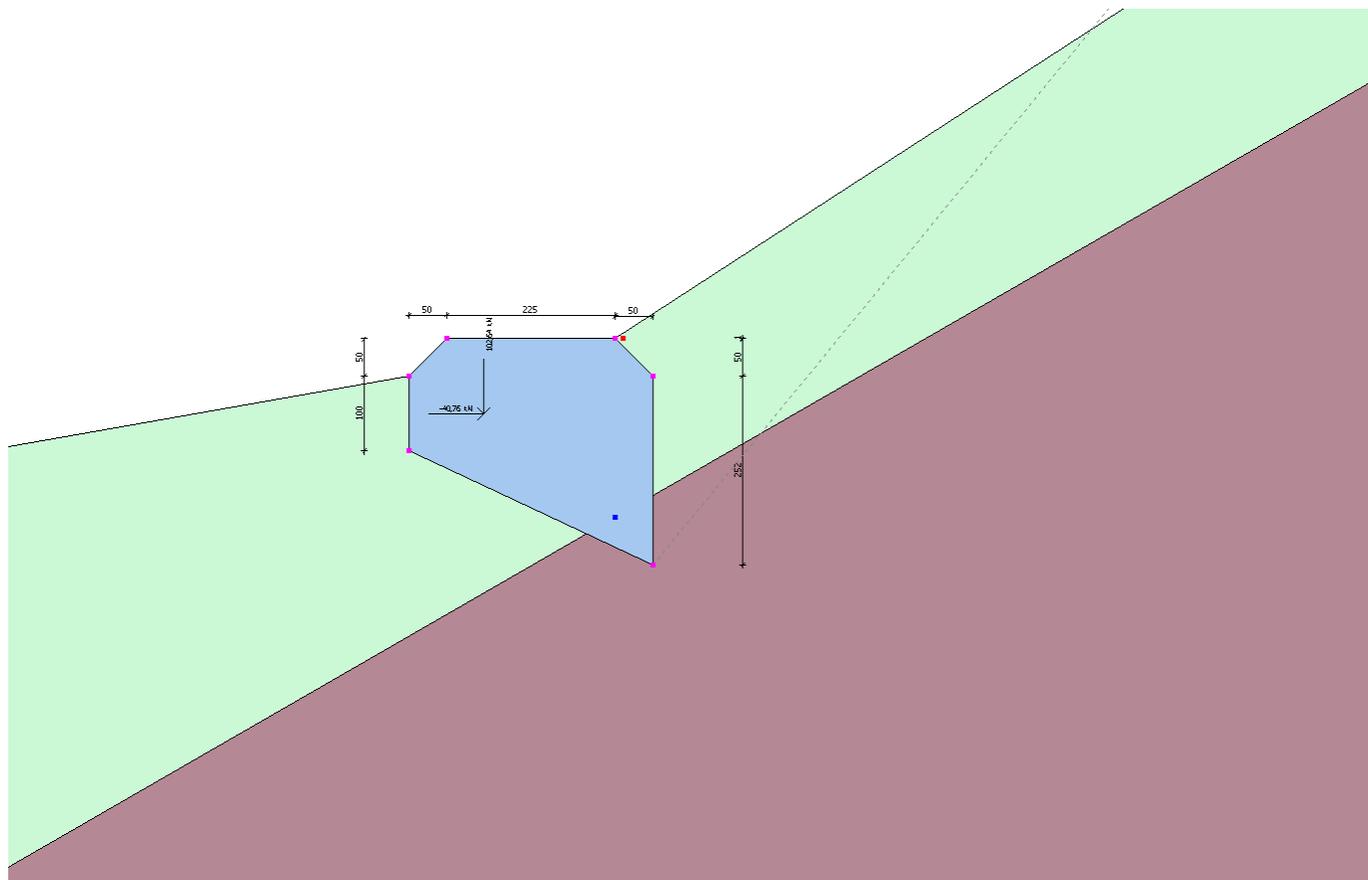
Categoria sottosuolo: A
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802



Dati generali muro

Altezza muro 1,0 cm

Spessore testa muro	225,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	50,0 cm
Sporgenza mensola a monte	50,0 cm
Svaso mensola a valle	50,0 cm
Svaso mensola a valle	50,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	100,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	252,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Peso specifico muro	24,51662 KN/m ³
Resistenza a compressione di calcolo	9,80665 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	0,588399 N/mm ²

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	240	30	20,30	25	0,00	17	No		limo sabbioso
2	2710	30	21,90	38	0,00	25	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta verticale	100,0	50,0	0,0	102,64	0,0
spinta orizzontale	100,0	50,0	-40,76	0,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	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	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,30
8	spinta orizzontale ne	1,30

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	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	1,00

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 0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
151,0	150,8	20,3	33,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,3	33,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,3	33,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,3	33,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,3	33,0	25,0	16,66	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
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,1	162,5	150,9
150,6	0,03	0,22	162,5	150,8
150,4	0,05	0,34	162,5	150,7
150,2	0,06	0,44	162,5	150,6
150,0	0,07	0,54	162,5	150,5

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
150,8	0,01	0,1	0,0	225,0
150,6	0,03	0,22	0,0	225,0
150,4	0,05	0,34	0,0	225,0
150,2	0,06	0,44	0,0	225,0
150,0	0,07	0,54	0,0	225,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (325,0/-151,6)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (325,0/183,5)

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/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
----	----	-------	-----	----	-------	---	---	------

183,5	151,0	20,3	33,0	25,0	25,0	0,0	0,0
151,0	150,8	20,3	33,0	25,0	25,0	0,0	0,0
150,8	150,6	20,3	33,0	25,0	25,0	0,0	0,0
150,6	150,4	20,3	33,0	25,0	25,0	0,0	0,0
150,4	150,2	20,3	33,0	25,0	25,0	0,0	0,0
150,2	150,0	20,3	33,0	25,0	25,0	0,0	0,0
150,0	100,0	20,3	33,0	25,0	25,0	0,0	0,0
100,0	0,0	20,3	33,0	25,0	16,66	0,0	0,0
0,0	-151,55	20,3	33,0	25,0	25,0	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
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12

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	183,5	151,0	1,14	0,53	161,83	161,83
2	151,0	150,8	0,01	0,01	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,01	0,01	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,01	0,01	150,5	150,5
5	150,4	150,2	0,01	0,01	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,01	0,01	150,1	150,1
7	150,0	100,0	6,33	2,95	121,44	121,44
8	100,0	0,0	28,64	11,59	43,86	45,46
9	0,0	-151,55	84,27	33,95	-83,23	-84,4

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
100,0	0,0	20,3	213,0	25,0	16,66	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
196,66	1,55	-1,49	-0,45

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	100,0	0,0	-15,1	-4,52	33,33	33,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	120,46	49,06	-207,39
Carichi esterni	-40,76	102,64	-123,02
Peso muro	0,07	0,54	-0,77
Peso fondazione	23,08	173,77	-308,29
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,57	4,28	-12,37
Spinte fondazione	-15,1	-4,52	-5,03
	88,32	325,78	-656,87

Momento stabilizzante	-681,74	kNm
Momento ribaltante	24,87	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	103,42 kN
Sommatoria forze verticali	330,3 kN
Coefficiente di attrito	0,47
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-25,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	343,06 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	-45,86 kN
Resistenza terreno	175,07 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	3,82
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-681,74 kNm
Momento ribaltante	24,87 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	27,41
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	88,32 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	325,78 kN
Somma momenti	-656,87 kNm
Larghezza fondazione	325,0 cm
Lunghezza	300,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	39,13 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	150,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 KN/m ³
Nq	10,66
Nc	20,72
Ng	10,88
sq	1,38
sc	1,42
sg	0,67
iq	0,61
ic	0,57
ig	0,45
Carico limite verticale (Qlim)	880,59 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	2,7
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	201,63 cm
Larghezza della fondazione	325,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	27,83 kPa
x = 325,0 cm Tensione...	172,65 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	225,00 cm
Eccentricità	0,00 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
151,0	150,8	20,3	33,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,3	33,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,3	33,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,3	33,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,3	33,0	20,46	16,66	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
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,1	162,5	150,9
150,6	0,03	0,22	162,5	150,8
150,4	0,05	0,34	162,5	150,7
150,2	0,06	0,44	162,5	150,6
150,0	0,07	0,54	162,5	150,5

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
150,8	0,01	0,1	0,0	225,0
150,6	0,03	0,22	0,0	225,0
150,4	0,05	0,34	0,0	225,0
150,2	0,06	0,44	0,0	225,0
150,0	0,07	0,54	0,0	225,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (325,0/-151,6)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (325,0/183,5)$

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

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (KN/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
183,5	151,0	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
151,0	150,8	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,0	100,0	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,0	0,0	20,3	33,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
0,0	-151,55	20,3	33,0	20,46	20,46	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
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09

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	183,5	151,0	1,45	0,45	161,83	161,83
2	151,0	150,8	0,02	0,01	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,02	0,01	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,02	0,01	150,5	150,5
5	150,4	150,2	0,02	0,01	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,02	0,01	150,1	150,1
7	150,0	100,0	8,04	2,48	121,44	121,44
8	100,0	0,0	36,58	10,47	43,79	44,59
9	0,0	-151,55	107,67	30,75	-83,18	-83,77

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
100,0	0,0	20,3	213,0	20,46	16,66	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
196,66	1,25	-1,2	-0,36

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	100,0	0,0	-12,15	-3,63	33,33	33,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	153,84	44,17	-204,85
Carichi esterni	-52,99	133,43	-159,93
Peso muro	0,07	0,54	-0,77
Peso fondazione	23,08	173,77	-308,29
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,57	0,0	0,82
Spinte fondazione	-12,15	-3,63	-4,05
	112,42	348,29	-677,06

Momento stabilizzante	-708,98	kNm
Momento ribaltante	31,1	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	124,57 kN
Sommatoria forze verticali	351,92 kN
Coefficiente di attrito	0,47
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-25,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	371,59 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	-35,83 kN
Resistenza terreno	185,42 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	5,17
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-708,98 kNm
Momento ribaltante	31,1 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	22,8
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	112,42 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	348,29 kN
Somma momenti	-677,06 kNm
Larghezza fondazione	325,0 cm
Lunghezza	300,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	31,9 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	20,46 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	150,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 KN/m ³
Nq	6,7
Nc	15,27
Ng	5,74
sq	1,32
sc	1,38
sg	0,65
iq	0,55
ic	0,47
ig	0,37
Carico limite verticale (Qlim)	484,56 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,39
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	194,4 cm
Larghezza della fondazione	325,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	44,06 kPa
x = 325,0 cm Tensione...	170,27 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	225,00 cm
Eccentricità	0,00 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
151,0	150,8	20,3	33,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,3	33,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,3	33,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,3	33,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,3	33,0	20,46	16,66	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
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,09	162,5	150,9
150,6	0,03	0,2	162,5	150,8
150,4	0,04	0,31	162,5	150,7
150,2	0,05	0,4	162,5	150,6
150,0	0,06	0,49	162,5	150,5

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
150,8	0,01	0,09	0,0	225,0
150,6	0,03	0,2	0,0	225,0
150,4	0,04	0,31	0,0	225,0
150,2	0,05	0,4	0,0	225,0
150,0	0,07	0,49	0,0	225,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (325,0/-151,6)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (325,0/183,5)$

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

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (kN/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
183,5	151,0	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
151,0	150,8	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,8	150,6	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,6	150,4	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,4	150,2	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,2	150,0	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
150,0	100,0	20,3	33,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
100,0	0,0	20,3	33,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
0,0	-151,55	20,3	33,0	20,46	20,46	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
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09

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	183,5	151,0	1,18	0,34	161,83	161,83
2	151,0	150,8	0,01	0,0	150,9	150,9
3	150,8	150,6	0,01	0,0	150,7	150,7
4	150,6	150,4	0,01	0,0	150,5	150,5
5	150,4	150,2	0,01	0,0	150,3	150,3
6	150,2	150,0	0,01	0,0	150,1	150,1
7	150,0	100,0	6,51	1,91	121,44	121,44
8	100,0	0,0	29,59	8,06	43,8	44,59
9	0,0	-151,55	87,08	23,65	-83,19	-83,77

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
100,0	0,0	20,3	213,0	20,46	16,66	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
196,66	1,25	-1,2	-0,36

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	100,0	0,0	-12,15	-3,63	33,33	33,33

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	124,42	33,98	-159,99
Carichi esterni	-40,76	102,64	-123,02
Peso muro	0,06	0,49	-0,69
Peso fondazione	20,77	156,4	-277,46
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,57	0,0	0,82
Spinte fondazione	-12,15	-3,63	-4,05
	92,92	289,87	-564,39

Momento stabilizzante	-590,23	kNm
Momento ribaltante	25,01	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	105,06 kN
Sommatoria forze verticali	293,5 kN
Coefficiente di attrito	0,47
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-25,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	310,4 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	-28,82 kN
Resistenza terreno	156,89 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	5,44
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-590,23 kNm
Momento ribaltante	25,01 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	23,6
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	92,92 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	289,87 kN
Somma momenti	-564,39 kNm
Larghezza fondazione	325,0 cm
Lunghezza	300,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	32,21 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	20,46 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	150,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 KN/m ³
Nq	6,7
Nc	15,27
Ng	5,74
sq	1,32
sc	1,38
sg	0,65
iq	0,55
ic	0,47
ig	0,38
Carico limite verticale (Qlim)	485,73 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,68
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	194,71 cm
Larghezza della fondazione	325,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	36,16 kPa
x = 325,0 cm Tensione...	142,22 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	225,00 cm
Eccentricità	0,01 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 115

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti k_h e k_v devono essere calcolati come:

$$k_h = S a_g / r \qquad k_v = 0,5 k_h$$

in cui $S a_g$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. 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).

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:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

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

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:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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:

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

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso;
- La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra;
- La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x ;

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (*K costante*) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa (λ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q$$

Avendo indicato con:

γ Peso unità di volume del terreno;
 D Lunghezza del palo;
 N_c e N_q Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di α , β e λ dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo A, proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = A \times c + q \times K \times \text{tg } \delta$$

c valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate.

q pressione verticale del terreno

k coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + \text{tg}^2 \phi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \text{tg}^2 \phi$$

δ attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \times \text{tg } \phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \text{tg } \phi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

Inoltre:

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{\text{oeffrid}} = 1 - k_h$$

Infine

- Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , ϕ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%
- Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito. Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \times B \times I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- τ_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- E Modulo elastico del terreno;
- B Diametro del palo;
- $I_{i,j}$ Coefficiente di influenza;

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree

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.

calcolo delle spinte

DH [m]=	433,05	salto
D tubo [cm]=	50	diametro della condotta
Pe [Kg/cmq]	41,92	pressione di esercizio
P1 [KN]	807,49	spinta nella tubazione
quota monte	351,25	
quota centro	347,25	
quota valle	321,28	
dislivello 1	4,00	
dislivello 2	25,97	
delta 1	23,38	
delta 2	26,86	
	rad	°
angolo zenitale 1 z1	0,16944585	9,709
angolo zenitale 1 z2	0,76855327	44,035
angolo al centro z3	2,54249258	145,674
risultante R =	476,571144	KN
angolo della risultante sul piano z4	1,10180044	63,128
		KN
componenti orizzontali e verticali della risultante		
Componente verticale= R sin z4=		425,11 KN
Componente orizzontale =R cos z4=		215,41 KN
lunghezza del blocco =	2 m	
forza verticale applicata al ml		212,56
forza orizzontale applicata al ml		107,70

Dati generali

Calcolo di resistenza

Stati limiti ultimi

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38,08
Longitudine:	15,73
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:

A

Categoria topografica:

T2

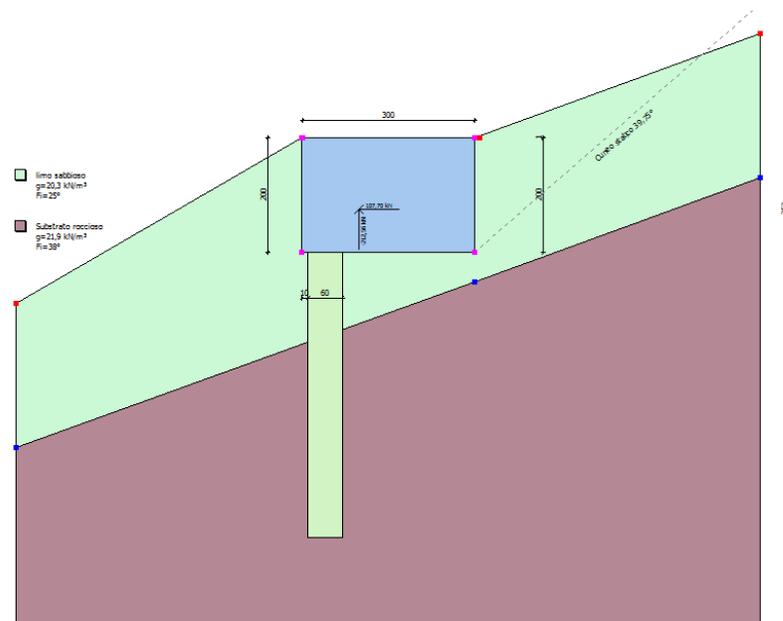
S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	300,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	1,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Svaso mensola a monte	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	200,0 cm

Altezza estremità mensola a monte	200,0 cm
Sezione dei pali	60,0 cm
Lunghezza dei pali	500,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	40,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Classe conglomerato Rck 265

Fattore parziale di sicurezza calcestruzzo	1,5
Resistenza a compressione di calcolo fcd	124,64 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo fctd	5,07 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	0,01
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	252	20	20,30	25	0,00	17	No		limo sabbioso
2	3210	20	21,90	38	0,00	25	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta verticale	100,0	75,0	0,0	-212,56	0,0
spinta orizzontale	100,0	75,0	107,7	0,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta verticale	1,00

8	spinta orizzontale ne	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	1,30

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	1,00

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R1

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1328
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
201,0	200,8	20,3	20,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
200,4	200,2	20,3	20,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
200,2	200,0	20,3	20,0	25,0	16,66	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
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1

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
	200,8	0,02	0,15	151,0	200,9
	200,6	0,04	0,3	151,0	200,8
	200,4	0,06	0,45	151,0	200,7
	200,2	0,08	0,6	151,0	200,6
	200,0	0,1	0,75	151,0	200,5

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
200,8	0,02	0,15	0,0	300,0
200,6	0,04	0,3	0,0	300,0
200,4	0,06	0,45	0,0	300,0
200,2	0,08	0,6	0,0	300,0
200,0	0,1	0,75	0,0	300,0

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
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,19	6769,18	S	4821,47	0,0	241562,14
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,33	6769,38	S	4821,49	0,0	120526,58

15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,47	6769,58	S	4821,52	0,0	80182,1
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,61	6769,79	S	4821,54	0,0	60010,43
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,75	6769,99	S	4821,56	0,0	47907,82

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
201,4	201,0	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
201,0	200,8	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
200,4	200,2	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
200,2	200,0	20,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
200,0	0,0	20,3	20,0	25,0	16,66	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
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
25,0	0,55	1,11	0,62	0,5	0,23	0,57	0,26
16,66	0,55	1,03	0,54	0,52	0,16	0,52	0,15

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	201,4	201,0	0,0	0,0	201,13	201,13
2	201,0	200,8	0,0	0,0	200,89	200,89

3	200,8	200,6	0,0	0,0	200,7	200,7
4	200,6	200,4	0,0	0,0	200,5	200,5
5	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
6	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1
7	200,0	0,0	42,84	12,92	67,14	67,4

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
200,0	0,0	20,3	200,0	25,0	16,66	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
196,66	0,93	-0,89	-0,27

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	200,0	0,0	-36,2	-10,83	66,67	66,67

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	42,84	12,92	-10,26
Carichi esterni	107,7	-212,56	293,34
Peso muro	0,1	0,75	-0,93
Peso fondazione	20,05	150,98	-207,93

Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-36,2	-10,83	-24,13
	134,5	-58,73	50,08

Momento stabilizzante	-268,14	kNm
Momento ribaltante	318,22	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	170,69 kN
Forza verticale	-47,9 kN
Momento	50,08 kNm

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	51,0 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	39226,6 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	449,0 cm
Peso unità di volume	21,9 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	315,62 cm
Cedimento del palo	0,0 cm
Spostamento in x	2,44 cm
Rotazione in testa	0,3 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 451,41 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	0,0 kN
Carico limite laterale	121,64 kN
Carico limite totale	121,64 kN

Coefficiente di sicurezza laterale a trazione 1

Resistenza di calcolo 121,64 kN
Fattore di sicurezza Fs 9,18

Verifica palo in testa

Momento	40,06 kNm
Sforzo normale	-47,9 kN
Area ferri	75,4 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-47,97 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	599,62 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	77,74 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,54

Verifica palo alla profondità di cm 252,49

Momento	453,39 kNm
Sforzo normale	-30,4 kN
Area ferri	75,4 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-30,35 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	601,93 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	79,12 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	4,5

Verifiche palo alla profondità di cm 631,24

Momento	359,44 kNm
Sforzo normale	-4,16 kN
Area ferri	75,4 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-4,19 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	605,34 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	81,2 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-36,2	-10,33	11,96	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	36,13	3026,48	S	3204,44	0,0	310,32

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
301,0	42,84	13,42	-14,21	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	-42,91	2950,43	S	3192,77	0,0	237,87

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0664

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
201,0	200,8	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,4	200,2	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,2	200,0	20,3	20,0	20,46	16,66	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
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1

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
200,8	0,02	0,15	151,0	200,9
200,6	0,04	0,3	151,0	200,8

200,4	0,06	0,45	151,0	200,7
200,2	0,08	0,6	151,0	200,6
200,0	0,1	0,75	151,0	200,5

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
200,8	0,02	0,15	0,0	300,0
200,6	0,04	0,3	0,0	300,0
200,4	0,06	0,45	0,0	300,0
200,2	0,08	0,6	0,0	300,0
200,0	0,1	0,75	0,0	300,0

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
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,19	6769,18	S	4821,47	0,0	241428,29
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,33	6769,38	S	4821,49	0,0	120393,32
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,47	6769,58	S	4821,52	0,0	80049,48
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,61	6769,79	S	4821,54	0,0	59878,43
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,75	6769,99	S	4821,56	0,0	47776,45

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
201,4	201,0	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
201,0	200,8	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	

200,4	200,2	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0
200,2	200,0	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0
200,0	0,0	20,3	20,0	20,46	16,66	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
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1

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	201,4	201,0	0,0	0,0	201,13	201,13
2	201,0	200,8	0,0	0,0	200,89	200,89
3	200,8	200,6	0,0	0,0	200,7	200,7
4	200,6	200,4	0,0	0,0	200,5	200,5
5	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
6	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1
7	200,0	0,0	54,06	12,25	67,13	67,23

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
200,0	0,0	20,3	200,0	20,46	16,66	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}
196,66	0,97	-0,93	-0,28

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	200,0	0,0	-37,73	-11,29	66,67	66,67

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	54,06	12,25	-0,69
Carichi esterni	140,01	-212,56	317,57
Peso muro	0,1	0,75	-0,93
Peso fondazione	20,05	150,98	-207,93
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-37,73	-11,29	-25,15
	176,49	-59,87	82,86

Momento stabilizzante -266,1 kNm
 Momento ribaltante 348,96 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	214,22 kN
Forza verticale	-48,58 kN
Momento	82,86 kNm

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm
Copriferro	3,0 cm

Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	51,0 cm
Peso unità di volume	20,3 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	39226,6 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	449,0 cm
Peso unità di volume	21,9 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	315,62 cm
Cedimento del palo	0,0 cm
Spostamento in x	3,11 cm
Rotazione in testa	0,39 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 451,41 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	0,0 kN
Carico limite laterale	121,64 kN
Carico limite totale	71,55 kN
Coefficiente di sicurezza laterale a trazione	1,7
Resistenza di calcolo	71,55 kN
Fattore di sicurezza Fs	5,14

Verifica palo in testa

Momento	66,28 kNm
Sforzo normale	-48,58 kN
Area ferri	75,4 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-48,5 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	599,55 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	77,69 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,23

Verifica palo alla profondità di cm 252,49

Momento	584,41 kNm
---------	------------

Sforzo normale	-31,08 kN
Area ferri	75,4 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-31,05 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	601,84 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	79,07 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	3,45

Verifiche palo alla profondità di cm 631,24

Momento	459,1 kNm
Sforzo normale	-4,84 kN
Area ferri	75,4 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-4,88 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	605,25 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	81,15 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-37,73	-10,79	12,47	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	37,66	3027,95	S	3204,67	0,0	297,08

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
301,0	54,06	12,75	-17,89	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	-54,06	2939,69	S	3191,11	0,0	250,34

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1328
Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
201,0	200,8	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,4	200,2	20,3	20,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
200,2	200,0	20,3	20,0	20,46	16,66	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
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1

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	201,0	200,8	0,0	0,0	200,87	200,87
2	200,8	200,6	0,0	0,0	200,69	200,69
3	200,6	200,4	0,0	0,0	200,49	200,49
4	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
5	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1

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
200,8	0,02	0,13	151,0	200,9
200,6	0,04	0,27	151,0	200,8
200,4	0,05	0,4	151,0	200,7
200,2	0,07	0,54	151,0	200,6
200,0	0,09	0,67	151,0	200,5

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
200,8	0,02	0,13	0,0	300,0
200,6	0,04	0,27	0,0	300,0
200,4	0,05	0,41	0,0	300,0
200,2	0,07	0,54	0,0	300,0
200,0	0,09	0,68	0,0	300,0

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
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,19	6769,18	S	4821,47	0,0	268312,51
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,19	6769,18	S	4821,49	0,0	133828,94
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,47	6769,58	S	4821,51	0,0	89002,15
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,47	6769,58	S	4821,53	0,0	66589,59
15Ø16 (30,16)	30Ø16 (60,32)	0,75	6769,99	S	4821,55	0,0	53142,64

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
201,4	201,0	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
201,0	200,8	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,8	200,6	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,6	200,4	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,4	200,2	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,2	200,0	20,3	20,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
200,0	0,0	20,3	20,0	20,46	16,66	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
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
20,46	0,81	1,11	0,36	0,76	0,28	0,34	0,13
16,66	0,8	1,07	0,34	0,76	0,23	0,32	0,1

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	201,4	201,0	0,0	0,0	201,13	201,13
2	201,0	200,8	0,0	0,0	200,89	200,89
3	200,8	200,6	0,0	0,0	200,7	200,7
4	200,6	200,4	0,0	0,0	200,5	200,5
5	200,4	200,2	0,0	0,0	200,3	200,3
6	200,2	200,0	0,0	0,0	200,1	200,1
7	200,0	0,0	44,64	9,42	67,13	67,23

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
200,0	0,0	20,3	200,0	20,46	16,66	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
196,66	0,97	-0,93	-0,28

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	200,0	0,0	-37,73	-11,29	66,67	66,67

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	44,65	9,42	1,52
Carichi esterni	107,7	-212,56	293,34
Peso muro	0,09	0,67	-0,84
Peso fondazione	18,05	135,88	-187,14
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-37,73	-11,29	-25,15
	132,76	-77,87	81,73

Momento stabilizzante -234,66 kNm
Momento ribaltante 316,38 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 170,48 kN
Forza verticale -66,58 kN
Momento 81,73 kNm

Dati palo

Lunghezza 500,0 cm
Diametro 60,0 cm
Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato 51,0 cm
Peso unità di volume 20,3 KN/m³
Angolo di attrito 25,0 °
Coesione 0,0 kPa
Modulo di elasticità 9806,66 kPa
Modulo di reaz. orizzontale 39226,6 KN/m³

Strato N° 2

Spessore strato 449,0 cm
Peso unità di volume 21,9 KN/m³
Angolo di attrito 38,0 °
Coesione 0,0 kPa
Modulo di elasticità 98066,55 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	315,62 cm
Cedimento del palo	0,0 cm
Spostamento in x	2,52 cm
Rotazione in testa	0,32 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 451,41 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	0,0 kN
Carico limite laterale	121,64 kN
Carico limite totale	71,55 kN
Coefficiente di sicurezza laterale a trazione	1,7
Resistenza di calcolo	71,55 kN
Fattore di sicurezza Fs	2,24

Verifica palo in testa

Momento	65,38 kNm
Sforzo normale	-66,58 kN
Area ferri	75,4 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-66,66 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	597,16 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	76,26 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,53

Verifica palo alla profondità di cm 252,49

Momento	477,24 kNm
Sforzo normale	-49,08 kN
Area ferri	75,4 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-49,03 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	599,48 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	77,65 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	4,15

Verifiche palo alla profondità di cm 631,24

Momento	371,68 kNm
Sforzo normale	-22,84 kN
Area ferri	75,4 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	-22,8 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	602,91 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	79,72 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	184,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-37,73	-10,84	12,46	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	37,66	3027,95	S	3204,67	0,0	295,71

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
301,0	44,64	9,87	-14,77	200,0

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
10Ø16 (20,11)	20Ø16 (40,21)	-44,58	2948,82	S	3192,5	0,0	323,42

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 116

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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.

calcolo delle spinte

DH [m]=	459,22	salto	
D tubo [cm]=	50	diametro della condotta	
Pe [Kg/cmq]	44,45	pressione di esercizio	
P1 [KN]	856,29	spinta nella tubazione	
quota monte	347,25		
quota centro	321,28		
quota valle	324,69		
dislivello 1	25,97		
dislivello 2	-3,41		
delta 1	26,86		
delta 2	81,57		
	rad		°
angolo zenitale 1 z1	0,76855327		44,035
	-		
angolo zenitale 1 z2	0,04178026		-2,394
angolo al centro z3	3,95193353		226,429
risultante R =	675,050374	KN	
angolo della risultante sul piano z4	1,20741349		69,180
			KN
componenti orizzontali e verticali della risultante			
Componente verticale= R sin z4=			630,97 KN
Componente orizzontale =R cos z4=			239,94 KN
lunghezza del blocco =	3 m		
forza verticale applicata al ml			210,32
forza orizzontale applicata al ml			79,98

Dati generali

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38,08
Longitudine:	15,73
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

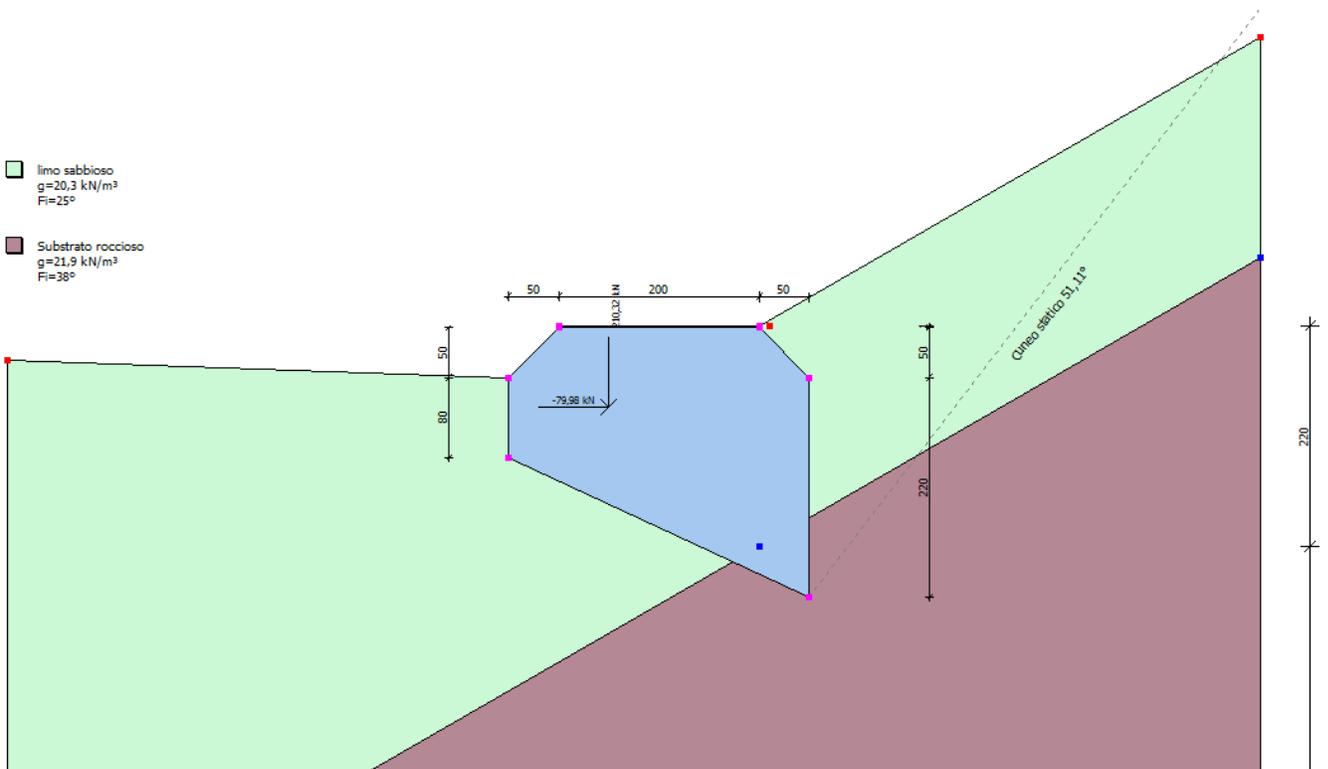
Categoria sottosuolo: A
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,164	0,2	0,0237	0,0119
S.L.D.	1,524	0,29	0,0451	0,0225
S.L.V.	4,2	0,31	0,1328	0,0664
S.L.C.	5,496	1,0	0,5605	0,2802



Dati generali muro

Altezza muro 1,0 cm

Spessore testa muro	200,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	50,0 cm
Sporgenza mensola a monte	50,0 cm
Svaso mensola a valle	50,0 cm
Svaso mensola a valle	50,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	80,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	220,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Peso specifico muro	24,51662 KN/m ³
Resistenza a compressione di calcolo	9,80665 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	0,588399 N/mm ²

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	220	30	20,30	25	0,00	17	No		limo sabbioso
2	2710	30	21,90	38	0,00	25	No		Substrato roccioso

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta verticale	100,0	50,0	0,0	210,32	0,0
spinta orizzontale	100,0	50,0	-79,98	0,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	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	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,30
8	spinta orizzontale ne	1,30

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	1,8
2	Scorrimento	1,1
3	Partecipazione spinta passiva	1

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	0,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	spinta verticale	1,00
8	spinta orizzontale ne	1,00

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 0,1328
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0664

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
131,0	130,8	20,3	30,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
130,8	130,6	20,3	30,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
130,6	130,4	20,3	30,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
130,4	130,2	20,3	30,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
130,2	130,0	20,3	30,0	25,0	16,66	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
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07

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	131,0	130,8	0,0	0,0	130,87	130,87
2	130,8	130,6	0,0	0,0	130,69	130,69
3	130,6	130,4	0,0	0,0	130,49	130,49
4	130,4	130,2	0,0	0,0	130,3	130,3
5	130,2	130,0	0,0	0,0	130,1	130,1

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
130,8	0,01	0,1	150,0	130,9
130,6	0,03	0,2	150,0	130,8
130,4	0,04	0,29	150,0	130,7
130,2	0,05	0,39	150,0	130,6
130,0	0,07	0,49	150,0	130,5

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
130,8	0,01	0,1	0,0	200,0
130,6	0,03	0,2	0,0	200,0
130,4	0,04	0,29	0,0	200,0
130,2	0,05	0,39	0,0	200,0
130,0	0,07	0,49	0,0	200,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (300,0/-139,9)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (300,0/159,9)$

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

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m 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
159,9	131,0	20,3	30,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
131,0	130,8	20,3	30,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
130,8	130,6	20,3	30,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
130,6	130,4	20,3	30,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
130,4	130,2	20,3	30,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
130,2	130,0	20,3	30,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
130,0	80,0	20,3	30,0	25,0	25,0	0,0	0,0	
80,0	0,0	20,3	30,0	25,0	16,66	0,0	0,0	
0,0	-139,89	20,3	30,0	25,0	16,66	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
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
25,0	0,89	1,11	0,29	0,81	0,38	0,26	0,12
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07
16,66	0,84	1,03	0,25	0,81	0,24	0,24	0,07

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	159,9	131,0	0,9	0,42	140,63	140,63
2	131,0	130,8	0,01	0,01	130,9	130,9
3	130,8	130,6	0,01	0,01	130,7	130,7
4	130,6	130,4	0,01	0,01	130,5	130,5
5	130,4	130,2	0,01	0,01	130,3	130,3
6	130,2	130,0	0,01	0,01	130,1	130,1
7	130,0	80,0	5,94	2,77	101,21	101,21
8	80,0	0,0	20,6	8,48	35,63	36,82
9	0,0	-139,89	68,5	24,54	-76,98	-75,82

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
80,0	0,0	20,3	210,0	25,0	16,66	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}
196,66	2,34	-2,25	-0,67

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	80,0	0,0	-14,59	-4,37	26,67	26,67

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	96,01	36,24	-146,75
Carichi esterni	-79,98	210,32	-250,31
Peso muro	0,07	0,49	-0,65
Peso fondazione	18,71	140,92	-233,04
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,54	4,1	-10,94
Spinte fondazione	-14,59	-4,37	-3,89
	20,76	387,71	-645,57

Momento stabilizzante -661,29 kNm
 Momento ribaltante 15,71 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	35,36 kN
Sommatoria forze verticali	392,08 kN
Coefficiente di attrito	0,47
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-25,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	370,28 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	-133,65 kN
Resistenza terreno	187,26 kN
Coeff. sicurezza traslazione C_{sd}	1,4
Traslazione verificata $C_{sd} > 1$	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-661,29 kNm
Momento ribaltante	15,71 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv}	42,09
Muro verificato a ribaltamento $C_{sv} > 1$	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	20,76 kN
Somma forze in direzione y (F_y)	387,71 kN
Somma momenti	-645,57 kNm
Larghezza fondazione	300,0 cm
Lunghezza	300,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	16,51 cm
Peso unità di volume	20,3 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	130,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 kN/m ³
N_q	10,66
N_c	20,72
N_g	10,88
s_q	1,41
s_c	1,46
s_g	0,64
i_q	0,92
i_c	0,91
i_g	0,87
Carico limite verticale (Q_{lim})	1418,06 kN
Fattore sicurezza ($C_{sq} = Q_{lim}/F_y$)	3,66
Carico limite verificato $C_{sq} > 1$	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	166,51 cm
Larghezza della fondazione	300,0 cm
$x = 0,0$ cm Tensione...	86,56 kPa
$x = 300,0$ cm Tensione...	171,91 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	200,00 cm
Eccentricità	0,00 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale K_h	0,1328
Coefficiente sismico verticale K_v	0,0664

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
131,0	130,8	20,3	30,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
130,8	130,6	20,3	30,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
130,6	130,4	20,3	30,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
130,4	130,2	20,3	30,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
130,2	130,0	20,3	30,0	20,46	16,66	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
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07

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	131,0	130,8	0,0	0,0	130,87	130,87
2	130,8	130,6	0,0	0,0	130,69	130,69
3	130,6	130,4	0,0	0,0	130,49	130,49
4	130,4	130,2	0,0	0,0	130,3	130,3
5	130,2	130,0	0,0	0,0	130,1	130,1

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
130,8	0,01	0,1	150,0	130,9
130,6	0,03	0,2	150,0	130,8
130,4	0,04	0,29	150,0	130,7
130,2	0,05	0,39	150,0	130,6
130,0	0,07	0,49	150,0	130,5

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
130,8	0,01	0,1	0,0	200,0
130,6	0,03	0,2	0,0	200,0
130,4	0,04	0,29	0,0	200,0
130,2	0,05	0,39	0,0	200,0
130,0	0,07	0,49	0,0	200,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (300,0/-139,9)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (300,0/159,9)$

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

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma Peso unità di volume (KN/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
159,9	131,0	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
131,0	130,8	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
130,8	130,6	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
130,6	130,4	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
130,4	130,2	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
130,2	130,0	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
130,0	80,0	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
80,0	0,0	20,3	30,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
0,0	-139,89	20,3	30,0	20,46	16,66	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
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07

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	159,9	131,0	1,15	0,35	140,63	140,63
2	131,0	130,8	0,02	0,0	130,9	130,9
3	130,8	130,6	0,02	0,0	130,7	130,7
4	130,6	130,4	0,02	0,0	130,5	130,5
5	130,4	130,2	0,02	0,01	130,3	130,3
6	130,2	130,0	0,02	0,01	130,1	130,1
7	130,0	80,0	7,55	2,33	101,21	101,21
8	80,0	0,0	26,3	7,59	35,58	36,18
9	0,0	-139,89	87,9	23,72	-77,02	-76,48

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
80,0	0,0	20,3	210,0	20,46	16,66	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}
196,66	1,94	-1,86	-0,56

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	80,0	0,0	-12,1	-3,62	26,67	26,67

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	122,97	34,02	-151,04
Carichi esterni	-103,97	273,42	-325,4
Peso muro	0,07	0,49	-0,65
Peso fondazione	18,71	140,92	-233,04
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,54	0,0	0,67
Spinte fondazione	-12,1	-3,62	-3,23
	26,22	445,23	-712,68

Momento stabilizzante -733,06 kNm
 Momento ribaltante 19,71 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	38,32 kN
Sommatoria forze verticali	448,85 kN
Coefficiente di attrito	0,47
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-25,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	422,99 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	-154,96 kN
Resistenza terreno	209,34 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,23

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-733,06 kNm
Momento ribaltante	19,71 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv}	37,2
Muro verificato a ribaltamento $C_{sv}>1$	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	26,22 kN
Somma forze in direzione y (F_y)	445,23 kN
Somma momenti	-712,68 kNm
Larghezza fondazione	300,0 cm
Lunghezza	300,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	10,07 cm
Peso unità di volume	20,3 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	20,46 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	130,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 kN/m ³
N_q	6,7
N_c	15,27
N_g	5,74
s_q	1,35
s_c	1,41
s_g	0,63
i_q	0,91
i_c	0,9
i_g	0,86
Carico limite verticale (Q_{lim})	853,76 kN
Fattore sicurezza ($C_{sq}=Q_{lim}/F_y$)	1,07
Carico limite verificato $C_{sq}>1$	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	160,07 cm
Larghezza della fondazione	300,0 cm
$x = 0,0$ cm Tensione...	118,51 kPa
$x = 300,0$ cm Tensione...	178,3 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	200,00 cm
Eccentricità	0,00 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale K_h	0,1328
Coefficiente sismico verticale K_v	0,0664

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
131,0	130,8	20,3	30,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
130,8	130,6	20,3	30,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
130,6	130,4	20,3	30,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
130,4	130,2	20,3	30,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
130,2	130,0	20,3	30,0	20,46	16,66	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
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07

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	131,0	130,8	0,0	0,0	130,87	130,87
2	130,8	130,6	0,0	0,0	130,69	130,69
3	130,6	130,4	0,0	0,0	130,49	130,49
4	130,4	130,2	0,0	0,0	130,3	130,3
5	130,2	130,0	0,0	0,0	130,1	130,1

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
130,8	0,01	0,09	150,0	130,9
130,6	0,02	0,18	150,0	130,8
130,4	0,04	0,26	150,0	130,7
130,2	0,05	0,35	150,0	130,6
130,0	0,06	0,44	150,0	130,5

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
130,8	0,01	0,09	0,0	200,0
130,6	0,02	0,18	0,0	200,0
130,4	0,04	0,26	0,0	200,0
130,2	0,05	0,35	0,0	200,0
130,0	0,06	0,44	0,0	200,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (300,0/-139,9)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (300,0/159,9)$

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

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma Peso unità di volume (KN/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
159,9	131,0	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
131,0	130,8	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
130,8	130,6	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
130,6	130,4	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
130,4	130,2	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
130,2	130,0	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
130,0	80,0	20,3	30,0	20,46	20,46	0,0	0,0	
80,0	0,0	20,3	30,0	20,46	16,66	0,0	0,0	
0,0	-139,89	20,3	30,0	20,46	16,66	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
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
20,46	0,92	1,11	0,25	0,86	0,32	0,24	0,09
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07
16,66	0,9	1,07	0,23	0,86	0,26	0,22	0,07

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	159,9	131,0	0,93	0,27	140,63	140,63
2	131,0	130,8	0,01	0,0	130,9	130,9
3	130,8	130,6	0,01	0,0	130,7	130,7
4	130,6	130,4	0,01	0,0	130,5	130,5
5	130,4	130,2	0,01	0,0	130,3	130,3
6	130,2	130,0	0,01	0,0	130,1	130,1
7	130,0	80,0	6,11	1,79	101,21	101,21
8	80,0	0,0	21,27	5,84	35,58	36,18
9	0,0	-139,89	71,04	18,25	-77,01	-76,48

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

80,0 0,0 20,3 210,0 20,46 16,66 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}
196,66	1,94	-1,86	-0,56

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	80,0	0,0	-12,1	-3,62	26,67	26,67

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	99,42	26,17	-118,08
Carichi esterni	-79,98	210,32	-250,31
Peso muro	0,06	0,44	-0,59
Peso fondazione	16,84	126,83	-209,73
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,54	0,0	0,67
Spinte fondazione	-12,1	-3,62	-3,23
	24,78	360,14	-581,26

Momento stabilizzante -597,65 kNm

Momento ribaltante 15,71 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	36,88 kN
Sommatoria forze verticali	363,76 kN
Coefficiente di attrito	0,47
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-25,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	345,27 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	-120,3 kN
Resistenza terreno	173,1 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,44
Traslazione verificata Csd > 1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-597,65 kNm
Momento ribaltante	15,71 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv}	38,03
Muro verificato a ribaltamento $C_{sv} > 1$	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	24,78 kN
Somma forze in direzione y (F_y)	360,14 kN
Somma momenti	-581,26 kNm
Larghezza fondazione	300,0 cm
Lunghezza	300,0 cm
Inclinazione piano di posa	-25,0 °
Eccentricità su B	11,4 cm
Peso unità di volume	20,3 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	20,46 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	130,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	20,3 kN/m ³
N_q	6,7
N_c	15,27
N_g	5,74
s_q	1,34
s_c	1,41
s_g	0,63
i_q	0,9
i_c	0,88
i_g	0,84
Carico limite verticale (Q_{lim})	827,13 kN
Fattore sicurezza ($C_{sq} = Q_{lim}/F_y$)	2,3
Carico limite verificato $C_{sq} > 1$	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	161,4 cm
Larghezza della fondazione	300,0 cm
$x = 0,0$ cm Tensione...	92,68 kPa
$x = 300,0$ cm Tensione...	147,41 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	200,00 cm
Eccentricità	0,01 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 118

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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 terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti k_h e k_v devono essere calcolati come:

$$k_h = S a_g / r \qquad k_v = 0,5 k_h$$

in cui $S a_g$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. 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).

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:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

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

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:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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:

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

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso;
- La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra;
- La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x ;

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (*K costante*) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa (λ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q$$

Avendo indicato con:

γ Peso unità di volume del terreno;
 D Lunghezza del palo;
 N_c e N_q Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di α , β e λ dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo A, proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = A \times c + q \times K \times \text{tg } \delta$$

c valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate.

q pressione verticale del terreno

k coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + \text{tg}^2 \phi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \text{tg}^2 \phi$$

δ attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \times \text{tg } \phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \text{tg } \phi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

Inoltre:

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{\text{oeffrid}} = 1 - k_h$$

Infine

- Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , ϕ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%
- Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito. Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \times B \times I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- τ_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- E Modulo elastico del terreno;
- B Diametro del palo;
- $I_{i,j}$ Coefficiente di influenza;

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree

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.

Calcolo della spinta

H= 459,17 carico sulla condotta
 D= 50 diametro condotta
 P1= 856,1958 pressione
 p2= 856,1958 pressione
 α = 90 1,5708
 R= 1210,846 KN

profondità= 2 m

Spinta= 605,42 KN spinta al ml di blocco

Dati generali

Calcolo di resistenza

Stati limiti ultimi

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Descrizione:
 Latitudine: 38,08
 Longitudine: 15,73
 Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe IV
 Vita nominale: 50,0 [anni]
 Vita di riferimento: 100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

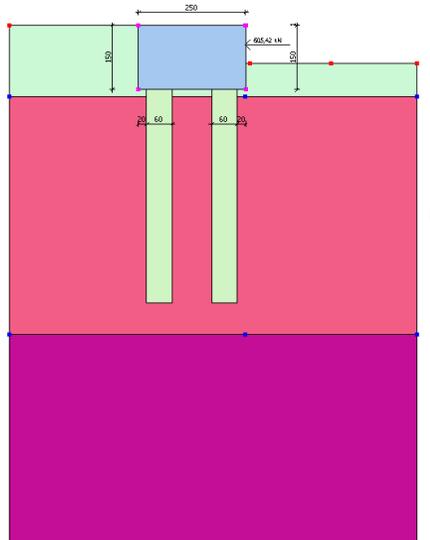
Categoria sottosuolo: A
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,97	0,2	0,0198	0,0099
S.L.D.	1,27	0,29	0,0376	0,0188
S.L.V.	3,5	0,31	0,1106	0,0553
S.L.C.	4,58	1,0	0,4671	0,2335



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	250,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	1,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Svaso mensola a monte	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	150,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	150,0 cm
Sezione dei pali	60,0 cm
Lunghezza dei pali	500,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	50,0 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
f _{yk} (Tensione caratteristica snervamento)	440 N/mm ²
f _{yd} (Resistenza ultima di calcolo)	382,61 N/mm ²
Deformazione ultima di calcolo	0,01

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	167	0	19,50	36	0,00	24	No		depositi alluvionali
2	558	0	20,00	38	0,00	25	No		Sabbia o sabbia limosa densa
3	2580	0	20,50	40	0,00	27	No		Sabbia o sabbia limosa densa

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta	250,0	105,0	605,42	0,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
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	spinta	1,30

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
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	spinta	1,00

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R1

Coefficiente sismico orizzontale K_h 0,1106
 Coefficiente sismico verticale K_v 0,0553

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Q_i Quota iniziale strato (cm);
 Q_f Quota finale strato
 Γ Peso unità di volume (KN/m³);
 ϵ Inclinazione dello strato. (°);
 F_i Angolo di resistenza a taglio (°);
 Δ 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
151,0	150,8	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,12	126,0	150,9
150,6	0,03	0,25	126,0	150,8
150,4	0,04	0,37	126,0	150,7
150,2	0,06	0,5	126,0	150,6

150,0 0,07 0,62 126,0 150,5

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
150,8	0,01	0,12	0,0	250,0
150,6	0,03	0,25	0,0	250,0
150,4	0,04	0,38	0,0	250,0
150,2	0,06	0,5	0,0	250,0
150,0	0,07	0,63	0,0	250,0

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

Afv Area dei ferri lato valle.
 Afr 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	Afr	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,5	0,0	67842,14
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	33893,45
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	22577,25
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,52	4612,77	S	938,55	0,0	16919,18
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,57	0,0	13524,35

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
151,0	150,8	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,0	0,0	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
6	150,0	0,0	6,58	2,95	50,31	50,5

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
150,0	0,0	19,5	180,0	36,0	24,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.

Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	3,59	-3,28	-1,46

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	150,0	0,0	-71,97	-32,05	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	6,58	2,95	-4,13
Carichi esterni	605,42	0,0	635,69
Peso muro	0,07	0,62	-0,68
Peso fondazione	10,45	94,49	-111,22
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-71,97	-32,05	-35,98
	550,55	66,02	483,68

Momento stabilizzante	-127,28	kNm
Momento ribaltante	610,96	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	466,89 kN
Forza verticale	676,47 kN

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	16,0 cm
Peso unità di volume	19,5 kN/m ³
Angolo di attrito	36,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	29419,96 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	215746,3 kN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	484,0 cm
Peso unità di volume	20,0 kN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	49033,28 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	156,97 cm
Cedimento del palo	0,24 cm
Spostamento in x	0,46 cm
Rotazione in testa	0,17 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 327,53 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	2281,37 kN
Carico limite laterale	160,67 kN
Carico limite totale	2442,04 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1
Resistenza di calcolo	2442,04 kN
Fattore di sicurezza Fs	3,43

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	676,47 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	676,44 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	340,33 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	113,26 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	353,63 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifica palo alla profondità di cm 196,00

Momento	241,85 kNm
Sforzo normale	690,05 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	690,05 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,19 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata

Resistenza a taglio congl. (Vcd)	114,33 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 313,95

Momento	95,28 kNm
Sforzo normale	698,23 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	698,26 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,72 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	114,98 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-71,97	-31,67	17,67	150,0

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	Resistenze 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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	71,98	1690,5	S	569,4	0,0	17,98

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

251,0 6,58 3,33 -1,66 150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	-6,56	1637,43	S	557,85	0,0	167,77

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1106
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0553

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
151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,12	126,0	150,9
150,6	0,03	0,25	126,0	150,8
150,4	0,04	0,37	126,0	150,7
150,2	0,06	0,5	126,0	150,6
150,0	0,07	0,62	126,0	150,5

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
150,8	0,01	0,12	0,0	250,0
150,6	0,03	0,25	0,0	250,0
150,4	0,04	0,38	0,0	250,0
150,2	0,06	0,5	0,0	250,0
150,0	0,07	0,63	0,0	250,0

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
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,5	0,0	67813,57
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	33864,95
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	22548,8
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,52	4612,77	S	938,55	0,0	16890,79
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,57	0,0	13496,02

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
151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,0	0,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
6	150,0	0,0	9,9	3,47	50,32	50,41

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
150,0	0,0	19,5	180,0	30,17	24,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	2,79	-2,55	-1,13

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	150,0	0,0	-55,91	-24,9	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

Fx

Fy

M

Spinta terreno	9,9	3,47	-3,76
Carichi esterni	787,05	0,0	826,4
Peso muro	0,07	0,62	-0,68
Peso fondazione	10,45	94,49	-111,22
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-55,91	-24,9	-27,96
	751,55	73,69	682,78

Momento stabilizzante	-128,59	kNm
Momento ribaltante	811,36	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	605,6 kN
Forza verticale	874,63 kN

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	16,0 cm
Peso unità di volume	19,5 KN/m ³
Angolo di attrito	36,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	29419,96 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	215746,3 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	484,0 cm
Peso unità di volume	20,0 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	49033,28 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	156,97 cm
Cedimento del palo	0,31 cm
Spostamento in x	0,6 cm
Rotazione in testa	0,22 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 327,53 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	2281,37 kN
Carico limite laterale	160,67 kN
Carico limite totale	1436,49 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale	1,7
Resistenza di calcolo	1436,49 kN
Fattore di sicurezza F_s	1,58

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	874,63 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	874,71 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	352,5 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	128,93 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	476,67 kN
Misura Sicurezza Taglio	9999,0

Verifica palo alla profondità di cm 196,00

Momento	313,71 kNm
Sforzo normale	888,21 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	888,16 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	353,28 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	130,01 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 313,95

Momento	123,58 kNm
Sforzo normale	896,39 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	896,4 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	353,76 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	130,65 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-55,91	-24,52	13,73	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	55,84	1679,61	S	567,04	0,0	23,13

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
251,0	9,9	3,84	-2,48	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	-9,89	1635,18	S	557,36	0,0	145,03

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1106
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0553

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
151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,11	126,0	150,9
150,6	0,02	0,22	126,0	150,8
150,4	0,04	0,34	126,0	150,7
150,2	0,05	0,45	126,0	150,6
150,0	0,06	0,56	126,0	150,5

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
150,8	0,01	0,11	0,0	250,0
150,6	0,02	0,22	0,0	250,0
150,4	0,04	0,34	0,0	250,0
150,2	0,05	0,45	0,0	250,0
150,0	0,06	0,56	0,0	250,0

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
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,49	0,0	75356,77
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	37636,06
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	25062,55
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,54	0,0	18775,84
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,56	0,0	15003,86

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

151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,0	0,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
6	150,0	0,0	8,11	2,67	50,32	50,41

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

150,0	0,0	19,5	180,0	30,17	24,0	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	2,79	-2,55	-1,13

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	150,0	0,0	-55,91	-24,9	50,0	50,0

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	8,11	2,67	-2,64
Carichi esterni	605,42	0,0	635,69
Peso muro	0,06	0,56	-0,62
Peso fondazione	9,41	85,04	-100,1
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-55,91	-24,9	-27,96
	567,08	63,37	504,38

Momento stabilizzante	-114,58	kNm
Momento ribaltante	618,96	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	467,25 kN
Forza verticale	677,02 kN

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm

Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	16,0 cm
Peso unità di volume	19,5 KN/m ³
Angolo di attrito	36,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	29419,96 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	215746,3 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	484,0 cm
Peso unità di volume	20,0 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	49033,28 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	156,97 cm
Cedimento del palo	0,24 cm
Spostamento in x	0,46 cm
Rotazione in testa	0,17 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 327,53 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	2281,37 kN
Carico limite laterale	160,67 kN
Carico limite totale	1436,49 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale	1,7
Resistenza di calcolo	1436,49 kN
Fattore di sicurezza Fs	2,02

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	677,02 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	676,93 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	340,36 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	113,3 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	353,94 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifica palo alla profondità di cm 196,00

Momento	242,04 kNm
Sforzo normale	690,61 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	690,53 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,23 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	114,38 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 313,95

Momento	95,35 kNm
Sforzo normale	698,79 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	698,74 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,75 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	115,03 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-55,91	-24,56	13,73	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	55,84	1679,61	S	567,04	0,0	23,09

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
251,0	8,11	3,01	-2,03	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	-8,15	1636,36	S	557,62	0,0	185,55

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 124

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti k_h e k_v devono essere calcolati come:

$$k_h = S a_g / r \qquad k_v = 0,5 k_h$$

in cui $S a_g$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. 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).

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:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

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

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:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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:

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

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- a) La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso;
- b) La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra;
- c) La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x ;

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (*K costante*) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa (λ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q$$

Avendo indicato con:

γ Peso unità di volume del terreno;
 D Lunghezza del palo;
 N_c e N_q Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di α , β e λ dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo A, proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = A \times c + q \times K \times \text{tg } \delta$$

c valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate.

q pressione verticale del terreno

k coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + \text{tg}^2 \phi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \text{tg}^2 \phi$$

δ attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \times \text{tg } \phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \text{tg } \phi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

Inoltre:

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{\text{oeffrid}} = 1 - k_h$$

Infine

- Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , ϕ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%
- Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito. Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \times B \times I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- τ_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- E Modulo elastico del terreno;
- B Diametro del palo;
- $I_{i,j}$ Coefficiente di influenza;

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree

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.

Calcolo della spinta

H= 459,17 carico sulla condotta
 D= 50 diametro condotta
 P1= 856,1958 pressione
 p2= 856,1958 pressione
 α = 90 1,5708
 R= 1210,846 KN

profondità= 2 m

Spinta= 605,42 KN spinta al ml di blocco

Dati generali

Calcolo di resistenza

Stati limiti ultimi

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Descrizione:
 Latitudine: 38,08
 Longitudine: 15,73
 Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe IV
 Vita nominale: 50,0 [anni]
 Vita di riferimento: 100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

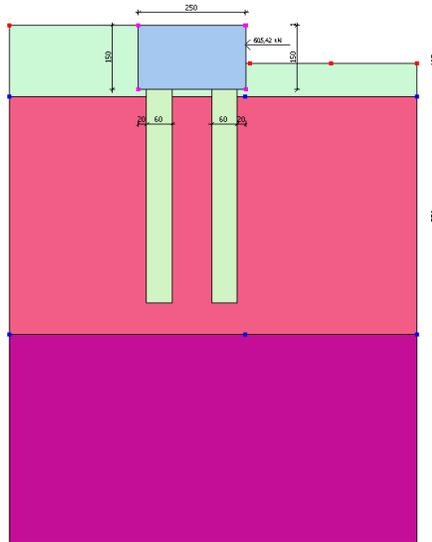
Categoria sottosuolo: A
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,97	0,2	0,0198	0,0099
S.L.D.	1,27	0,29	0,0376	0,0188
S.L.V.	3,5	0,31	0,1106	0,0553
S.L.C.	4,58	1,0	0,4671	0,2335



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	250,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	1,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Svaso mensola a monte	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	150,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	150,0 cm
Sezione dei pali	60,0 cm
Lunghezza dei pali	500,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	50,0 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
f _{yk} (Tensione caratteristica snervamento)	440 N/mm ²
f _{yd} (Resistenza ultima di calcolo)	382,61 N/mm ²
Deformazione ultima di calcolo	0,01

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	167	0	19,50	36	0,00	24	No		depositi alluvionali
2	558	0	20,00	38	0,00	25	No		Sabbia o sabbia limosa densa
3	2580	0	20,50	40	0,00	27	No		Sabbia o sabbia limosa densa

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta	250,0	105,0	605,42	0,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
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	spinta	1,30

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
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	spinta	1,00

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R1

Coefficiente sismico orizzontale K_h 0,1106
 Coefficiente sismico verticale K_v 0,0553

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Q_i Quota iniziale strato (cm);
 Q_f Quota finale strato
 γ Peso unità di volume (KN/m³);
 ϵ_{ps} Inclinazione dello strato. (°);
 F_i Angolo di resistenza a taglio (°);
 Δ 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
151,0	150,8	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,12	126,0	150,9
150,6	0,03	0,25	126,0	150,8
150,4	0,04	0,37	126,0	150,7
150,2	0,06	0,5	126,0	150,6

150,0 0,07 0,62 126,0 150,5

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
150,8	0,01	0,12	0,0	250,0
150,6	0,03	0,25	0,0	250,0
150,4	0,04	0,38	0,0	250,0
150,2	0,06	0,5	0,0	250,0
150,0	0,07	0,63	0,0	250,0

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

Afv Area dei ferri lato valle.
 Afr 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	Afr	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,5	0,0	67842,14
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	33893,45
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	22577,25
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,52	4612,77	S	938,55	0,0	16919,18
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,57	0,0	13524,35

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
151,0	150,8	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,0	0,0	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
6	150,0	0,0	6,58	2,95	50,31	50,5

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
150,0	0,0	19,5	180,0	36,0	24,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.

Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	3,59	-3,28	-1,46

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	150,0	0,0	-71,97	-32,05	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	6,58	2,95	-4,13
Carichi esterni	605,42	0,0	635,69
Peso muro	0,07	0,62	-0,68
Peso fondazione	10,45	94,49	-111,22
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-71,97	-32,05	-35,98
	550,55	66,02	483,68

Momento stabilizzante	-127,28	kNm
Momento ribaltante	610,96	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	466,89 kN
Forza verticale	676,47 kN

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	16,0 cm
Peso unità di volume	19,5 kN/m ³
Angolo di attrito	36,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	29419,96 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	215746,3 kN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	484,0 cm
Peso unità di volume	20,0 kN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	49033,28 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	156,97 cm
Cedimento del palo	0,24 cm
Spostamento in x	0,46 cm
Rotazione in testa	0,17 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 327,53 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	2281,37 kN
Carico limite laterale	160,67 kN
Carico limite totale	2442,04 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1
Resistenza di calcolo	2442,04 kN
Fattore di sicurezza Fs	3,43

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	676,47 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	676,44 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	340,33 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	113,26 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	353,63 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifica palo alla profondità di cm 196,00

Momento	241,85 kNm
Sforzo normale	690,05 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	690,05 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,19 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata

Resistenza a taglio congl. (Vcd)	114,33 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 313,95

Momento	95,28 kNm
Sforzo normale	698,23 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	698,26 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,72 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	114,98 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-71,97	-31,67	17,67	150,0

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	Resistenze 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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	71,98	1690,5	S	569,4	0,0	17,98

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

251,0 6,58 3,33 -1,66 150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	-6,56	1637,43	S	557,85	0,0	167,77

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1106
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0553

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
151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,12	126,0	150,9
150,6	0,03	0,25	126,0	150,8
150,4	0,04	0,37	126,0	150,7
150,2	0,06	0,5	126,0	150,6
150,0	0,07	0,62	126,0	150,5

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
150,8	0,01	0,12	0,0	250,0
150,6	0,03	0,25	0,0	250,0
150,4	0,04	0,38	0,0	250,0
150,2	0,06	0,5	0,0	250,0
150,0	0,07	0,63	0,0	250,0

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
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,5	0,0	67813,57
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	33864,95
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	22548,8
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,52	4612,77	S	938,55	0,0	16890,79
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,57	0,0	13496,02

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
151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,0	0,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
6	150,0	0,0	9,9	3,47	50,32	50,41

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
150,0	0,0	19,5	180,0	30,17	24,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	2,79	-2,55	-1,13

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	150,0	0,0	-55,91	-24,9	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

Fx

Fy

M

Spinta terreno	9,9	3,47	-3,76
Carichi esterni	787,05	0,0	826,4
Peso muro	0,07	0,62	-0,68
Peso fondazione	10,45	94,49	-111,22
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-55,91	-24,9	-27,96
	751,55	73,69	682,78

Momento stabilizzante	-128,59	kNm
Momento ribaltante	811,36	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	605,6 kN
Forza verticale	874,63 kN

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	16,0 cm
Peso unità di volume	19,5 KN/m ³
Angolo di attrito	36,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	29419,96 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	215746,3 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	484,0 cm
Peso unità di volume	20,0 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	49033,28 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	156,97 cm
Cedimento del palo	0,31 cm
Spostamento in x	0,6 cm
Rotazione in testa	0,22 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 327,53 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	2281,37 kN
Carico limite laterale	160,67 kN
Carico limite totale	1436,49 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale	1,7
Resistenza di calcolo	1436,49 kN
Fattore di sicurezza F_s	1,58

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	874,63 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	874,71 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	352,5 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	128,93 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	476,67 kN
Misura Sicurezza Taglio	9999,0

Verifica palo alla profondità di cm 196,00

Momento	313,71 kNm
Sforzo normale	888,21 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	888,16 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	353,28 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	130,01 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 313,95

Momento	123,58 kNm
Sforzo normale	896,39 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	896,4 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	353,76 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	130,65 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-55,91	-24,52	13,73	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	55,84	1679,61	S	567,04	0,0	23,13

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
251,0	9,9	3,84	-2,48	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	-9,89	1635,18	S	557,36	0,0	145,03

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1106
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0553

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
151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,11	126,0	150,9
150,6	0,02	0,22	126,0	150,8
150,4	0,04	0,34	126,0	150,7
150,2	0,05	0,45	126,0	150,6
150,0	0,06	0,56	126,0	150,5

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
150,8	0,01	0,11	0,0	250,0
150,6	0,02	0,22	0,0	250,0
150,4	0,04	0,34	0,0	250,0
150,2	0,05	0,45	0,0	250,0
150,0	0,06	0,56	0,0	250,0

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
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,49	0,0	75356,77
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	37636,06
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	25062,55
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,54	0,0	18775,84
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,56	0,0	15003,86

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

151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,0	0,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
6	150,0	0,0	8,11	2,67	50,32	50,41

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

150,0	0,0	19,5	180,0	30,17	24,0	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	2,79	-2,55	-1,13

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	150,0	0,0	-55,91	-24,9	50,0	50,0

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	8,11	2,67	-2,64
Carichi esterni	605,42	0,0	635,69
Peso muro	0,06	0,56	-0,62
Peso fondazione	9,41	85,04	-100,1
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-55,91	-24,9	-27,96
	567,08	63,37	504,38

Momento stabilizzante	-114,58	kNm
Momento ribaltante	618,96	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	467,25 kN
Forza verticale	677,02 kN

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm

Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	16,0 cm
Peso unità di volume	19,5 KN/m ³
Angolo di attrito	36,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	29419,96 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	215746,3 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	484,0 cm
Peso unità di volume	20,0 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	49033,28 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	156,97 cm
Cedimento del palo	0,24 cm
Spostamento in x	0,46 cm
Rotazione in testa	0,17 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 327,53 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	2281,37 kN
Carico limite laterale	160,67 kN
Carico limite totale	1436,49 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale	1,7
Resistenza di calcolo	1436,49 kN
Fattore di sicurezza Fs	2,02

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	677,02 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	676,93 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	340,36 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	113,3 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	353,94 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifica palo alla profondità di cm 196,00

Momento	242,04 kNm
Sforzo normale	690,61 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	690,53 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,23 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	114,38 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 313,95

Momento	95,35 kNm
Sforzo normale	698,79 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	698,74 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,75 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	115,03 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-55,91	-24,56	13,73	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	55,84	1679,61	S	567,04	0,0	23,09

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
251,0	8,11	3,01	-2,03	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	-8,15	1636,36	S	557,62	0,0	185,55

BLOCCHI DI ANCORAGGIO CONDOTTA
RELAZIONE BLOCCO PICCHETTO 124

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

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

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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti k_h e k_v devono essere calcolati come:

$$k_h = S a_g / r \qquad k_v = 0,5 k_h$$

in cui $S a_g$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. 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).

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:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

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

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:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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:

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

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso;
- La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra;
- La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x ;

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (*K costante*) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa (λ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q$$

Avendo indicato con:

γ Peso unità di volume del terreno;
 D Lunghezza del palo;
 N_c e N_q Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di α , β e λ dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo A, proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = A \times c + q \times K \times \text{tg } \delta$$

c valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate.

q pressione verticale del terreno

k coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + \text{tg}^2 \phi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \text{tg}^2 \phi$$

δ attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \times \text{tg } \phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \text{tg } \phi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

Inoltre:

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{\text{oeffrid}} = 1 - k_h$$

Infine

- Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , ϕ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%
- Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito. Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \times B \times I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- τ_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- E Modulo elastico del terreno;
- B Diametro del palo;
- $I_{i,j}$ Coefficiente di influenza;

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree

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.

Calcolo della spinta

H= 459,17 carico sulla condotta
 D= 50 diametro condotta
 P1= 856,1958 pressione
 p2= 856,1958 pressione
 α = 90 1,5708
 R= 1210,846 KN

profondità= 2 m

Spinta= 605,42 KN spinta al ml di blocco

Dati generali

Calcolo di resistenza

Stati limiti ultimi

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Descrizione:
 Latitudine: 38,08
 Longitudine: 15,73
 Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe IV
 Vita nominale: 50,0 [anni]
 Vita di riferimento: 100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

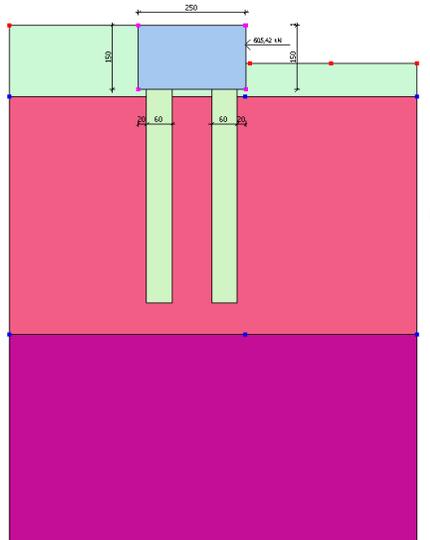
Categoria sottosuolo: A
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,97	2,28	0,29
S.L.D.	101,0	1,27	2,29	0,31
S.L.V.	949,0	3,5	2,47	0,39
S.L.C.	1950,0	4,58	2,5	0,43

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,97	0,2	0,0198	0,0099
S.L.D.	1,27	0,29	0,0376	0,0188
S.L.V.	3,5	0,31	0,1106	0,0553
S.L.C.	4,58	1,0	0,4671	0,2335



Dati generali muro

Altezza muro	1,0 cm
Spessore testa muro	250,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	1,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Svaso mensola a monte	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	150,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	150,0 cm
Sezione dei pali	60,0 cm
Lunghezza dei pali	500,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	50,0 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	0,01

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	167	0	19,50	36	0,00	24	No		depositi alluvionali
2	558	0	20,00	38	0,00	25	No		Sabbia o sabbia limosa densa
3	2580	0	20,50	40	0,00	27	No		Sabbia o sabbia limosa densa

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
spinta	250,0	105,0	605,42	0,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	spinta	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
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	spinta	1,30

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
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	spinta	1,00

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,7
3	Coefficiente totale	1,7
4	Laterale (trazione)	1,7
5	Orizzontale	1,7
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R1

Coefficiente sismico orizzontale K_h 0,1106
 Coefficiente sismico verticale K_v 0,0553

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Q_i Quota iniziale strato (cm);
 Q_f Quota finale strato
 Γ Peso unità di volume (KN/m³);
 ϵ Inclinazione dello strato. (°);
 F_i Angolo di resistenza a taglio (°);
 Δ 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
151,0	150,8	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,12	126,0	150,9
150,6	0,03	0,25	126,0	150,8
150,4	0,04	0,37	126,0	150,7
150,2	0,06	0,5	126,0	150,6

150,0 0,07 0,62 126,0 150,5

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
150,8	0,01	0,12	0,0	250,0
150,6	0,03	0,25	0,0	250,0
150,4	0,04	0,38	0,0	250,0
150,2	0,06	0,5	0,0	250,0
150,0	0,07	0,63	0,0	250,0

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

Afv Area dei ferri lato valle.
 Afr 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	Afr	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,5	0,0	67842,14
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	33893,45
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	22577,25
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,52	4612,77	S	938,55	0,0	16919,18
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,57	0,0	13524,35

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
151,0	150,8	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	36,0	36,0	0,0	0,0	
150,0	0,0	19,5	0,0	36,0	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
36,0	0,24	0,32	0,1	0,2	0,14	0,08	0,06
24,0	0,23	0,31	0,09	0,21	0,1	0,08	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
6	150,0	0,0	6,58	2,95	50,31	50,5

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
150,0	0,0	19,5	180,0	36,0	24,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.

Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	3,59	-3,28	-1,46

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	150,0	0,0	-71,97	-32,05	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	6,58	2,95	-4,13
Carichi esterni	605,42	0,0	635,69
Peso muro	0,07	0,62	-0,68
Peso fondazione	10,45	94,49	-111,22
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-71,97	-32,05	-35,98
	550,55	66,02	483,68

Momento stabilizzante	-127,28	kNm
Momento ribaltante	610,96	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	466,89 kN
Forza verticale	676,47 kN

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	16,0 cm
Peso unità di volume	19,5 kN/m ³
Angolo di attrito	36,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	29419,96 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	215746,3 kN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	484,0 cm
Peso unità di volume	20,0 kN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	49033,28 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	156,97 cm
Cedimento del palo	0,24 cm
Spostamento in x	0,46 cm
Rotazione in testa	0,17 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 327,53 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	2281,37 kN
Carico limite laterale	160,67 kN
Carico limite totale	2442,04 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1
Resistenza di calcolo	2442,04 kN
Fattore di sicurezza Fs	3,43

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	676,47 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	676,44 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	340,33 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	113,26 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	353,63 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifica palo alla profondità di cm 196,00

Momento	241,85 kNm
Sforzo normale	690,05 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	690,05 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,19 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata

Resistenza a taglio congl. (Vcd)	114,33 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 313,95

Momento	95,28 kNm
Sforzo normale	698,23 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	698,26 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,72 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	114,98 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-71,97	-31,67	17,67	150,0

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	Resistenze 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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	71,98	1690,5	S	569,4	0,0	17,98

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

251,0 6,58 3,33 -1,66 150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	-6,56	1637,43	S	557,85	0,0	167,77

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1106
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0553

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
151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,12	126,0	150,9
150,6	0,03	0,25	126,0	150,8
150,4	0,04	0,37	126,0	150,7
150,2	0,06	0,5	126,0	150,6
150,0	0,07	0,62	126,0	150,5

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
150,8	0,01	0,12	0,0	250,0
150,6	0,03	0,25	0,0	250,0
150,4	0,04	0,38	0,0	250,0
150,2	0,06	0,5	0,0	250,0
150,0	0,07	0,63	0,0	250,0

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
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,5	0,0	67813,57
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	33864,95
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	22548,8
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,52	4612,77	S	938,55	0,0	16890,79
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,57	0,0	13496,02

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
151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0	
150,0	0,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
6	150,0	0,0	9,9	3,47	50,32	50,41

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
150,0	0,0	19,5	180,0	30,17	24,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	2,79	-2,55	-1,13

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	150,0	0,0	-55,91	-24,9	50,0	50,0

Sollecitazioni totali

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

Fx

Fy

M

Spinta terreno	9,9	3,47	-3,76
Carichi esterni	787,05	0,0	826,4
Peso muro	0,07	0,62	-0,68
Peso fondazione	10,45	94,49	-111,22
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-55,91	-24,9	-27,96
	751,55	73,69	682,78

Momento stabilizzante	-128,59	kNm
Momento ribaltante	811,36	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	605,6 kN
Forza verticale	874,63 kN

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	16,0 cm
Peso unità di volume	19,5 KN/m ³
Angolo di attrito	36,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	29419,96 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	215746,3 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	484,0 cm
Peso unità di volume	20,0 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	49033,28 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	156,97 cm
Cedimento del palo	0,31 cm
Spostamento in x	0,6 cm
Rotazione in testa	0,22 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 327,53 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	2281,37 kN
Carico limite laterale	160,67 kN
Carico limite totale	1436,49 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale	1,7
Resistenza di calcolo	1436,49 kN
Fattore di sicurezza F_s	1,58

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	874,63 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	874,71 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	352,5 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	128,93 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	476,67 kN
Misura Sicurezza Taglio	9999,0

Verifica palo alla profondità di cm 196,00

Momento	313,71 kNm
Sforzo normale	888,21 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	888,16 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	353,28 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	130,01 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 313,95

Momento	123,58 kNm
Sforzo normale	896,39 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	896,4 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	353,76 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	130,65 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-55,91	-24,52	13,73	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	55,84	1679,61	S	567,04	0,0	23,13

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
251,0	9,9	3,84	-2,48	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	-9,89	1635,18	S	557,36	0,0	145,03

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,1106
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0553

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
151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1

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
150,8	0,01	0,11	126,0	150,9
150,6	0,02	0,22	126,0	150,8
150,4	0,04	0,34	126,0	150,7
150,2	0,05	0,45	126,0	150,6
150,0	0,06	0,56	126,0	150,5

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
150,8	0,01	0,11	0,0	250,0
150,6	0,02	0,22	0,0	250,0
150,4	0,04	0,34	0,0	250,0
150,2	0,05	0,45	0,0	250,0
150,0	0,06	0,56	0,0	250,0

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
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,12	4612,32	S	938,49	0,0	75356,77
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,25	4612,47	S	938,51	0,0	37636,06
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,53	0,0	25062,55
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,38	4612,62	S	938,54	0,0	18775,84
13Ø16 (26,14)	25Ø16 (50,27)	0,65	4612,92	S	938,56	0,0	15003,86

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

151,0	150,8	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,8	150,6	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,6	150,4	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,4	150,2	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,2	150,0	19,5	0,0	30,17	30,17	0,0	0,0
150,0	0,0	19,5	0,0	30,17	24,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
30,17	0,3	0,39	0,11	0,26	0,15	0,1	0,06
24,0	0,29	0,38	0,11	0,27	0,12	0,1	0,04

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	151,0	150,8	0,0	0,0	150,87	150,87
2	150,8	150,6	0,0	0,0	150,69	150,69
3	150,6	150,4	0,0	0,0	150,49	150,49
4	150,4	150,2	0,0	0,0	150,3	150,3
5	150,2	150,0	0,0	0,0	150,1	150,1
6	150,0	0,0	8,11	2,67	50,32	50,41

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

150,0	0,0	19,5	180,0	30,17	24,0	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	2,79	-2,55	-1,13

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	150,0	0,0	-55,91	-24,9	50,0	50,0

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	8,11	2,67	-2,64
Carichi esterni	605,42	0,0	635,69
Peso muro	0,06	0,56	-0,62
Peso fondazione	9,41	85,04	-100,1
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-55,91	-24,9	-27,96
	567,08	63,37	504,38

Momento stabilizzante	-114,58	kNm
Momento ribaltante	618,96	kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	467,25 kN
Forza verticale	677,02 kN

Dati palo

Lunghezza	500,0 cm
Diametro	60,0 cm

Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	16,0 cm
Peso unità di volume	19,5 KN/m ³
Angolo di attrito	36,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	29419,96 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	215746,3 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	484,0 cm
Peso unità di volume	20,0 KN/m ³
Angolo di attrito	38,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	49033,28 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	156,97 cm
Cedimento del palo	0,24 cm
Spostamento in x	0,46 cm
Rotazione in testa	0,17 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 327,53 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	2281,37 kN
Carico limite laterale	160,67 kN
Carico limite totale	1436,49 kN
Coefficiente di sicurezza punta	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale	1,7
Resistenza di calcolo	1436,49 kN
Fattore di sicurezza Fs	2,02

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	677,02 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	676,93 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	340,36 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	113,3 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	353,94 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifica palo alla profondità di cm 196,00

Momento	242,04 kNm
Sforzo normale	690,61 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	690,53 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,23 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	114,38 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

Verifiche palo alla profondità di cm 313,95

Momento	95,35 kNm
Sforzo normale	698,79 kN
Area ferri	28,27 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	698,74 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	341,75 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	115,03 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	128,46 kN
Misura Sicurezza Taglio	1,0

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	-55,91	-24,56	13,73	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	55,84	1679,61	S	567,04	0,0	23,09

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
251,0	8,11	3,01	-2,03	150,0

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
8Ø16 (16,08)	15Ø16 (30,16)	-8,15	1636,36	S	557,62	0,0	185,55