



CITTA' DI VITERBO

SETTORE VI

LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DEGLI
IMPIANTI SPORTIVI E DELLE LIMITROFE
AREE A VERDE DEL QUARTIERE PILASTRO

I° STRALCIO - RIFACIMENTO DEL CAMPO
DA CALCIO "VINCENZO ROSSI" CON
NUOVO MANTO IN ERBA SINTETICA

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE E FASCICOLO DI CALCOLO

ELABORATO N.:

ES04

AGGIORNAMENTO:

ESECUZIONE:
MAGGIO 2018

SCALA:

I TECNICI DELL'UFFICIO MANUTENZIONE IMMOBILI ED IMPIANTI SPORTIVI

ARCH. SERGIO PROIETTI
ING. MAURIZIO DI GIAMBATTISTA

PROGETTISTA STRUTTURE

ING. MAURO SAVELLI

V. IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Indice:

RELAZIONE DI CALCOLO	2
TABULATI DI CALCOLO	5
VERICHE SEZIONE AD ALTEZZA MASSIMA 240CM.....	5
VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE.....	54

RELAZIONE DI CALCOLO

Caratterizzazione delle opere in progetto (Rif. Par.2.4 NTC2018)

Ai fini della classificazione delle opere si assume che:

Classe d'uso II

Vita nominale $V_N = 75$ anni

Caratteristiche del sito (Rif. Par.3.2.2 NTC2018)

Il sito, ove è ubicato il progetto delle opere da realizzare, viene caratterizzato sulla base di una zonazione del territorio nazionale, in funzione della tipologia delle azioni da considerare, che impegnano le strutture nella loro vita utile.

Con riferimento alla caratterizzazione stratigrafica del sito, in accordo con rilievi di dettaglio effettuati in zone immediatamente limitrofe, il substrato interessato dalle opere in progetto viene classificato come **Categoria di sottosuolo C**.

Con riferimento alla caratterizzazione topografica, in base alle caratteristiche orografiche del sito, esso è classificabile come appartenente alla **Categoria Topografica T1**.

Le condizioni ambientali cui saranno sottoposte le opere vengono classificate come **ordinarie**.

Caratterizzazione sismica del sito

La Pericolosità sismica di base viene determinata partendo dalle coordinate geografiche del sito in esame:

Latitudine 42.423131

Longitudine 12.096701

Tale localizzazione all'interno del reticolo di riferimento, in cui è stato suddiviso l'intero territorio nazionale, è necessaria per determinare i valori dei parametri sismici fondamentali, che consentono di calcolare l'azione sismica di progetto, come prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

In definitiva, i parametri utili per la caratterizzazione sismica del sito in cui sorgono le opere del presente progetto, vengono di seguito riportati

S.L.	TR	ag	F0	TC*
S.L.O.	45.0	0.055	2.504	0.260
S.L.D.	75.0	0.069	2.479	0.270
S.L.V.	712.0	0.157	2.498	0.290
S.L.C.	1462.0	0.194	2.535	0.296

Verifica dei muri di sostegno

Indicazioni secondo NTC 2018

Le NTC 2008, al § 6.5.3.1.1 Muri di sostegno, recitano:

“Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite:

SLU (Stati Limite Ultimi) di tipo geotecnico (GEO)

- *stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;*
- *scorrimento del piano di posa;*
- *collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;*
- *ribaltamento;*

SLU di tipo strutturale (STR)

- *raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali*

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

Combinazione 2: (A2 + M2 + R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II (delle NTC-08) per le azioni e i parametri geotecnici, e nella Tabella 6.8.I (delle NTC-08) per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Le **rimanenti verifiche** devono essere effettuate secondo l'approccio 2:

$$(A1 + M1 + R3)$$

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

In generale, le ipotesi di calcolo delle spinte devono essere giustificate sulla base dei prevedibili spostamenti relativi manufatto-terreno, ovvero determinate con un'analisi dell'interazione terreno-struttura. Le spinte devono tenere conto del sovraccarico e dell'inclinazione del piano campagna, dell'inclinazione del paramento rispetto alla verticale, delle pressioni interstiziali e degli effetti della filtrazione nel terreno. Nel calcolo della spinta si può tenere conto dell'attrito che si sviluppa fra parete e terreno. I valori assunti per il relativo coefficiente di attrito devono essere giustificati in base alla natura dei materiali a contatto e all'effettivo grado di mobilitazione.

Ai fini della verifica alla traslazione sul piano di posa di muri di sostegno con fondazioni superficiali, non si deve in generale considerare il contributo della resistenza passiva del terreno antistante il muro. In casi particolari, da giustificare con considerazioni relative alle caratteristiche meccaniche dei terreni e alle modalità costruttive, la presa in conto di un'aliquota (comunque non superiore al 50%) di tale resistenza è subordinata all'assunzione di effettiva permanenza di tale contributo, nonché alla verifica che gli spostamenti necessari alla mobilitazione di tale aliquota siano compatibili con le prestazioni attese dell'opera.

Nel caso di strutture miste o composite, le verifiche di stabilità globale devono essere accompagnate da verifiche di stabilità locale e di funzionalità e durabilità degli elementi singoli.”

TABULATI DI CALCOLO

VERICHE SEZIONE AD ALTEZZA MASSIMA 240CM

Normativa di riferimento

NTC2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17 Gennaio 2018

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:

$$\tan \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

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:

$$k_h = S_{ag} / r \quad k_v = 0,5 k_h$$

in cui S_{ag} 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:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

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

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:

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

(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:

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

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:

$$f_s = A \times c + q \times K \times \tan \delta$$

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

$$K = 1 + \tan^2 \phi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \tan^2 \phi$$

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

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \times \tan \phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \tan \phi$$

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:

$$C_{effrid} = 1 - k_h$$

Infine

a) Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , ϕ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.

b) In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%

c) 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

Lat./Long. [ED50] 42.423131/12.096701
 Normativa NTC 2018
 Spinta Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 75.0 [anni]
 Vita di riferimento: 75.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.055	2.504	0.260
S.L.D.	75.0	0.069	2.479	0.270
S.L.V.	712.0	0.157	2.498	0.290
S.L.C.	1462.0	0.194	2.535	0.296

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.705	0.18	0.0129	0.0065
S.L.D.	0.87	0.18	0.016	0.008

S.L.V.	2.0419	0.24	0.05	0.025
S.L.C.	2.466	0.24	0.0604	0.0302

Dati generali muro

Altezza muro	240.0 cm
Spessore testa muro	30.0 cm
Risega muro lato valle	0.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	20.0 cm
Sporgenza mensola a monte	100.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	40.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	40.0 cm
Sezione dei pali	40.0 cm
Lunghezza dei pali	700.0 cm
Distanza asse da estremità mensola	35.0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Classe conglomerato Rck 300

Fattore parziale di sicurezza calcestruzzo	1.5
Resistenza a compressione di calcolo fcd	141.1 Kg/cm ²
Resistenza a trazione di calcolo fctd	11.94 Kg/cm ²

Acciaio Tipo B450C

Modulo elastico	2141404 Kg/cm ²
Fattore parziale di sicurezza acciaio	1.15
f _{yk} (Tensione caratteristica snervamento)	4486.751 Kg/cm ²
f _{yd} (Resistenza ultima di calcolo)	3901.52 Kg/cm ²
Deformazione ultima di calcolo	0.07

Copriferro, Elevazione	2.0 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 (Kg/m ³)	Fi (°)	c (Kg/cm ²)	Delta (°)	P.F.	Litologia	Descrizione
1	400	0	1529.57	31	0.00	20	No		Terreno di riporto
2	500	0	1682.53	35	0.00	22	No		Formazione mod addensata
3	180	0	1835.49	40	0.00	26	No		Formazione molto addensata

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x	Posizione y	Fx	Fy	Mz
-------------	-------------	-------------	----	----	----

	(cm)	(cm)	(kg/m)	(kg/m)	(kgm/m)
Momento ribaltante	35.0	280.0	0.0	0.0	200.0

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (Kg/cm ²)	Valore finale (Kg/cm ²)	Profondità (cm)
folla compatta	0.0	400.0	0.04	0.04	0.0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.30
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	folla compatta	1.50
8	Momento ribaltante	1.50

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

Nr.	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	1.00
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	folla compatta	1.50
8	Momento ribaltante	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	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	1.10
3	Peso terreno mensola	0.90
4	Spinta falda	1.30
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	folia compatta	1.50
8	Momento ribaltante	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	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(statica)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.30
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	folia compatta	1.50
8	Momento ribaltante	1.50

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

Nr.	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(statica)

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	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	folia compatta	1.50
8	Momento ribaltante	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25

2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	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-Statica)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0.90
2	Spinta terreno	1.10
3	Peso terreno mensola	0.90
4	Spinta falda	1.30
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	folla compatta	1.50
8	Momento ribaltante	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	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 0.05

Coefficiente sismico verticale Kv 0.025

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
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
280.0	232.0	1529.57	0.0	31.0	20.0	0.0	0.0	
232.0	184.0	1529.57	0.0	31.0	20.0	0.0	0.0	
184.0	136.0	1529.57	0.0	31.0	20.0	0.0	0.0	

136.0	88.0	1529.57	0.0	31.0	20.0	0.0	0.0
88.0	40.0	1529.57	0.0	31.0	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	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01
20.0	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01
20.0	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01
20.0	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01
20.0	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01

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 (kg);
$Z(R_{px})$	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	280.0	232.0	68.3	22.43	248.0	248.0
2	232.0	184.0	204.89	67.29	205.33	205.33
3	184.0	136.0	341.48	112.14	158.4	158.4
4	136.0	88.0	478.07	157.0	110.86	110.86
5	88.0	40.0	614.67	201.86	63.11	63.11

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

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

	Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
	232.0	18.35	367.06	35.0	256.0
	184.0	36.71	734.11	35.0	232.0
	136.0	55.06	1101.17	35.0	208.0
	88.0	73.41	1468.22	35.0	184.0
	40.0	91.76	1835.28	35.0	160.0

Sollecitazioni sul muro

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

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

232.0	86.65	389.48	311.97	30.0
184.0	309.89	823.83	391.58	30.0
136.0	669.72	1303.03	604.4	30.0
88.0	1166.15	1827.08	1016.0	30.0
40.0	1799.17	2396.0	1691.93	30.0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	398.06	8733.53	S	47620.1	0.0	549.69
4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	827.27	8794.7	S	47680.91	0.0	153.9
8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1308.94	17365.48	S	51904.18	0.0	77.52
8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1833.76	17437.85	S	51977.55	0.0	44.58
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	2390.9	8901.83	S	46338.7	0.0	25.76

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
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
280.0	232.0	1529.57	0.0	31.0	31.0	0.0	0.0	
232.0	184.0	1529.57	0.0	31.0	31.0	0.0	0.0	
184.0	136.0	1529.57	0.0	31.0	31.0	0.0	0.0	
136.0	88.0	1529.57	0.0	31.0	31.0	0.0	0.0	
88.0	40.0	1529.57	0.0	31.0	31.0	0.0	0.0	
40.0	0.0	1529.57	0.0	31.0	20.0	0.0	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
31.0	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.04	0.02
31.0	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.04	0.02

31.0	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.04	0.02
31.0	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.04	0.02
31.0	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.04	0.02
20.0	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
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	280.0	232.0	62.9	33.85	248.0	248.0
2	232.0	184.0	188.69	101.56	205.33	205.33
3	184.0	136.0	314.49	169.26	158.4	158.4
4	136.0	88.0	440.28	236.97	110.86	110.86
5	88.0	40.0	566.08	304.68	63.11	63.11
6	40.0	0.0	571.58	297.68	19.45	19.65

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40.0	0.0	1529.57	180.0	31.0	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	0.91	-0.85	-0.31

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)

1	40.0	0.0	-104.4	-38.0	13.33	13.33
---	------	-----	--------	-------	-------	-------

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	2144.02	1144.01	282.08
Peso muro	91.76	1835.28	-495.53
Peso fondazione	76.47	1529.4	-1131.76
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	183.55	3670.98	-3377.3
Spinte fondazione	-104.4	-38.0	-13.92
	2391.4	8141.67	-4436.42

Momento stabilizzante	-7176.39	kgm
Momento ribaltante	2739.96	kgm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	1497.48 kg
Forza verticale	9017.74 kg

Dati palo

Lunghezza	700.0 cm
Diametro	40.0 cm
Copriferro	4.0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo**Strato N° 1**

Spessore strato	120.0 cm
Peso unità di volume	1529.57 Kg/m³
Angolo di attrito	31.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²
Modulo di elasticità	0.0 Kg/cm²
Modulo di reaz. orizzontale	14.0 Kg/cm³

Strato N° 2

Spessore strato	500.0 cm
Peso unità di volume	1682.53 Kg/m³
Angolo di attrito	35.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²
Modulo di elasticità	142.76 Kg/cm²

Strato N° 3

Spessore strato	80.0 cm
Peso unità di volume	1835.49 Kg/m ³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²
Modulo di elasticità	367.1 Kg/cm ²

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	170.25 cm
Cedimento del palo	0.05 cm
Spostamento in x	0.03 cm
Rotazione in testa	0.01 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 2.29 Kg/cm²

Carico limite verticale

Carico limite di punta	146769.6 kg
Carico limite laterale	16422.88 kg
Carico limite totale	163192.5 kg
Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1
Resistenza di calcolo	163192.5 kg
Fattore di sicurezza Fs	14.55

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kgm
Sforzo normale	9017.74 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	9009.63 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6263.86 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4284.34 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	12.08

Verifica palo alla profondità di cm 213.00

Momento	841.3 kgm
Sforzo normale	9686.9 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	9679.87 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6339.12 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4353.35 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

Verifiche palo alla profondità di cm 340.49

Momento	331.42 kgm
Sforzo normale	10085.88 kg

Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	10078.79 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6383.89 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4394.5 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20.0	-104.4	165.92	19.75	40.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	101.89	11613.92	S	61533.08	0.0	370.92

MENSOLA A MONTE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50.0	-676.33	5169.7	-2810.7	40.0
115.0	571.58	2785.71	-690.86	40.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).

Vsdu		Taglio di calcolo (kg);					
Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	676.37	11722.54	S	61612.43	0.0	11.92
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	-566.39	11487.56	S	61439.29	0.0	22.06

A2+M2+R2

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.05

Coefficiente sismico verticale Kv 0.025

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
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
280.0	232.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
232.0	184.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
184.0	136.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
136.0	88.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
88.0	40.0	1529.57	0.0	25.67	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	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
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	280.0	232.0	65.51	23.84	248.0	248.0
2	232.0	184.0	196.53	71.53	205.33	205.33
3	184.0	136.0	327.54	119.22	158.4	158.4
4	136.0	88.0	458.56	166.9	110.86	110.86
5	88.0	40.0	589.58	214.59	63.11	63.11

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
-------	----	----	----	----

232.0	18.35	367.06	35.0	256.0
184.0	36.71	734.11	35.0	232.0
136.0	55.06	1101.17	35.0	208.0
88.0	73.41	1468.22	35.0	184.0
40.0	91.76	1835.28	35.0	160.0

Sollecitazioni sul muro

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

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

232.0	83.86	390.9	311.31	30.0
184.0	298.74	829.48	387.16	30.0
136.0	644.64	1315.76	590.45	30.0
88.0	1121.55	1849.71	984.06	30.0
40.0	1729.48	2431.36	1630.88	30.0

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

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

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

4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	398.06	8733.53	S	47620.3	0.0	567.96
4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	827.27	8794.7	S	47681.7	0.0	159.64
8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1308.94	17365.48	S	51905.96	0.0	80.54
8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1854.74	17440.75	S	51980.71	0.0	46.36
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	2436.94	8908.27	S	46343.47	0.0	26.8

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
----	-----------------------------

Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
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
280.0	232.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
232.0	184.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
184.0	136.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
136.0	88.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
88.0	40.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
40.0	0.0	1529.57	0.0	25.67	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
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota fine strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
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	280.0	232.0	62.76	30.17	248.0	248.0
2	232.0	184.0	188.27	90.5	205.33	205.33
3	184.0	136.0	313.78	150.83	158.4	158.4
4	136.0	88.0	439.29	211.16	110.86	110.86
5	88.0	40.0	564.81	271.5	63.11	63.11
6	40.0	0.0	568.46	267.94	19.47	19.59

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);

Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40.0	0.0	1529.57	180.0	25.67	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	0.73	-0.69	-0.25

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40.0	0.0	-84.2	-30.6	13.33	13.33

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	2137.37	1022.1	460.2
Peso muro	91.76	1835.28	-495.53
Peso fondazione	76.47	1529.4	-1131.76
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	183.55	3670.98	-3377.3
Spinte fondazione	-84.2	-30.6	-11.23
	2404.95	8027.16	-4255.61

Momento stabilizzante	-6993.53	kgm
Momento ribaltante	2737.92	kgm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	1493.49 kg
-------------------	------------

Forza verticale 8941.53 kg

Dati palo

Lunghezza 700.0 cm
 Diametro 40.0 cm
 Copriferro 4.0 cm
 Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato 120.0 cm
 Peso unità di volume 1529.57 Kg/m³
 Angolo di attrito 31.0 °
 Coesione 0.0 Kg/cm²
 Modulo di elasticità 0.0 Kg/cm²
 Modulo di reaz. orizzontale 14.0 Kg/cm³

Strato N° 2

Spessore strato 500.0 cm
 Peso unità di volume 1682.53 Kg/m³
 Angolo di attrito 35.0 °
 Coesione 0.0 Kg/cm²
 Modulo di elasticità 142.76 Kg/cm²

Strato N° 3

Spessore strato 80.0 cm
 Peso unità di volume 1835.49 Kg/m³
 Angolo di attrito 40.0 °
 Coesione 0.0 Kg/cm²
 Modulo di elasticità 367.1 Kg/cm²

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda 170.25 cm
 Cedimento del palo 0.05 cm
 Spostamento in x 0.03 cm
 Rotazione in testa 0.01 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 2.29 Kg/cm²

Carico limite verticale

Carico limite di punta 146769.6 kg
 Carico limite laterale 16422.88 kg
 Carico limite totale 163192.5 kg

Coefficiente di sicurezza punta 1
 Coefficiente di sicurezza laterale 1

Resistenza di calcolo 163192.5 kg
 Fattore di sicurezza Fs 14.65

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kgm
Sforzo normale	8941.53 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	8947.96 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6256.93 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4276.48 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	12.1

Verifica palo alla profondità di cm 213.00

Momento	839.06 kgm
Sforzo normale	9610.69 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	9619.56 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6332.35 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4345.49 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

Verifiche palo alla profondità di cm 340.49

Momento	330.54 kgm
Sforzo normale	10009.67 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	10019.3 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6377.21 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4386.64 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20.0	-84.2	173.32	19.89	40.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);

Vwd Resistenza a taglio piegati (kg);
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se ≥ 1).
 Vsdu Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	83.35	11610.42	S	61530.28	0.0	355.07

MENSOLA A MONTE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50.0	-676.11	5106.19	-2727.29	40.0
115.0	568.46	2663.8	-648.07	40.0

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

Afi Area dei ferri inferiori.
 Afs Area dei ferri superiori.
 Nu Sforzo normale ultimo (kg);
 Mu Momento flettente ultimo (kgm);
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kg);
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se ≥ 1).
 Vsdu Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	676.37	11722.54	S	61612.4	0.0	12.07
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	-566.39	11487.56	S	61439.72	0.0	23.07

EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.05
 Coefficiente sismico verticale Kv 0.025

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);
 Eps Inclinazione dello strato. (°);
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
 Delta Angolo attrito terra muro;
 c Coesione (Kg/cm²);
 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

280.0	232.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0
232.0	184.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0
184.0	136.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0
136.0	88.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0
88.0	40.0	1529.57	0.0	25.67	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	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
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	280.0	232.0	71.28	23.12	248.0	248.0
2	232.0	184.0	213.85	69.37	205.33	205.33
3	184.0	136.0	356.42	115.61	158.4	158.4
4	136.0	88.0	498.99	161.86	110.86	110.86
5	88.0	40.0	641.55	208.1	63.11	63.11

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

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

	Quota	Px	Py	Xp	Yp
—					
	232.0	16.52	330.35	35.0	256.0
	184.0	33.04	660.7	35.0	232.0
	136.0	49.55	991.05	35.0	208.0
	88.0	66.07	1321.4	35.0	184.0
	40.0	82.59	1651.75	35.0	160.0

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
232.0	87.8	353.47	311.9	30.0
184.0	318.17	753.19	393.23	30.0
136.0	691.11	1199.15	612.41	30.0
88.0	1206.61	1691.36	1037.88	30.0
40.0	1864.68	2229.81	1738.07	30.0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	347.52	8726.32	S	47615.06	0.0	542.42
4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	751.58	8783.91	S	47671.02	0.0	149.86
8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1203.89	17351.0	S	51889.63	0.0	75.1
8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1686.88	17417.6	S	51958.54	0.0	43.07
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	2222.03	8878.21	S	46316.26	0.0	24.84

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
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
280.0	232.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
232.0	184.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
184.0	136.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
136.0	88.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
88.0	40.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
40.0	0.0	1529.57	0.0	25.67	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
---	----	----	----	-----	-----	-----	-----

25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
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	280.0	232.0	68.26	29.1	248.0	248.0
2	232.0	184.0	204.78	87.3	205.33	205.33
3	184.0	136.0	341.3	145.5	158.4	158.4
4	136.0	88.0	477.82	203.7	110.86	110.86
5	88.0	40.0	614.34	261.9	63.11	63.11
6	40.0	0.0	618.34	258.56	19.47	19.59

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40.0	0.0	1529.57	180.0	25.67	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	0.73	-0.69	-0.25

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40.0	0.0	-84.2	-30.6	13.33	13.33

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kg);					
Fy	Forza in direzione y (kg);					
M	Momento (kgm);					
	Fx		Fy		M	
Spinta terreno	2324.83		986.07		689.06	
Peso muro	82.59		1651.75		-445.97	
Peso fondazione	68.82		1376.46		-1018.58	
Sovraccarico	0.0		0.0		0.0	
Terr. fondazione	183.55		3303.88		-3010.2	
Spinte fondazione	-84.2		-30.6		-11.23	
	2575.59		7287.56		-3496.93	

Momento stabilizzante	-6393.45	kgm
Momento ribaltante	2896.52	kgm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	1595.88 kg
Forza verticale	8735.68 kg

Dati palo

Lunghezza	700.0 cm
Diametro	40.0 cm
Copriferro	4.0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo**Strato N° 1**

Spessore strato	120.0 cm
Peso unità di volume	1529.57 Kg/m³
Angolo di attrito	31.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²
Modulo di elasticità	0.0 Kg/cm²
Modulo di reaz. orizzontale	14.0 Kg/cm³

Strato N° 2

Spessore strato	500.0 cm
Peso unità di volume	1682.53 Kg/m³
Angolo di attrito	35.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²
Modulo di elasticità	142.76 Kg/cm²

Strato N° 3

Spessore strato	80.0 cm
Peso unità di volume	1835.49 Kg/m ³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²
Modulo di elasticità	367.1 Kg/cm ²

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	170.25 cm
Cedimento del palo	0.05 cm
Spostamento in x	0.03 cm
Rotazione in testa	0.01 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 2.29 Kg/cm²

Carico limite verticale

Carico limite di punta	146769.6 kg
Carico limite laterale	16422.88 kg
Carico limite totale	163192.5 kg
Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1
Resistenza di calcolo	163192.5 kg
Fattore di sicurezza Fs	14.92

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kgm
Sforzo normale	8735.68 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	8741.48 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6233.73 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4255.25 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	11.31

Verifica palo alla profondità di cm 213.00

Momento	896.58 kgm
Sforzo normale	9404.84 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	9397.36 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6307.4 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4324.26 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

Verifiche palo alla profondità di cm 340.49

Momento	353.2 kgm
Sforzo normale	9803.82 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	9800.13 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6352.62 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4365.41 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

20.0	-84.2	152.93	17.85	40.0
------	-------	--------	-------	------

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
-----	-----	----	----	------	-----	-----	---------

4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	83.35	11610.42	S	61530.28	0.0	402.41
-------------	-------------	-------	----------	---	----------	-----	--------

MENSOLA A MONTE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

50.0	-711.56	5536.26	-2992.72	40.0
115.0	618.34	2592.09	-629.48	40.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	713.4	11729.55	S	61617.32	0.0	11.13
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	-622.13	11477.02	S	61432.8	0.0	23.7

A1+M1+R1(statica)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0.05
Coefficiente sismico verticale Kv	0.025

CALCOLO SPINTE**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
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
280.0	232.0	1529.57	0.0	31.0	20.0	0.0	0.0	
232.0	184.0	1529.57	0.0	31.0	20.0	0.0	0.0	
184.0	136.0	1529.57	0.0	31.0	20.0	0.0	0.0	
136.0	88.0	1529.57	0.0	31.0	20.0	0.0	0.0	
88.0	40.0	1529.57	0.0	31.0	20.0	0.0	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
20.0	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01
20.0	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01
20.0	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01
20.0	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01
20.0	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
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	280.0	232.0	61.62	22.43	248.0	248.0
2	232.0	184.0	184.87	67.29	205.33	205.33
3	184.0	136.0	308.11	112.14	158.4	158.4
4	136.0	88.0	431.36	157.0	110.86	110.86
5	88.0	40.0	554.6	201.86	63.11	63.11

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

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

	Quota	Px	Py	Xp	Yp
—					
	232.0	18.35	367.06	35.0	256.0
	184.0	36.71	734.11	35.0	232.0
	136.0	55.06	1101.17	35.0	208.0
	88.0	73.41	1468.22	35.0	184.0
	40.0	91.76	1835.28	35.0	160.0

Sollecitazioni sul muro

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

	Quota	Fx	Fy	M	H
—					
	232.0	79.98	389.48	310.9	30.0
	184.0	283.19	823.83	383.04	30.0
	136.0	609.66	1303.03	575.57	30.0
	88.0	1059.37	1827.08	947.66	30.0
	40.0	1632.32	2396.0	1558.45	30.0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	398.06	8733.53	S	47620.1	0.0	595.56
4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	827.27	8794.7	S	47680.91	0.0	168.4
8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1308.94	17365.48	S	51904.18	0.0	85.15
8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1833.76	17437.85	S	51977.55	0.0	49.07
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	2390.9	8901.83	S	46338.7	0.0	28.39

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
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
280.0	232.0	1529.57	0.0	31.0	31.0	0.0	0.0	
232.0	184.0	1529.57	0.0	31.0	31.0	0.0	0.0	
184.0	136.0	1529.57	0.0	31.0	31.0	0.0	0.0	
136.0	88.0	1529.57	0.0	31.0	31.0	0.0	0.0	
88.0	40.0	1529.57	0.0	31.0	31.0	0.0	0.0	
40.0	0.0	1529.57	0.0	31.0	20.0	0.0	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
31.0	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.04	0.02
31.0	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.04	0.02
31.0	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.04	0.02
31.0	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.04	0.02
31.0	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.04	0.02
20.0	0.29	0.32	0.04	0.27	0.1	0.04	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
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	280.0	232.0	56.34	33.85	248.0	248.0
2	232.0	184.0	169.02	101.56	205.33	205.33
3	184.0	136.0	281.7	169.26	158.4	158.4
4	136.0	88.0	394.38	236.97	110.86	110.86
5	88.0	40.0	507.07	304.68	63.11	63.11
6	40.0	0.0	512.3	297.68	19.44	19.65

SPINTE IN FONDAZIONE**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
----	-----------------------------

Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40.0	0.0	1529.57	180.0	31.0	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	0.94	-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 (kg);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40.0	0.0	-107.8	-39.2	13.33	13.33

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	1920.82	1144.01	73.82
Peso muro	0.0	1835.28	-642.35
Peso fondazione	0.0	1529.4	-1147.05
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	3670.98	-3670.98
Spinte fondazione	-107.8	-39.2	-14.37
	1813.02	8140.47	-5100.93

Momento stabilizzante	-7176.39	kgm
Momento ribaltante	2075.46	kgm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	1152.49 kg
Forza verticale	8020.98 kg

Dati palo

Lunghezza	700.0 cm
Diametro	40.0 cm
Copriferro	4.0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	120.0 cm
Peso unità di volume	1529.57 Kg/m ³
Angolo di attrito	31.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²
Modulo di elasticità	0.0 Kg/cm ²
Modulo di reaz. orizzontale	14.0 Kg/cm ³

Strato N° 2

Spessore strato	500.0 cm
Peso unità di volume	1682.53 Kg/m ³
Angolo di attrito	35.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²
Modulo di elasticità	142.76 Kg/cm ²

Strato N° 3

Spessore strato	80.0 cm
Peso unità di volume	1835.49 Kg/m ³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²
Modulo di elasticità	367.1 Kg/cm ²

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	170.25 cm
Cedimento del palo	0.04 cm
Spostamento in x	0.02 cm
Rotazione in testa	0.01 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 2.29 Kg/cm²

Carico limite verticale

Carico limite di punta	146769.6 kg
Carico limite laterale	16422.88 kg
Carico limite totale	163192.5 kg
Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1

Resistenza di calcolo	163192.5 kg
Fattore di sicurezza Fs	15.97

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kgm
Sforzo normale	8020.98 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	8014.21 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6151.57 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4181.54 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	15.6

Verifica palo alla profondità di cm 213.00

Momento	647.48 kgm
Sforzo normale	8690.14 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	8700.02 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6229.07 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4250.56 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

Verifiche palo alla profondità di cm 340.49

Momento	255.07 kgm
Sforzo normale	9089.12 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	9091.67 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6273.07 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4291.7 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20.0	-107.8	164.72	19.74	40.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.

Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	101.89	11613.92	S	61533.55	0.0	373.63

MENSOLA A MONTE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50.0	-448.11	4339.07	-2327.98	40.0
115.0	512.3	2785.71	-690.55	40.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	454.1	11680.52	S	61580.77	0.0	14.19
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	-510.65	11498.1	S	61447.51	0.0	22.06

A2+M2+R2(statica)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0.05
Coefficiente sismico verticale Kv	0.025

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
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
280.0	232.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
232.0	184.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
184.0	136.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
136.0	88.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
88.0	40.0	1529.57	0.0	25.67	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	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
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	280.0	232.0	57.75	21.02	248.0	248.0
2	232.0	184.0	173.26	63.06	205.33	205.33
3	184.0	136.0	288.76	105.1	158.4	158.4
4	136.0	88.0	404.27	147.14	110.86	110.86
5	88.0	40.0	519.77	189.18	63.11	63.11

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

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

	Quota	Px	Py	Xp	Yp
	232.0	18.35	367.06	35.0	256.0
	184.0	36.71	734.11	35.0	232.0
	136.0	55.06	1101.17	35.0	208.0
	88.0	73.41	1468.22	35.0	184.0
	40.0	91.76	1835.28	35.0	160.0

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kg);

Fy Forza in direzione y (kg);
M Momento (kgm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
232.0	76.11	388.08	310.49	30.0
184.0	267.72	818.19	378.93	30.0
136.0	574.83	1290.35	560.76	30.0
88.0	997.46	1804.55	911.41	30.0
40.0	1535.58	2360.79	1486.35	30.0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	398.06	8733.53	S	47619.9	0.0	625.84
4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	827.27	8794.7	S	47680.12	0.0	178.14
8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1287.93	17362.59	S	51902.4	0.0	90.31
8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1812.78	17434.96	S	51974.39	0.0	52.12
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	2360.2	8897.53	S	46333.94	0.0	30.18

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (Kg/cm²);
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
280.0	232.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
232.0	184.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
184.0	136.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
136.0	88.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
88.0	40.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
40.0	0.0	1529.57	0.0	25.67	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
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
 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	280.0	232.0	55.04	26.45	248.0	248.0
2	232.0	184.0	165.11	79.36	205.33	205.33
3	184.0	136.0	275.18	132.27	158.4	158.4
4	136.0	88.0	385.25	185.18	110.86	110.86
5	88.0	40.0	495.32	238.09	63.11	63.11
6	40.0	0.0	498.74	235.06	19.46	19.59

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);
 Eps Inclinazione dello strato. (°);
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
 Delta Angolo attrito terra muro;
 c Coesione (Kg/cm²);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40.0	0.0	1529.57	180.0	25.67	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	0.76	-0.71	-0.26

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);

Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40.0	0.0	-87.2	-31.8	13.33	13.33

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kg);
 Fy Forza in direzione y (kg);
 M Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	1874.62	896.43	403.5
Peso muro	0.0	1835.28	-642.35
Peso fondazione	0.0	1529.4	-1147.05
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	3670.98	-3670.98
Spinte fondazione	-87.2	-31.8	-11.63
	1787.42	7900.29	-4768.51

Momento stabilizzante -6805.02 kgm
 Momento ribaltante 2036.51 kgm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 1124.77 kg
 Forza verticale 7814.02 kg

Dati palo

Lunghezza 700.0 cm
 Diametro 40.0 cm
 Copriferro 4.0 cm
 Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato 120.0 cm
 Peso unità di volume 1529.57 Kg/m³
 Angolo di attrito 31.0 °
 Coesione 0.0 Kg/cm²
 Modulo di elasticità 0.0 Kg/cm²
 Modulo di reaz. orizzontale 14.0 Kg/cm³

Strato N° 2

Spessore strato 500.0 cm
 Peso unità di volume 1682.53 Kg/m³

Angolo di attrito	35.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²
Modulo di elasticità	142.76 Kg/cm ²

Strato N° 3

Spessore strato	80.0 cm
Peso unità di volume	1835.49 Kg/m ³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²
Modulo di elasticità	367.1 Kg/cm ²

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	170.25 cm
Cedimento del palo	0.04 cm
Spostamento in x	0.02 cm
Rotazione in testa	0.01 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 2.29 Kg/cm²

Carico limite verticale

Carico limite di punta	146769.6 kg
Carico limite laterale	16422.88 kg
Carico limite totale	163192.5 kg
Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1
Resistenza di calcolo	163192.5 kg
Fattore di sicurezza Fs	16.3

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kgm
Sforzo normale	7814.02 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	7814.22 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6128.56 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4160.2 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	15.97

Verifica palo alla profondità di cm 213.00

Momento	631.91 kgm
Sforzo normale	8483.18 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	8491.9 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6205.68 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4229.21 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

Verifiche palo alla profondità di cm 340.49

Momento	248.93 kgm
Sforzo normale	8882.16 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	8886.16 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6249.99 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4270.36 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

20.0	-87.2	172.12	19.85	40.0
------	-------	--------	-------	------

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	83.35	11610.42	S	61530.69	0.0	357.55

MENSOLA A MONTE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

50.0	-438.58	4166.6	-2133.67	40.0
115.0	498.74	2538.13	-603.72	40.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
-----	---------------------------

Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	435.57	11677.02	S	61579.45	0.0	14.78
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	-492.07	11501.61	S	61449.39	0.0	24.21

EQU+M2(Ribaltamento-Statica)

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0.05
Coefficiente sismico verticale Kv	0.025

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
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
280.0	232.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
232.0	184.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
184.0	136.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
136.0	88.0	1529.57	0.0	25.67	20.0	0.0	0.0	
88.0	40.0	1529.57	0.0	25.67	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	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
----	----------------------

Qf Quota inizio strato.
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
 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	280.0	232.0	63.53	23.12	248.0	248.0
2	232.0	184.0	190.58	69.37	205.33	205.33
3	184.0	136.0	317.64	115.61	158.4	158.4
4	136.0	88.0	444.7	161.86	110.86	110.86
5	88.0	40.0	571.75	208.1	63.11	63.11

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

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

	Quota	Px	Py	Xp	Yp
	232.0	16.52	330.35	35.0	256.0
	184.0	33.04	660.7	35.0	232.0
	136.0	49.55	991.05	35.0	208.0
	88.0	66.07	1321.4	35.0	184.0
	40.0	82.59	1651.75	35.0	160.0

Sollecitazioni sul muro

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

	Quota	Fx	Fy	M	H
	232.0	80.05	353.47	310.66	30.0
	184.0	287.15	753.19	383.3	30.0
	136.0	621.31	1199.15	578.9	30.0
	88.0	1082.52	1691.36	958.46	30.0
	40.0	1670.79	2229.81	1582.96	30.0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	347.52	8726.32	S	47615.06	0.0	594.97
4Ø12 (4.52)	4Ø16 (8.04)	751.58	8783.91	S	47671.02	0.0	166.05
8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1203.89	17351.0	S	51889.63	0.0	83.53

8Ø16 (16.08)	8Ø16 (16.08)	1686.88	17417.6	S	51958.54	0.0	48.01
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	2222.03	8878.21	S	46316.26	0.0	27.73

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
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
280.0	232.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
232.0	184.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
184.0	136.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
136.0	88.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
88.0	40.0	1529.57	0.0	25.67	25.67	0.0	0.0	
40.0	0.0	1529.57	0.0	25.67	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
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.67	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
20.0	0.35	0.39	0.05	0.33	0.12	0.04	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
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	280.0	232.0	60.54	29.1	248.0	248.0
2	232.0	184.0	181.62	87.3	205.33	205.33
3	184.0	136.0	302.7	145.5	158.4	158.4
4	136.0	88.0	423.77	203.7	110.86	110.86
5	88.0	40.0	544.85	261.9	63.11	63.11
6	40.0	0.0	548.61	258.56	19.46	19.59

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40.0	0.0	1529.57	180.0	25.67	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	0.76	-0.71	-0.26

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40.0	0.0	-87.2	-31.8	13.33	13.33

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	2062.09	986.07	443.85
Peso muro	0.0	1651.75	-578.11
Peso fondazione	0.0	1376.46	-1032.35
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	3303.88	-3303.88
Spinte fondazione	-87.2	-31.8	-11.63
	1974.89	7286.36	-4182.12

Momento stabilizzante	-6393.45	kgm
Momento ribaltante	2211.33	kgm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	1237.25 kg
Forza verticale	7707.89 kg

Dati palo

Lunghezza	700.0 cm
Diametro	40.0 cm
Copriferro	4.0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo**Strato N° 1**

Spessore strato	120.0 cm
Peso unità di volume	1529.57 Kg/m ³
Angolo di attrito	31.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²
Modulo di elasticità	0.0 Kg/cm ²
Modulo di reaz. orizzontale	14.0 Kg/cm ³

Strato N° 2

Spessore strato	500.0 cm
Peso unità di volume	1682.53 Kg/m ³
Angolo di attrito	35.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²
Modulo di elasticità	142.76 Kg/cm ²

Strato N° 3

Spessore strato	80.0 cm
Peso unità di volume	1835.49 Kg/m ³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²
Modulo di elasticità	367.1 Kg/cm ²

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	170.25 cm
Cedimento del palo	0.04 cm
Spostamento in x	0.03 cm
Rotazione in testa	0.01 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 2.29 Kg/cm²

Carico limite verticale

Carico limite di punta	146769.6 kg
Carico limite laterale	16422.88 kg
Carico limite totale	163192.5 kg

Coefficiente di sicurezza punta	1
Coefficiente di sicurezza laterale	1
Resistenza di calcolo	163192.5 kg
Fattore di sicurezza F_s	16.47

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kgm
Sforzo normale	7707.89 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	7704.54 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6115.94 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4149.25 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	14.51

Verifica palo alla profondità di cm 213.00

Momento	695.1 kgm
Sforzo normale	8377.05 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	8376.84 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6192.75 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4218.27 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

Verifiche palo alla profondità di cm 340.49

Momento	273.83 kgm
Sforzo normale	8776.03 kg
Area ferri	9.05 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	8782.89 kg
Momento flettente ultimo (Mu)	6238.38 kgm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	4259.41 kg
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	13789.12 kg
Misura Sicurezza Taglio	1.0

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

20.0	-87.2	151.73	17.81	40.0
------	-------	--------	-------	------

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se ≥ 1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
—							
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	83.35	11610.42	S	61530.69	0.0	405.6

MENSOLA A MONTE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
—				
50.0	-482.43	4679.77	-2495.41	40.0
115.0	548.61	2592.09	-629.12	40.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se ≥ 1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
—							
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	491.15	11687.52	S	61585.53	0.0	13.16
4Ø16 (8.04)	4Ø16 (8.04)	-547.81	11491.07	S	61442.47	0.0	23.71

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

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

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

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

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

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

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

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

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

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

mentre le equazioni a disposizione sono:

- Equazioni di equilibrio dei momenti n
- Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n
- Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n
- Equazioni relative al criterio di rottura n
- Totale numero di equazioni $4n$

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

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

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che

N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

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

Metodo di FELLENIUS (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

n valori delle forze normali N_i ;

n valori delle forze da taglio T_i ;

l fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$

Le equazioni a disposizione sono:

n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;

n equazioni relative al criterio di rottura;

l equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\sum F_v = 0$, $\sum M_0 = 0$, Criterio di rottura.

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

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

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_o F$$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

Metodo di BELL (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da *Taylor*.

In accordo con la legge della resistenza di *Mohr-Coulomb* in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \phi_i}{F}$$

in cui

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$W_i \cos \alpha_i / L_i$ = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci.

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

Dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i -esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno $K_z g$ può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 .

Si assume una relazione di linearità tra detto coefficiente, determinabile tramite la regola di Cramer, ed il fattore di sicurezza F . Il corretto valore di F può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

$$F = F(2) + \left(\frac{1 - C_3(2)}{C_3(2) - C_3(1)} \right) (F(2) - F(1))$$

dove i numeri in parentesi (1) e (2) indicano i valori iniziale e successivo dei parametri F e C_3 .

Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di SARMA (1973)

Il metodo di **Sarma** è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$\begin{aligned} N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i &= W_i - \Delta X_i \\ T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i &= K W_i + \Delta E_i \end{aligned}$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\begin{aligned} \sum \Delta E_i &= 0 \\ \sum \Delta X_i &= 0 \end{aligned}$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i . L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di **Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$\begin{aligned} * \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i &= \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i \\ ** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] &= \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G) \end{aligned}$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza $F = 1$, ossia l'*accelerazione critica*.

Si ha pertanto:

$K = K_c$ *accelerazione critica* se $F = 1$

$F = F_s$ *fattore di sicurezza in condizioni statiche* se $K = 0$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di SPENCER

Il metodo è basato sull'assunzione:

Le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ . tutti i momenti sono nulli $M_i = 0 \quad i=1.....n$

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$.

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$\sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{\tan \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \tan \varphi \tan(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0 \quad \sum (Q_i \sin \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$\sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia $F_{sm} = F_{sf}$.

Metodo di MORGENSTERN e PRICE

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X, definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E, X, il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \tan \varphi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \tan \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - \tan \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W : peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_v : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

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.

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

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

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.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminare un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3.9 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8.1 m
Ascissa vertice destro superiore xs	6.5 m
Ordinata vertice destro superiore ys	10.7 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	2.0	5.4
2	5.0	5.4
3	5.2	5.4
4	5.5	7.8
5	5.5	7.8
6	7.5	7.8
7	11.1	7.8

Vertici strato1

N	X m	y m
1	2.0	3.8
2	5.5	3.8
3	11.1	3.8

Vertici strato2

N	X m	y m
1	2.0	-1.2
2	5.5	-1.2
3	11.1	-1.2

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0		31	1529.574	1529.574	4.00	Terreno vegetale	
2	0		35	1682.532	1682.532	0.00		
3	0		40	1835.489	1835.489	0.00		

Pali...

N°	x m	y m	Diametro m	Lunghezza m	Inclinazione (°)	Interasse m
1	5.15	5	0.4	7	90	1.2
2	5.95	5	0.4	7	90	1.2

Carichi concentrati

N°	x m	y m	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kg m)
1	5.35	7.8	0	0	260

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	5.5	7.8	9.5	7.8	0.052

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	20.0
Ascissa centro superficie	4.68 m
Ordinata centro superficie	8.1 m
Raggio superficie	3.62 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 4.68 yc = 8.10 Rc = 3.616 Fs=20.00

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.6	-35.8	0.74	220.72	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	56.3	-369.0
2	0.6	-24.7	0.66	540.58	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	172.7	-1011.1
3	0.6	-14.5	0.62	736.28	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	319.9	-1758.2
4	0.6	-4.8	0.6	829.93	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	575.4	-3071.9
5	0.82	6.5	0.83	1121.63	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	2895.1	-15503.9
6	0.38	16.2	0.4	2041.18	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	3063.5	-3350.8
7	0.6	24.6	0.66	3059.94	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	6490.7	-7498.1
8	0.6	35.7	0.74	2740.85	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	3338.6	65.9
9	0.6	48.9	0.91	2244.68	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	3351.8	81.7
10	0.6	70.7	1.82	1336.81	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	3865.7	187.3

Il progettista delle strutture:

Dott. Ing. Mauro Savelli