

Sommario

1	GENERALITÀ	1
1.1	PREMESSA	1
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	2
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	3
3.1	CALCESTRUZZI	3
3.1.1	<i>Magrone di Fondazione</i>	3
3.1.2	<i>Pali di Fondazione</i>	3
3.1.3	<i>Strutture in elevazione (Cordoli e paramenti controterra)</i>	5
3.2	ACCIAIO	6
3.2.1	<i>Acciaio d'armatura</i>	6
4	CALCOLO DELLE SPINTE	8
4.1	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON COULOMB	8
4.2	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON RANKINE	8
4.3	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON MONONOBE & OKABE	9
4.4	CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI	9
4.5	SPINTA IDROSTATICA	11
4.6	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI	12
4.7	TABULATI DI CALCOLO DELL'OPERA	22
4.7.1	<i>Muro Tipo "A"</i>	22

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

La presente relazione tecnica illustrativa e di calcolo è relativa al progetto esecutivo delle opere d'arte strutturali minori da realizzarsi nell'ambito dei lavori di ammodernamento e adeguamento alla cat. B del D.M. 05.11.2001, dal km 44+000 alla svincolo con l'A19 dell'Itinerario Agrigento - Caltanissetta – A19 S.S. N°640 "di Porto Empedocle".

Nella presente relazione sono riportate le verifiche relative all'opera di sostegno identificata come MU.73 posta tra le progressive 0+115.000km e 0+150.000km della Rampa 4 dello Svincolo 3.

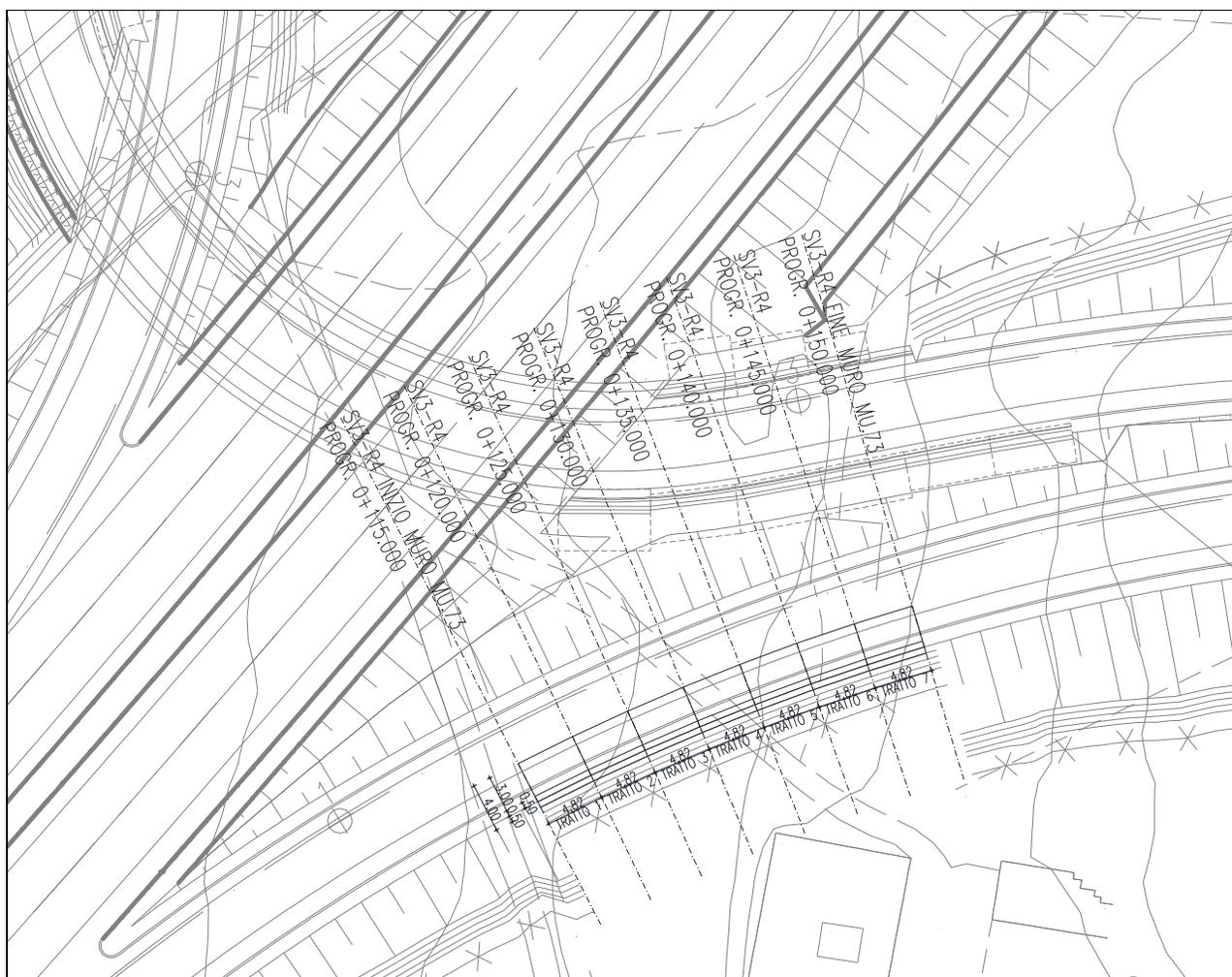


Figura 1.1. Stralcio Planimetrico

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

[1] Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

[2] Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

[3] D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

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

[4] D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

[5] D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

[6] D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

[7] D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

[8] Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

[9] Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

[10] D.M. 14 Gennaio 2008

Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

[11] Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 Calcestruzzi

Legami Costitutivi

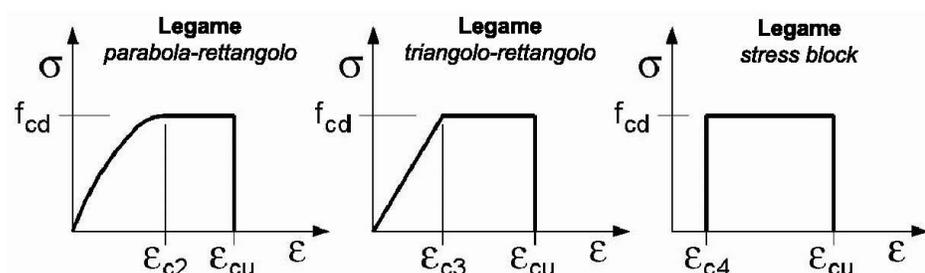
Per classi di resistenza pari o inferiori a C50/60

$$\varepsilon_{c2} = 0.200\%$$

$$\varepsilon_{c3} = 0.175\%$$

$$\varepsilon_{c4} = 0.070\%$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.350\%$$



3.1.1 Magrone di Fondazione

Caratteristiche Generali

cl-res =	C12\15	Classe di Resistenza
cl-esp =	XA2	Classe di Esposizione
Cons =	S1 - Umida	Consistenza

3.1.2 Pali di Fondazione

Caratteristiche Generali

cl-res =	C28\35	Classe di Resistenza
cl-esp =	XA2	Classe di Esposizione
Rapporto A/C =	0.5	Rapporto acqua / cemento
aggr max =	30	mm Dimensione nominale massima degli Aggregati
Cons =	S3 - Semifluida	Consistenza
c =	40	mm Copriferro minimo
r =	50	mm Ricoprimento minimo

Valori Caratteristici

R_{ck} =	35	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione
f_{ck} =	29.05	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ctk.5\%}$ =	1.98	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 5%
$f_{ctk.95\%}$ =	3.69	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 95%
$f_{ctfk.5\%}$ =	2.38	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 5%
$f_{ctfk.95\%}$ =	4.42	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 95%

Valori Medi

f_{cm} =	37.05	MPa	Resistenza media cilindrica a compressione
f_{ctm} =	2.83	MPa	Resistenza media a trazione semplice

$f_{cfm} =$	3.402	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} =$	32588.1078	MPa	Modulo Elastico

Resistenze di Calcolo – SLU

$\gamma_c =$	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata

Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} =$	16.46	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	13.17	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd} =$	1.32	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.06	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{ctd} =$	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd.sp<50} =$	1.27	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Resistenze di Calcolo - Azioni Eccezionali

$\gamma_c =$	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata

Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} =$	24.69	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	19.75	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd} =$	1.98	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{ctd} =$	2.38	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd.sp<50} =$	1.91	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Resistenze di Calcolo - SLE

$\sigma_c =$	17.43	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione rara
$\sigma_c =$	13.0725	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione quasi permanente

Tensioni Ammissibili

$R_{ck} =$	35		Resistenza caratteristica cubica a compressione
$E_c =$	33722	MPa	Modulo Elastico
$\gamma_c =$	25	kN/m ³	Peso Specifico
$f_{cd} =$	18.15625	MPa	Tensione di Snervamento
$\sigma_{amm\ c} =$	11.0	MPa	Tensione Ammissibile
$\tau_{c0} =$	0.667	MPa	t in assenza armatura a taglio

$\tau_{c1} =$	1.971	MPa	t in presenza di armatura a taglio
$n =$	15		Coff. Omogenizzazione

3.1.3 Strutture in elevazione (Cordoli e paramenti controterra)

Caratteristiche Generali

cl-res =	C28\35		Classe di Resistenza
cl-esp =	XA2		Classe di Esposizione
Rapporto A/C =	0.6		Rapporto acqua / cemento
aggr max =	30	mm	Dimensione nominale massima degli Aggregati
Cons =	S3 - Semifluida		Consistenza
c =	40	mm	Copriferro minimo
r =	40	mm	Ricoprimento minimo

Valori Caratteristici

$R_{ck} =$	35	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck} =$	29.05	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ctk.5\%} =$	1.98	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 5%
$f_{ctk.95\%} =$	3.69	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 95%
$f_{ctk.5\%} =$	2.38	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 5%
$f_{ctk.95\%} =$	4.42	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 95%

Valori Medi

$f_{cm} =$	37.05	MPa	Resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm} =$	2.83	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} =$	3.402	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} =$	32588.1078	MPa	Modulo Elastico

Resistenze di Calcolo - SLU

$\gamma_c =$	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata

Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} =$	16.46	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	13.17	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd} =$	1.32	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.06	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{ctd} =$	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione
$f_{ctd.sp<50} =$	1.27	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Resistenze di Calcolo - Azioni Eccezionali

$\gamma_c =$	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
--------------	------	--	--

$\alpha_c = 0.85$ Coefficiente per i carichi di lunga durata

Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} = 24.69$ MPa Resistenza di Calcolo a compressione

$f_{cd.sp<50} = 19.75$ MPa Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd} = 1.98$ MPa Resistenza di Calcolo a trazione semplice

$f_{ctd.sp<50} = 1.59$ MPa Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

$f_{ctd} = 2.38$ MPa Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione

$f_{ctd.sp<50} = 1.91$ MPa Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Resistenze di Calcolo – SLE

$\sigma_c = 17.43$ MPa tens. max calcestruzzo - combinazione rara

$\sigma_c = 13.0725$ MPa tens. max calcestruzzo - combinazione quasi permanente

Tensioni Ammissibili

$Rck = 35$ Resistenza caratteristica cubica a compressione

$E_c = 33722$ MPa Modulo Elastico

$\gamma_c = 25$ kN/m³ Peso Specifico

$f_{cd} = 18.15625$ MPa Tensione di Snervamento

$\sigma_{amm c} = 11.0$ MPa Tensione Ammissibile

$\tau_{c0} = 0.667$ MPa t in assenza armatura a taglio

$\tau_{c1} = 1.971$ MPa t in presenza di armatura a taglio

$n = 15$ Coff. Omogenizzazione

3.2 Acciaio

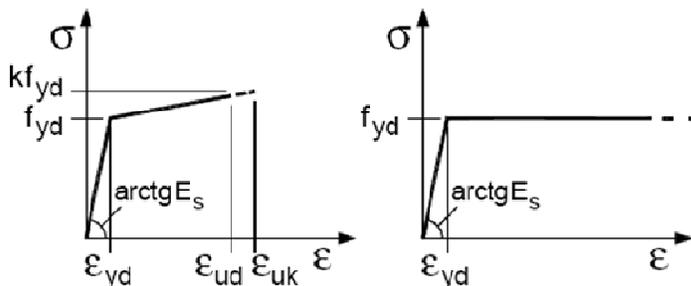
3.2.1 Acciaio d'armatura

Legami Costitutivi

$\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$

$\epsilon_{uk} = 0.9(A_{gt})_k$

$k = (f_t / f_y)_k$



Valori Caratteristici

$f_{y,nom} = 450$ MPa Valore nominale della tensione di snervamento

$f_{t,nom} = 540$ MPa Valore nominale della tensione di rottura

PROGETTO ESECUTIVO

$E_s = 206000$ MPa Modulo Elastico

Requisiti prescritti

$f_{yk,5\%} \geq f_{y,nom}$		Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di snervamento (da prove su campioni in numero significativo)
$f_{tk,5\%} \geq f_{t,nom}$		Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di rottura (da prove su campioni in numero significativo)
$(f_y / f_{y,nom})_{k,10\%} \leq 1.25$		Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di snervamento effettiva, riscontrata sulla barra, ed il relativo valore nominale
$(f_t / f_y)_{k,10\%} \geq 1.25$		Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di rottura effettiva e la tensione di snervamento
< 1.35		
$(A_{gt})_{k,10\%} \geq 7.5 \%$		Valore caratteristico con frattile 10% dell'allungamento al massimo sforzo
$\varnothing < 12$ mm	4 \varnothing	
$12 \leq \varnothing \leq 16$ mm	5 \varnothing	Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza formazione di cricche:
$16 < \varnothing \leq 25$ mm	8 \varnothing	
$25 < \varnothing \leq 40$ mm	10 \varnothing	

Resistenze di Calcolo - SLU

$\gamma_s = 1.15$		Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
$f_{yd} = 391.30$	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione
$\epsilon_{yd} = 0.190\%$	MPa	Deformazione a snervamento per trazione

Resistenze di Calcolo - SLE

$\gamma_s = 1.00$		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$f_{yd} = 450.00$	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione
$\epsilon_{yd} = 0.218\%$		Deformazione a snervamento per trazione
$\sigma_s = 360.00$	MPa	Deformazione a snervamento per trazione

Tensioni Ammissibili

Tipo =	Feb44k		
$E_s = 206000$	MPa	Modulo Elastico	
$\gamma_c = 78.50$	kN/m ³	Peso Specifico	
$f_{yk} = 430.00$	MPa	Tensione caratteristica di snervamento	
$\sigma_{amm s} = 255.00$	MPa	Tensione Ammissibile	

4 CALCOLO DELLE SPINTE

4.1 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:

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

Valori limite di K_a :

$\delta < (\beta - \phi - \epsilon)$ 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.

4.2 Calcolo della spinta attiva con Rankine

Se $\epsilon = \delta = 0$ 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:

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

4.3 Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo ϵ , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo β , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità θ tale che:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

4.4 Calcolo coefficienti sismici

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

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente β_m assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
 g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

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

S coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_s e di amplificazione topografica S_T .
 a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

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

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

OPCM 3274

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

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

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

Suolo	di	tipo	A	-	S=1;
Suolo	di	tipo	B	-	S=1.25;
Suolo	di	tipo	C	-	S=1.25;
Suolo	di	tipo	E	-	S=1.25;
Suolo di tipo D - S=1.35.					

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

D.M. 88

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

Eurocodice 8

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

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

a_{gR} : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,

γ_I : fattore di importanza,

S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

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

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale K_v è definito in funzione di K_h , e vale:

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica Z_c come segue:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

con punto di applicazione pari a $H/2$;

Carico uniforme sul terrapieno

Un carico Q, uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

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

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

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

Con punto di applicazione ad $H/2$, avendo indicato con K_a il coefficiente di spinta attiva secondo *Muller-Breslau*.

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

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

dove:

H altezza muro

k_v coefficiente sismico verticale

γ peso per unità di volume del terreno

K coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico)

E_{ws} spinta idrostatica dell'acqua

E_{wd} spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica $E_{wd} = 0$, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo θ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

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

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

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

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

4.5 Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(Muller-Breslau) con valori limiti di δ pari a:

$$\delta < \beta - \phi - \epsilon$$

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

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

4.6 Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

Vesic

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre R_d è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

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

Dove:

$A' = B' L'$ area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

- c_u coesione non drenata
- q pressione litostatica totale sul piano di posa
- s_c Fattore di forma

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

i_c Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H .

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

A_f area efficace della fondazione

c_a aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

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

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

Dove:

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

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

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

Fattori di forma

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

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

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

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

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

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

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

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

Sollecitazioni muro

Per il calcolo delle sollecitazioni il muro è stato discretizzato in n-tratti in funzione delle sezioni significative e per ogni tratto sono state calcolate le spinte del terreno (valutate secondo un piano di rottura passante per il paramento lato monte), le risultanti delle forze orizzontali e verticali e le forze inerziali.

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 ;
 - 1 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;
 - 1 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:

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

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

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:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 F$$

dove f_0 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 .

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

Il corretto valore di F può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

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_j 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:

$$N_i \cos \alpha_j + T_j \sin \alpha_j = W_j - \Delta X_i$$

$$T_j \cos \alpha_j - N_j \sin \alpha_j = K W_j + \Delta E_j$$

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

$$\sum \Delta E_j = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

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:

$$* \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

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

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:

$$K = K_c \text{ accelerazione critica se } F = 1$$

$$F = F_s \text{ fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K = 0$$

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:

- a) 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 .
- b) tutti i momenti sono nulli $M_j = 0 \quad i=1, \dots, n$

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:

$$1) \quad \sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

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

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:

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

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

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

$$2) \quad \sum Q_i = 0$$

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":

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

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

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

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata 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 vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

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_x : Coefficiente sismico orizzontale
- K_y : Coefficiente sismico verticale

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 esaminarne 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.

4.7 Tabulati di calcolo dell'opera

4.7.1 Muro Tipo "A"

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. [WGS84] 37,474248/14,013581
 Normativa NTC 2008
 Spinta Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 50,0 [anni]
 Vita di riferimento: 50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,26	2,48	0,21
S.L.D.	50,0	0,32	2,51	0,26
S.L.V.	475,0	0,71	2,59	0,43
S.L.C.	975,0	0,87	2,66	0,49

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,39	0,18	0,0072	0,0036
S.L.D.	0,48	0,18	0,0088	0,0044
S.L.V.	1,065	0,18	0,0195	0,0098
S.L.C.	1,305	0,18	0,024	0,012

Dati generali muro

Altezza muro 450,0 cm

PROGETTO ESECUTIVO

Spessore testa muro	50,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	50,0 cm
Sporgenza mensola a monte	300,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	60,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	60,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Classe conglomerato Rck 350	
Fattore parziale di sicurezza calcestruzzo	1,6
Resistenza a compressione di calcolo fcd	154,33 Kg/cm ²
Resistenza a trazione di calcolo fctd	12,4 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	3,0 cm
Copriferro, Fondazione	3,0 cm
Copriferro, Dente di fondazione	3,0 cm

Stratigrafia

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

N	DH (cm)	Ep (°)	Gamma (Kg/m ³)	Fi (°)	c (Kg/cm ²)	Delta (°)	P. F.	Litologia	Descrizione
1	1670	0	1990,00	24	0,26	16	No		SLN sabbie e sabbie argillose
2	840	0	2040,00	24	0,37	16	No		ENNA argille plioceniche

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (Kg/cm ²)	Valore finale (Kg/cm ²)	Profondità (cm)
q	10,0	960,0	0,2	0,2	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

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

PROGETTO ESECUTIVO

3	Peso terreno mensola	1,30
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	q	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.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2

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

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

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

EQU+M2 (Ribaltamento)

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

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

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1

PROGETTO ESECUTIVO

3	Partecipazione spinta passiva	1
---	-------------------------------	---

SLO

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,50
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	q	0,20

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

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

SLD

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,50
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	q	0,20

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

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

SLV

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,50
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	q	0,20

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25

PROGETTO ESECUTIVO

3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

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

SLC

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,50
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	q	0,20

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

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

A1+M1+R1

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm ²);
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
510,0	420,0	1990,0	3,0	23,83	16,0	0,26	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	23,83	16,0	0,26	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	23,83	16,0	0,26	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	23,83	16,0	0,26	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	23,83	16,0	0,26	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
---	-----------------------------------

PROGETTO ESECUTIVO

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,0	0,39	0,0	0,0	0,38	0,11	0,0	0,0
16,0	0,39	0,0	0,0	0,38	0,11	0,0	0,0
16,0	0,39	0,0	0,0	0,38	0,11	0,0	0,0
16,0	0,39	0,0	0,0	0,38	0,11	0,0	0,0
16,0	0,39	0,0	0,0	0,38	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (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	510,0	420,0	1021,61	292,94	465,0	465,0
2	420,0	330,0	1021,61	292,94	375,0	375,0
3	330,0	240,0	1021,61	292,94	285,0	285,0
4	240,0	150,0	1021,61	292,94	195,0	195,0
5	150,0	60,0	1063,88	305,06	103,66	103,66

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
420,0	0,0	1491,17	75,0	465,0
330,0	0,0	2982,33	75,0	420,0
240,0	0,0	4473,5	75,0	375,0
150,0	0,0	5964,66	75,0	330,0
60,0	0,0	7455,83	75,0	285,0

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
420,0	1021,61	1784,11	386,49	50,0
330,0	2043,22	3568,22	1692,43	50,0
240,0	3064,84	5352,32	3917,82	50,0

PROGETTO ESECUTIVO

150,0	4086,45	7136,43	7062,66	50,0
60,0	5150,32	8932,66	11128,64	50,0

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
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	1787,83	18038,69	S	18986,84	0,0	18,59
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	3560,61	18428,97	S	19238,4	0,0	9,42
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	5355,12	18822,09	S	19489,96	0,0	6,36
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	7133,69	19211,23	S	19741,52	0,0	4,83
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	8939,48	19604,71	S	19994,78	0,0	3,88

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (400,0/0,0)
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (400,0/525,7)
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (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
525,7	510,0	1990,0	3,0	23,83	23,83	0,26	0,0	
510,0	420,0	1990,0	3,0	23,83	23,83	0,26	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	23,83	23,83	0,26	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	23,83	23,83	0,26	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	23,83	23,83	0,26	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	23,83	23,83	0,26	0,0	
60,0	0,0	1990,0	3,0	23,83	16,0	0,26	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.

PROGETTO ESECUTIVO

Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,83	0,39	0,0	0,0	0,35	0,16	0,0	0,0
23,83	0,39	0,0	0,0	0,35	0,16	0,0	0,0
23,83	0,39	0,0	0,0	0,35	0,16	0,0	0,0
23,83	0,39	0,0	0,0	0,35	0,16	0,0	0,0
23,83	0,39	0,0	0,0	0,35	0,16	0,0	0,0
23,83	0,39	0,0	0,0	0,35	0,16	0,0	0,0
16,0	0,39	0,0	0,0	0,38	0,11	0,0	0,0

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	525,7	510,0	166,96	73,74	517,85	517,85
2	510,0	420,0	957,09	422,73	465,0	465,0
3	420,0	330,0	957,09	422,73	375,0	375,0
4	330,0	240,0	957,09	422,73	285,0	285,0
5	240,0	150,0	957,09	422,73	195,0	195,0
6	150,0	60,0	1031,52	455,6	102,86	102,86
7	60,0	0,0	906,03	565,18	28,5	29,31

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
60,0	0,0	1990,0	183,0	23,83	16,0	0,26	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
196,0	0,71	-0,68	-0,19

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	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	5932,88	2785,43	3675,75
Peso muro	0,0	7455,83	-5591,87
Peso fondazione	0,0	7952,88	-15905,76
Sovraccarico	0,0	9000,0	-22500,0
Terr. fondazione	0,0	34924,5	-87311,25
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	5932,88	62118,64	-127633,1

Momento stabilizzante	-142450,6	kgm
Momento ribaltante	14817,47	kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	5932,88 kg
Sommatoria forze verticali	62118,64 kg
Coefficiente di attrito	0,44
Adesione	0,18 Kg/cm ²
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	62118,64 kg
Forze parall. al piano di scorrimento	5932,88 kg
Resistenza terreno	34716,45 kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd	5,85
Traslazione verificata Csd > 1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-142450,6 kgm
Momento ribaltante	14817,47 kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	9,61
Muro verificato a ribaltamento Csv > 1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	5932,88 kg
----------------------------	------------

PROGETTO ESECUTIVO

Somma forze in direzione y (Fy)	62118,64 kg
Somma momenti	-127633,1 kgm
Larghezza fondazione	400,0 cm
Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	5,47 cm
Peso unità di volume	1990,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	23,83 °
Coesione	0,26 Kg/cm ²
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	1990,0 Kg/m ³
Nq	9,44
Nc	19,1
Ng	9,22
sq	1,07
sc	1,08
sg	0,94
iq	0,87
ic	0,86
ig	0,81
Carico limite verticale (Qlim)	325433,7 kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	5,24
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	205,47 cm
Larghezza della fondazione	400,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	1,43 Kg/cm ²
x = 400,0 cm	Tensione... 1,68 Kg/cm ²

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
50,0	0,0	-6213,89	-1546,27	60,0

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

PROGETTO ESECUTIVO

5Ø16 (10,05)	3Ø16 (6,03)	0,27	21517,25	S	22456,21	0,0	3,62
--------------	-------------	------	----------	---	----------	-----	------

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
100,0	906,03	-2928,91	1627,98	60,0

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
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	907,66	25995,78	S	22834,7	0,0	7,8

A2+M2+R2

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
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

PROGETTO ESECUTIVO

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (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	510,0	420,0	1040,72	298,42	465,0	465,0
2	420,0	330,0	1040,72	298,42	375,0	375,0
3	330,0	240,0	1040,72	298,42	285,0	285,0
4	240,0	150,0	1163,5	333,63	192,1	192,1
5	150,0	60,0	1818,73	521,51	102,04	102,04

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
420,0	0,0	1147,05	75,0	465,0
330,0	0,0	2294,1	75,0	420,0
240,0	0,0	3441,15	75,0	375,0
150,0	0,0	4588,2	75,0	330,0
60,0	0,0	5735,25	75,0	285,0

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
420,0	1040,72	1445,47	393,72	50,0

PROGETTO ESECUTIVO

330,0	2081,44	2890,94	1724,09	50,0
240,0	3122,16	4336,42	3991,1	50,0
150,0	4285,66	5817,09	7207,52	50,0
60,0	6104,39	7485,66	11698,9	50,0

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
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	1438,88	17961,85	S	18939,09	0,0	18,21
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	2896,57	18282,79	S	19142,9	0,0	9,2
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	4334,92	18598,81	S	19346,71	0,0	6,2
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	5826,21	18925,18	S	19555,49	0,0	4,57
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	7481,01	19287,2	S	19790,76	0,0	3,24

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (400,0/0,0)
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (400,0/525,7)
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (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
525,7	510,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
60,0	0,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.

PROGETTO ESECUTIVO

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
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (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	525,7	510,0	176,27	62,29	517,85	517,85
2	510,0	420,0	1010,49	357,05	465,0	465,0
3	420,0	330,0	1010,49	357,05	375,0	375,0
4	330,0	240,0	1010,49	357,05	285,0	285,0
5	240,0	150,0	1202,25	424,81	191,37	191,37
6	150,0	60,0	1875,21	662,59	102,22	102,22
7	60,0	0,0	1622,29	625,1	29,02	29,27

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
60,0	0,0	1990,0	183,0	19,46	16,0	0,21	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
-------	----	-----	-----

PROGETTO ESECUTIVO

196,0 0,6 -0,58 -0,17

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	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	7907,49	2845,93	5585,44
Peso muro	0,0	5735,25	-4301,44
Peso fondazione	0,0	6117,6	-12235,2
Sovraccarico	0,0	7800,0	-19500,0
Terr. fondazione	0,0	26865,0	-67162,5
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	7907,49	49363,78	-97613,7

Momento stabilizzante -114582,8 kgm
 Momento ribaltante 16969,14 kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	7907,49 kg
Sommatoria forze verticali	49363,78 kg
Coefficiente di attrito	0,35
Adesione	0,15 Kg/cm ²
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	49363,78 kg
Forze parall. al piano di scorrimento	7907,49 kg
Resistenza terreno	23266,32 kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd	2,94
Traslazione verificata Csd > 1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-114582,8 kgm
Momento ribaltante	16969,14 kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	6,75
Muro verificato a ribaltamento Csv > 1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

PROGETTO ESECUTIVO

Somma forze in direzione x	7907,49 kg
Somma forze in direzione y (Fy)	49363,78 kg
Somma momenti	-97613,7 kgm
Larghezza fondazione	400,0 cm
Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	2,26 cm
Peso unità di volume	1990,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	19,46 °
Coesione	0,21 Kg/cm ²
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	1990,0 Kg/m ³
Nq	6,07
Nc	14,34
Ng	4,99
sq	1,06
sc	1,07
sg	0,94
iq	0,81
ic	0,77
ig	0,72
Carico limite verticale (Qlim)	173471,4 kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	3,51
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	197,74 cm
Larghezza della fondazione	400,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	1,28 Kg/cm ²
x = 400,0 cm	Tensione... 1,19 Kg/cm ²

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
50,0	0,0	-5588,3	-1397,08	60,0

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);

PROGETTO ESECUTIVO

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	3Ø16 (6,03)	0,27	21517,25	S	22456,21	0,0	4,02

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
100,0	1622,29	5389,13	-12845,74	60,0

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
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	1624,24	26188,29	S	22936,77	0,0	4,26

EQU+M2 (Ribaltamento)

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
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	

PROGETTO ESECUTIVO

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (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	510,0	420,0	1200,83	344,33	465,0	465,0
2	420,0	330,0	1200,83	344,33	375,0	375,0
3	330,0	240,0	1200,83	344,33	285,0	285,0
4	240,0	150,0	1335,88	379,54	192,23	192,45
5	150,0	60,0	2056,64	567,42	102,12	102,28

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
420,0	0,0	1032,35	75,0	465,0
330,0	0,0	2064,69	75,0	420,0
240,0	0,0	3097,04	75,0	375,0
150,0	0,0	4129,38	75,0	330,0
60,0	0,0	5161,73	75,0	285,0

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

PROGETTO ESECUTIVO

420,0	1200,83	1376,68	454,29	50,0
330,0	2401,66	2753,36	1989,33	50,0
240,0	3602,5	4130,04	4605,12	50,0
150,0	4938,38	5541,92	8316,57	50,0
60,0	6995,02	7141,69	13485,6	50,0

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
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	1368,95	17946,45	S	18929,39	0,0	15,77
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	2758,64	18252,43	S	19123,5	0,0	7,97
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	4120,12	18551,8	S	19317,61	0,0	5,37
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	5543,82	18863,38	S	19516,69	0,0	3,95
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	7133,69	19211,23	S	19742,26	0,0	2,82

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (400,0/0,0)
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (400,0/525,7)
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (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
525,7	510,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
60,0	0,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

PROGETTO ESECUTIVO

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
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
19,46	0,46	0,0	0,0	0,43	0,15	0,0	0,0
16,0	0,46	0,0	0,0	0,44	0,13	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (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	525,7	510,0	203,39	71,87	517,85	517,85
2	510,0	420,0	1165,95	411,98	465,0	465,0
3	420,0	330,0	1165,95	411,98	375,0	375,0
4	330,0	240,0	1165,95	411,98	285,0	285,0
5	240,0	150,0	1376,89	479,74	191,52	191,79
6	150,0	60,0	2117,14	717,52	102,29	102,43
7	60,0	0,0	1821,88	655,7	29,04	29,3

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
60,0	0,0	1990,0	183,0	19,46	16,0	0,21	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.

PROGETTO ESECUTIVO

μ	Kp	Kpx	Kpy
196,0	0,6	-0,58	-0,17

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	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	9017,15	3160,77	6858,71
Peso muro	0,0	5161,73	-3871,29
Peso fondazione	0,0	5505,84	-11011,68
Sovraccarico	0,0	9000,0	-22500,0
Terr. fondazione	0,0	26865,0	-67162,5
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	9017,15	49693,33	-97686,77

Momento stabilizzante	-117188,5	kgm
Momento ribaltante	19501,77	kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	9017,15 kg
Sommatoria forze verticali	49693,33 kg
Coefficiente di attrito	0,35
Adesione	0,15 Kg/cm ²
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	49693,33 kg
Forze parall. al piano di scorrimento	9017,15 kg
Resistenza terreno	23382,77 kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd	2,59

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-117188,5 kgm
Momento ribaltante	19501,77 kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	6,01

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

PROGETTO ESECUTIVO

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	9017,15 kg
Somma forze in direzione y (Fy)	49693,33 kg
Somma momenti	-97686,77 kgm
Larghezza fondazione	400,0 cm
Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	3,42 cm
Peso unità di volume	1990,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	19,46 °
Coesione	0,21 Kg/cm ²
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	1990,0 Kg/m ³
Nq	6,07
Nc	14,34
Ng	4,99
sq	1,06
sc	1,07
sg	0,94
iq	0,78
ic	0,74
ig	0,68
Carico limite verticale (Qlim)	165156,2 kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	3,32
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	196,58 cm
Larghezza della fondazione	400,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	1,31 Kg/cm ²
x = 400,0 cm	Tensione... 1,18 Kg/cm ²

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
50,0	0,0	-5801,77	-1456,93	60,0

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);

PROGETTO ESECUTIVO

Sic. VT Vsdu	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1). Taglio di calcolo (kg);						
Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	3Ø16 (6,03)	0,27	21517,25	S	22456,21	0,0	3,87

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100,0	1821,88	6363,14	-15002,45	60,0

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	1826,19	26242,55	S	22965,21	0,0	3,61

SLO

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0072
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0036

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	

PROGETTO ESECUTIVO

420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (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	510,0	420,0	169,2	45,91	464,44	465,0
2	420,0	330,0	181,77	45,91	374,48	375,0
3	330,0	240,0	194,34	45,91	284,51	285,0
4	240,0	150,0	341,96	81,12	183,89	183,09
5	150,0	60,0	1075,29	269,0	99,41	99,27

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
	420,0	7,43	1032,35	75,0	465,0
	330,0	14,87	2064,69	75,0	420,0
	240,0	22,3	3097,04	75,0	375,0
	150,0	29,73	4129,38	75,0	330,0
	60,0	37,16	5161,73	75,0	285,0

Sollecitazioni sul muro

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

PROGETTO ESECUTIVO

Quota	Fx	Fy	M	H
420,0	176,64	1078,26	67,07	50,0
330,0	365,84	2156,51	298,76	50,0
240,0	567,62	3234,77	706,4	50,0
150,0	917,01	4348,23	1316,2	50,0
60,0	1999,74	5649,58	2501,4	50,0

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
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	1077,07	17882,18	S	18887,31	0,0	106,98
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	2158,75	18120,36	S	19039,35	0,0	52,07
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	3240,59	18358,52	S	19191,38	0,0	33,83
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	4346,84	18601,42	S	19348,38	0,0	21,11
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	5649,81	18886,58	S	19531,87	0,0	9,77

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (400,0/0,0)
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (400,0/525,7)
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (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
525,7	510,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	

PROGETTO ESECUTIVO

60,0 0,0 1990,0 3,0 19,46 16,0 0,21 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
19,46	0,46	0,46	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
19,46	0,46	0,46	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
19,46	0,46	0,46	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
19,46	0,46	0,46	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
19,46	0,46	0,46	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
19,46	0,46	0,46	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (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	525,7	510,0	27,8	9,58	517,83	517,85
2	510,0	420,0	166,78	54,93	464,43	465,0
3	420,0	330,0	179,39	54,93	374,47	375,0
4	330,0	240,0	192,0	54,93	284,51	285,0
5	240,0	150,0	415,55	122,69	183,23	182,45
6	150,0	60,0	1168,41	360,47	100,0	99,88
7	60,0	0,0	1176,23	456,76	28,49	29,0

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
60,0	0,0	1990,0	183,0	19,46	16,0	0,21	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

PROGETTO ESECUTIVO

μ Angolo di direzione della spinta.
 K_p Coefficiente di resistenza passiva.
 K_{px}, K_{py} Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	K_p	K_{px}	K_{py}
196,0	0,6	-0,57	-0,16

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.
 Q_f Quota inizio strato.
 R_{px}, R_{py} Componenti della spinta nella zona j-esima (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	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

Sollecitazioni totali

F_x Forza in direzione x (kg);
 F_y Forza in direzione y (kg);
 M Momento (kgm);

	F_x	F_y	M
Spinta terreno	3326,17	1114,29	-55,65
Peso muro	37,16	5161,73	-3765,38
Peso fondazione	39,64	5505,84	-10999,79
Sovraccarico	8,64	1200,0	-2953,67
Terr. fondazione	193,43	26865,0	-66595,95
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	3605,04	39846,86	-84370,43

Momento stabilizzante	-89502,65	kgm
Momento ribaltante	5132,22	kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	3605,04 kg
Sommatoria forze verticali	39846,86 kg
Coefficiente di attrito	0,35
Adesione	0,15 Kg/cm ²
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	39846,86 kg
Forze parall. al piano di scorrimento	3605,04 kg
Resistenza terreno	19903,59 kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd	5,52
Traslazione verificata Csd > 1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-89502,65 kgm
-----------------------	---------------

PROGETTO ESECUTIVO

Momento ribaltante 5132,22 kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv} 17,44
Muro verificato a ribaltamento C_{sv}>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x 3605,04 kg
 Somma forze in direzione y (F_y) 39846,86 kg
 Somma momenti -84370,43 kgm
 Larghezza fondazione 400,0 cm
 Lunghezza 2500,0 cm
 Eccentricità su B 11,74 cm
 Peso unità di volume 1990,0 Kg/m³
 Angolo di resistenza al taglio 19,46 °
 Coesione 0,21 Kg/cm²
 Terreno sulla fondazione 60,0 cm
 Peso terreno sul piano di posa 1990,0 Kg/m³
 N_q 6,07
 N_c 14,34
 N_g 4,99
 s_q 1,05
 s_c 1,06
 s_g 0,94
 i_q 0,89
 i_c 0,87
 i_g 0,84
 Carico limite verticale (Q_{lim}) 185741,3 kg
Fattore sicurezza (C_{sq}=Q_{lim}/F_y) 4,66
Carico limite verificato C_{sq}>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione 211,74 cm
 Larghezza della fondazione 400,0 cm
 x = 0,0 cm Tensione... 0,82 Kg/cm²
 x = 400,0 cm Tensione... 1,17 Kg/cm²

MENSOLA A VALLE

X_{progr.} Ascissa progressiva (cm);
 F_x Forza in direzione x (kg);
 F_y Forza in direzione y (kg);
 M Momento (kgm);
 H Altezza sezione (cm);

X _{progr.}	F _x	F _y	M	H
50,0	0,0	-3525,77	-873,01	60,0

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

A_{fi} Area dei ferri inferiori.
 A_{fs} Area dei ferri superiori.

PROGETTO ESECUTIVO

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
5Ø16 (10,05)	3Ø16 (6,03)	0,27	21517,25	S	22456,21	0,0	6,37

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
100,0	1176,23	2108,67	-2886,65	60,0

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
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	1172,84	26067,03	S	22873,2	0,0	10,85

SLD

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0088
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0044

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

PROGETTO ESECUTIVO

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (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	510,0	420,0	171,26	45,91	464,33	465,0
2	420,0	330,0	186,67	45,91	374,38	375,0
3	330,0	240,0	202,09	45,91	284,43	285,0
4	240,0	150,0	352,55	81,12	184,16	183,09
5	150,0	60,0	1088,72	269,0	99,46	99,27

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
420,0	9,08	1032,35	75,0	465,0
330,0	18,17	2064,69	75,0	420,0
240,0	27,25	3097,04	75,0	375,0
150,0	36,34	4129,38	75,0	330,0
60,0	45,42	5161,73	75,0	285,0

Sollecitazioni sul muro

PROGETTO ESECUTIVO

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
420,0	180,34	1078,26	68,52	50,0
330,0	376,1	2156,51	306,29	50,0
240,0	587,27	3234,77	727,17	50,0
150,0	948,91	4348,23	1359,96	50,0
60,0	2046,71	5649,58	2580,43	50,0

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

Afv Area dei ferri lato valle.
 Afrm 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	Afrm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	1077,07	17882,18	S	18887,31	0,0	104,78
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	2158,75	18120,36	S	19039,35	0,0	50,65
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	3240,59	18358,52	S	19191,38	0,0	32,7
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	4346,84	18601,42	S	19348,38	0,0	20,4
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	5649,81	18886,58	S	19531,87	0,0	9,55

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (400,0/0,0)
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (400,0/525,7)
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma Peso unità di volume (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
525,7	510,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	

PROGETTO ESECUTIVO

420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0
60,0	0,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	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
19,46	0,46	0,47	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
19,46	0,46	0,47	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
19,46	0,46	0,47	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
19,46	0,46	0,47	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
19,46	0,46	0,47	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
19,46	0,46	0,47	0,01	0,43	0,15	0,01	0,0
16,0	0,46	0,47	0,01	0,44	0,13	0,01	0,0

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	525,7	510,0	27,96	9,58	517,83	517,85
2	510,0	420,0	169,34	54,93	464,32	465,0
3	420,0	330,0	184,81	54,93	374,37	375,0
4	330,0	240,0	200,27	54,93	284,42	285,0
5	240,0	150,0	426,68	122,69	183,49	182,45
6	150,0	60,0	1182,39	360,47	100,05	99,88
7	60,0	0,0	1187,13	456,76	28,49	29,0

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

PROGETTO ESECUTIVO

60,0 0,0 1990,0 183,0 19,46 16,0 0,21 180,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
 K_p Coefficiente di resistenza passiva.
 K_{px}, K_{py} Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	K_p	K_{px}	K_{py}
196,0	0,6	-0,57	-0,16

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.
 Q_f Quota inizio strato.
 R_{px}, R_{py} Componenti della spinta nella zona j-esima (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	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

Sollecitazioni totali

F_x Forza in direzione x (kg);
 F_y Forza in direzione y (kg);
 M Momento (kgm);

	F_x	F_y	M
Spinta terreno	3378,57	1114,29	39,45
Peso muro	45,42	5161,73	-3741,84
Peso fondazione	48,45	5505,84	-10997,15
Sovraccarico	10,56	1200,0	-2943,38
Terr. fondazione	236,41	26865,0	-66470,05
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	3719,42	39846,86	-84112,96

Momento stabilizzante -89502,65 kgm
 Momento ribaltante 5389,69 kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 3719,42 kg
 Sommatoria forze verticali 39846,86 kg
 Coefficiente di attrito 0,35
 Adesione 0,15 Kg/cm²
 Angolo piano di scorrimento -360,0 °
 Forze normali al piano di scorrimento 39846,86 kg
 Forze parall. al piano di scorrimento 3719,42 kg
 Resistenza terreno 19903,59 kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd **5,35**

Traslazione verificata Csd > 1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-89502,65 kgm
Momento ribaltante	5389,69 kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv}	16,61
Muro verificato a ribaltamento C_{sv}>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	3719,42 kg
Somma forze in direzione y (F _y)	39846,86 kg
Somma momenti	-84112,96 kgm
Larghezza fondazione	400,0 cm
Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	11,09 cm
Peso unità di volume	1990,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	19,46 °
Coesione	0,21 Kg/cm ²
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	1990,0 Kg/m ³
N _q	6,07
N _c	14,34
N _g	4,99
s _q	1,05
s _c	1,06
s _g	0,94
i _q	0,89
i _c	0,87
i _g	0,84
Carico limite verticale (Q _{lim})	185746,0 kg
Fattore sicurezza (C_{sq}=Q_{lim}/F_y)	4,66
Carico limite verificato C_{sq}>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	211,09 cm
Larghezza della fondazione	400,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	0,83 Kg/cm ²
x = 400,0 cm	Tensione... 1,16 Kg/cm ²

MENSOLA A VALLE

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

X _{progr.}	F _x	F _y	M	H
50,0	0,0	-3567,77	-883,43	60,0

PROGETTO ESECUTIVO

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
5Ø16 (10,05)	3Ø16 (6,03)	0,27	21517,25	S	22456,21	0,0	6,3

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
100,0	1187,13	2180,68	-3092,64	60,0

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
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	1188,42	26071,21	S	22874,76	0,0	10,49

SLV

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0195
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0098

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 (°);

PROGETTO ESECUTIVO

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
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,0	0,46	0,48	0,02	0,44	0,13	0,02	0,01
16,0	0,46	0,48	0,02	0,44	0,13	0,02	0,01
16,0	0,46	0,48	0,02	0,44	0,13	0,02	0,01
16,0	0,46	0,48	0,02	0,44	0,13	0,02	0,01
16,0	0,46	0,48	0,02	0,44	0,13	0,02	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (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	510,0	420,0	185,4	45,91	463,59	465,0
2	420,0	330,0	220,35	45,91	373,81	375,0
3	330,0	240,0	255,31	45,91	283,97	285,0
4	240,0	150,0	425,32	81,12	185,67	183,09
5	150,0	60,0	1181,03	269,0	99,77	99,27

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
420,0	20,13	1032,35	75,0	465,0
330,0	40,26	2064,69	75,0	420,0
240,0	60,39	3097,04	75,0	375,0

PROGETTO ESECUTIVO

150,0	80,52	4129,38	75,0	330,0
60,0	100,65	5161,73	75,0	285,0

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
420,0	205,53	1078,26	78,39	50,0
330,0	446,01	2156,51	357,48	50,0
240,0	721,45	3234,77	868,74	50,0
150,0	1166,9	4348,23	1658,53	50,0
60,0	2368,06	5649,58	3120,24	50,0

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
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	1077,07	17882,18	S	18887,31	0,0	91,95
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	2158,75	18120,36	S	19039,35	0,0	42,71
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	3240,59	18358,52	S	19191,38	0,0	26,62
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	4346,84	18601,42	S	19348,38	0,0	16,59
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	5649,81	18886,58	S	19531,87	0,0	8,25

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (400,0/0,0)
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (400,0/525,7)
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

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

PROGETTO ESECUTIVO

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
525,7	510,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
60,0	0,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	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
19,46	0,46	0,48	0,02	0,43	0,15	0,02	0,01
19,46	0,46	0,48	0,02	0,43	0,15	0,02	0,01
19,46	0,46	0,48	0,02	0,43	0,15	0,02	0,01
19,46	0,46	0,48	0,02	0,43	0,15	0,02	0,01
19,46	0,46	0,48	0,02	0,43	0,15	0,02	0,01
19,46	0,46	0,48	0,02	0,43	0,15	0,02	0,01
16,0	0,46	0,48	0,02	0,44	0,13	0,02	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (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	525,7	510,0	29,02	9,58	517,8	517,85
2	510,0	420,0	186,97	54,93	463,59	465,0
3	420,0	330,0	222,06	54,93	373,81	375,0
4	330,0	240,0	257,16	54,93	283,98	285,0
5	240,0	150,0	503,19	122,69	184,95	182,45
6	150,0	60,0	1278,54	360,47	100,3	99,88
7	60,0	0,0	1262,1	456,76	28,55	29,0

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm ²);

PROGETTO ESECUTIVO

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
60,0	0,0	1990,0	183,0	19,46	16,0	0,21	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
196,0	0,59	-0,57	-0,16

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (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	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	3739,04	1114,29	693,61
Peso muro	100,65	5161,73	-3584,43
Peso fondazione	107,36	5505,84	-10979,47
Sovraccarico	23,4	1200,0	-2874,53
Terr. fondazione	523,87	26865,0	-65628,09
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	4494,33	39846,86	-82372,91

Momento stabilizzante	-89502,65	kgm
Momento ribaltante	7129,73	kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	4494,33 kg
Sommatoria forze verticali	39846,86 kg
Coefficiente di attrito	0,35
Adesione	0,15 Kg/cm ²
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	39846,86 kg

PROGETTO ESECUTIVO

Forze parall. al piano di scorrimento	4494,33 kg
Resistenza terreno	19903,59 kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd	4,43
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-89502,65 kgm
Momento ribaltante	7129,73 kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	12,55
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	4494,33 kg
Somma forze in direzione y (Fy)	39846,86 kg
Somma momenti	-82372,91 kgm
Larghezza fondazione	400,0 cm
Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	6,72 cm
Peso unità di volume	1990,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	19,46 °
Coesione	0,21 Kg/cm ²
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	1990,0 Kg/m ³
Nq	6,07
Nc	14,34
Ng	4,99
sq	1,05
sc	1,07
sg	0,94
iq	0,87
ic	0,84
ig	0,81
Carico limite verticale (Qlim)	185704,3 kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	4,66
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	206,72 cm
Larghezza della fondazione	400,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	0,9 Kg/cm ²
x = 400,0 cm	Tensione... 1,1 Kg/cm ²

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);

PROGETTO ESECUTIVO

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50,0	0,0	-3852,77	-958,65	60,0

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
5Ø16 (10,05)	3Ø16 (6,03)	0,27	21517,25	S	22456,21	0,0	5,83

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
100,0	1262,1	2671,68	-4563,69	60,0

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
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	1266,33	26092,14	S	22885,44	0,0	8,57

SLC

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,024
Coefficiente sismico verticale Kv	0,012

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

PROGETTO ESECUTIVO

Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm ²);
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
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,0	0,46	0,49	0,03	0,44	0,13	0,03	0,01
16,0	0,46	0,49	0,03	0,44	0,13	0,03	0,01
16,0	0,46	0,49	0,03	0,44	0,13	0,03	0,01
16,0	0,46	0,49	0,03	0,44	0,13	0,03	0,01
16,0	0,46	0,49	0,03	0,44	0,13	0,03	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	510,0	420,0	191,49	45,91	463,3	465,0
2	420,0	330,0	234,88	45,91	373,61	375,0
3	330,0	240,0	278,26	45,91	283,83	285,0
4	240,0	150,0	456,7	81,12	186,17	183,09
5	150,0	60,0	1220,84	269,0	99,89	99,27

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

PROGETTO ESECUTIVO

420,0	24,78	1032,35	75,0	465,0
330,0	49,55	2064,69	75,0	420,0
240,0	74,33	3097,04	75,0	375,0
150,0	99,11	4129,38	75,0	330,0
60,0	123,88	5161,73	75,0	285,0

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
420,0	216,27	1078,26	82,59	50,0
330,0	475,92	2156,51	379,34	50,0
240,0	778,96	3234,77	929,31	50,0
150,0	1260,44	4348,23	1786,45	50,0
60,0	2506,06	5649,58	3351,72	50,0

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
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	1077,07	17882,18	S	18887,31	0,0	87,38
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	2158,75	18120,36	S	19039,35	0,0	40,03
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	3240,59	18358,52	S	19191,38	0,0	24,65
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	4346,84	18601,42	S	19348,38	0,0	15,36
3Ø16 (6,03)	5Ø16 (10,05)	5649,81	18886,58	S	19531,87	0,0	7,8

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (400,0/0,0)
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (400,0/525,7)
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

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

PROGETTO ESECUTIVO

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
525,7	510,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
510,0	420,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
420,0	330,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
330,0	240,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
240,0	150,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
150,0	60,0	1990,0	3,0	19,46	19,46	0,21	0,0	
60,0	0,0	1990,0	3,0	19,46	16,0	0,21	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
19,46	0,46	0,48	0,03	0,43	0,15	0,03	0,01
19,46	0,46	0,48	0,03	0,43	0,15	0,03	0,01
19,46	0,46	0,48	0,03	0,43	0,15	0,03	0,01
19,46	0,46	0,48	0,03	0,43	0,15	0,03	0,01
19,46	0,46	0,48	0,03	0,43	0,15	0,03	0,01
19,46	0,46	0,48	0,03	0,43	0,15	0,03	0,01
16,0	0,46	0,49	0,03	0,44	0,13	0,03	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota finale 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	525,7	510,0	29,48	9,58	517,79	517,85
2	510,0	420,0	194,58	54,93	463,32	465,0
3	420,0	330,0	238,15	54,93	373,63	375,0
4	330,0	240,0	281,72	54,93	283,84	285,0
5	240,0	150,0	536,24	122,69	185,45	182,45
6	150,0	60,0	1320,06	360,47	100,4	99,88
7	60,0	0,0	1294,47	456,76	28,57	29,0

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

PROGETTO ESECUTIVO

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
60,0	0,0	1990,0	183,0	19,46	16,0	0,21	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
196,0	0,59	-0,57	-0,16

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (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	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	3894,7	1114,29	976,09
Peso muro	123,88	5161,73	-3518,23
Peso fondazione	132,14	5505,84	-10972,04
Sovraccarico	28,8	1200,0	-2845,57
Terr. fondazione	644,76	26865,0	-65274,0
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	4824,28	39846,86	-81633,75

Momento stabilizzante	-89502,65	kgm
Momento ribaltante	7868,89	kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	4824,28 kg
Sommatoria forze verticali	39846,86 kg

PROGETTO ESECUTIVO

Coefficiente di attrito	0,35
Adesione	0,15 Kg/cm ²
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	39846,86 kg
Forze parall. al piano di scorrimento	4824,28 kg
Resistenza terreno	19903,59 kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd	4,13
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-89502,65 kgm
Momento ribaltante	7868,89 kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	11,37
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	4824,28 kg
Somma forze in direzione y (Fy)	39846,86 kg
Somma momenti	-81633,75 kgm
Larghezza fondazione	400,0 cm
Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	4,87 cm
Peso unità di volume	1990,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	19,46 °
Coesione	0,21 Kg/cm ²
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	1990,0 Kg/m ³
Nq	6,07
Nc	14,34
Ng	4,99
sq	1,06
sc	1,07
sg	0,94
iq	0,86
ic	0,83
ig	0,8
Carico limite verticale (Qlim)	185650,1 kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	4,66
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	204,87 cm
Larghezza della fondazione	400,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	0,92 Kg/cm ²
x = 400,0 cm	Tensione... 1,07 Kg/cm ²

MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
 Fx Forza in direzione x (kg);

PROGETTO ESECUTIVO

	Fy	Forza in direzione y (kg);			
	M	Momento (kgm);			
	H	Altezza sezione (cm);			
Xprogr.	Fx	Fy	M	H	
50,0	0,0	-3974,77	-989,03	60,0	

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																
5Ø16 (10,05)	3Ø16 (6,03)	0,27	21517,25	S	22456,21	0,0	5,65																

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Fx	Fy	M	H	
100,0	1294,47	2877,68	-5184,8	60,0	

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																
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	1297,48	26100,51	S	22890,05	0,0	7,96																

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

=====

Normativa

NTC 2008

PROGETTO ESECUTIVO

Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1,39 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10,1 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10,01 m
Ordinata vertice destro superiore ys	18,73 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	-10,0	5,6
2	5,0	5,6
3	5,7	5,6
4	6,2	9,6
5	6,2	9,6
6	6,2	9,6
7	20,2	9,6

Vertici strato1

N	X m	y m
1	-10,0	4,4
2	6,2	4,4
3	20,2	4,4

Vertici strato2

PROGETTO ESECUTIVO

N	X m	y m
1	-10,0	0,4
2	6,2	0,4
3	20,2	0,4

Vertici strato3

N	X m	y m
1	-10,0	-9,6
2	6,2	-9,6
3	20,2	-9,6

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 (kN/m ³)	Gs (kN/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0,05		23	19,41747	19,41747	4,00	TRV1: argille marnose sommitali alte
2	0,19		21,17	19,22134	19,22134	0,00	TRV1
3	0,24		19,26	19,41747	19,41747	0,00	TRV2a
4	0,21		22,75	18,92714	18,92714	0,00	TRV2b

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	7,7	9,6	18,7	9,6	0,26

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,52
Ascissa centro superficie	5,5 m
Ordinata centro superficie	12,31 m
Raggio superficie	8,37 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 concii. Superficie...xc = 5,50 yc = 12,312 Rc = 8,367 Fs=1,5221

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1,33	-31,3	1,56	11,65	0,0	0,0	0,21	19,5	0,0	28,9	25,1
2	1,33	-21,1	1,43	28,6	0,0	0,0	0,21	19,5	0,0	40,7	26,0
3	1,33	-11,5	1,36	38,69	0,0	0,0	0,21	19,5	0,0	44,8	26,0
4	1,5	-1,7	1,5	48,29	0,0	0,0	0,21	19,5	0,0	49,2	28,6
5	1,17	7,5	1,18	172,51	0,0	0,0	0,21	19,5	0,0	167,5	49,7
6	1,33	16,2	1,39	213,84	0,0	0,0	0,21	19,5	0,0	205,2	60,2
7	1,33	26,1	1,48	202,3	0,0	0,0	0,21	19,5	0,0	196,1	59,5
8	1,33	36,9	1,67	183,04	0,0	0,0	0,21	19,5	0,0	184,4	59,2
9	1,33	49,7	2,06	152,65	0,0	0,0	0,21	19,5	0,0	165,2	60,0
10	1,33	70,6	4,01	97,05	0,0	0,0	0,21	19,5	0,0	95,9	69,1