

**COMUNE DI MESSINA**  
**Direzione Generale Staff "O"**  
**UNITA' DI PROGETTO "PROGRAMMI COMPLESSI"**

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**DELLE OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA DEL P.I.P.**  
**INSEDIAMENTI ARTIGIANALI IN LOCALITA' LARDERIA**

Tav./ Elab. <b>A.1</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	Data: Luglio 2004
Perizia di aggiornamento prezzi redatta ai sensi dell'art. 18 ter della Legge 109/94 così come modificato dalla L.R. 20/2007 e s.m.e i.		Aggiornamento: MAGGIO 2009

Approvazioni:

**IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO**

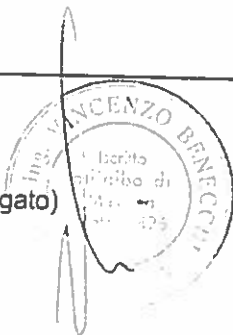
Dott. Arch. Luciana REALE

**PROGETTISTI**

Dott. Ing. Vincenzo BENECCHI (Capogruppo delegato)

Dott. Ing. Bruno DE COLA

Dott. Ing. Giovanni MICELI



Dott. Ing. Lorenzo DEODATO

Dott. Ing. Antonino PAGANA

## 1. Premesse

Nella presente relazione geotecnica si riportano le calcolazioni geotecniche relative alle opere strutturali previste nell'ambito del progetto delle opere di urbanizzazione primaria del P.I.P. Insediamenti artigianali in località Larderia del Comune di Messina.

Nel seguito si farà esplicito riferimento allo studio geologico condotto dal geologo dott. Giuseppe Ruggeri attraverso ricognizioni di superfici volte a definire gli aspetti geo-morfologici dell'area e mediante indagini dirette (perforazione di sondaggi e indagini geofisiche) che hanno consentito di individuare la stratigrafia del sito e le proprietà elastiche dei materiali indagati.

Gli elaborati a corredo della campagna di indagini geognostiche eseguite sull'area in questione sono i seguenti:

- Relazione Geologico-Tecnica
- Colonne Stratigrafiche
- Indagini Geofisiche
- Carta Geolitologica
- Carta Idrogeologica;
- Sezioni Geolitologiche;
- Carta Geomorfologica;
- Carta Litotecnica;

- Carta della pericolosità geologica e sismica
- Planimetria ubicazione indagini;  
Sezioni Geolitologiche

## **2. Geologia del sito**

L'area indagata si colloca nel settore sud del territorio di Messina.

Ricade nella tavoletta Santo Stefano di Briga foglio 254 III N.O. carta d'Italia edita dall'I.G.M. scala 1:25.000.

E' delimitata a Nord dall'A20 a Sud dall'asta fluviale del Torrente Lardereria, a Est ed a Ovest da versanti più o meno acclivi i cui limiti più avanzati si spingono in prossimità del nastro autostradale Messina-Catania.

### **2.1. Caratteristiche litologiche**

la successione stratigrafica (dal basso verso l'alto) viene di seguito elencata:

#### **2.1.2 Metamorfiti Peloritane**

Il complesso Peloritano è rappresentato da rocce metamorfiche di alto grado.

I litotipi più rappresentati sono gli gneiss e micascisti, frequentemente iniettati da filoni aplitici-pegmatitici.

L'ammasso si presenta tettonizzato con fasce milonitizzate.

Affiora a monte e lungo il versante destro dell'area e di fatto delimita la fascia alluvionale del Torrente Larderia.

### **2.1.2 Alternanza arenaceo-argillosa-conglomeratica**

La formazione arenaceo-argillosa-conglomeratica, costituisce la parte basale della serie sedimentaria.

Poggia direttamente sulle metamorfiti ed è rappresentata da bancate arenacee con interstrati argillitici.

In seno alla formazione si rinvencono accumuli informi di conglomeratici ad elementi grossolani di natura metamorfica.

Strutturalmente è disposta a reggipoggio.

Nell'area affiora nella parte mediana e finale del versante sinistro.

Limitati lembi sono presenti lungo il versante destro, in seno alle metamorfiti.

### **2.1.3 Sabbie e ghiaie di Messina**

Le sabbie e ghiaie della formazione di Messina, sono depositi fluvio-deltizi ad elementi prevalentemente cristallini, clinostratificati.

Affiorano nella parte terminale del versante sinistro lungo "Costa Filingeri".

#### ***2.1.4 Alluvioni recenti***

Le alluvioni recenti sono costituite da sabbie e ghiaie con lenti di limo, talora terrazzate.

Rappresentano la formazione del Quaternario più recente.

Affiorano nell'area di stretto interesse e costituiscono il substrato su cui saranno fondate le opere in progetto.

## **2.2 Permeabilità locale**

I terreni affioranti nell'area indagata rientrano nel campo delle rocce a permeabilità alta per porosità e sono rappresentati dalle alluvioni del Torrente Larderia.

I rilievi condotti contestualmente all'esecuzione delle indagini, messa in opera di un piezometro in corrispondenza del foro S<sub>3</sub>, (quota di testa + 69 m. s.l.m.) hanno messo in evidenza l'esistenza di una falda la cui superficie piezometrica si pone all'incirca in prossimità della quota assoluta + 40,00 m. s.l.m.

Vista la vicinanza dell'area dal Torrente Larderia, in condizioni particolari, (notevoli apporti), si può determinare un innalzamento del livello freatico, fino alla completa saturazione del materasso alluvionale.

### 3. Sondaggi

I sondaggi sono stati eseguiti dalla Geotecnica Ingegneria Applicate G.I.A. s.r.l., società incaricata di condurre le indagini, n°7 fori secondo lo schema riportato nell'allegata planimetria costituente l'Allegato 7 dello studio geologico-tecnico.

Hanno raggiunto la profondità max di 30,00 m dal p.c. e sono stati espletati a carotaggio continuo.

I terreni presenti nell'area d'intervento sono riconducibili ai seguenti litotipi:

- sabbie grigie e marroni a grana media con ciottoli e frammenti spigolosi di natura metamorfica;
- locali livelli di limo sabbioso a forma lenticolare.

Lo spessore supera i 30,00 m. l'assetto è sub-orizzontale.

Nel settore Est dell'area, è stata intercettata la formazione marnoso-arenacea, alla quota di - 23,00 m. dal p.c. (foro S<sub>4</sub>) mentre in corrispondenza del foro S<sub>7</sub> questa è affiorante.



#### 4. Standard Penetration Test (SPT)

Contestualmente alla perforazione sono stati eseguiti, mediamente ogni 5,00 m n° 16 prove S.P.T. (Standard Penetration Test)

La prova consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica, per tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno, rilevando il numero di colpi di una massa battente di peso standard, fatta cadere da una altezza costante.

Il numero di colpi (N) misurato è dato dalla somma del secondo e terzo tratto (30 cm).

I valori così ottenuti vengono riportati nella tabella I, unitamente ai litotipi indagati.

<i>Foro</i>	<i>Profondità</i>	<i>N</i>	<i>Litotipo</i>
2	5.00-5.45	65	Sabbia con ciottoli
2	10.00-10.45	73	Sabbia con ciottoli
2	15.00-15.45	82	Sabbia con ciottoli
2	20.00-20.45	R	Sabbia con ciottoli
3	5.00-5.45	52	Sabbia con ciottoli
3	10.00-10.45	67	Sabbia con ciottoli
3	14.50-14.95	87	Sabbia con ciottoli
3	20.00-20.45	R	Sabbia con ciottoli
4	6.00-6.45	79	Sabbia con ciottoli
4	10.00-10.45	69	Sabbia con ciottoli
4	15.00-15.45	24	Limo sabbioso
4	20.00-20.45	40	Sabbia fine
6	6.00-6.45	66	Sabbia con ciottoli
6	11.00-11.45	85	Sabbia con ciottoli
6	16.00-16.45	R	Sabbia con frammenti litici
6	20.00-20.45	R	Sabbia con ciottoli

L'utilizzo durante la prova della punta, al posto della scarpa standard, certamente aumenta la capacità di penetrazione dell'attrezzo, di ciò si è tenuto conto apportando una riduzione del 30% nel numero di colpi misurati, in accordo a Palmer e Stuart

$$N_1 = 0,7 N$$

Inoltre il numero di colpi (N) misurato, è influenzato dalla pressione litostatica.

Pertanto i valori misurati sono stati corretti al fine di omogenizzarli e riportarli al valore corrispondente alla pressione efficace (Bazaraa 1967) secondo le seguenti espressioni:

$$N^1 = \frac{4N}{1 + \chi_1 p_0} \quad \text{per } p_0 \leq 75\text{KPa}$$

$$N^1 = \frac{4N}{3.25 + \chi_2 p_0} \quad \text{per } p_0 \geq 75\text{KPa}$$

dove  $\chi_1 = 0,04$

$\chi_2 = 0,01$

I valori di N corretti per la profondità e per l'uso della punta sono riportati nella tabella.

<i>Foro</i>	<i>Profondità</i>	<i>N corretto</i>	<i>Litotipo</i>
2	5.00-5.45	42	Sabbia con ciottoli
2	10.00-10.45	39	Sabbia con ciottoli
2	15.00-15.45	37	Sabbia con ciottoli
2	20.00-20.45	R	Sabbia con ciottoli
3	5.00-5.45	34	Sabbia con ciottoli
3	10.00-10.45	36	Sabbia con ciottoli
3	14.50-14.95	40	Sabbia con ciottoli
3	20.00-20.45	R	Sabbia con ciottoli
4	6.00-6.45	50	Sabbia con ciottoli
4	10.00-10.45	37	Sabbia con ciottoli
4	15.00-15.45	11	Limo sabbioso
4	20.00-20.45	15	Sabbia fine
6	6.00-6.45	42	Sabbia con ciottoli
6	11.00-11.45	44	Sabbia con ciottoli
6	16.00-16.45	R	Sabbia con frammenti litici
6	20.00-20.45	R	Sabbia con ciottoli

Analizzando nel dettaglio i risultati delle prove S.P.T., i litotipi intercettati e indagati hanno fatto registrare i seguenti valori di N:

Sabbia con ciottoli             $N = 34 \div 36$

Sabbia e sabbia con limo     $N = 11 \div 15$

I colpi particolarmente elevati e quelli di rifiuto sono stati scartati in quanto influenzati da elementi granulometricamente grossolani.

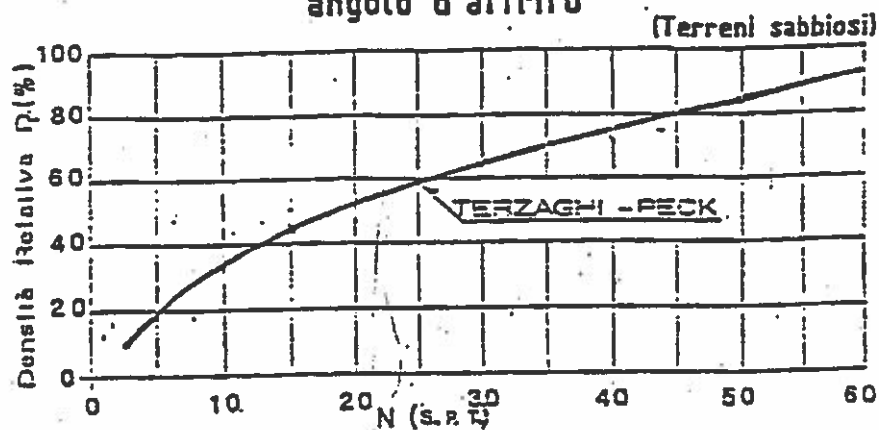
La valutazione dello stato di addensamento/densità relativa, viene fatta sulla scorta della tabella proposta da Bowles (1982).

N	Addensamento	Densità relativa
5-10	Molto sciolto	0-15
8-15	Sciolta	35
10-40	Media	65
20-70	Densa	85
35	Molto addensata	100

Attraverso la quale la densità relativa dei terreni indagati è pari al 65%.

Questo valore risulta abbastanza in accordo con quello ottenuto attraverso il diagramma di Terzaghi.

### Correlazioni fra N, densità relativa e angolo d'attrito

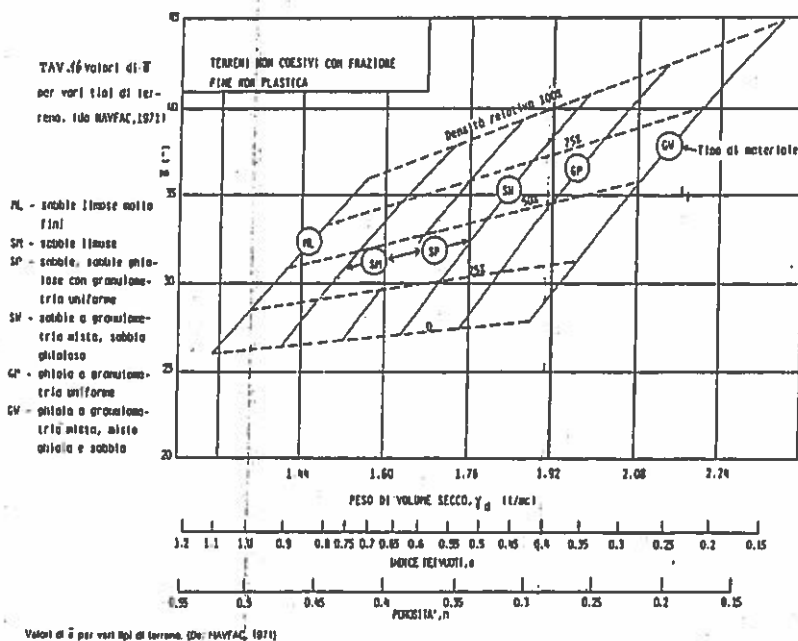


Per quanto riguarda l'angolo di attrito interno  $\phi$  viene determinato attraverso la formula empirica proposta da Shioi-Fukuni:

$$\phi = \sqrt{15xNspt} + 15$$

da cui si ottiene  $\phi = 35^\circ$ .

Il valore di  $\phi$  così determinato risulta in accordo con quello desunto attraverso il diagramma di Navfac che mette in relazione l'angolo di attrito interno con la densità relativa e il tipo di materiale.



Il modulo edometrico viene definito attraverso la relazione di Denver:

$$E = S_1 N + S_2$$

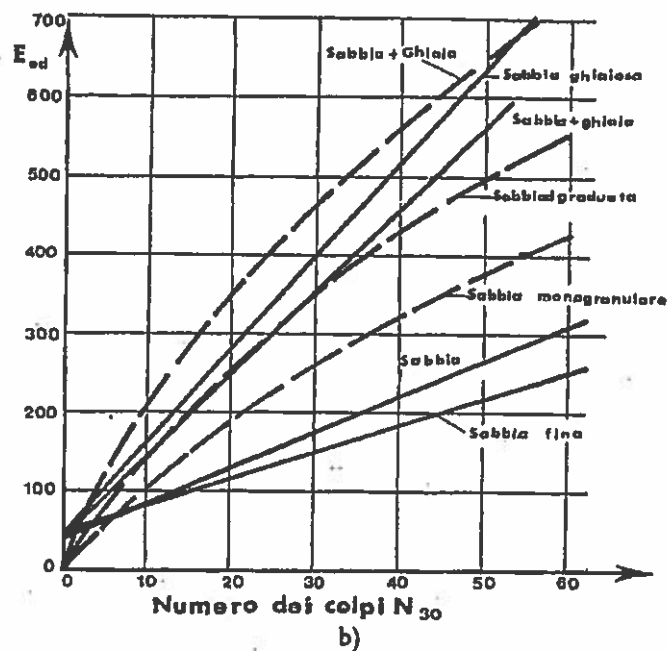
dove

$$S_1 = 7,56 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_2 = 187,5 \text{ Kg/cm}^2$$

da cui si ottiene per  $N = 34$

$$E = 444 \text{ Kg/cm}^2$$



Il valore di  $E$  determinato attraverso la relazione di Denver è confrontabile con quello determinato attraverso il soprariportato diagramma di Menzebach - Malcev.

## 5. Parametrazione geotecnica

In funzione delle analisi eseguite in sito e delle correlazioni tabellari, i parametri meccanici che possono essere assegnati alle sabbie affioranti nell'area d'intervento sono:

$\gamma$	= 1,90 t/cm <sup>3</sup>	<i>peso di volume</i>
$\phi$	= 35°	<i>angolo di resistenza al taglio</i>
C	= 0,00	<i>coesione</i>
E	= 444	<i>modulo edometrico</i>
K	= 10 Kg/m <sup>3</sup>	<i>coefficiente di sottofondo</i>
$\varepsilon$	= 1,1	<i>coefficiente di fondazione.</i>

## 6. Calcolazioni geotecniche

### Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- 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.
- 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.
- 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
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- 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
- 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

Il calcolo dei muri di sostegno verrà eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa



- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità del pendio

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione.

Il progetto delle armature e relative verifiche dei materiali viene riportato nei calcoli statici delle opere di sostegno.

## Calcolo della spinta sul muro

### Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(C)$  essendo  $C$  il coefficiente di intensità sismica.

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

Tale incremento di spinta deve essere applicato ad una distanza dalla base pari a 2/3 dell'altezza del muro stesso.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali che si destano per effetto del sisma. Tale forza viene valutata come

$$F_i = CW$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi permanenti e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta$ .

La Normativa Italiana impone che sia  $\eta \geq 1.5$ . Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq 1.5$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

### Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere maggiore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. In particolare, La Normativa Italiana richiede che il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  sia

$$\frac{F_r}{F_s} \geq 1.3$$

Le forze che intervengono nella  $F_r$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_r$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_r + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento. Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

### Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a 2. Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq 2$$

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ( $\phi=0$ ) o meno e si esprimono nel modo seguente:

#### Caso generale

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

#### Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$$

in cui  $d_c, d_q, d_\gamma$ , sono i fattori di profondità;  $s_c, s_q, s_\gamma$ , sono i fattori di forma;  $i_c, i_q, i_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del carico;  $b_c, b_q, b_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa;  $g_c, g_q, g_\gamma$ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori  $N_c, N_q, N_\gamma$  sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \text{tg} \phi$$

Vediamo ora come si esprimono i vari fattori che compaiono nella espressione del carico ultimo.

#### Fattori di forma

$$\text{per } \phi=0 \quad s_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \text{tg}\phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

### Fattori di profondità

Si definisce il parametro  $k$  come

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \arctg \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come

$$\text{per } \phi=0 \quad d_c = 0.4k$$

$$\text{per } \phi>0 \quad d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2\text{tg}\phi(1 - \sin\phi)^2 k$$

$$\gamma = 1$$

### Fattori di inclinazione del carico

Indichiamo con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B' \times L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione  $B$ ,  $L$  e all'eccentricità del carico  $e_B$ ,  $e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$   $L' = L - 2e_L$ ) e con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta=0$  per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

$$\text{per } \phi = 0 \quad i_c = 1/2(1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}})$$

$$\text{per } \phi > 0 \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$



$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_1 c_s \operatorname{ctg} \phi}\right)^5$$

per  $\eta = 0$   $i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_1 c_s \operatorname{ctg} \phi}\right)^5$

per  $\eta > 0$   $i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ/450^\circ)H}{V + A_1 c_s \operatorname{ctg} \phi}\right)^5$

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

$$\text{per } \phi=0 \quad b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = e^{-2\eta\text{tg}\phi}$$

$$b_\gamma = e^{-2.7\eta\text{tg}\phi}$$

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con  $\beta$  la pendenza del pendio i fattori  $g$  si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$\text{per } \phi=0 \quad g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.05\text{tg}\beta)^\delta$$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V\text{tg}\delta + A_f c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.3.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 6x6 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 25.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i^n \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## MURO IN C.A. H = 2.00m

### Geometria muro e fondazione

Descrizione in c.a.	Muro a mensola
Altezza del paramento	2.00 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.50 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.80 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.30 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.30 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.10 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.50 [m]

### Materiali utilizzati per la struttura

#### *Calcestruzzo*

Peso specifico	2500.0 [kg/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{bk}$	250.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	85.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	5.3 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	16.9 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### *Acciaio*

Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	2600.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Geometria profilo terreno a monte del muro

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5.00	0.00	0.00

### Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento [m]	0.00	

### Caratteristiche terreno a monte del muro

Descrizione	Terreno 1
Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Adesione terra-muro $c_a$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Caratteristiche terreno di fondazione

Descrizione	Terreno 2
Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Adesione terra-muro $c_a$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

## Condizioni di carico

### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
$F_x$	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
$F_y$	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
$M$	Momento espresso in [kgm]
$X_i$	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
$X_f$	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
$Q_i$	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kg/m]
$Q_f$	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kg/m]
$D/C$	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (Condizione 1)

D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=5.00$	$Q_i=2000.00$
	$Q_f=2000.00$			

## Descrizione combinazioni di carico

### *Simbologia adottata*

$C$  Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo della spinta

$C_{soll}$  Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo delle sollecitazioni

### Combinazione n° 1 (sismica)

Peso proprio

Spinta terreno

Condizione 1

$C = 1.00$

$C_{soll} = 1.00$

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta Culmann	metodo	di
Calcolo del carico limite Hansen	metodo	di
Calcolo della stabilità globale Fellenius	metodo	di
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva	
Coefficiente di intensità sismica (Percento)	10.0	
Coefficiente di fondazione	1.10	
Partecipazione spinta passiva (Percento)	0.0	
Calcolo riferito ad 1 metro di muro		
Peso muro	4636.82 [kg]	
Baricentro del muro 1.75	X=0.05	Y=-

### COMBINAZIONE n° 1

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta 2.50	X=1.30	Y=-
Punto superiore superficie di spinta Y=0.00	X=1.30	
Altezza della superficie di spinta	2.50 [m]	
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0.00 [°]	



Valore della spinta statica	2674.39 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	2455.73 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1059.13 [kg]
Punto d'applicazione della spinta 1.48	X=1.30 Y=-
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58.94 [°]
Incremento sismico della spinta	751.59 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta 0.83	X=1.30 Y=-
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53.41 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	7540.00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte 1.00	X=0.65 Y=-
Inerzia del muro	510.05 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	829.40 [kg]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4485.32 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale [kg]	13533.60
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	5295.05
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	17775.69
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione [kg]	13533.60
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4485.32 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.13 [m]
Risultante in fondazione [kg]	14257.51
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.34 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione [kgm]	1750.97
Carico ultimo della fondazione [kg]	58407.39

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.10 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle [kg/cm <sup>2</sup> ]	0.8810
Tensione terreno allo spigolo di monte [kg/cm <sup>2</sup> ]	0.4060

### *Fattori per il calcolo della capacità portante*

$N_c = 46.12$	$N'_c = 19.48$
$N_q = 33.30$	$N'_q = 14.27$
$N_\gamma = 33.92$	$N'_\gamma = 9.06$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.36
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.30
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	4.32
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.66

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.67 Y[m]= 0.22

Raggio del cerchio R[m]= 3.36

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.19

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.69

Larghezza della striscia dx[m]= 0.24

Coefficiente di sicurezza C= 1.66

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	696.33	76.92	678.27	1.04	35.00	0.000	0.000
2	1029.50	63.88	924.34	0.53	35.00	0.000	0.000
3	1213.75	55.75	1003.31	0.42	35.00	0.000	0.000
4	1351.58	49.12	1021.93	0.36	35.00	0.000	0.000
5	1461.75	43.30	1002.50	0.32	35.00	0.000	0.000
6	1558.07	38.00	959.22	0.30	35.00	0.000	0.000
7	1698.04	33.06	926.31	0.28	35.00	0.000	0.000
8	1760.61	28.39	837.04	0.27	35.00	0.000	0.000
9	1812.28	23.91	734.61	0.26	35.00	0.000	0.000
10	1854.26	19.59	621.72	0.25	35.00	0.000	0.000
11	1887.40	15.38	500.62	0.24	35.00	0.000	0.000
12	1808.24	11.26	352.97	0.24	35.00	0.000	0.000
13	1688.95	7.19	211.39	0.24	35.00	0.000	0.000
14	809.32	3.16	44.61	0.24	35.00	0.000	0.000
15	567.58	-0.85	-8.46	0.24	35.00	0.000	0.000
16	501.47	-4.87	-42.60	0.24	35.00	0.000	0.000
17	488.75	-8.92	-75.75	0.24	35.00	0.000	0.000
18	468.38	-13.00	-105.40	0.24	35.00	0.000	0.000

19	440.03	-17.16	-129.84	0.25	35.00	0.000	0.000
20	403.21	-21.42	-147.22	0.25	35.00	0.000	0.000
21	357.23	-25.80	-155.46	0.26	35.00	0.000	0.000
22	301.09	-30.35	-152.13	0.27	35.00	0.000	0.000
23	233.39	-35.13	-134.29	0.29	35.00	0.000	0.000
24	152.05	-40.20	-98.15	0.31	35.00	0.000	0.000
25	53.83	-45.70	-38.53	0.34	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 24597.08$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 8731.01$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 14459.99$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0.00$  [kg]

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.10	76.27	4.96	103.36
3	0.20	155.06	19.96	208.81
4	0.30	236.39	45.20	316.35
5	0.40	320.25	80.88	425.97
6	0.50	406.63	127.20	537.67
7	0.60	495.55	184.34	651.45
8	0.70	587.00	252.50	767.32
9	0.80	680.98	331.88	885.27
10	0.90	777.49	422.68	1005.31
11	1.00	876.54	525.08	1127.42
12	1.10	978.11	639.29	1251.62
13	1.20	1082.21	765.50	1377.90
14	1.30	1188.85	903.90	1506.27
15	1.40	1298.01	1054.69	1636.72
16	1.50	1409.71	1218.07	1769.25
17	1.60	1523.93	1394.23	1903.86
18	1.70	1640.69	1583.36	2040.55
19	1.80	1759.98	1785.67	2179.33
20	1.90	1881.80	2001.34	2320.19
21	2.00	2006.15	2230.58	2463.14

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.00	0.00

2	0.03	3.39	225.78
3	0.06	13.53	449.54
4	0.09	30.34	671.26
5	0.12	53.78	890.94
6	0.15	83.78	1108.60
7	0.18	120.28	1324.22
8	0.21	163.21	1537.81
9	0.24	212.53	1749.36
10	0.27	268.15	1958.88
11	0.30	330.04	2166.37

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.00	0.00
2	0.13	-24.44	-369.64
3	0.26	-94.45	-701.12
4	0.39	-205.08	-994.42
5	0.52	-351.35	-1249.55
6	0.65	-528.30	-1466.51
7	0.78	-730.98	-1645.29
8	0.91	-954.43	-1785.91
9	1.04	-1193.67	-1888.36
10	1.17	-1443.74	-1952.63
11	1.30	-1699.70	-1978.74

## MURO IN C.A. H = 2.50m

### Geometria muro e fondazione

Descrizione in c.a.	Muro a mensola
Altezza del paramento	2.50 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.55 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.80 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.30 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.60 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.45 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.55 [m]

### Materiali utilizzati per la struttura

#### *Calcestruzzo*

Peso specifico	2500.0 [kg/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{bk}$	250.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	85.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	5.3 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	16.9 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### *Acciaio*

Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	2600.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]



## Geometria profilo terreno a monte del muro

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5.00	0.00	0.00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]  
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.00 [m]

## Caratteristiche terreno a monte del muro

Descrizione	Terreno 1
Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Adesione terra-muro $c_a$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

## Caratteristiche terreno di fondazione

Descrizione	Terreno 2
Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Adesione terra-muro  $c_a$

0.000 [kg/cmq]

## Condizioni di carico

### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$  Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

$F_x$  Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]

$F_y$  Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]

$M$  Momento espresso in [kgm]

$X_i$  Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

$X_f$  Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

$Q_i$  Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kg/m]

$Q_f$  Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kg/m]

$D/C$  Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (Condizione 1)

D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=5.00$	$Q_i=2000.00$
		$Q_f=2000.00$		

## Descrizione combinazioni di carico

### *Simbologia adottata*

$C$  Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo della spinta

$C_{soll}$  Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo delle sollecitazioni

### Combinazione n° 1 (sismica)

Peso proprio

Spinta terreno

Condizione 1

$C = 1.00$

$C_{soll} = 1.00$

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta Culmann	metodo	di
Calcolo del carico limite Hansen	metodo	di
Calcolo della stabilità globale Fellenius	metodo	di
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva	
Coefficiente di intensità sismica (Percento)	10.0	
Coefficiente di fondazione	1.10	
Partecipazione spinta passiva (Percento)	0.0	
Calcolo riferito ad 1 metro di muro		
Peso muro	6042.73 [kg]	
Baricentro del muro 2.16	X=0.11	Y=-

### COMBINAZIONE n° 1

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta 3.05	X=1.60	Y=-
Punto superiore superficie di spinta Y=0.00	X=1.60	
Altezza della superficie di spinta	3.05 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00 [°]	
Valore della spinta statica	3652.57 [kg]	

Componente orizzontale della spinta statica	3353.93 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1446.51 [kg]
Punto d'applicazione della spinta 1.82	X=1.60 Y=-
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58.94 [°]
Incremento sismico della spinta	1026.49 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta 1.02	X=1.60 Y=-
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53.41 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte [kg]	10800.00
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte 1.25	X=0.80 Y=-
Inerzia del muro	664.70 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1188.00 [kg]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6149.19 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale [kg]	18695.76
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	8757.92
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	28242.09
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione [kg]	18695.76
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6149.19 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.18 [m]
Risultante in fondazione [kg]	19681.06
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.21 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione [kgm]	3454.97
Carico ultimo della fondazione [kg]	75766.57

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.45 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.1061
Tensione terreno allo spigolo di monte [kg/cm <sup>2</sup> ]	0.4176

### *Fattori per il calcolo della capacità portante*

$N_c = 46.12$	$N'_c = 19.54$
$N_q = 33.30$	$N'_q = 14.33$
$N_\gamma = 33.92$	$N'_\gamma = 9.17$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.22
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.31
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	4.05
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.66

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.81 Y[m]= 0.27

Raggio del cerchio R[m]= 4.10

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.83

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3.29

Larghezza della striscia dx[m]= 0.29

Coefficiente di sicurezza C= 1.66

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	903.91	76.98	880.68	1.27	35.00	0.000	0.000
2	1395.79	63.97	1254.21	0.65	35.00	0.000	0.000
3	1667.74	55.88	1380.62	0.51	35.00	0.000	0.000
4	1871.30	49.27	1418.11	0.44	35.00	0.000	0.000
5	2034.14	43.47	1399.55	0.39	35.00	0.000	0.000
6	2173.84	38.20	1344.18	0.36	35.00	0.000	0.000
7	2373.51	33.28	1302.37	0.34	35.00	0.000	0.000
8	2466.30	28.63	1181.63	0.32	35.00	0.000	0.000
9	2543.08	24.18	1041.46	0.31	35.00	0.000	0.000
10	2605.63	19.87	885.81	0.30	35.00	0.000	0.000
11	2655.21	15.69	717.98	0.30	35.00	0.000	0.000
12	2628.81	11.59	528.00	0.29	35.00	0.000	0.000
13	2419.49	7.54	317.69	0.29	35.00	0.000	0.000
14	1054.64	3.54	65.13	0.29	35.00	0.000	0.000
15	771.32	-0.45	-6.01	0.29	35.00	0.000	0.000
16	713.24	-4.44	-55.16	0.29	35.00	0.000	0.000
17	695.79	-8.45	-102.20	0.29	35.00	0.000	0.000
18	667.22	-12.50	-144.40	0.29	35.00	0.000	0.000

19	627.07	-16.62	-179.33	0.30	35.00	0.000	0.000
20	574.68	-20.83	-204.32	0.30	35.00	0.000	0.000
21	509.06	-25.16	-216.41	0.31	35.00	0.000	0.000
22	428.87	-29.65	-212.16	0.33	35.00	0.000	0.000
23	332.18	-34.35	-187.45	0.35	35.00	0.000	0.000
24	216.15	-39.34	-137.02	0.37	35.00	0.000	0.000
25	76.44	-44.72	-53.79	0.40	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 34405.42$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 12219.16$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 20270.18$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0.00$  [kg]

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.13	95.73	8.24	137.21
3	0.25	195.41	33.23	278.08
4	0.38	299.04	75.41	422.61
5	0.50	406.63	135.21	570.78
6	0.63	518.18	213.07	722.60
7	0.75	633.68	309.40	878.07
8	0.88	753.13	424.65	1037.19
9	1.00	876.54	559.24	1199.95
10	1.13	1003.90	713.61	1366.37
11	1.25	1135.21	888.18	1536.43
12	1.38	1270.48	1083.39	1710.14
13	1.50	1409.71	1299.66	1887.50
14	1.63	1552.89	1537.43	2068.51
15	1.75	1700.02	1797.13	2253.17
16	1.88	1851.10	2079.19	2441.47
17	2.00	2006.15	2384.04	2633.42
18	2.13	2165.14	2712.11	2829.03
19	2.25	2328.09	3063.83	3028.28
20	2.38	2494.99	3439.63	3231.18
21	2.50	2665.85	3839.95	3437.72



## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.00	0.00
2	0.03	4.35	289.32
3	0.06	17.33	576.12
4	0.09	38.89	860.39
5	0.12	68.93	1142.13
6	0.15	107.39	1421.35
7	0.18	154.19	1698.05
8	0.21	209.25	1972.22
9	0.24	272.50	2243.87
10	0.27	343.86	2512.99
11	0.30	423.25	2779.58

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.00	0.00
2	0.16	-48.63	-595.89
3	0.32	-186.85	-1119.96
4	0.48	-403.19	-1572.20
5	0.64	-686.13	-1952.62
6	0.80	-1024.19	-2261.22
7	0.96	-1405.89	-2497.99
8	1.12	-1819.72	-2662.93
9	1.28	-2254.19	-2756.05
10	1.44	-2697.82	-2777.35
11	1.60	-3139.11	-2726.82

## MURO IN C.A. H = 3.00m

### Geometria muro e fondazione

Descrizione in c.a.	Muro a mensola
Altezza del paramento	3.00 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.60 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.80 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.30 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.85 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.75 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.60 [m]

### Materiali utilizzati per la struttura

#### *Calcestruzzo*

Peso specifico	2500.0 [kg/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{bk}$	250.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	85.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	5.3 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	16.9 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### *Acciaio*

Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	2600.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Geometria profilo terreno a monte del muro

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5.00	0.00	0.00

### Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento [m]	0.00	

### Caratteristiche terreno a monte del muro

Descrizione	Terreno 1
Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Adesione terra-muro $c_a$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Caratteristiche terreno di fondazione

Descrizione	Terreno 2
Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Adesione terra-muro  $c_a$  0.000 [kg/cmq]

Condizioni di carico

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$  Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]  
 $F_x$  Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]  
 $F_y$  Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]  
 $M$  Momento espresso in [kgm]  
 $X_i$  Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
 $X_f$  Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
 $Q_i$  Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kg/m]  
 $Q_f$  Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kg/m]  
 $D/C$  Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Condizione 1)

D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=5.00$	$Q_i=2000.00$
		$Q_f=2000.00$		

Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

$C$  Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo della spinta

$C_{soll}$  Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo delle sollecitazioni

Combinazione n° 1 (sismica)

Peso proprio

Spinta terreno

Condizione 1

$C = 1.00$

$C_{soll} = 1.00$

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta Culmann	metodo	di
Calcolo del carico limite Hansen	metodo	di
Calcolo della stabilità globale Fellenius	metodo	di
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva	
Coefficiente di intensità sismica (Percento)	10.0	
Coefficiente di fondazione	1.10	
Partecipazione spinta passiva (Percento)	0.0	
Calcolo riferito ad 1 metro di muro		
Peso muro	7524.83 [kg]	
Baricentro del muro 2.56	X=0.15	Y=-

### COMBINAZIONE n° 1

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta 3.60	X=1.85	Y=-
Punto superiore superficie di spinta Y=0.00	X=1.85	
Altezza della superficie di spinta	3.60 [m]	
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0.00 [°]	

Valore della spinta statica	4771.33 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	4381.22 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1889.57 [kg]
Punto d'applicazione della spinta 2.18	X=1.85 Y=-
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58.94 [°]
Incremento sismico della spinta	1340.90 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta 1.20	X=1.85 Y=-
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53.41 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte [kg]	14245.00
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte 1.50	X=0.93 Y=-
Inerzia del muro	827.73 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1566.95 [kg]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8007.17 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale [kg]	24190.43
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	13335.05
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	40697.10
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione [kg]	24190.43
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8007.17 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.25 [m]
Risultante in fondazione [kg]	25481.20
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.31 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione [kgm]	5956.99
Carico ultimo della fondazione [kg]	90436.30

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.75 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle [kg/cmq]	1.3491
Tensione terreno allo spigolo di monte [kg/cmq]	0.4071

### *Fattori per il calcolo della capacità portante*

$N_c = 46.12$	$N'_c = 19.37$
$N_q = 33.30$	$N'_q = 14.22$
$N_\gamma = 33.92$	$N'_\gamma = 9.08$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.05
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.30
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.74
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.65

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.94 Y[m]= 0.31

Raggio del cerchio R[m]= 4.81

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.43

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3.85

Larghezza della striscia dx[m]= 0.33

Coefficiente di sicurezza C= 1.65

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1168.83	76.37	1135.94	1.40	35.00	0.000	0.000
2	1807.14	63.55	1617.92	0.74	35.00	0.000	0.000
3	2168.32	55.62	1789.59	0.59	35.00	0.000	0.000
4	2440.57	49.12	1845.15	0.51	35.00	0.000	0.000
5	2659.10	43.39	1826.64	0.46	35.00	0.000	0.000
6	2839.22	38.17	1754.49	0.42	35.00	0.000	0.000
7	3104.89	33.30	1704.60	0.40	35.00	0.000	0.000
8	3233.75	28.69	1552.50	0.38	35.00	0.000	0.000
9	3337.63	24.28	1372.44	0.36	35.00	0.000	0.000
10	3422.47	20.02	1171.59	0.35	35.00	0.000	0.000
11	3489.95	15.87	954.34	0.34	35.00	0.000	0.000
12	3516.14	11.81	719.36	0.34	35.00	0.000	0.000
13	3209.29	7.80	435.59	0.33	35.00	0.000	0.000
14	1320.31	3.83	88.29	0.33	35.00	0.000	0.000
15	980.12	-0.11	-1.95	0.33	35.00	0.000	0.000
16	930.33	-4.06	-65.91	0.33	35.00	0.000	0.000
17	908.26	-8.03	-126.88	0.33	35.00	0.000	0.000
18	871.40	-12.04	-181.74	0.34	35.00	0.000	0.000



19	819.17	-16.11	-227.26	0.34	35.00	0.000	0.000
20	750.72	-20.26	-259.97	0.35	35.00	0.000	0.000
21	664.83	-24.53	-276.02	0.36	35.00	0.000	0.000
22	559.79	-28.95	-270.98	0.38	35.00	0.000	0.000
23	433.19	-33.57	-239.54	0.40	35.00	0.000	0.000
24	281.50	-38.46	-175.07	0.42	35.00	0.000	0.000
25	99.44	-43.70	-68.70	0.46	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 45016.35$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 16074.40$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 26573.76$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0.00$  [kg]

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.15	115.35	12.56	174.27
3	0.30	236.39	50.79	354.18
4	0.45	363.12	115.47	539.73
5	0.60	495.55	207.42	730.92
6	0.75	633.68	327.43	927.73
7	0.90	777.49	476.31	1130.18
8	1.05	927.01	654.86	1338.26
9	1.20	1082.21	863.88	1551.97
10	1.35	1243.11	1104.17	1771.32
11	1.50	1409.71	1376.52	1996.29
12	1.65	1582.00	1681.75	2226.90
13	1.80	1759.98	2020.66	2463.14
14	1.95	1943.65	2394.04	2705.02
15	2.10	2133.03	2802.69	2952.52
16	2.25	2328.09	3247.42	3205.66
17	2.40	2528.85	3729.03	3464.43
18	2.55	2735.30	4248.32	3728.83
19	2.70	2947.45	4806.08	3998.87
20	2.85	3165.29	5403.13	4274.53
21	3.00	3388.83	6040.26	4555.83

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.00	0.00
2	0.03	5.38	358.20
3	0.06	21.46	713.33
4	0.09	48.15	1065.38
5	0.12	85.35	1414.35
6	0.15	132.98	1760.24
7	0.18	190.94	2103.06
8	0.21	259.13	2442.79
9	0.24	337.47	2779.46
10	0.27	425.87	3113.04
11	0.30	524.23	3443.54

### Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.00	0.00
2	0.19	-84.15	-890.27
3	0.37	-322.18	-1663.50
4	0.56	-692.43	-2319.70
5	0.74	-1173.25	-2858.87
6	0.93	-1743.00	-3281.00
7	1.11	-2380.01	-3586.09
8	1.30	-3062.63	-3774.15
9	1.48	-3769.22	-3845.18
10	1.67	-4478.13	-3799.17
11	1.85	-5167.70	-3636.12

## MURO IN C.A. H = 3.50m

### Geometria muro e fondazione

Descrizione in c.a.	Muro a mensola
Altezza del paramento	3.50 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.65 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.75 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.30 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2.15 [m]
Lunghezza totale fondazione	3.10 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.65 [m]

### Materiali utilizzati per la struttura

#### *Calcestruzzo*

Peso specifico	2500.0 [kg/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{bk}$	250.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	85.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	5.3 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	16.9 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### *Acciaio*

Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	2600.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Geometria profilo terreno a monte del muro

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5.00	0.00	0.00

### Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.00	[m]

### Caratteristiche terreno a monte del muro

Descrizione	Terreno 1
Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Adesione terra-muro $c_a$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Caratteristiche terreno di fondazione

Descrizione	Terreno 2
Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Adesione terra-muro  $c_a$  0.000 [kg/cmq]

Condizioni di carico

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$  Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]  
 $F_x$  Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]  
 $F_y$  Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]  
 $M$  Momento espresso in [kgm]  
 $X_i$  Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
 $X_f$  Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
 $Q_i$  Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kg/m]  
 $Q_f$  Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kg/m]  
 $D/C$  Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Condizione 1)

D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=5.00$	$Q_i=2000.00$
		$Q_f=2000.00$		

Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

$C$  Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo della spinta  
 $C_{soll}$  Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo delle sollecitazioni

Combinazione n° 1 (sismica)

Peso proprio		
Spinta terreno		
Condizione 1	$C = 1.00$	$C_{soll} = 1.00$

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta Culmann	metodo	di
Calcolo del carico limite Hansen	metodo	di
Calcolo della stabilità globale Fellenius	metodo	di
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva	
Coefficiente di intensità sismica (Percento)	10.0	
Coefficiente di fondazione	1.10	
Partecipazione spinta passiva (Percento)	0.0	
Calcolo riferito ad 1 metro di muro		
Peso muro	9208.34 [kg]	
Baricentro del muro 2.98	X=0.22	Y=-

### COMBINAZIONE n° 1

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta 4.15	X=2.15	Y=-
Punto superiore superficie di spinta Y=0.00	X=2.15	
Altezza della superficie di spinta	4.15 [m]	
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0.00 [°]	

Valore della spinta statica	6030.68 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	5537.60 [kg]
Componente verticale della spinta statica	2388.31 [kg]
Punto d'applicazione della spinta 2.53	X=2.15 Y=-
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58.94 [°]
Incremento sismico della spinta	1660.18 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta 1.38	X=2.15 Y=-
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55.52 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte [kg]	18597.50
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte 1.75	X=1.07 Y=-
Inerzia del muro	1012.92 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2045.73 [kg]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale [kg]	10120.69
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale [kg]	30851.62
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	19265.43
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	57906.09
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione [kg]	30851.62
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione [kg]	10120.69
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.30 [m]
Risultante in fondazione [kg]	32469.23
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.16 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione [kgm]	9216.86
Carico ultimo della fondazione [kg]	112249.36

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.10 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle [kg/cmq]	1.5690
Tensione terreno allo spigolo di monte [kg/cmq]	0.4199

### *Fattori per il calcolo della capacità portante*

$N_c = 46.12$	$N'_c = 19.49$
$N_q = 33.30$	$N'_q = 14.32$
$N_\gamma = 33.92$	$N'_\gamma = 9.20$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.01
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.31
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.64
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.66

Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.08 Y[m]= 0.36

Raggio del cerchio R[m]= 5.55



Ascissa a valle del cerchio  $X_i[m] = -5.07$   
 Ascissa a monte del cerchio  $X_s[m] = 4.45$   
 Larghezza della striscia  $dx[m] = 0.38$   
 Coefficiente di sicurezza  $C = 1.66$

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	$\phi$	c	u
1	1419.41	76.62	1380.85	1.64	35.00	0.000	0.000
2	2276.40	63.66	2040.09	0.86	35.00	0.000	0.000
3	2756.78	55.74	2278.34	0.68	35.00	0.000	0.000
4	3118.69	49.23	2362.01	0.58	35.00	0.000	0.000
5	3409.19	43.51	2347.24	0.53	35.00	0.000	0.000
6	3648.70	38.30	2261.22	0.49	35.00	0.000	0.000
7	3992.15	33.44	2199.73	0.46	35.00	0.000	0.000
8	4163.66	28.84	2008.25	0.43	35.00	0.000	0.000
9	4302.07	24.43	1779.59	0.42	35.00	0.000	0.000
10	4415.28	20.18	1523.28	0.41	35.00	0.000	0.000
11	4505.50	16.04	1245.13	0.40	35.00	0.000	0.000
12	4586.59	11.99	952.71	0.39	35.00	0.000	0.000
13	4148.79	7.99	577.01	0.38	35.00	0.000	0.000
14	1635.17	4.04	115.19	0.38	35.00	0.000	0.000
15	1246.68	0.10	2.26	0.38	35.00	0.000	0.000
16	1210.97	-3.83	-80.92	0.38	35.00	0.000	0.000
17	1182.92	-7.78	-160.23	0.38	35.00	0.000	0.000
18	1135.38	-11.78	-231.72	0.39	35.00	0.000	0.000
19	1067.62	-15.83	-291.17	0.40	35.00	0.000	0.000
20	978.56	-19.96	-334.06	0.41	35.00	0.000	0.000
21	866.62	-24.21	-355.34	0.42	35.00	0.000	0.000
22	729.61	-28.60	-349.26	0.43	35.00	0.000	0.000
23	564.44	-33.19	-308.96	0.45	35.00	0.000	0.000
24	366.62	-38.03	-225.88	0.48	35.00	0.000	0.000
25	129.45	-43.23	-88.65	0.52	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 57857.26$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 20646.70$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 34191.70$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0.00$  [kg]

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.18	135.09	18.06	214.53
3	0.35	277.87	73.14	437.09
4	0.53	428.33	166.58	667.70
5	0.70	586.47	299.71	906.32
6	0.88	752.29	473.86	1152.98
7	1.05	925.80	690.39	1407.66
8	1.23	1107.00	950.61	1670.37
9	1.40	1295.87	1255.88	1941.10
10	1.58	1492.43	1607.52	2219.86
11	1.75	1696.68	2006.87	2506.65
12	1.93	1908.60	2455.27	2801.46
13	2.10	2128.21	2954.06	3104.31
14	2.28	2355.51	3504.56	3415.17
15	2.45	2590.49	4108.13	3734.07
16	2.63	2833.15	4766.08	4060.99
17	2.80	3083.49	5479.77	4395.93
18	2.98	3341.52	6250.53	4738.91
19	3.15	3607.23	7079.69	5089.91
20	3.33	3880.63	7968.59	5448.94
21	3.50	4161.71	8918.57	5815.99

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
-----	---	---	---

1	0.00	0.00	0.00
2	0.03	6.31	420.28
3	0.06	25.18	837.22
4	0.09	56.51	1250.84
5	0.12	100.20	1661.12
6	0.15	156.15	2068.06
7	0.18	224.25	2471.67
8	0.21	304.41	2871.95
9	0.24	396.53	3268.90
10	0.27	500.51	3662.51
11	0.30	616.25	4052.78

Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.00	0.00
2	0.21	-134.30	-1220.78
3	0.43	-512.66	-2270.34
4	0.65	-1098.28	-3148.69
5	0.86	-1854.33	-3855.83
6	1.07	-2744.01	-4391.75
7	1.29	-3730.51	-4756.47
8	1.50	-4777.02	-4949.97
9	1.72	-5846.73	-4972.26
10	1.93	-6902.82	-4823.34
11	2.15	-7908.50	-4503.20

## MURO IN C.A. H = 4.00m

### Geometria muro e fondazione

Descrizione in c.a.	Muro a mensola
Altezza del paramento	4.00 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.70 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.75 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.30 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2.30 [m]
Lunghezza totale fondazione	3.30 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.70 [m]

### Materiali utilizzati per la struttura

#### *Calcestruzzo*

Peso specifico	2500.0 [kg/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{bk}$	250.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	85.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	5.3 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	16.9 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### *Acciaio*

Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	2600.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Geometria profilo terreno a monte del muro

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5.00	0.00	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento [m]	0.00	

Caratteristiche terreno a monte del muro

Descrizione	Terreno 1
Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Adesione terra-muro $c_a$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Caratteristiche terreno di fondazione

Descrizione	Terreno 2
-------------	-----------

Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>q</sup> ]
Adesione terra-muro $c_a$	0.000 [kg/cm <sup>q</sup> ]

### Condizioni di carico

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
$F_x$	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
$F_y$	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
$M$	Momento espresso in [kgm]
$X_i$	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
$X_f$	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
$Q_i$	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kg/m]
$Q_f$	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kg/m]
$D / C$	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

#### Condizione n° 1 (Condizione 1)

D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=5.00$	$Q_i=2000.00$
	$Q_f=2000.00$			

### Descrizione combinazioni di carico

#### *Simbologia adottata*

$C$	Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo della spinta
$C_{soll}$	Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo delle sollecitazioni

#### Combinazione n° 1 (sismica)

Peso proprio  
Spinta terreno  
Condizione 1

$C = 1.00$

$C_{\text{soil}} = 1.00$

### Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

#### Tipo di analisi

Calcolo della spinta Culmann	metodo	di
Calcolo del carico limite Hansen	metodo	di
Calcolo della stabilità globale Fellenius	metodo	di
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva	
Coefficiente di intensità sismica (Percento)	10.0	
Coefficiente di fondazione	1.10	
Partecipazione spinta passiva (Percento)	0.0	

#### Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Peso muro	10793.76 [kg]
Baricentro del muro	X=0.22    Y=-
3.38	

#### COMBINAZIONE n° 1

##### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=2.30    Y=-
4.70	

Punto superiore superficie di spinta Y=0.00	X=2.30
Altezza della superficie di spinta	4.70 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0.00 [°]
Valore della spinta statica	7424.23 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	6817.22 [kg]
Componente verticale della spinta statica	2940.19 [kg]
Punto d'applicazione della spinta 2.89	X=2.30 Y=-
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.13 [°]
Incremento sismico della spinta	1729.90 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta 1.57	X=2.30 Y=-
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	60.12 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte [kg]	22080.00
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte 2.00	X=1.15 Y=-
Inerzia del muro	1187.31 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2428.80 [kg]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale [kg]	12021.79
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale [kg]	36499.03
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	25451.41
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	72754.91
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione [kg]	36499.03
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione [kg]	12021.79
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.36 [m]
Risultante in fondazione [kg]	38427.89
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.23 [°]



Momento rispetto al baricentro della fondazione [kgm]	12970.61
Carico ultimo della fondazione [kg]	123601.71

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.30 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.8185
Tensione terreno allo spigolo di monte [kg/cm <sup>2</sup> ]	0.3917

### *Fattori per il calcolo della capacità portante*

$N_c = 46.12$	$N'_c = 19.43$
$N_q = 33.30$	$N'_q = 14.27$
$N_\gamma = 33.92$	$N'_\gamma = 9.15$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.86
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.31
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.39
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.63

Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.21 Y[m]= 0.40

Raggio del cerchio R[m]= 6.19

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.56

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4.96

Larghezza della striscia dx[m]= 0.42

Coefficiente di sicurezza C= 1.63

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	1637.05	76.82	1593.92	1.85	35.00	0.000	0.000
2	2699.03	63.82	2422.22	0.95	35.00	0.000	0.000
3	3290.77	55.92	2725.74	0.75	35.00	0.000	0.000
4	3736.67	49.45	2839.17	0.65	35.00	0.000	0.000
5	4094.82	43.75	2831.73	0.58	35.00	0.000	0.000
6	4390.38	38.56	2736.81	0.54	35.00	0.000	0.000
7	4756.23	33.73	2640.85	0.51	35.00	0.000	0.000
8	5020.42	29.15	2445.67	0.48	35.00	0.000	0.000
9	5192.14	24.78	2175.87	0.46	35.00	0.000	0.000
10	5333.04	20.55	1871.94	0.45	35.00	0.000	0.000
11	5445.88	16.44	1540.94	0.44	35.00	0.000	0.000
12	5568.26	12.41	1196.67	0.43	35.00	0.000	0.000
13	5215.08	8.45	765.92	0.43	35.00	0.000	0.000
14	2051.31	4.52	161.70	0.42	35.00	0.000	0.000
15	1458.88	0.62	15.74	0.42	35.00	0.000	0.000
16	1420.98	-3.28	-81.35	0.42	35.00	0.000	0.000
17	1390.05	-7.20	-174.16	0.42	35.00	0.000	0.000
18	1335.58	-11.15	-258.21	0.43	35.00	0.000	0.000
19	1256.77	-15.15	-328.49	0.44	35.00	0.000	0.000
20	1152.38	-19.23	-379.63	0.45	35.00	0.000	0.000
21	1020.63	-23.42	-405.69	0.46	35.00	0.000	0.000
22	859.05	-27.75	-399.94	0.48	35.00	0.000	0.000
23	664.14	-32.25	-354.41	0.50	35.00	0.000	0.000
24	430.92	-37.00	-259.31	0.53	35.00	0.000	0.000
25	152.00	-42.06	-101.83	0.57	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 69572.47$  [kg]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 25221.85$  [kg]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 41119.33$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 0.00$  [kg]

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.20	155.02	24.84	257.99
3	0.40	320.07	100.76	526.85
4	0.60	495.16	229.80	806.55
5	0.80	680.29	414.06	1097.10
6	1.00	875.45	655.58	1398.49
7	1.20	1080.64	956.44	1710.73
8	1.40	1295.87	1318.71	2033.81
9	1.60	1521.14	1744.46	2367.74
10	1.80	1756.44	2235.74	2712.51
11	2.00	2001.78	2794.63	3068.12
12	2.20	2257.16	3423.20	3434.58
13	2.40	2522.57	4123.50	3811.88
14	2.60	2798.01	4897.62	4200.03
15	2.80	3083.49	5747.61	4599.02
16	3.00	3379.01	6675.54	5008.85
17	3.20	3684.56	7683.48	5429.53
18	3.40	4000.15	8773.50	5861.06
19	3.60	4325.77	9947.67	6303.42
20	3.80	4661.43	11208.04	6756.63
21	4.00	5007.13	12556.70	7220.69

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
-----	---	---	---

1	0.00	0.00	0.00
2	0.03	7.38	491.12
3	0.06	29.43	978.34
4	0.09	66.04	1461.68
5	0.12	117.09	1941.13
6	0.15	182.47	2416.70
7	0.18	262.05	2888.37
8	0.21	355.73	3356.16
9	0.24	463.38	3820.06
10	0.27	584.90	4280.07
11	0.30	720.15	4736.19

Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.00	0.00
2	0.23	-187.85	-1595.39
3	0.46	-716.36	-2962.25
4	0.69	-1532.96	-4100.56
5	0.92	-2585.10	-5010.34
6	1.15	-3820.20	-5691.58
7	1.38	-5185.70	-6144.29
8	1.61	-6629.05	-6368.45
9	1.84	-8097.67	-6364.07
10	2.07	-9539.00	-6131.16
11	2.30	-10900.48	-5669.71

## CANALE IN C.A. H = 3.00m

### Geometria

Altezza della parete	3.00 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.50 [m]
Inclinazione paramento esterno parete	3.80 [°]
Inclinazione paramento interno parete	0.00 [°]

### Fondazione

Lunghezza totale fondazione	2.20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.50 [m]

### Materiali utilizzati per la struttura

#### *Calcestruzzo*

Peso specifico	2500.0 [kg/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{bk}$	250.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	85.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	5.3 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	16.9 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### *Acciaio*

Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	2600.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Geometria profilo terreno

#### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
 X ascissa del punto espressa in [m]  
 Y ordinata del punto espressa in [m]  
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5.00	0.00	0.00

#### Caratteristiche terreno a monte

Descrizione	Terreno 1
Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Adesione terra-muro $c_a$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Caratteristiche terreno di fondazione

Descrizione	Terreno 2
Peso di volume $\gamma$	1900 [kg/mc]
Angolo di attrito interno $\phi$	35 [°]
Angolo di attrito terra-muro $\delta$	23 [°]
Coesione $c$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Adesione terra-muro $c_a$	0.000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Condizioni di carico

##### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
$F_x$	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
$F_y$	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
$M$	Momento espresso in [kgm]
$X_i$	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
$X_f$	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
$Q_i$	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kg/m]

$Q_f$  Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kg/m]  
 D/C Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Condizione 1)

D Profilo  $X_i=0.00$   $X_f=5.00$   $Q_f=2000.00$   
 $Q_f=2000.00$

Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

C Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo della spinta  
 $C_{soll}$  Coefficiente di partecipazione della condizione per il calcolo delle sollecitazioni

Combinazione n° 1 (sismica)

Peso proprio  
 Spinta terreno  
 Condizione 1  $C = 1.00$   $C_{soll} = 1.00$   
 Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Tipo di analisi

Calcolo della spinta Culmann	metodo	di
Calcolo del carico limite Hansen	metodo	di
Calcolo della stabilità globale Fellenius	metodo	di
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva	
Coefficiente di intensità sismica (Percento)	10.0	
Coefficiente di fondazione	1.10	

Partecipazione spinta passiva (Percento)	0.0
Peso parete	5971.30 [kg]
Baricentro	X=-0.61 Y=-
2.45	

### COMBINAZIONE n° 1

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=0.00 Y=-
4.10	
Punto superiore superficie di spinta	X=0.00
Y=0.00	
Altezza della superficie di spinta	4.10 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0.00 [°]
Valore della spinta statica	5907.22 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	5424.24 [kg]
Componente verticale della spinta statica	2339.42 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=0.00 Y=-
2.50	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58.94 [°]
Incremento sismico della spinta	1660.12 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0.00 Y=-
1.37	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53.41 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0.00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0.00
Y=0.00	
Inerzia della parete	656.84 [kg]



### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	7605.48 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	8968.17 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	9354.54
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle [kgm]	16072.19
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	8968.17 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	7605.48 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.35 [m]
Risultante in fondazione [kg]	11758.88
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	40.30 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione [kgm]	3144.01
Carico ultimo della fondazione [kg]	19081.92

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle [kg/cmq]	0.7978
Tensione terreno allo spigolo di monte [kg/cmq]	0.0178

### *Fattori per il calcolo della capacità portante*

$N_c = 46.12$	$N'_c = 10.90$
$N_q = 33.30$	$N'_q = 6.42$
$N_\gamma = 33.92$	$N'_\gamma = 3.18$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.72
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.13
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.45

## Stabilità globale

### Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.54 Y[m]= 0.00

Raggio del cerchio R[m]= 4.38

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.73

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.84

Larghezza della striscia dx[m]= 0.30

Coefficiente di sicurezza C= 1.45

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1066.27	79.28	1047.67	1.63	35.00	0.000	0.000
2	1705.76	64.04	1533.64	0.69	35.00	0.000	0.000
3	2013.79	55.97	1668.87	0.54	35.00	0.000	0.000
4	2244.44	49.38	1703.67	0.47	35.00	0.000	0.000
5	2429.04	43.60	1675.14	0.42	35.00	0.000	0.000
6	2580.95	38.34	1600.97	0.39	35.00	0.000	0.000
7	2707.42	33.44	1491.86	0.36	35.00	0.000	0.000
8	2812.87	28.80	1355.19	0.35	35.00	0.000	0.000
9	2900.25	24.37	1196.52	0.33	35.00	0.000	0.000
10	3044.59	20.08	1045.36	0.32	35.00	0.000	0.000
11	2357.60	15.91	646.33	0.31	35.00	0.000	0.000
12	830.83	11.83	170.28	0.31	35.00	0.000	0.000
13	860.29	7.80	116.79	0.31	35.00	0.000	0.000
14	878.04	3.82	58.45	0.30	35.00	0.000	0.000
15	883.63	-0.15	-2.31	0.30	35.00	0.000	0.000
16	877.13	-4.12	-62.98	0.30	35.00	0.000	0.000
17	825.15	-8.11	-116.34	0.31	35.00	0.000	0.000
18	736.43	-12.13	-154.79	0.31	35.00	0.000	0.000

19	692.34	-16.22	-193.42	0.32	35.00	0.000	0.000
20	634.58	-20.40	-221.20	0.32	35.00	0.000	0.000
21	562.09	-24.70	-234.84	0.33	35.00	0.000	0.000
22	473.42	-29.14	-230.56	0.35	35.00	0.000	0.000
23	366.49	-33.80	-203.87	0.36	35.00	0.000	0.000
24	238.29	-38.72	-149.06	0.39	35.00	0.000	0.000
25	84.21	-44.02	-58.51	0.42	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 34805.92$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 13682.86$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 19872.79$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0.00$  [kg]

Sollecitazioni parete

### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.15	114.37	12.71	174.16
3	0.30	232.46	51.37	353.75
4	0.45	354.29	116.78	538.76
5	0.60	479.85	209.73	729.19
6	0.75	609.13	331.01	925.03
7	0.90	742.15	481.43	1126.29
8	1.05	878.90	661.76	1332.97
9	1.20	1019.38	872.81	1545.06
10	1.35	1163.59	1115.37	1762.57
11	1.50	1311.53	1390.23	1985.49
12	1.65	1463.20	1698.20	2213.84
13	1.80	1618.61	2040.05	2447.59
14	1.95	1777.74	2416.58	2686.77
15	2.10	1940.60	2828.60	2931.36
16	2.25	2107.20	3276.89	3181.36
17	2.40	2277.52	3762.24	3436.78
18	2.55	2451.58	4285.46	3697.62
19	2.70	2629.36	4847.32	3963.88
20	2.85	2810.88	5448.64	4235.55

21            3.00                    2996.13                    6090.20                    4512.63

**Sollecitazioni fondazione**

**Combinazione n° 1**

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.00	0.00
2	0.17	94.31	1092.50
3	0.34	365.64	2082.51
4	0.51	796.56	2970.00
5	0.68	1369.64	3755.00
6	0.85	2067.45	4437.50
7	1.02	2872.58	5017.49
8	1.19	3767.59	5494.98
9	1.36	4735.06	5869.97
10	1.53	5757.57	6142.45
11	1.70	6817.68	6312.43

**Armature e tensioni nei materiali delle pareti**

**Combinazione n° 1**

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B        base della sezione espressa in [cm]  
H        altezza della sezione espressa in [cm]  
 $A_{fs}$     area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]  
 $A_{fv}$     area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]  
 $\sigma_c$     tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]  
 $\tau_c$         tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]  
 $\sigma_{fs}$     tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]  
 $\sigma_{fv}$     tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B	H	$A_{fs}$	$A_{fv}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fv}$
1	0.00	100.00	30.00	8.04	8.04	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.15	100.00	31.00	8.04	8.04	0.12	0.07	0.92	-1.00
3	0.30	100.00	31.99	8.04	8.04	0.47	0.14	10.95	-5.00
4	0.45	100.00	32.99	8.04	8.04	1.03	0.21	31.76	-11.00

5	0.60	100.00	33.99	8.04	8.04	1.76	0.27	62.35	-19.0
6	0.75	100.00	34.98	8.04	8.04	2.64	0.34	102.03	-28.0
7	0.90	100.00	35.98	8.04	8.04	3.65	0.40	150.25	-39.0
8	1.05	100.00	36.97	8.04	8.04	4.78	0.45	206.52	-51.0
9	1.20	100.00	37.97	8.04	8.04	6.02	0.51	270.42	-64.0
10	1.35	100.00	38.97	8.04	8.04	7.35	0.57	341.55	-79.0
11	1.50	100.00	39.96	8.04	8.04	8.77	0.62	419.59	-94.0
12	1.65	100.00	40.96	8.04	8.04	10.27	0.68	504.24	-111.0
13	1.80	100.00	41.96	8.04	8.04	11.84	0.73	595.21	-128.0
14	1.95	100.00	42.95	8.04	8.04	13.48	0.78	692.28	-146.0
15	2.10	100.00	43.95	8.04	8.04	15.18	0.83	795.22	-165.0
16	2.25	100.00	44.94	8.04	8.04	16.93	0.88	903.84	-185.0
17	2.40	100.00	45.94	8.04	8.04	18.74	0.93	1017.95	-206.0
18	2.55	100.00	46.94	8.04	8.04	20.59	0.98	1137.40	-227.0
19	2.70	100.00	47.93	8.04	8.04	22.49	1.03	1262.03	-249.0
20	2.85	100.00	48.93	8.04	8.04	24.43	1.07	1391.71	-271.0
21	3.00	100.00	49.93	8.04	8.04	26.41	1.12	1526.32	-294.0