

# COMUNE di FERRAZZANO



(Provincia di Campobasso)

## PATTO PER LO SVILUPPO DEL MOLISE

AREA TEMATICA TURISMO E CULTURA

### Linea di intervento

Programma integrato per lo sviluppo del turismo sportivo



Timbro e firma:		<b>REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO SPORTIVO MULTIFUNZIONALE IN LOCALITA' "CESE" PROGETTO ESECUTIVO</b>	
Tavola:	02.1	Oggetto:  Relazione di calcolo gabbioni	
Scala:	/		
Data:	agosto 2017	Committente:  Amministrazione Comunale	
Aggiornamento:		Visto:	Visto:

COMUNE DI FERRAZZANO  
(PROVINCIA DI CAMPOBASSO)

## ***PATTO PER LO SVILUPPO DEL MOLISE***

### ***AREA TEMATICA TURISMO E CULTURA***

#### ***Linea di intervento***

*Programma integrato per lo sviluppo del turismo sportivo*

### **COMPLESSO SPORTIVO MULTIFUNZIONALE “CESE”**

#### **RELAZIONE DI CALCOLO “GABBIONATE”**

## 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

- Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008

Il calcolo dei muri di sostegno viene 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 globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## 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 coefficiente di 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

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

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

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 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  $\eta_r$ .

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che sia  $\eta_r \geq 1.5$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

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

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 minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_s \geq 1.3$

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

Le forze che intervengono nella  $F_s$  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  $\delta_f$  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

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

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  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

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

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_q \geq 2.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- $\phi$  angolo di attrito del terreno in fondazione;
- $\gamma$  peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

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

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

#### Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

#### Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\circ$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

## Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_g \geq 1.3$

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 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

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

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

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i_{\text{esima}}$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i_{\text{esima}}$  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.

## Normativa

Spinte e verifiche secondo :

- D.M. 11/03/1988

- D.M. 16/01/1996

Coeff. di combinazione       $\Psi_0 = 1,00$        $\Psi_1 = 1,00$        $\Psi_2 = 1,00$



## Geometria muro e fondazione

### Descrizione **Muro a gradoni in pietrame**

#### Descrizione dei gradoni

##### *Simbologia adottata*

Nr.	numero d'ordine del gradone (a partire dall'alto)
Bs	base superiore del gradone espressa in [m]
Bi	base inferiore del gradone espressa in [m]
Hg	altezza del gradone espressa in [m]
$\alpha_e$	inclinazione esterna del gradone espressa in [°]
$\alpha_i$	inclinazione interna del gradone espressa in [°]

Nr.	Bs	Bi	Hg	$\alpha_e$	$\alpha_i$
1	1,00	1,00	1,00	6,00	-6,00
2	2,00	2,00	1,00	6,00	-6,00

Altezza del paramento      2,00 [m]

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,98 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	6,00 [°]
Spessore fondazione	1,00 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

#### *Pietrame*

Peso specifico	1800,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	30,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]
Resistenza a taglio $\tau_p$	4,0 [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	0,30	-0,20	-33,69
2	2,00	0,80	30,47

3	3,00	1,00	11,31
4	7,00	1,00	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]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
$c$	Coesione espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	$c$	$c_a$
Terreno rimaneg.	1800	1900	9.00	6.00	0,060	0,000
Argilla sabbiosi	1880	2000	18.00	12.00	0,160	0,000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

<i>N</i>	Indice dello strato
<i>Y0</i>	Ordinata punto iniziale espresso in [m]
<i>Y1</i>	Ordinata punto finale espresso in [m]
<i>a</i>	Inclinazione espressa in [°]
<i>Kw</i>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
<i>Ks</i>	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	Y0	Y1	a	Kw	Ks	Terreno
1	-1,50	0,00	16,70	0,00	0,00	Terreno rimaneg.
2	-6,00	-6,00	0,00	2,76	0,00	Argilla sabbiosi

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

<i>X</i>	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
<i>F<sub>x</sub></i>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
<i>F<sub>y</sub></i>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
<i>M</i>	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  $X_i=3,50$   $X_f=6,50$   $Q_i=2000,00$   $Q_f=2000,00$

## Descrizione combinazioni di carico

### *Simbologia adottata*

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

#### Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Condizione 1	1.00

#### Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Condizione 1	1.00

## Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

### *Coefficienti di sicurezza richiesti*

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.50
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.30
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.00
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	1.30

### *Impostazioni avanzate*

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

## 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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

### Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)	7.00
Forma diagramma incremento sismico	Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	1,00 [m]

Peso muro	11134,91 [kg]
Baricentro del muro	X=-1,32 Y=-1,86

### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = -0,23	Y = -3,21
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,10	Y = -0,07
Altezza della superficie di spinta	3,14 [m]	
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	-6,00 [°]	

### COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	1314,21 [kg]	
Componente orizzontale della spinta statica	1312,82 [kg]	
Componente verticale della spinta statica	60,42 [kg]	
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,11 [m]	Y = -2,02 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	8,63 [°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	38,38 [°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	515,99 [kg]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,09 [m]	Y = -1,40 [m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1312,82 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	11711,31 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	1142,71 [kgm]

Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	22822,57	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	11784,39	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	81,46	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,34	[m]
Risultante in fondazione	11784,67	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	0,40	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-4035,38	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	89112,40	[kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,1235	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,6635	[kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 13.10$	$N'_c = 14.18$
$N_q = 5.26$	$N'_q = 5.45$
$N_\gamma = 2.00$	$N'_\gamma = 2.00$

#### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	<b>19.97</b>
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	<b>30.75</b>
<b>Coefficiente di sicurezza a carico ultimo</b>	<b>7.56</b>
<b>Coefficiente di sicurezza a stabilità globale</b>	<b>2.23</b>

## 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]= -0,49 Y[m]= 2,23

Raggio del cerchio R[m]= 5,80

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4,48

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,18

Larghezza della striscia dx[m]= 0,39

Coefficiente di sicurezza C= 2.23

Le strisce sono numerate da monte verso valle

## Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	1173.29	71.49	1112.61	1.22	9.79	0.069	0.000
2	1835.66	61.73	1616.66	0.82	18.00	0.160	0.000
3	2288.54	54.41	1861.12	0.66	18.00	0.160	0.000
4	2637.94	48.26	1968.49	0.58	18.00	0.160	0.000
5	2413.79	42.79	1639.87	0.53	18.00	0.160	0.000
6	2380.26	37.78	1458.16	0.49	18.00	0.160	0.000
7	2533.87	33.08	1383.19	0.46	18.00	0.160	0.000
8	2644.44	28.63	1267.17	0.44	18.00	0.160	0.000
9	2696.08	24.36	1112.13	0.42	18.00	0.160	0.000
10	2652.45	20.23	917.29	0.41	18.00	0.160	0.000
11	2583.40	16.21	721.20	0.40	18.00	0.160	0.000
12	2493.18	12.27	529.82	0.40	18.00	0.160	0.000
13	2396.50	8.39	349.54	0.39	18.00	0.160	0.000
14	2468.25	4.54	195.49	0.39	18.00	0.160	0.000
15	2422.29	0.72	30.40	0.39	18.00	0.160	0.000
16	2458.91	-3.10	-133.02	0.39	18.00	0.160	0.000
17	1855.13	-6.94	-224.01	0.39	18.00	0.160	0.000
18	1720.23	-10.80	-322.38	0.39	18.00	0.160	0.000
19	1632.39	-14.72	-414.72	0.40	18.00	0.160	0.000
20	904.61	-18.71	-290.13	0.41	18.00	0.160	0.000
21	776.88	-22.79	-300.95	0.42	18.00	0.160	0.000
22	653.11	-27.00	-296.56	0.43	18.00	0.160	0.000
23	504.45	-31.38	-262.70	0.45	18.00	0.160	0.000
24	320.07	-35.98	-188.03	0.48	9.00	0.060	0.000
25	106.57	-40.86	-69.72	0.51	9.00	0.060	0.000

$\Sigma W_i = 46552,29$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 13660,93$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 12893,96$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 17510,85$  [kg]

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 1

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H altezza della sezione espressa in [cm]

N sforzo normale [kg]

M momento flettente [kgm]

T taglio [kg]

e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]

$\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm<sup>2</sup>]

Ms momento stabilizzante [kgm]

Mr momento ribaltante [kgm]

Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento

Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,10	100,00	180	-1	0	0,53	0,02	91	0	99,90	99,90
3	0,20	100,00	360	-4	0	1,05	0,03	184	0	99,90	99,90
4	0,30	100,00	540	-9	0	1,58	0,05	279	0	99,90	99,90
5	0,40	100,00	720	-15	0	2,10	0,06	375	0	99,90	99,90
6	0,50	100,00	900	-24	0	2,63	0,08	474	0	99,90	99,90
7	0,60	100,00	1080	-34	0	3,15	0,09	574	0	99,90	99,90
8	0,70	100,00	1260	-46	0	3,68	0,10	676	0	99,90	99,90
9	0,80	100,00	1440	-61	0	4,20	0,11	781	0	99,90	99,90
10	0,90	100,00	1620	-77	0	4,73	0,12	887	0	99,90	99,90
11	1,00	100,00	1800	-95	0	5,26	0,12	995	0	99,90	99,90
12	1,00	200,00	1800	-995	0	55,26	0,27	2795	0	99,90	99,90
13	1,10	200,00	2162	-1016	0	46,96	0,27	3178	0	99,90	99,90
14	1,20	200,00	2525	-1040	2	41,21	0,29	3565	049416,11348575,53		
15	1,30	200,00	2887	-1066	71	36,93	0,31	3956	3 1161,44	1416,59	
16	1,40	200,00	3249	-1083	260	33,32	0,00	4352	19 320,29	234,17	
17	1,50	200,00	3612	-1081	503	29,93	0,02	4758	57 166,35	83,77	
18	1,60	200,00	3974	-1060	664	26,67	0,04	5191	118 126,43	44,04	
19	1,70	200,00	4337	-1036	674	23,89	0,06	5600	186 125,08	30,17	
20	1,81	200,00	4699	-1016	674	21,62	0,08	6010	253 125,62	23,71	
21	1,91	200,00	5062	-998	674	19,71	0,10	6423	321 126,15	19,99	
22	2,01	200,00	5530	-812	674	14,68	0,15	6773	389 126,85	17,40	
23	2,11	200,00	6073	-536	674	8,83	0,22	7107	457 127,65	15,55	
24	2,21	200,00	6613	-269	674	4,07	0,29	7449	525 128,45	14,19	

### **COMBINAZIONE n° 2**

Valore della spinta statica	1314,21	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1312,82	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	60,42	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,11	[m]	Y = -2,02	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	8,63	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	38,38	[°]		

Incremento sismico della spinta	1007,02	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,01	[m]	Y = -1,11	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	36,38	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	515,99	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,09	[m]	Y = -1,40	[m]
Inerzia del muro	779,44	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	36,12	[kg]		

### **Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3134,33	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	11757,61	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	3797,52	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	22970,65	[kgm]

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	12020,83	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1888,16	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,10	[m]
Risultante in fondazione	12168,21	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	8,93	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1174,64	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	79677,80	[kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3228	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4800	[kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 13.10$	$N'_c = 11.61$
$N_q = 5.26$	$N'_q = 4.46$
$N_\gamma = 2.00$	$N'_\gamma = 0.53$

#### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	<b>6.05</b>
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	<b>1.35</b>
<b>Coefficiente di sicurezza a carico ultimo</b>	<b>6.63</b>
<b>Coefficiente di sicurezza a stabilità globale</b>	<b>1.94</b>

## Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 2

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]= -0,25 Y[m]= 2,23

Raggio del cerchio R[m]= 5,92

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4,40

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,55

Larghezza della striscia dx[m]= 0,40

Coefficiente di sicurezza C= 1.94

Le strisce sono numerate da monte verso valle



## Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	1224.47	71.57	1161.69	1.26	11.01	0.082	0.000
2	1934.37	61.77	1704.30	0.84	18.00	0.160	0.000
3	2415.63	54.38	1963.74	0.68	18.00	0.160	0.000
4	2785.99	48.18	2076.31	0.60	18.00	0.160	0.000
5	3085.78	42.67	2091.46	0.54	18.00	0.160	0.000
6	2657.26	37.62	1621.88	0.50	18.00	0.160	0.000
7	2735.11	32.89	1485.13	0.47	18.00	0.160	0.000
8	2855.74	28.40	1358.32	0.45	18.00	0.160	0.000
9	2941.65	24.10	1201.12	0.44	18.00	0.160	0.000
10	2937.51	19.94	1001.70	0.42	18.00	0.160	0.000
11	2862.40	15.88	783.42	0.41	18.00	0.160	0.000
12	2764.68	11.91	570.61	0.41	18.00	0.160	0.000
13	2645.52	8.00	367.98	0.40	18.00	0.160	0.000
14	2600.52	4.12	186.71	0.40	18.00	0.160	0.000
15	2581.78	0.26	11.63	0.40	18.00	0.160	0.000
16	2598.29	-3.60	-163.15	0.40	18.00	0.160	0.000
17	2315.82	-7.47	-301.26	0.40	18.00	0.160	0.000
18	1851.02	-11.38	-365.36	0.41	18.00	0.160	0.000
19	1781.27	-15.35	-471.48	0.41	18.00	0.160	0.000
20	1238.47	-19.39	-411.16	0.42	18.00	0.160	0.000
21	860.22	-23.53	-343.49	0.43	18.00	0.160	0.000
22	718.28	-27.82	-335.17	0.45	18.00	0.160	0.000
23	560.89	-32.27	-299.50	0.47	18.00	0.160	0.000
24	355.93	-36.97	-214.04	0.50	9.00	0.060	0.000
25	120.32	-41.97	-80.46	0.54	9.00	0.060	0.000

 $\Sigma W_i = 51428,93 \text{ [kg]}$ 
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 14600,92 \text{ [kg]}$ 
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 14284,84 \text{ [kg]}$ 
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 18239,77 \text{ [kg]}$

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 2

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm <sup>2</sup> ]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,10	100,00	180	3	76	1,60	0,02	91	4	528,47	23,77
3	0,20	100,00	360	11	149	3,15	0,04	184	15	270,65	12,16
4	0,30	100,00	540	25	219	4,64	0,07	279	34	184,88	8,30
5	0,40	100,00	720	44	286	6,07	0,10	375	59	142,14	6,37
6	0,50	100,00	900	67	351	7,46	0,13	474	91	116,60	5,22
7	0,60	100,00	1080	95	412	8,78	0,16	574	129	99,69	4,45
8	0,70	100,00	1260	127	470	10,06	0,20	676	173	87,70	3,91
9	0,80	100,00	1440	162	526	11,28	0,24	781	223	78,79	3,50
10	0,90	100,00	1620	202	578	12,44	0,28	887	278	71,95	3,19
11	1,00	100,00	1800	244	628	13,55	0,33	995	339	66,56	2,94
12	1,00	200,00	1800	-656	628	36,45	0,19	2795	339	130,25	8,26
13	1,10	200,00	2162	-611	688	28,25	0,02	3178	405	119,48	7,85
14	1,20	200,00	2525	-563	746	22,32	0,04	3565	477	110,63	7,48
15	1,30	200,00	2887	-512	869	17,72	0,07	3956	557	95,35	7,10
16	1,40	200,00	3249	-445	1109	13,71	0,10	4352	656	75,10	6,63
17	1,50	200,00	3612	-356	1399	9,85	0,13	4758	782	59,77	6,08
18	1,60	200,00	3974	-242	1605	6,09	0,16	5191	936	52,32	5,55
19	1,70	200,00	4337	-121	1657	2,80	0,20	5600	1101	50,90	5,09
20	1,81	200,00	4699	0	1696	0,00	0,23	6010	1269	49,95	4,73
21	1,91	200,00	5062	123	1731	2,43	0,27	6423	1442	49,13	4,45
22	2,01	200,00	5530	417	1772	7,54	0,34	6773	1618	48,28	4,18
23	2,11	200,00	6073	806	1814	13,27	0,42	7107	1799	47,45	3,95
24	2,21	200,00	6613	1189	1853	17,98	0,51	7449	1984	46,74	3,76

## PARTICOLARE SZIONE GABBIONATA

