

# Comune di MONTEFALCONE APPENNINO

Provincia di Fermo

## SISTEMAZIONE MOVIMENTO FRANOSO IN LOCALITA' CALDARETTO

**PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO  
OPERE DI CONTENIMENTO

8

Giugno 2016

Ubicazione

Strada Caldaretto

Proprietà

COMUNE DI MONTEFALCONE  
APPENNINO

Progettista

Ing. Franco ALBERTI

Cod. Fisc. LBR FNC 65H09 I324U



Ing. Alberti - Ing. Corazza

Via De Gasperi, 86 - 63811 Sant'Elpidio a Mare (FM)  
P.IVA 01679170447 Tel.: 0734-810783

# RELAZIONE DI CALCOLO

## MURO IN GABBIONI H=2.00m

### Normativa di riferimento

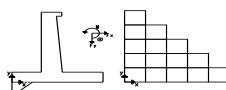
NTC 2008 Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

### Forze considerate nell'equilibrio della briglia

- Peso proprio della briglia
- Spinta statica del terreno a monte (in condizione limite attiva)
- Peso del terreno gravante sulla mensola di monte
- Acqua sulla mensola di monte
- Spinta idrostatica di monte
- Spinta sismica di monte in direzione x
- Spinta sismica di monte in direzione y
- Spinta idrostatica di valle
- Spinta statica del terreno a valle
- Spinta sismica di valle in direzione x
- Spinta sismica di valle in direzione y
- Sottospinta idrostatica
- Acqua presente sulla gaveta

Ovviamente si possono considerare altri carichi (es. forze esterne applicate)

Lo schema di riferimento scelto per il calcolo delle forze è mostrato nella seguente figura:



**Figura 1: Riferimento e convenzione di positività**

### Calcolo della spinta attiva

Per il calcolo della spinta attiva è stato adottato il metodo di *Coulomb*, il quale è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dalla briglia e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di  $K_A$ :

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

$\gamma_t$  Peso unità di volume del terreno;

$\beta$  Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

$\phi$  Angolo di resistenza al taglio del terreno;

$\delta$  Angolo di attrito terra-muro;

$\varepsilon$  Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

H Altezza della parete.

### Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

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

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

con  $k_h$  coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  verticale.

### Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

### Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

#### Metodo di Vesic

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

$$V_d \leq R_d$$

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

$A_f$  area efficace della fondazione

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

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

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

Dove:

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

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

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

#### Fattori di forma

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

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

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

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

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

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

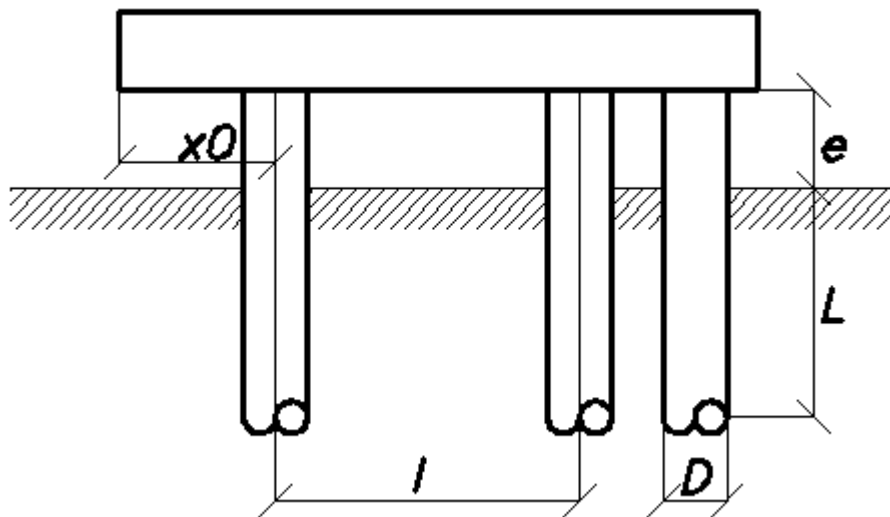
$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

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

## CALCOLO DEI PALI

### Introduzione

Il calcolo geotecnico dei pali, relativamente al software GDW, è fatto con riferimento a terreno omogeneo ed assenza di falda. La schematizzazione geometrica del modello di calcolo è la seguente:



*Schema di riferimento per il calcolo geotecnica dei pali*

relativamente allo schema precedente, le caratteristiche dei materiali di fondazione sono le seguenti:

$\gamma$  è il peso specifico del terreno di fondazione, in  $\text{kN/m}^3$ ;

$c$  è la coesione intercetta del terreno di fondazione in condizioni di analisi drenate, in  $\text{kN/m}^2$ ;

$c_u$  è la coesione del terreno in condizioni non drenate, in  $\text{kN/m}^2$ ;

$\phi$  è l'angolo di attrito interno del terreno, in Gradi( $^\circ$ );

## Carico limite dei pali.

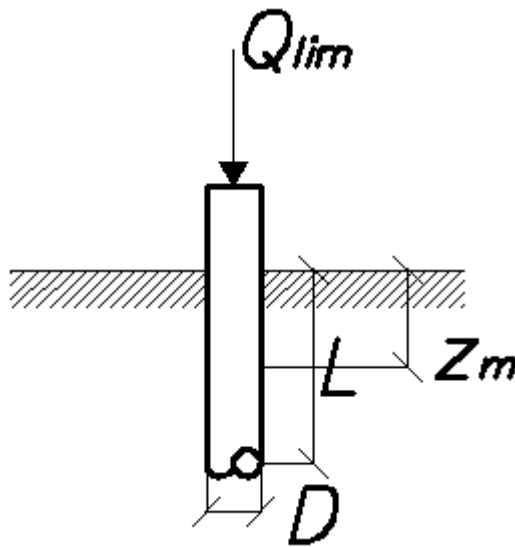
Il problema del calcolo geotecnico, ed in particolare della verifica a carico limite, dei pali richiede la verifica di due condizioni di crisi:

*Crisi per carico limite verticale;*

*Crisi per carico limite orizzontale;*

### **Carico limite verticale.**

Per la determinazione del carico limite verticale si fa riferimento al singolo palo nelle seguenti condizioni di geometria e di carico:



*Schema di riferimento per il calcolo del carico limite verticale*

Il carico limite verticale (per il caso di micropali, che è il caso di interesse di GDW) è valutato mediante la seguente formula:

$$Q_{lim} = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_{lim}$$

Dove  $\tau_{lim}$  è la tensione tangenziale limite all' interfaccia palo-terreno. La valutazione della  $\tau_{lim}$  dipende dalla tecnologia utilizzata per la realizzazione del micropalo. Relativamente al software GDW sono previste le due tipologie:

*Pali radice;*

*Pali tubifix;*

### **Pali radice**

Per questa tipologia di pali la  $\tau_{lim}$  è determinata con la seguente formula:

$$\tau_{lim} = \gamma_t \cdot z_m \cdot K_0 \cdot \tan(\phi) + \alpha \cdot c_u$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

$\gamma_t$  è il peso specifico del terreno di fondazione, in  $\text{kN/m}^3$ ;

$z_m$  è la quota del punto medio del palo immerso nel terreno (vedi precedente figura);

$K_0$  è il coefficiente di pressione orizzontale a riposo, valutato con la seguente formula:

$$K_0 = 1 - \sin(\phi)$$

$\phi$  è l'angolo di attrito interno del terreno;

$\alpha$  è un coefficiente che dipende dalla tecnologia utilizzata per realizzare il palo e dalla coesione non drenata del terreno. Il suo valore è comunque compreso nell'intervallo 0.35-1.0;

$c$  è la coesione non drenata del terreno di fondazione.

### **Pali tubifix**

Per i pali costruiti con questa tecnologia si fa riferimento a risultati a prove in sito eseguite mediante il pressimetro di Menare ( $p_{lim}$  pressione limite di Menard). Per questi pali la  $\tau_{lim}$  dipende inoltre dal tipo di iniezione (unica o ripetuta).

#### **Iniezione unica**

Nel caso di iniezione unica il valore della tensione tangenziale limite si può calcolare con la seguente con il seguente procedimento:

*Se l'angolo di attrito interno del terreno è diverso da zero allora la tensione tangenziale limite vale:*

$$\tau_{lim} = \frac{p_{lim}}{10}$$

*Se l'angolo di attrito interno del terreno è pari a zero, e la coesione del terreno è diversa da zero, allora la tensione tangenziale limite vale:*

$$\tau_{lim} = 0.033 + 0.067 \cdot p_{lim}$$

*Nel caso in cui il valore così calcolato sia minore di 0.5 allora la tensione limite deve essere calcolata con la seguente formula:*

$$\tau_{lim} = 0.133 \cdot p_{lim}$$

### Iniezione ripetuta

Nel caso di iniezione ripetuta il valore della tensione tangenziale limite si può calcolare con la seguente con il seguente procedimento:

*Se l'angolo di attrito interno del terreno è diverso da zero allora la tensione tangenziale limite vale:*

$$\tau_{\text{lim}} = \frac{p_{\text{lim}}}{10}$$

*Se l'angolo di attrito interno del terreno è pari a zero, e la coesione del terreno è diversa da zero, allora la tensione tangenziale limite vale:*

$$\tau_{\text{lim}} = 0.095 + 0.085 \cdot p_{\text{lim}}$$

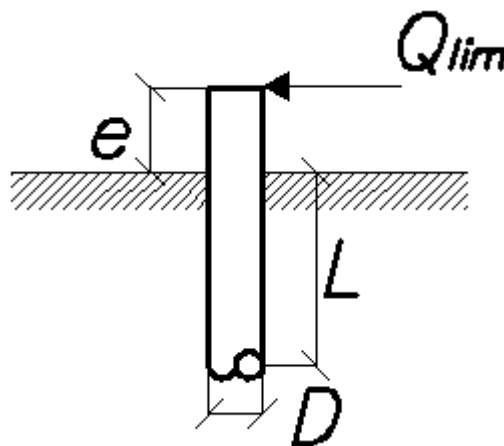
*Nel caso in cui il valore così calcolato sia minore di 0.5 allora la tensione limite deve essere calcolata con la seguente formula:*

$$\tau_{\text{lim}} = 0.275 \cdot p_{\text{lim}}$$

***n.b. nelle precedenti formule  $p_{\text{lim}}$  deve essere inserita in  $\text{N/mm}^2$***

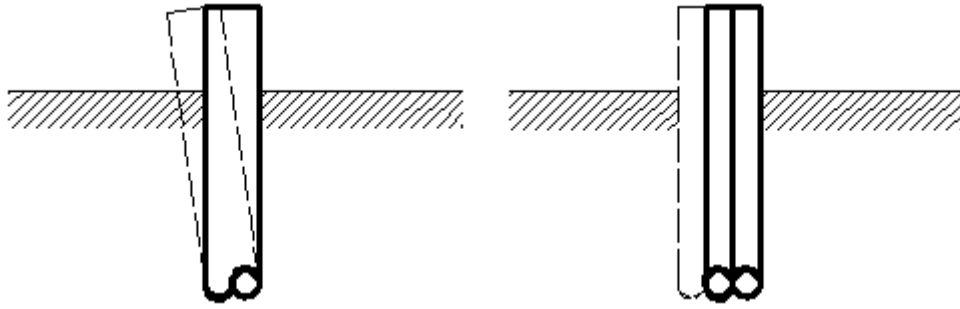
### Carico limite orizzontale

Per la determinazione del carico limite orizzontale si fa riferimento al singolo palo nelle seguenti condizioni di geometria e di carico:



*Schema di riferimento per il calcolo del carico limite orizzontale*

Il carico limite orizzontale è determinato per condizioni di analisi drenate (terreni incoerenti) e condizioni di analisi non drenate (terreni coesivi). Inoltre è prevista la possibilità di considerare il palo libero di ruotare in testa, o vincolato alla rotazione in testa:



*Palo libero alla rotazione (sinistra) e palo vincolato alla rotazione (destra)*

### **Condizioni di analisi non drenate.**

Nelle condizioni di analisi non drenate (terreni coesivi) il parametro geotecnico più importante è la coesione non drenata del terreno ( $c_u$ ).

### **Palo libero alla rotazione in testa.**

Si analizzano due possibili meccanismi di rottura del palo:

*Meccanismo di palo corto*

*Meccanismo di palo lungo*

#### **Meccanismo di palo corto**

La formula utilizzata per il carico limite orizzontale nel caso di meccanismo di palo corto è la seguente:

$$H_{\lim} = 9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \left( -\left(1.5 + \frac{L}{d} + 2 \cdot \frac{e}{d}\right) + \sqrt{\left(2 \cdot \left(\frac{L}{d}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{e}{d}\right)^2 + 4 \cdot \frac{L \cdot e}{d^2} + 6 \cdot \frac{e}{d} + 4.5\right)} \right)$$

Per i simboli è opportuno fare riferimento alla figura di inizio capitolo. Il momento massimo che si va a generare sul palo vale:

$$M(H_{\lim}) = H_{\lim} \cdot d \cdot \left( \frac{H_{\lim}}{18 \cdot c_u \cdot d^2} + \frac{e}{d} + 1.5 \right)$$

#### **Meccanismo di palo lungo.**

La formula utilizzata per il carico limite orizzontale nel caso di meccanismo di palo lungo è la seguente:

$$H_{\lim} = -9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \left(1.5 + \frac{e}{d}\right) + 9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \sqrt{\left(\left(\frac{e}{d}\right)^2 + 3 \cdot \frac{e}{d} + \frac{2 \cdot My}{9 \cdot c_u \cdot d^3} + 2.25\right)}$$

### **Palo vincolato alla rotazione in testa.**

Anche in questo caso si analizzano due possibili meccanismi di rottura del palo:

*Meccanismo di palo corto*

*Meccanismo di palo lungo*

#### **Meccanismo di palo corto.**

La formula utilizzata per il carico limite orizzontale nel caso di meccanismo di palo corto è la seguente:

$$H_{\text{lim}} = 9 \cdot c_u \cdot d \cdot (L - 1.5 \cdot d)$$

Per i simboli è opportuno fare riferimento alla figura di inizio capitolo. Il momento massimo che si va a generare sul palo vale:

$$M(H_{\text{lim}}) = \left( 4.5 \cdot \left( \frac{L}{d} \right)^2 - 10.125 \right) \cdot c_u \cdot d^3$$

#### **Meccanismo di palo lungo.**

La formula utilizzata per il carico limite orizzontale nel caso di meccanismo di palo lungo è la seguente:

$$H_{\text{lim}} = c_u \cdot d^2 \cdot \left( -13.5 + \sqrt{182.25 + 36 \cdot \frac{My}{c_u \cdot d^3}} \right)$$

### **Condizioni di analisi drenate.**

#### **Palo libero alla rotazione in testa.**

Si analizzano due possibili meccanismi di rottura del palo:

*Meccanismo di palo corto*

*Meccanismo di palo lungo*

#### **Meccanismo di palo corto**

La formula utilizzata per il carico limite orizzontale nel caso di meccanismo di palo corto è la seguente:

$$H_{\text{lim}} = \frac{k_p \cdot \gamma_t \cdot d \cdot L^3}{2 \cdot (e + L)}$$

Per i simboli è opportuno fare riferimento alla figura di inizio capitolo. Il momento massimo che si va a generare sul palo vale:

$$M(H_{\lim}) = H_{\lim} \cdot \left( e + \frac{2}{3} \cdot 0.816 \cdot \sqrt{\frac{h}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d}} \right)$$

#### **Meccanismo di palo lungo.**

La formula utilizzata per il carico limite orizzontale nel caso di meccanismo di palo lungo è la seguente:

$$\frac{H_{\lim}}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^3} \cdot \left( \frac{e}{d} + 0.544 \cdot \sqrt{\frac{H_{\lim}}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^3}} \right) - \frac{My}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^4} = 0$$

La precedente equazione può essere risolta per tentativi su  $H_{\lim}$ .

#### **Palo vincolato alla rotazione in testa.**

Anche in questo caso si analizzano due possibili meccanismi di rottura del palo:

*Meccanismo di palo corto*

*Meccanismo di palo lungo*

#### **Meccanismo di palo corto.**

La formula utilizzata per il carico limite orizzontale nel caso di meccanismo di palo corto è la seguente:

$$H_{\lim} = 1.5 \cdot L^2 \cdot k_p \cdot \gamma_t \cdot d$$

Per i simboli è opportuno fare riferimento alla figura di inizio capitolo. Il momento massimo che si va a generare sul palo vale:

$$M(H_{\lim}) = \frac{2}{3} \cdot H_{\lim} \cdot L$$

#### **Meccanismo di palo lungo.**

La formula utilizzata per il carico limite orizzontale nel caso di meccanismo di palo lungo è la seguente:

$$H_{\lim} = k_p \cdot \gamma_t \cdot d^3 \cdot \left( 3.676 \cdot \frac{My}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^4} \right)^{\frac{2}{3}}$$

#### **DATI PROGETTO:**

*Titolo progetto*

OPERE DI CONSOLIDAMENTO STRADA CALDARETTO

Descrizione del progetto Gabbionata  
 Committente Comuni di Montefalcone Appennino  
 Progettista Ing. Franco Alberti

#### DATI GENERALI:

|  |          |            |
|--|----------|------------|
| Fattore di sicurezza a ribaltamento                    | 1,00 [-] |            |
| Fattore di sicurezza a scorrimento                     | 1,00 [-] |            |
| Fattore di sicurezza a Carico limite                   | 1,00 [-] | Fattore di |
| sicurezza a Carico lim. orizzontale micropali          | 1,00 [-] |            |
| Fattore di sicurezza a Carico lim. verticale micropali | 1,00 [-] |            |

#### GEOMETRIA BRIGLIA IN GABBIONI:

##### TIPI

| Nome   | B[m] | H[m] | L[m]  | Peso[KN/m³] |
|--------|------|------|-------|-------------|
| FILA 1 | 1,00 | 1,00 | 20,00 | 14,00       |
| FILA 3 | 1,00 | 0,50 | 20,00 | 14,00       |

##### STRATI:

| ID | Tipo   | d[m] | nr |
|----|--------|------|----|
| 1  | FILA 1 | 0,00 | 2  |
| 2  | FILA 1 | 0,00 | 1  |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| Altezza fondazione            | 0,30 [m]  |
| Base fondazione               | 2,60 [m]  |
| Inclinazione profilo di monte | 16,00 [°] |
| Inclinazione paramento monte  | -5,00 [°] |

#### STRATIGRAFIA :

| Nome   | Peso<br>[KN/m³] | Peso saturo<br>[KN/m³] | Angolo di<br>attrito<br>[°] | Coesione<br>[KN/m²] | Attrito terra<br>muro<br>[°] | Adesione<br>[KN/m²] |
|--------|-----------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| FRANA  | 19,00           | 19,00                  | 22,50                       | 5,00                | 12,00                        | 5,00                |
| COLTRE | 19,50           | 19,50                  | 24,00                       | 8,00                | 16,00                        | 10,00               |

#### PARAMETRI SISMA:

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Coefficiente sismico orizzontale - Kh | 0,05 [-] |
| Coefficiente sismico orizzontale - Kv | 0,03 [-] |
| Posizione incremento sismico - Xs/h   | 1,00 [-] |

#### VERIFICHE GLOBALI:

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Numero di combinazioni analizzate | 3 |
|-----------------------------------|---|

##### Combinazione 1 - ((A1 + M1 + R1) Qlim. )

| Nome                    | Fx<br>[kN/m] | Fy<br>[kN/m] | M<br>[kNm/m] | x<br>[m] | y<br>[m] |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|
| Peso briglia            | 0,00         | 68,80        | 0,00         | 0,83     | 0,83     |
| Spinta terreno<br>monte | 28,35        | 3,48         | 0,00         | 0,00     | 0,67     |
| Peso terreno<br>mensola | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Acqua mensola           | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |

|                          |      |      |      |      |      |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| Spinta idrostatica monte | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Spinta Sismica monte X   | 6,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,00 |
| Spinta Sismica monte Y   | 0,00 | 0,74 | 0,00 | 0,00 | 2,00 |
| Spinta idrostatica valle | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Spinta terreno valle     | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Spinta sismica valle X   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Spinta sismica valle Y   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,60 | 0,00 |
| Sottospinta idrostatica  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Acqua gaveta             | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 |

Combinazione 2 - ((EQU + M2) Ribaltamento )

| Nome                     | Fx<br>[kN/m] | Fy<br>[kN/m] | M<br>[kNm/m] | x<br>[m] | y<br>[m] |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|
| Peso briglia             | 0,00         | 47,63        | 0,00         | 0,83     | 0,83     |
| Spinta terreno monte     | 26,95        | 3,31         | 0,00         | 0,00     | 0,67     |
| Peso terreno mensola     | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Acqua mensola            | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta idrostatica monte | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta Sismica monte X   | -36,76       | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 2,00     |
| Spinta Sismica monte Y   | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 2,00     |
| Spinta idrostatica valle | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta terreno valle     | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta sismica valle X   | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta sismica valle Y   | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 2,60     | 0,00     |
| Sottospinta idrostatica  | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Acqua gaveta             | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,50     | 0,00     |

Combinazione 3 - ((A1+M1+R1) Scorrimento)

| Nome         | Fx<br>[kN/m] | Fy<br>[kN/m] | M<br>[kNm/m] | x<br>[m] | y<br>[m] |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|
| Peso briglia | 0,00         | 52,92        | 0,00         | 0,83     | 0,83     |

|                          |      |      |      |      |      |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| Spinta terreno monte     | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,67 |
| Peso terreno mensola     | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Acqua mensola            | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Spinta idrostatica monte | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Spinta Sismica monte X   | 6,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,00 |
| Spinta Sismica monte Y   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,00 |
| Spinta idrostatica valle | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Spinta terreno valle     | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Spinta sismica valle X   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Spinta sismica valle Y   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,60 | 0,00 |
| Sottospinta idrostatica  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Acqua gaveta             | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 |

| Combinazione | Momento stabilizzante [kNm/m] | Momento ribaltante [kNm/m] | Forze resistenti [kN/m] | Forze sollecitanti [kN/m] | Carico limite [kN/m²] | Carico esercizio [kN/m²] |
|--------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1            | 132,52                        | 30,99                      | 46,94                   | 34,40                     | 98,30                 | 61,45                    |
| 2            | 166,26                        | 17,97                      | 77,36                   | 26,95                     | 118,32                | 43,14                    |
| 3            | 93,49                         | 12,09                      | 41,17                   | 6,04                      | 251,03                | 42,27                    |

| Combinazione | Fs ribaltamento [-] | Fs scorrimento [-] | Fs carico limite [-] | Fs Scorrimento interno [-] | Fs Schiacciamento interno [-] |
|--------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1            | 4,28                | 1,36               | 1,60                 | 16,60                      | 1,52                          |
| 2            | 9,25                | 2,87               | 2,74                 | 18,43                      | 2,19                          |
| 3            | 7,74                | 6,81               | 5,94                 | --                         | 1,90                          |

| Combinazione | Ribaltamento | Scorrimento | Carico limite | Scorrimento interno | Schiacciamento interno |
|--------------|--------------|-------------|---------------|---------------------|------------------------|
| 1            | Verificato   | Verificato  | Verificato    | Verificato          | Verificato             |
| 2            | Verificato   | Verificato  | Verificato    | Verificato          | Verificato             |
| 3            | Verificato   | Verificato  | Verificato    | --                  | Verificato             |

# RELAZIONE DI CALCOLO

## MURO IN GABBIONI H=2.50m

### DATI PROGETTO:

*Titolo progetto*            OPERE DI CONSOLIDAMENTO STRADA CALDARETTO  
*Descrizione del progetto*    Gabbionata  
*Committente*    Comuni di Montefalcone Appennino  
*Progettista*    Ing. Franco Alberti

### DATI GENERALI:

|  |          |            |
|--|----------|------------|
| Fattore di sicurezza a ribaltamento                    | 1,00 [-] |            |
| Fattore di sicurezza a scorrimento                     | 1,00 [-] |            |
| Fattore di sicurezza a Carico limite                   | 1,00 [-] | Fattore di |
| sicurezza a Carico lim. orizzontale micropali          | 1,00 [-] |            |
| Fattore di sicurezza a Carico lim. verticale micropali | 1,00 [-] |            |

### GEOMETRIA BRIGLIA IN GABBIONI:

#### TIPI

| Nome   | B[m] | H[m] | L[m]  | Peso[KN/m³] |
|--------|------|------|-------|-------------|
| FILA 1 | 1,00 | 1,00 | 20,00 | 14,00       |
| FILA 3 | 1,00 | 0,50 | 20,00 | 14,00       |

#### STRATI:

| ID | Tipo   | d[m] | nr |
|----|--------|------|----|
| 1  | FILA 1 | 0,00 | 2  |
| 2  | FILA 1 | 0,00 | 2  |
| 3  | FILA 3 | 0,00 | 1  |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| Altezza fondazione            | 0,30 [m]  |
| Base fondazione               | 2,60 [m]  |
| Inclinazione profilo di monte | 16,00 [°] |
| Inclinazione paramento monte  | -5,00 [°] |

### STRATIGRAFIA :

| Nome   | Peso<br>[KN/m³] | Peso saturo<br>[KN/m³] | Angolo di<br>attrito<br>[°] | Coesione<br>[KN/m²] | Attrito terra<br>muro<br>[°] | Adesione<br>[KN/m²] |
|--------|-----------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| FRANA  | 19,00           | 19,00                  | 22,50                       | 5,00                | 12,00                        | 5,00                |
| COLTRE | 19,50           | 19,50                  | 24,00                       | 8,00                | 16,00                        | 10,00               |

### PARAMETRI SISMA:

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Coefficiente sismico orizzontale - Kh | 0,05 [-] |
| Coefficiente sismico orizzontale - Kv | 0,03 [-] |
| Posizione incremento sismico - Xs/h   | 1,00 [-] |

### VERIFICHE GLOBALI:

## Combinazione 1 - ((A1 + M1 + R1) Qlim. )

| Nome                     | Fx<br>[kN/m] | Fy<br>[kN/m] | M<br>[kNm/m] | x<br>[m] | y<br>[m] |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|
| Peso briglia             | 0,00         | 96,10        | 0,00         | 0,94     | 1,14     |
| Spinta terreno monte     | 44,30        | 5,44         | 0,00         | 0,00     | 0,83     |
| Peso terreno mensola     | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Acqua mensola            | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta idrostatica monte | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta Sismica monte X   | 9,44         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 2,50     |
| Spinta Sismica monte Y   | 0,00         | 1,16         | 0,00         | 0,00     | 2,50     |
| Spinta idrostatica valle | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta terreno valle     | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta sismica valle X   | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta sismica valle Y   | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 2,60     | 0,00     |
| Sottospinta idrostatica  | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Acqua gaveta             | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,50     | 0,00     |

## Combinazione 2 - ((EQU + M2) Ribaltamento )

| Nome                     | Fx<br>[kN/m] | Fy<br>[kN/m] | M<br>[kNm/m] | x<br>[m] | y<br>[m] |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|
| Peso briglia             | 0,00         | 66,53        | 0,00         | 0,94     | 1,14     |
| Spinta terreno monte     | 42,12        | 5,17         | 0,00         | 0,00     | 0,83     |
| Peso terreno mensola     | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Acqua mensola            | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta idrostatica monte | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta Sismica monte X   | -57,43       | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 2,50     |
| Spinta Sismica monte Y   | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 2,50     |
| Spinta idrostatica valle | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta terreno valle     | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta sismica           | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |

|                         |      |      |      |      |      |
|-------------------------|------|------|------|------|------|
| valle X                 |      |      |      |      |      |
| Spinta sismica valle Y  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,60 | 0,00 |
| Sottospinta idrostatica | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Acqua gaveta            | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 |

Combinazione 3 - ((A1+M1+R1) Scorrimento)

| Nome                     | Fx<br>[kN/m] | Fy<br>[kN/m] | M<br>[kNm/m] | x<br>[m] | y<br>[m] |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|
| Peso briglia             | 0,00         | 73,92        | 0,00         | 0,94     | 1,14     |
| Spinta terreno monte     | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,83     |
| Peso terreno mensola     | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Acqua mensola            | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta idrostatica monte | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta Sismica monte X   | 9,44         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 2,50     |
| Spinta Sismica monte Y   | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 2,50     |
| Spinta idrostatica valle | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta terreno valle     | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta sismica valle X   | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Spinta sismica valle Y   | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 2,60     | 0,00     |
| Sottospinta idrostatica  | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00     | 0,00     |
| Acqua gaveta             | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,50     | 0,00     |

| Combinazione | Momento stabilizzante<br>[kNm/m] | Momento ribaltante<br>[kNm/m] | Forze resistenti<br>[kN/m] | Forze sollecitanti<br>[kN/m] | Carico limite<br>[kN/m²] | Carico esercizio<br>[kN/m²] |
|--------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1            | 176,25                           | 60,52                         | 55,45                      | 53,74                        | 78,94                    | 77,44                       |
| 2            | 267,16                           | 35,10                         | 103,99                     | 42,12                        | 115,45                   | 54,54                       |
| 3            | 122,38                           | 23,61                         | 47,20                      | 9,44                         | 256,18                   | 51,76                       |

| Combinazione | Fs ribaltamento<br>[-] | Fs scorrimento<br>[-] | Fs carico limite<br>[-] | Fs Scorrimento interno<br>[-] | Fs Schiacciamento interno<br>[-] |
|--------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 1            | 2,91                   | 1,03                  | 1,02                    | 13,58                         | 1,54                             |
| 2            | 7,61                   | 2,47                  | 2,12                    | 15,38                         | 2,23                             |
| 3            | 5,18                   | 5,00                  | 4,95                    | --                            | 1,99                             |

| Combinazione | Ribaltamento | Scorrimento | Carico limite | Scorrimento | Schiacciamento |
|--------------|--------------|-------------|---------------|-------------|----------------|
|--------------|--------------|-------------|---------------|-------------|----------------|

|   |            |            |            | interno    | interno    |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | Verificato | Verificato | Verificato | Verificato | Verificato |
| 2 | Verificato | Verificato | Verificato | Verificato | Verificato |
| 3 | Verificato | Verificato | Verificato | --         | Verificato |