

LOGO:



TITOLO PROGETTO:

## SISTEMA IDRICO DEL MENTA

DESCRIZIONE PROGETTO:

**LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLO SCHEMA IDRICO SULLA DIGA DEL TORRENTE MENTA: OPERE DI BY-PASS DEL TRATTO TERMINALE DELLA CONDOTTA FORZATA PER L'AVVIO DELL'ADDUZIONE IDROPOTABILE**

|           |             |                  |                    |                    |      |            |
|-----------|-------------|------------------|--------------------|--------------------|------|------------|
|           |             |                  |                    |                    |      |            |
| EMISSIONE | -           | GEOM. R. ROTUNDO | ING. D. COSTANTINO | ING. D. COSTANTINO | 0    | 16/02/2017 |
| MOTIVO    | FASE P.D.P. | ELABORATO        | VERIFICATO         | APPROVATO          | REV. | DATA       |

FASE:

### PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

APPROVAZIONI:

## GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

*Dott. Ing. Domenico COSTANTINO*

*SIA - Studio Ingegneri Associati:*

*Dott. Ing. Luigi DE BONI*

*Dott. Ing. Giancarlo MADONI*

*Dott. Ing. Poul Erik NIELSEN*

## RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

*Dott. Ing. Giuseppe SORRENTINO*

## RESPONSABILE SERVIZI INGEGNERIA:

*Dott. Ing. Antonio VOCI*

## UNITA' DI PROGETTAZIONE SORICAL:

*Dott. Ing. Luca VITALE*

*Dott. Ing. Giuseppe VIGGLIANI*

IMPRESA:

CONSORZIO CONPAT S.C.A.R.L.



L'IMPRESA DESIGNATA



TIPO DOCUMENTO:

### RELAZIONE TECNICA CALCOLO STRUTTURA

ELEMENTO/ITEM:

### PISTA DI SERVIZIO CONDOTTA

|                   |        |                |            |             |          |              |
|-------------------|--------|----------------|------------|-------------|----------|--------------|
| SCALA             | LINGUA | FORMATO        | TAVOLA     | P.D.P.      |          |              |
| -                 | IT     | A4             | -          |             |          |              |
| PROGETTO/COMMESSA |        | ORIGINE/UNUTA' | SISTEMA    | PROGRESSIVO |          |              |
| <b>A.02.4.C</b>   |        | <b>SOP</b>     | <b>CST</b> | <b>B13</b>  | <b>-</b> | <b>10.07</b> |

FONTI CARTOGRAFICHE:

REGIONE CALABRIA - CENTRO CARTOGRAFICO / I.G.M. - ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE

IL PRESENTE DISEGNO E' DI PROPRIETA' DI SO.RI.CAL. S.P.A. - A TERMINE DI LEGGE OGNI DIRITTO E' RISERVATO

PISTA DI SERVIZIO CONDOTTA

MURO DI SOSTEGNO INIZIO PISTA

RELAZIONE TECNICA CALCOLO STRUTTURA

## RELAZIONE DI CALCOLO

### Normativa di riferimento

**NTC2008** - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.

CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).

### Calcolo della spinta attiva con Coulomb

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Coulomb* è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di  $K_a$ :

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

$\gamma_t$  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 Rankine

Se  $\varepsilon = \delta = 0$  e  $\beta = 90^\circ$  (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta  $S_t$  si semplifica nella forma:

$$S_t = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \frac{(1 - \sin \phi)}{(1 + \sin \phi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale.

In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di  $K_a$  di Rankine si presenta come segue:

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

### Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo  $\varepsilon$ , 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.

In assenza di studi specifici, i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  devono essere calcolati come:

$$k_h = S a_g / r \qquad k_v = 0,5 k_h$$

in cui  $S a_g$  rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. Al fattore  $r$  viene può essere assegnato il valore  $r = 2$  nel caso di opere sufficientemente flessibili (muri liberi a gravità), mentre in tutti gli altri casi viene posto pari a 1 (muri in c.a. resistenti a flessione, muri in c.a. su pali o tirantati, muri di cantinato).

### Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

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

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

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

dove

$Q$  = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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

### Carico uniforme sul terrapieno

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

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

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

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

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

### Spinta attiva in condizioni sismiche

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

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

dove:

|          |                                                           |
|----------|-----------------------------------------------------------|
| H        | altezza muro                                              |
| $k_v$    | coefficiente sismico verticale                            |
| $\gamma$ | peso per unità di volume del terreno                      |
| K        | coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico) |
| $E_{ws}$ | spinta idrostatica dell'acqua                             |
| $E_{wd}$ | spinta idrodinamica.                                      |

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

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

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

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

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

### Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

### Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(Muller-Breslau) con valori limiti di  $\delta$  pari a:

$$\delta < \beta - \phi - \varepsilon$$

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

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

## CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

### Convenzioni sui segni

- a) La forza verticale  $F_y$ , positiva se diretta verso il basso;
- b) La forza orizzontale  $F_x$  positiva da sinistra verso destra;
- c) La coppia  $M$  è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale  $F_x$ ;

### Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (*K costante*) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa ( $\lambda$ ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

### Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite  $Q_{lim}$  viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta  $Q_p$  e la resistenza laterale  $Q_s$ .

### Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria  $q_p$  alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito ( $\varphi$ ) e di coesione ( $c$ ), è data dall'espressione:

$$q_p = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q$$

Avendo indicato con:

$\gamma$       Peso unità di volume del terreno;  
 $D$       Lunghezza del palo;  
 $N_c$  e  $N_q$       Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Il fattore  $N_q$  è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

### Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\lambda$  dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo A, proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

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

$c$       valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate.

$q$       pressione verticale del terreno

$k$       coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

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

Per pali trivellati

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

$\delta$  attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

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

Per pali trivellati

$$\delta = \tan \phi$$

$\alpha$  è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

#### Coefficiente $\alpha$ per palo infisso

|                  |                    |
|------------------|--------------------|
| $c < 0.25$       | $\alpha = 1.00$    |
| $0.25 < c < 0.5$ | $\alpha = 0.85$    |
| $0.5 < c < 0.75$ | $\alpha = 0.65$    |
| $0.75 < c < 2.4$ | $\alpha = 0.50$    |
| $c > 2.4$        | $\alpha = 1.2 / c$ |

#### Coefficiente $\alpha$ per palo trivellato

|                  |                    |
|------------------|--------------------|
| $c < 0.25$       | $\alpha = 0.9$     |
| $0.25 < c < 0.5$ | $\alpha = 0.8$     |
| $0.5 < c < 0.75$ | $\alpha = 0.6$     |
| $0.75 < c < 2$   | $\alpha = 0.4$     |
| $c > 2$          | $\alpha = 0.8 / c$ |

### Inoltre:

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico  $k_h$  come segue:

$$C_{\text{coeffrid}} = 1 - k_h$$

### Infine

- a) Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza ( $c$ ,  $\phi$ ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- b) In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%
- c) Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

### Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito. Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo  $n$  superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie  $i$  per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie  $j$  esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \times B \times I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- $\tau_j$  Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- $E$  Modulo elastico del terreno;
- $B$  Diametro del palo;
- $I_{i,j}$  Coefficiente di influenza;

Il cedimento complessivo si ottiene sommando  $W_{i,j}$  per tutte le  $j$  aree

### Sollecitazioni muro

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

### Calcolo delle spinte per le verifiche globali

Le spinte sono state valutate ipotizzando un piano di rottura passante per l'estradosso della mensola di fondazione lato monte, tale piano è stato discretizzato in  $n$ -tratti.

### Convenzione segni

- Forze verticali** positive se dirette dall'alto verso il basso;
- Forze orizzontali** positive se dirette da monte verso valle;
- Coppie** positive se antiorarie;
- Angoli** positivi se antiorari.

## Dati generali

Calcolo di resistenza

Stati limiti ultimi

## Coefficienti sismici [N.T.C.]

### Dati generali

Descrizione:  
Latitudine: 38,08  
Longitudine: 15,74  
Tipo opera: 2 - Opere ordinarie  
Classe d'uso: Classe II  
Vita nominale: 50,0 [anni]  
Vita di riferimento: 50,0 [anni]

### Parametri sismici su sito di riferimento

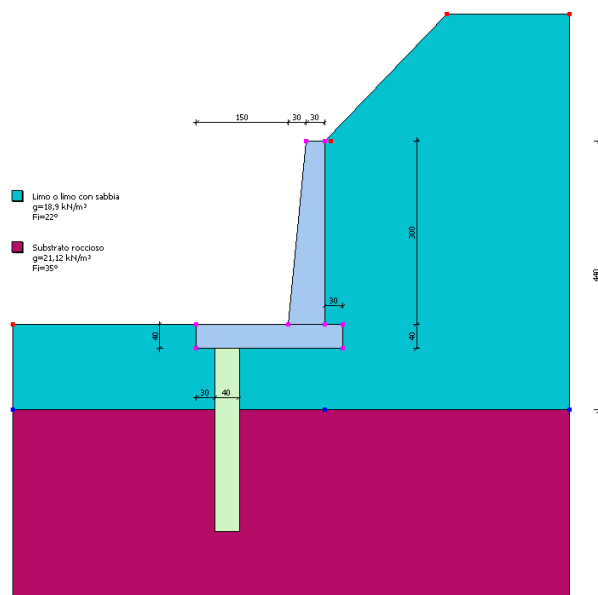
Categoria sottosuolo: B  
Categoria topografica: T2

| S.L.<br>Stato limite | TR<br>Tempo ritorno<br>[anni] | ag<br>[m/s <sup>2</sup> ] | F0<br>[-] | TC*<br>[sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O.               | 30,0                          | 0,66                      | 2,3       | 0,27         |
| S.L.D.               | 50,0                          | 0,88                      | 2,28      | 0,29         |
| S.L.V.               | 475,0                         | 2,64                      | 2,41      | 0,36         |
| S.L.C.               | 975,0                         | 3,54                      | 2,47      | 0,39         |

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

| S.L.<br>Stato limite | amax<br>[m/s <sup>2</sup> ] | beta<br>[-] | kh<br>[-] | kv<br>[sec] |
|----------------------|-----------------------------|-------------|-----------|-------------|
| S.L.O.               | 0,9504                      | 0,18        | 0,0174    | 0,0087      |
| S.L.D.               | 1,2672                      | 0,18        | 0,0233    | 0,0116      |
| S.L.V.               | 3,613                       | 0,31        | 0,1142    | 0,0571      |
| S.L.C.               | 4,4321                      | 0,31        | 0,1401    | 0,0701      |



### Dati generali muro

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| Altezza muro                       | 300,0 cm |
| Spessore testa muro                | 30,0 cm  |
| Risega muro lato valle             | 30,0 cm  |
| Risega muro lato monte             | 0,0 cm   |
| Sporgenza mensola a valle          | 150,0 cm |
| Sporgenza mensola a monte          | 30,0 cm  |
| Svaso mensola a valle              | 0,0 cm   |
| Svaso mensola a valle              | 0,0 cm   |
| Altezza estremità mensola a valle  | 40,0 cm  |
| Altezza estremità mensola a monte  | 40,0 cm  |
| Sezione dei pali                   | 40,0 cm  |
| Lunghezza dei pali                 | 300,0 cm |
| Distanza asse da estremità mensola | 50,0 cm  |

### Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

#### Classe conglomerato Rck 265

|                                               |                          |
|-----------------------------------------------|--------------------------|
| Fattore parziale di sicurezza calcestruzzo    | 1,5                      |
| Resistenza a compressione di calcolo $f_{cd}$ | 124,64 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a trazione di calcolo $f_{ctd}$    | 5,07 N/mm <sup>2</sup>   |

#### Acciaio Tipo B450C

|                                                |                          |
|------------------------------------------------|--------------------------|
| Modulo elastico                                | 210000 N/mm <sup>2</sup> |
| Fattore parziale di sicurezza acciaio          | 1,15                     |
| $f_{yk}$ (Tensione caratteristica snervamento) | 440 N/mm <sup>2</sup>    |
| $f_{yd}$ (Resistenza ultima di calcolo)        | 382,61 N/mm <sup>2</sup> |
| Deformazione ultima di calcolo                 | 0,01                     |

|                        |        |
|------------------------|--------|
| Copriferro, Elevazione | 3,0 cm |
|------------------------|--------|

Copriferro, Fondazione  
Copriferro, Dente di fondazione

3,0 cm  
3,0 cm

### Stratigrafia

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

| Ns | DH<br>(cm) | Eps<br>(°) | Gamma<br>(KN/m³) | Fi<br>(°) | c<br>(kPa) | Delta<br>(°) | P.F. | Litologia | Descrizione            |
|----|------------|------------|------------------|-----------|------------|--------------|------|-----------|------------------------|
| 1  | 440        | 0          | 18,90            | 22        | 0,00       | 15           | No   |           | Limo o limo con sabbia |
| 2  | 3060       | 0          | 21,12            | 35        | 0,00       | 23           | No   |           | Substrato roccioso     |

### FATTORI DI COMBINAZIONE

#### A1+M1+R1

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

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

| Nr. | Carico limite         | Coefficienti resistenze |
|-----|-----------------------|-------------------------|
| 1   | Punta                 | 1                       |
| 2   | Laterale compressione | 1                       |
| 3   | Coefficiente totale   | 1                       |
| 4   | Laterale (trazione)   | 1                       |
| 5   | Orizzontale           | 1                       |
|     | Riduzione resistenza  | Parziale                |

#### A2+M2+R2

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

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

| Nr. | Carico limite         | Coefficienti resistenze |
|-----|-----------------------|-------------------------|
| 1   | Punta                 | 1,7                     |
| 2   | Laterale compressione | 1,7                     |
| 3   | Coefficiente totale   | 1,7                     |
| 4   | Laterale (trazione)   | 1,7                     |
| 5   | Orizzontale           | 1,7                     |
|     | Riduzione resistenza  | Parziale                |

#### EQU+M2 (Ribaltamento)

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

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

| Nr. | Carico limite         | Coefficienti resistenze |
|-----|-----------------------|-------------------------|
| 1   | Punta                 | 1,7                     |
| 2   | Laterale compressione | 1,7                     |
| 3   | Coefficiente totale   | 1,7                     |
| 4   | Laterale (trazione)   | 1,7                     |
| 5   | Orizzontale           | 1,7                     |
|     | Riduzione resistenza  | Parziale                |

#### A1+M1+R1

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,1142  
Coefficiente sismico verticale Kv 0,0571

#### CALCOLO SPINTE

##### Discretizzazione terreno

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

| Qi    | Qf    | Gamma | Eps  | Fi   | Delta | c   | β   | Note |
|-------|-------|-------|------|------|-------|-----|-----|------|
| 340,0 | 280,0 | 18,9  | 46,0 | 22,0 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |      |
| 280,0 | 220,0 | 18,9  | 46,0 | 22,0 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |      |
| 220,0 | 160,0 | 18,9  | 46,0 | 22,0 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |      |
| 160,0 | 100,0 | 18,9  | 46,0 | 22,0 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |      |

|       |      |      |      |      |       |     |     |
|-------|------|------|------|------|-------|-----|-----|
| 100,0 | 40,0 | 18,9 | 46,0 | 22,0 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |
|-------|------|------|------|------|-------|-----|-----|

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 $K_a$  Coefficiente di spinta attiva.  
 $K_d$  Coefficiente di spinta dinamica.  
 $D_k$  Coefficiente di incremento dinamico.  
 $K_{ax}, K_{ay}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 $D_{kx}, D_{ky}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

| $\mu$ | $K_a$ | $K_d$ | $D_k$ | $K_{ax}$ | $K_{ay}$ | $D_{kx}$ | $D_{ky}$ |
|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|
| 14,52 | 0,87  | 1,02  | 0,2   | 0,84     | 0,22     | 0,19     | 0,05     |
| 14,52 | 0,87  | 1,02  | 0,2   | 0,84     | 0,22     | 0,19     | 0,05     |
| 14,52 | 0,87  | 1,02  | 0,2   | 0,84     | 0,22     | 0,19     | 0,05     |
| 14,52 | 0,87  | 1,02  | 0,2   | 0,84     | 0,22     | 0,19     | 0,05     |
| 14,52 | 0,87  | 1,02  | 0,2   | 0,84     | 0,22     | 0,19     | 0,05     |

### Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$  Quota inizio strato.  
 $Q_f$  Quota inizio strato.  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

|   | $Q_i$ | $Q_f$ | $R_{px}$ | $R_{py}$ | $z(R_{px})$ | $z(R_{py})$ |
|---|-------|-------|----------|----------|-------------|-------------|
| 1 | 340,0 | 280,0 | 3,51     | 0,91     | 300,0       | 300,0       |
| 2 | 280,0 | 220,0 | 10,54    | 2,73     | 246,67      | 246,67      |
| 3 | 220,0 | 160,0 | 17,56    | 4,55     | 188,0       | 188,0       |
| 4 | 160,0 | 100,0 | 24,58    | 6,37     | 128,57      | 128,57      |
| 5 | 100,0 | 40,0  | 31,61    | 8,19     | 68,89       | 68,89       |

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia )

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

| Quota | $P_x$ | $P_y$ | $X_p$ | $Y_p$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 280,0 | 0,73  | 6,43  | 193,5 | 309,1 |
| 220,0 | 1,6   | 14,04 | 191,8 | 276,7 |
| 160,0 | 2,61  | 22,81 | 190,2 | 243,1 |
| 100,0 | 3,74  | 32,76 | 188,4 | 208,6 |
| 40,0  | 5,01  | 43,87 | 186,7 | 173,3 |

### Sollecitazioni sul muro

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

| Quota | Fx    | Fy    | M     | H    |
|-------|-------|-------|-------|------|
| 280,0 | 4,25  | 7,34  | 0,66  | 36,0 |
| 220,0 | 15,65 | 17,68 | 5,4   | 42,0 |
| 160,0 | 34,21 | 31,0  | 18,34 | 48,0 |
| 100,0 | 59,93 | 47,31 | 43,7  | 54,0 |
| 40,0  | 92,8  | 66,61 | 85,53 | 60,0 |

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

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

| Afv         | Afm           | Nu    | Mu     | Ver. | Vcd    | Vwd | Sic. VT |
|-------------|---------------|-------|--------|------|--------|-----|---------|
| 4Ø12 (4,52) | 7Ø12 (7,92)   | 7,32  | 100,77 | S    | 542,88 | 0,0 | 127,87  |
| 4Ø12 (4,52) | 8Ø12 (9,05)   | 17,67 | 137,32 | S    | 641,29 | 0,0 | 40,98   |
| 5Ø12 (5,65) | 9Ø12 (10,18)  | 31,0  | 180,48 | S    | 740,15 | 0,0 | 21,64   |
| 5Ø12 (5,65) | 10Ø12 (11,31) | 47,4  | 230,24 | S    | 839,45 | 0,0 | 14,01   |
| 6Ø12 (6,79) | 11Ø12 (12,44) | 66,56 | 286,96 | S    | 939,2  | 0,0 | 10,12   |

#### Discretizzazione terreno

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

| Qi    | Qf    | Gamma | Eps  | Fi   | Delta | c   | β   | Note |
|-------|-------|-------|------|------|-------|-----|-----|------|
| 371,1 | 340,0 | 18,9  | 46,0 | 22,0 | 22,0  | 0,0 | 0,0 |      |
| 340,0 | 280,0 | 18,9  | 46,0 | 22,0 | 22,0  | 0,0 | 0,0 |      |
| 280,0 | 220,0 | 18,9  | 46,0 | 22,0 | 22,0  | 0,0 | 0,0 |      |
| 220,0 | 160,0 | 18,9  | 46,0 | 22,0 | 22,0  | 0,0 | 0,0 |      |
| 160,0 | 100,0 | 18,9  | 46,0 | 22,0 | 22,0  | 0,0 | 0,0 |      |
| 100,0 | 40,0  | 18,9  | 46,0 | 22,0 | 22,0  | 0,0 | 0,0 |      |
| 40,0  | 0,0   | 18,9  | 46,0 | 22,0 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |      |

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

| $\mu$ | Ka   | Kd   | Dk   | Kax  | Kay  | Dkx  | Dky  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 22,0  | 0,91 | 1,08 | 0,22 | 0,84 | 0,34 | 0,21 | 0,08 |
| 22,0  | 0,91 | 1,08 | 0,22 | 0,84 | 0,34 | 0,21 | 0,08 |
| 22,0  | 0,91 | 1,08 | 0,22 | 0,84 | 0,34 | 0,21 | 0,08 |
| 22,0  | 0,91 | 1,08 | 0,22 | 0,84 | 0,34 | 0,21 | 0,08 |
| 22,0  | 0,91 | 1,08 | 0,22 | 0,84 | 0,34 | 0,21 | 0,08 |
| 22,0  | 0,91 | 1,08 | 0,22 | 0,84 | 0,34 | 0,21 | 0,08 |
| 14,52 | 0,87 | 1,02 | 0,2  | 0,84 | 0,22 | 0,19 | 0,05 |

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

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

|   | Qi    | Qf    | Rpx   | Rpy   | z(Rpx) | z(Rpy) |
|---|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 371,1 | 340,0 | 0,96  | 0,39  | 350,37 | 350,37 |
| 2 | 340,0 | 280,0 | 7,28  | 2,94  | 305,09 | 305,09 |
| 3 | 280,0 | 220,0 | 14,44 | 5,83  | 247,52 | 247,52 |
| 4 | 220,0 | 160,0 | 21,59 | 8,72  | 188,34 | 188,34 |
| 5 | 160,0 | 100,0 | 28,74 | 11,61 | 128,76 | 128,76 |
| 6 | 100,0 | 40,0  | 35,9  | 14,5  | 69,0   | 69,0   |
| 7 | 40,0  | 0,0   | 27,88 | 11,04 | 19,63  | 19,76  |

#### SPINTE IN FONDAZIONE

##### Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (kPa);  
 $\beta$  Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

| Qi   | Qf  | Gamma | Eps   | Fi   | Delta | c   | $\beta$ | Note |
|------|-----|-------|-------|------|-------|-----|---------|------|
| 40,0 | 0,0 | 18,9  | 226,0 | 22,0 | 14,52 | 0,0 | 180,0   |      |

##### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

| $\mu$  | Kp  | Kpx   | Kpy   |
|--------|-----|-------|-------|
| 194,52 | 0,6 | -0,58 | -0,15 |

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

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

|   | Qi   | Qf  | Rpx   | Rpy   | z(Rpx) | z(Rpy) |
|---|------|-----|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 40,0 | 0,0 | -0,87 | -0,23 | 13,33  | 13,33  |

#### Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);

|                   | Fx            | Fy            | M              |
|-------------------|---------------|---------------|----------------|
| Spinta terreno    | 136,79        | 55,04         | 37,14          |
| Peso muro         | 5,01          | 43,87         | -73,22         |
| Peso fondazione   | 3,56          | 31,2          | -36,72         |
| Sovraccarico      | 0,0           | 0,0           | 0,0            |
| Terr. fondazione  | 1,94          | 22,11         | -45,76         |
| Spinte fondazione | -0,87         | -0,23         | -0,12          |
|                   | <b>146,43</b> | <b>151,99</b> | <b>-118,68</b> |

Momento stabilizzante -301,19 kNm  
 Momento ribaltante 182,51 kNm

#### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 294,61 kN  
 Forza verticale 304,44 kN  
 Momento -237,36 kNm

#### Dati palo

Lunghezza 300,0 cm  
 Diametro 40,0 cm  
 Copriferro 3,0 cm  
**Palo trivellato**

#### Stratigrafia palo

##### Strato N° 1

Spessore strato 100,0 cm  
 Peso unità di volume 18,9 kN/m³  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 0,0 kPa  
 Modulo di elasticità 9806,66 kPa  
 Modulo di reaz. orizzontale 137293,1 kN/m³

## Strato N° 2

---

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| Spessore strato      | 200,0 cm                |
| Peso unità di volume | 21,12 kN/m <sup>3</sup> |
| Angolo di attrito    | 35,0 °                  |
| Coesione             | 0,0 kPa                 |
| Modulo di elasticità | 98066,55 kPa            |

## Spostamenti e rotazioni in testa al palo

---

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| Lunghezza d'onda   | 170,25 cm |
| Cedimento del palo | 0,09 cm   |
| Spostamento in x   | 0,33 cm   |
| Rotazione in testa | 0,01 °    |

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 203,58 kPa

## Carico limite verticale

---

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| Carico limite di punta             | 398,44 kN |
| Carico limite laterale             | 41,47 kN  |
| Carico limite totale               | 439,92 kN |
| Coefficiente di sicurezza punta    | 1         |
| Coefficiente di sicurezza laterale | 1         |
| Resistenza di calcolo              | 439,92 kN |
| Fattore di sicurezza Fs            | 1,4       |

## Verifica palo in testa

---

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Momento                          | -189,89 kNm           |
| Sforzo normale                   | 304,44 kN             |
| Area ferri                       | 36,19 cm <sup>2</sup> |
| Sforzo normale ultimo (Nu)       | 304,34 kN             |
| Momento flettente ultimo (Mu)    | -193,7 kNm            |
| Stato verifica a flessione       | Verificata            |
| Resistenza a taglio congl. (Vcd) | 64,66 kN              |
| Resistenza a taglio staffe (Vwd) | 229,95 kN             |
| Misura Sicurezza Taglio          | 9999,0                |

## Verifica palo alla profondità di cm 213,00

---

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Momento                          | 11,23 kNm             |
| Sforzo normale                   | 311,0 kN              |
| Area ferri                       | 36,19 cm <sup>2</sup> |
| Sforzo normale ultimo (Nu)       | 311,07 kN             |
| Momento flettente ultimo (Mu)    | 193,92 kNm            |
| Stato verifica a flessione       | Verificata            |
| Resistenza a taglio congl. (Vcd) | 65,27 kN              |
| Resistenza a taglio staffe (Vwd) | 104,24 kN             |
| Misura Sicurezza Taglio          | 1,74                  |

## Verifiche palo alla profondità di cm 340,49

---

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Momento                          | 48,59 kNm             |
| Sforzo normale                   | 314,91 kN             |
| Area ferri                       | 36,19 cm <sup>2</sup> |
| Sforzo normale ultimo (Nu)       | 314,91 kN             |
| Momento flettente ultimo (Mu)    | 194,05 kNm            |
| Stato verifica a flessione       | Verificata            |
| Resistenza a taglio congl. (Vcd) | 65,64 kN              |
| Resistenza a taglio staffe (Vwd) | 104,24 kN             |
| Misura Sicurezza Taglio          | 1,0                   |

#### MENSOLA A VALLE

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| Xprogr. | Ascissa progressiva (cm);  |
| Fx      | Forza in direzione x (kN); |
| Fy      | Forza in direzione y (kN); |
| M       | Momento (kNm);             |
| H       | Altezza sezione (cm);      |

| Xprogr. | Fx      | Fy      | M     | H    |
|---------|---------|---------|-------|------|
| 150,0   | -148,18 | -132,95 | 10,26 | 40,0 |

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

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

| Afi         | Afs         | Nu     | Mu     | Ver. | Vcd    | Vwd | Sic. VT |
|-------------|-------------|--------|--------|------|--------|-----|---------|
| 8Ø12 (9,05) | 8Ø12 (9,05) | 148,21 | 155,57 | S    | 628,98 | 0,0 | 4,73    |

#### MENSOLA A MONTE

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| Xprogr. | Ascissa progressiva (cm);  |
| Fx      | Forza in direzione x (kN); |
| Fy      | Forza in direzione y (kN); |
| M       | Momento (kNm);             |
| H       | Altezza sezione (cm);      |

| Xprogr. | Fx    | Fy    | M      | H    |
|---------|-------|-------|--------|------|
| 210,0   | 27,88 | 75,95 | -19,75 | 40,0 |

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

|     |                             |
|-----|-----------------------------|
| Afi | Area dei ferri inferiori.   |
| Afs | Area dei ferri superiori.   |
| Nu  | Sforzo normale ultimo (kN); |

|         |                                                             |
|---------|-------------------------------------------------------------|
| Mu      | Momento flettente ultimo (kNm);                             |
| Vcd     | Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);                  |
| Vwd     | Resistenza a taglio piegati (kN);                           |
| Sic. VT | Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1). |
| Vsdu    | Taglio di calcolo (kN);                                     |

| Afi         | Afs         | Nu     | Mu     | Ver. | Vcd    | Vwd | Sic. VT |
|-------------|-------------|--------|--------|------|--------|-----|---------|
| 4Ø12 (4,52) | 8Ø12 (9,05) | -27,96 | 121,67 | S    | 604,56 | 0,0 | 7,96    |

### A2+M2+R2

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| Coefficiente sismico orizzontale Kh | 0,1142 |
| Coefficiente sismico verticale Kv   | 0,0571 |

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

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

| Qi    | Qf    | Gamma | Eps  | Fi    | Delta | c   | β   | Note |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-----|-----|------|
| 340,0 | 280,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |      |
| 280,0 | 220,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |      |
| 220,0 | 160,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |      |
| 160,0 | 100,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |      |
| 100,0 | 40,0  | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |      |

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

| μ     | Ka   | Kd   | Dk   | Kax  | Kay  | Dkx  | Dky  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |

### Spinte risultanti e punto di applicazione

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

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

|   | Qi    | Qf    | Rpx   | Rpy  | z(Rpx) | z(Rpy) |
|---|-------|-------|-------|------|--------|--------|
| 1 | 340,0 | 280,0 | 3,63  | 0,78 | 300,0  | 300,0  |
| 2 | 280,0 | 220,0 | 10,89 | 2,35 | 246,67 | 246,67 |
| 3 | 220,0 | 160,0 | 18,15 | 3,91 | 188,0  | 188,0  |
| 4 | 160,0 | 100,0 | 25,41 | 5,47 | 128,57 | 128,57 |
| 5 | 100,0 | 40,0  | 32,67 | 7,04 | 68,89  | 68,89  |

#### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia )

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

|  | Quota | Px   | Py    | Xp    | Yp    |
|--|-------|------|-------|-------|-------|
|  | 280,0 | 0,57 | 4,95  | 193,5 | 309,1 |
|  | 220,0 | 1,23 | 10,8  | 191,8 | 276,7 |
|  | 160,0 | 2,0  | 17,55 | 190,2 | 243,1 |
|  | 100,0 | 2,88 | 25,2  | 188,4 | 208,6 |
|  | 40,0  | 3,85 | 33,75 | 186,7 | 173,3 |

#### Sollecitazioni sul muro

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

|  | Quota | Fx    | Fy    | M     | H    |
|--|-------|-------|-------|-------|------|
|  | 280,0 | 4,2   | 5,73  | 0,68  | 36,0 |
|  | 220,0 | 15,75 | 13,93 | 5,57  | 42,0 |
|  | 160,0 | 34,67 | 24,59 | 18,96 | 48,0 |
|  | 100,0 | 60,96 | 37,71 | 45,18 | 54,0 |
|  | 40,0  | 94,6  | 53,3  | 88,46 | 60,0 |

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

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

| Afv         | Afm         | Nu   | Mu     | Ver. | Vcd    | Vwd | Sic. VT |
|-------------|-------------|------|--------|------|--------|-----|---------|
| 4Ø12 (4,52) | 7Ø12 (7,92) | 5,83 | 100,51 | S    | 542,66 | 0,0 | 129,38  |

|             |               |       |        |   |        |     |       |
|-------------|---------------|-------|--------|---|--------|-----|-------|
| 4Ø12 (4,52) | 8Ø12 (9,05)   | 13,84 | 136,55 | S | 640,77 | 0,0 | 40,68 |
| 5Ø12 (5,65) | 9Ø12 (10,18)  | 24,59 | 179,01 | S | 739,25 | 0,0 | 21,32 |
| 5Ø12 (5,65) | 10Ø12 (11,31) | 37,75 | 227,76 | S | 838,09 | 0,0 | 13,75 |
| 6Ø12 (6,79) | 11Ø12 (12,44) | 53,28 | 283,16 | S | 937,3  | 0,0 | 9,91  |

#### Discretizzazione terreno

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

| Qi    | Qf    | Gamma | Eps  | Fi    | Delta | c   | β   | Note |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-----|-----|------|
| 371,1 | 340,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |      |
| 340,0 | 280,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |      |
| 280,0 | 220,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |      |
| 220,0 | 160,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |      |
| 160,0 | 100,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |      |
| 100,0 | 40,0  | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |      |
| 40,0  | 0,0   | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |      |

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

| μ     | Ka   | Kd   | Dk   | Kax  | Kay  | Dkx  | Dky  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

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

|   | Qi    | Qf    | Rpx  | Rpy  | z(Rpx) | z(Rpy) |
|---|-------|-------|------|------|--------|--------|
| 1 | 371,1 | 340,0 | 0,98 | 0,26 | 350,37 | 350,37 |

|   |       |       |       |      |        |        |
|---|-------|-------|-------|------|--------|--------|
| 2 | 340,0 | 280,0 | 7,45  | 1,99 | 305,09 | 305,09 |
| 3 | 280,0 | 220,0 | 14,77 | 3,94 | 247,52 | 247,52 |
| 4 | 220,0 | 160,0 | 22,09 | 5,89 | 188,34 | 188,34 |
| 5 | 160,0 | 100,0 | 29,41 | 7,84 | 128,76 | 128,76 |
| 6 | 100,0 | 40,0  | 36,73 | 9,8  | 69,0   | 69,0   |
| 7 | 40,0  | 0,0   | 28,54 | 7,53 | 19,62  | 19,69  |

## SPINTE IN FONDAZIONE

### Discretizzazione terreno

|       |                                                    |
|-------|----------------------------------------------------|
| Qi    | Quota iniziale strato (cm);                        |
| Qf    | Quota finale strato                                |
| Gamma | Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );         |
| Eps   | Inclinazione dello strato. (°);                    |
| Fi    | Angolo di resistenza a taglio (°);                 |
| Delta | Angolo attrito terra muro;                         |
| c     | Coesione (kPa);                                    |
| β     | Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°); |
| Note  | Nelle note viene riportata la presenza della falda |

| Qi   | Qf  | Gamma | Eps   | Fi    | Delta | c   | β     | Note |
|------|-----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|------|
| 40,0 | 0,0 | 18,9  | 226,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 180,0 |      |

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

| μ      | Kp   | Kpx   | Kpy   |
|--------|------|-------|-------|
| 194,52 | 0,51 | -0,49 | -0,13 |

### Spinte risultanti e punto di applicazione

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

|   | Qi   | Qf  | Rpx   | Rpy   | z(Rpx) | z(Rpy) |
|---|------|-----|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 40,0 | 0,0 | -0,74 | -0,19 | 13,33  | 13,33  |

### Sollecitazioni totali

|    |                            |
|----|----------------------------|
| Fx | Forza in direzione x (kN); |
| Fy | Forza in direzione y (kN); |
| M  | Momento (kNm);             |

|                 | Fx     | Fy    | M      |
|-----------------|--------|-------|--------|
| Spinta terreno  | 139,97 | 37,25 | 83,76  |
| Peso muro       | 3,85   | 33,75 | -56,33 |
| Peso fondazione | 2,74   | 24,0  | -28,25 |

|                   |               |               |               |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| Sovraccarico      | 0,0           | 0,0           | 0,0           |
| Terr. fondazione  | 1,94          | 17,01         | -34,28        |
| Spinte fondazione | -0,74         | -0,19         | -0,1          |
|                   | <b>147,76</b> | <b>111,81</b> | <b>-35,19</b> |

|                       |         |     |
|-----------------------|---------|-----|
| Momento stabilizzante | -219,47 | kNm |
| Momento ribaltante    | 184,28  | kNm |

#### Verifica palo max sollecitato

|                   |            |
|-------------------|------------|
| Forza orizzontale | 297,01 kN  |
| Forza verticale   | 224,0 kN   |
| Momento           | -70,39 kNm |

#### Dati palo

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Lunghezza              | 300,0 cm |
| Diametro               | 40,0 cm  |
| Copriferro             | 3,0 cm   |
| <b>Palo trivellato</b> |          |

#### Stratigrafia palo

##### Strato N° 1

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Spessore strato             | 100,0 cm                   |
| Peso unità di volume        | 18,9 kN/m <sup>3</sup>     |
| Angolo di attrito           | 22,0 °                     |
| Coesione                    | 0,0 kPa                    |
| Modulo di elasticità        | 9806,66 kPa                |
| Modulo di reaz. orizzontale | 137293,1 kN/m <sup>3</sup> |

##### Strato N° 2

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| Spessore strato      | 200,0 cm                |
| Peso unità di volume | 21,12 kN/m <sup>3</sup> |
| Angolo di attrito    | 35,0 °                  |
| Coesione             | 0,0 kPa                 |
| Modulo di elasticità | 98066,55 kPa            |

#### Spostamenti e rotazioni in testa al palo

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| Lunghezza d'onda   | 170,25 cm |
| Cedimento del palo | 0,06 cm   |
| Spostamento in x   | 0,55 cm   |
| Rotazione in testa | 0,15 °    |

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 203,58 kPa

#### Carico limite verticale

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Carico limite di punta | 398,44 kN |
| Carico limite laterale | 41,47 kN  |
| Carico limite totale   | 258,77 kN |

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| Coefficiente di sicurezza punta    | 1,7       |
| Coefficiente di sicurezza laterale | 1,7       |
| Resistenza di calcolo              | 258,77 kN |
| Fattore di sicurezza Fs            | 1,11      |

#### Verifica palo in testa

---

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Momento                          | -56,31 kNm            |
| Sforzo normale                   | 224,0 kN              |
| Area ferri                       | 36,19 cm <sup>2</sup> |
| Sforzo normale ultimo (Nu)       | 224,02 kN             |
| Momento flettente ultimo (Mu)    | -191,0 kNm            |
| Stato verifica a flessione       | Verificata            |
| Resistenza a taglio congl. (Vcd) | 57,18 kN              |
| Resistenza a taglio staffe (Vwd) | 239,83 kN             |
| Misura Sicurezza Taglio          | 9999,0                |

#### Verifica palo alla profondità di cm 213,00

---

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Momento                          | 121,11 kNm            |
| Sforzo normale                   | 230,57 kN             |
| Area ferri                       | 36,19 cm <sup>2</sup> |
| Sforzo normale ultimo (Nu)       | 230,6 kN              |
| Momento flettente ultimo (Mu)    | 191,22 kNm            |
| Stato verifica a flessione       | Verificata            |
| Resistenza a taglio congl. (Vcd) | 57,79 kN              |
| Resistenza a taglio staffe (Vwd) | 104,24 kN             |
| Misura Sicurezza Taglio          | 5,6                   |

#### Verifiche palo alla profondità di cm 340,49

---

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Momento                          | 60,81 kNm             |
| Sforzo normale                   | 234,48 kN             |
| Area ferri                       | 36,19 cm <sup>2</sup> |
| Sforzo normale ultimo (Nu)       | 234,55 kN             |
| Momento flettente ultimo (Mu)    | 191,36 kNm            |
| Stato verifica a flessione       | Verificata            |
| Resistenza a taglio congl. (Vcd) | 58,15 kN              |
| Resistenza a taglio staffe (Vwd) | 104,24 kN             |
| Misura Sicurezza Taglio          | 1,0                   |

#### MENSOLA A VALLE

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| Xprogr. | Ascissa progressiva (cm);  |
| Fx      | Forza in direzione x (kN); |
| Fy      | Forza in direzione y (kN); |
| M       | Momento (kNm);             |
| H       | Altezza sezione (cm);      |

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

---

150,0      -149,25      -97,2      -36,1      40,0

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

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

| Afi         | Afs         | Nu     | Mu     | Ver. | Vcd    | Vwd | Sic. VT |
|-------------|-------------|--------|--------|------|--------|-----|---------|
| 8Ø12 (9,05) | 8Ø12 (9,05) | 149,21 | 155,76 | S    | 629,13 | 0,0 | 6,47    |

#### MENSOLA A MONTE

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

| Xprogr. | Fx    | Fy    | M      | H    |
|---------|-------|-------|--------|------|
| 210,0   | 28,54 | 57,26 | -14,28 | 40,0 |

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

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

| Afi         | Afs         | Nu     | Mu     | Ver. | Vcd    | Vwd | Sic. VT |
|-------------|-------------|--------|--------|------|--------|-----|---------|
| 4Ø12 (4,52) | 8Ø12 (9,05) | -28,56 | 121,55 | S    | 604,46 | 0,0 | 10,56   |

#### EQU+M2 (Ribaltamento)

Coefficiente sismico orizzontale Kh      0,1142

Coefficiente sismico verticale Kv      0,0571

#### CALCOLO SPINTE

##### Discretizzazione terreno

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

|         |                                                    |
|---------|----------------------------------------------------|
| Eps     | Inclinazione dello strato. (°);                    |
| Fi      | Angolo di resistenza a taglio (°);                 |
| Delta   | Angolo attrito terra muro;                         |
| c       | Coesione (kPa);                                    |
| $\beta$ | Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°); |
| Note    | Nelle note viene riportata la presenza della falda |

| Qi    | Qf    | Gamma | Eps  | Fi    | Delta | c   | $\beta$ | Note |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-----|---------|------|
| 340,0 | 280,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0     |      |
| 280,0 | 220,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0     |      |
| 220,0 | 160,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0     |      |
| 160,0 | 100,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0     |      |
| 100,0 | 40,0  | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0     |      |

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

| $\mu$ | Ka   | Kd   | Dk   | Kax  | Kay  | Dkx  | Dky  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

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

|   | Qi    | Qf    | Rpx   | Rpy  | z(Rpx) | z(Rpy) |
|---|-------|-------|-------|------|--------|--------|
| 1 | 340,0 | 280,0 | 3,93  | 0,86 | 300,0  | 300,0  |
| 2 | 280,0 | 220,0 | 11,8  | 2,58 | 246,67 | 246,67 |
| 3 | 220,0 | 160,0 | 19,66 | 4,3  | 188,0  | 188,0  |
| 4 | 160,0 | 100,0 | 27,52 | 6,02 | 128,57 | 128,57 |
| 5 | 100,0 | 40,0  | 35,39 | 7,74 | 68,89  | 68,89  |

#### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia )

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

| Quota | Px   | Py   | Xp    | Yp    |
|-------|------|------|-------|-------|
| 280,0 | 0,51 | 4,45 | 193,5 | 309,1 |

|       |      |       |       |       |
|-------|------|-------|-------|-------|
| 220,0 | 1,11 | 9,72  | 191,8 | 276,7 |
| 160,0 | 1,8  | 15,79 | 190,2 | 243,1 |
| 100,0 | 2,59 | 22,68 | 188,4 | 208,6 |
| 40,0  | 3,47 | 30,37 | 186,7 | 173,3 |

### Sollecitazioni sul muro

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

| Quota | Fx     | Fy    | M     | H    |
|-------|--------|-------|-------|------|
| 280,0 | 4,44   | 5,31  | 0,71  | 36,0 |
| 220,0 | 16,84  | 13,16 | 5,95  | 42,0 |
| 160,0 | 37,19  | 23,54 | 20,34 | 48,0 |
| 100,0 | 65,5   | 36,44 | 48,56 | 54,0 |
| 40,0  | 101,76 | 51,88 | 95,21 | 60,0 |

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

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

| Afv         | Afm           | Nu    | Mu     | Ver. | Vcd    | Vwd | Sic. VT |
|-------------|---------------|-------|--------|------|--------|-----|---------|
| 4Ø12 (4,52) | 7Ø12 (7,92)   | 5,23  | 100,41 | S    | 542,6  | 0,0 | 122,22  |
| 4Ø12 (4,52) | 8Ø12 (9,05)   | 13,15 | 136,42 | S    | 640,67 | 0,0 | 38,06   |
| 5Ø12 (5,65) | 9Ø12 (10,18)  | 23,59 | 178,78 | S    | 739,1  | 0,0 | 19,88   |
| 5Ø12 (5,65) | 10Ø12 (11,31) | 36,4  | 227,41 | S    | 837,91 | 0,0 | 12,79   |
| 6Ø12 (6,79) | 11Ø12 (12,44) | 51,9  | 282,76 | S    | 937,1  | 0,0 | 9,21    |

### Discretizzazione terreno

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

| Qi    | Qf    | Gamma | Eps  | Fi    | Delta | c   | β   | Note |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-----|-----|------|
| 371,1 | 340,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |      |
| 340,0 | 280,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |      |
| 280,0 | 220,0 | 18,9  | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |      |

|       |       |      |      |       |       |     |     |
|-------|-------|------|------|-------|-------|-----|-----|
| 220,0 | 160,0 | 18,9 | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |
| 160,0 | 100,0 | 18,9 | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |
| 100,0 | 40,0  | 18,9 | 46,0 | 17,91 | 17,91 | 0,0 | 0,0 |
| 40,0  | 0,0   | 18,9 | 46,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 0,0 |

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

| $\mu$ | Ka   | Kd   | Dk   | Kax  | Kay  | Dkx  | Dky  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 17,91 | 0,93 | 1,08 | 0,2  | 0,89 | 0,29 | 0,19 | 0,06 |
| 14,52 | 0,92 | 1,05 | 0,19 | 0,89 | 0,23 | 0,18 | 0,05 |

### Spinte risultanti e punto di applicazione

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

|   | Qi    | Qf    | Rpx   | Rpy   | z(Rpx) | z(Rpy) |
|---|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 371,1 | 340,0 | 1,06  | 0,29  | 350,37 | 350,37 |
| 2 | 340,0 | 280,0 | 8,07  | 2,19  | 305,09 | 305,09 |
| 3 | 280,0 | 220,0 | 15,99 | 4,33  | 247,52 | 247,52 |
| 4 | 220,0 | 160,0 | 23,91 | 6,48  | 188,34 | 188,34 |
| 5 | 160,0 | 100,0 | 31,83 | 8,63  | 128,76 | 128,76 |
| 6 | 100,0 | 40,0  | 39,76 | 10,78 | 69,0   | 69,0   |
| 7 | 40,0  | 0,0   | 30,89 | 8,28  | 19,62  | 19,69  |

### SPINTE IN FONDAZIONE

#### Discretizzazione terreno

|         |                                                    |
|---------|----------------------------------------------------|
| Qi      | Quota iniziale strato (cm);                        |
| Qf      | Quota finale strato                                |
| Gamma   | Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );         |
| Eps     | Inclinazione dello strato. (°);                    |
| Fi      | Angolo di resistenza a taglio (°);                 |
| Delta   | Angolo attrito terra muro;                         |
| c       | Coesione (kPa);                                    |
| $\beta$ | Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°); |
| Note    | Nelle note viene riportata la presenza della falda |

| Qi | Qf | Gamma | Eps | Fi | Delta | c | $\beta$ | Note |
|----|----|-------|-----|----|-------|---|---------|------|
|----|----|-------|-----|----|-------|---|---------|------|

|      |     |      |       |       |       |     |       |
|------|-----|------|-------|-------|-------|-----|-------|
| 40,0 | 0,0 | 18,9 | 226,0 | 17,91 | 14,52 | 0,0 | 180,0 |
|------|-----|------|-------|-------|-------|-----|-------|

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

| $\mu$  | $K_p$ | $K_{px}$ | $K_{py}$ |
|--------|-------|----------|----------|
| 194,52 | 0,51  | -0,49    | -0,13    |

### Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$  Quota inizio strato.  
 $Q_f$  Quota inizio strato.  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

|   | $Q_i$ | $Q_f$ | $R_{px}$ | $R_{py}$ | $z(R_{px})$ | $z(R_{py})$ |
|---|-------|-------|----------|----------|-------------|-------------|
| 1 | 40,0  | 0,0   | -0,74    | -0,19    | 13,33       | 13,33       |

### Sollecitazioni totali

$F_x$  Forza in direzione x (kN);  
 $F_y$  Forza in direzione y (kN);  
 $M$  Momento (kNm);

|                   | $F_x$         | $F_y$         | $M$           |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| Spinta terreno    | 151,52        | 40,97         | 89,11         |
| Peso muro         | 3,47          | 30,37         | -50,69        |
| Peso fondazione   | 2,47          | 21,6          | -25,42        |
| Sovraccarico      | 0,0           | 0,0           | 0,0           |
| Terr. fondazione  | 1,94          | 17,01         | -34,28        |
| Spinte fondazione | -0,74         | -0,19         | -0,1          |
|                   | <b>158,65</b> | <b>109,76</b> | <b>-21,39</b> |

|                       |         |     |
|-----------------------|---------|-----|
| Momento stabilizzante | -219,23 | kNm |
| Momento ribaltante    | 197,84  | kNm |

### Verifica palo max sollecitato

|                   |            |
|-------------------|------------|
| Forza orizzontale | 318,79 kN  |
| Forza verticale   | 219,91 kN  |
| Momento           | -42,77 kNm |

### Dati palo

|            |          |
|------------|----------|
| Lunghezza  | 300,0 cm |
| Diametro   | 40,0 cm  |
| Copriferro | 3,0 cm   |

## Palo trivellato

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

---

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Spessore strato             | 100,0 cm                   |
| Peso unità di volume        | 18,9 kN/m <sup>3</sup>     |
| Angolo di attrito           | 22,0 °                     |
| Coesione                    | 0,0 kPa                    |
| Modulo di elasticità        | 9806,66 kPa                |
| Modulo di reaz. orizzontale | 137293,1 kN/m <sup>3</sup> |

#### Strato N° 2

---

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| Spessore strato      | 200,0 cm                |
| Peso unità di volume | 21,12 kN/m <sup>3</sup> |
| Angolo di attrito    | 35,0 °                  |
| Coesione             | 0,0 kPa                 |
| Modulo di elasticità | 98066,55 kPa            |

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo

---

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| Lunghezza d'onda   | 170,25 cm |
| Cedimento del palo | 0,06 cm   |
| Spostamento in x   | 0,63 cm   |
| Rotazione in testa | 0,19 °    |

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 203,58 kPa

### Carico limite verticale

---

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| Carico limite di punta             | 398,44 kN |
| Carico limite laterale             | 41,47 kN  |
| Carico limite totale               | 258,77 kN |
| Coefficiente di sicurezza punta    | 1,7       |
| Coefficiente di sicurezza laterale | 1,7       |
| Resistenza di calcolo              | 258,77 kN |
| Fattore di sicurezza Fs            | 1,13      |

### Verifica palo in testa

---

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Momento                          | -34,22 kNm            |
| Sforzo normale                   | 219,91 kN             |
| Area ferri                       | 36,19 cm <sup>2</sup> |
| Sforzo normale ultimo (Nu)       | 219,9 kN              |
| Momento flettente ultimo (Mu)    | -190,85 kNm           |
| Stato verifica a flessione       | Verificata            |
| Resistenza a taglio congl. (Vcd) | 56,8 kN               |
| Resistenza a taglio staffe (Vwd) | 262,0 kN              |
| Misura Sicurezza Taglio          | 9999,0                |

### Verifica palo alla profondità di cm 213,00

---

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Momento                          | 151,3 kNm             |
| Sforzo normale                   | 226,47 kN             |
| Area ferri                       | 36,19 cm <sup>2</sup> |
| Sforzo normale ultimo (Nu)       | 226,48 kN             |
| Momento flettente ultimo (Mu)    | 191,08 kNm            |
| Stato verifica a flessione       | Verificata            |
| Resistenza a taglio congl. (Vcd) | 57,41 kN              |
| Resistenza a taglio staffe (Vwd) | 104,24 kN             |
| Misura Sicurezza Taglio          | 9,2                   |

#### Verifiche palo alla profondità di cm 340,49

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Momento                          | 67,56 kNm             |
| Sforzo normale                   | 230,38 kN             |
| Area ferri                       | 36,19 cm <sup>2</sup> |
| Sforzo normale ultimo (Nu)       | 230,35 kN             |
| Momento flettente ultimo (Mu)    | 191,21 kNm            |
| Stato verifica a flessione       | Verificata            |
| Resistenza a taglio congl. (Vcd) | 57,77 kN              |
| Resistenza a taglio staffe (Vwd) | 104,24 kN             |
| Misura Sicurezza Taglio          | 1,0                   |

#### MENSOLA A VALLE

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| Xprogr. | Ascissa progressiva (cm);  |
| Fx      | Forza in direzione x (kN); |
| Fy      | Forza in direzione y (kN); |
| M       | Momento (kNm);             |
| H       | Altezza sezione (cm);      |

| Xprogr. | Fx      | Fy     | M     | H    |
|---------|---------|--------|-------|------|
| 150,0   | -160,14 | -96,65 | -46,8 | 40,0 |

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

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

| Afi         | Afs         | Nu     | Mu     | Ver. | Vcd    | Vwd | Sic. VT |
|-------------|-------------|--------|--------|------|--------|-----|---------|
| 8Ø12 (9,05) | 8Ø12 (9,05) | 160,17 | 157,82 | S    | 630,64 | 0,0 | 6,53    |

#### MENSOLA A MONTE

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| Xprogr. | Ascissa progressiva (cm);  |
| Fx      | Forza in direzione x (kN); |

Fy      Forza in direzione y (kN);  
M      Momento (kNm);  
H      Altezza sezione (cm);

| Xprogr. | Fx    | Fy    | M      | H    |
|---------|-------|-------|--------|------|
| 210,0   | 30,89 | 60,68 | -15,37 | 40,0 |

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

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

| Afi         | Afs         | Nu     | Mu    | Ver. | Vcd    | Vwd | Sic. VT |
|-------------|-------------|--------|-------|------|--------|-----|---------|
| 4Ø12 (4,52) | 8Ø12 (9,05) | -30,95 | 121,1 | S    | 604,14 | 0,0 | 9,96    |