



Committente:



COMUNE DI CARPI Corso A. Pio, 91 41012 - Carpi (MO)  
c.f. 00184280360 e-mail: comune.carpi@pec.comune.carpi.mo.it



Oggetto:

**PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)**  
Missione M5 - Componente C2 - Investimento 2.1 - Investimenti in progetti di rigenerazione urbana, volti a ridurre situazioni di emarginazione e degrado sociale.  
Progetto n. 63/2021 - "REALIZZAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE DI SCAVALCAMENTO ALLA TANGENZIALE BRUNO LOSI" ID 8230 -CUP: C91B19000070004

Nome archivio

T03-23 ESE

Tavola n

**RC**

Scala

Data

aprile 2023

Titolo

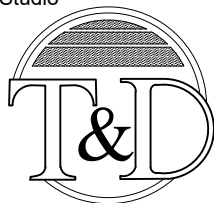
**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE**

Aggiornamenti

giugno 2023

Responsabile Unico del Procedimento: Ing. Calogero Filippello

Studio



**Ingegneri Associati**

AZIENDA CON SISTEMA  
DI GESTIONE PER LA QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO CSQA N. 3303

Via Linz, 93  
38121 - TRENTO  
tel. 0461 / 822552  
fax 0461 / 829692  
E-mail info@ited.it

Timbro:

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO

dott.ing. **ANTONIO LICINI**

ISCRIZIONE ALBO N° 1488



**PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**

MURO D'ALA DEL TOMBINO

\* \* \*

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Trento, aprile 2023

|  |             |             |                |                |
|--|-------------|-------------|----------------|----------------|
| 5  |             |             |                |                |
| 4  |             |             |                |                |
| 3  |             |             |                |                |
| 2  |             |             |                |                |
| 1  | Emissione   | Aprile 2023 | Antonio Licini | Antonio Licini |
| Rev.   | Descrizione | Data        | Redatto        | Controllato    |
| T&D Ingegneri Associati<br>Via Linz, 93 - 38121 Trento<br>C.F. / P.IVA 01413600220<br>Tel. 0461.822552 - Fax 0461.829692 |             |             |                |                |



## SOMMARIO

La relazione si articola nei seguenti punti:

|  |   |
|--|---|
| <b><u>1 Descrizione del software</u></b> .....                                   | 2 |
| <b><u>2 Normative di riferimento</u></b> .....                                   | 2 |
| <b><u>3 Geometria del muro</u></b> .....   | 2 |
| <b><u>3.1 Sistema di riferimento</u></b> .....                                   | 2 |
| <b><u>3.2 Rappresentazione geometrica, sezione trasversale</u></b> .....         | 2 |
| <b><u>3.3 Rappresentazione analitica</u></b> .....                               | 2 |
| <b><u>4 Caratteristiche dei terreni</u></b> .....                                | 2 |
| <b><u>5 Geometria degli strati</u></b> .....                                     | 2 |
| <b><u>6 Geometria dei carichi</u></b> .....                                      | 2 |
| <b><u>6.1 Carichi uniformi</u></b> .....   | 2 |
| <b><u>7 Metodi di calcolo delle azioni e delle verifiche</u></b> .....           | 2 |
| <b><u>7.1 Descrizione della normativa sismica</u></b> .....                      | 2 |
| <b><u>7.2 Descrizione del metodo di calcolo delle spinte</u></b> .....           | 2 |
| <b><u>7.3 Descrizione del metodo di calcolo della portanza</u></b> .....         | 2 |
| <b><u>8 Distribuzioni di spinte e pressioni</u></b> .....                        | 2 |
| <b><u>8.1 Coefficienti di spinta</u></b> .....                                   | 2 |
| <b><u>8.2 Pressioni</u></b> .....  | 2 |
| <b><u>8.2.1 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1</u></b> .....  | 2 |
| <b><u>8.2.2 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2</u></b> .....  | 2 |
| <b><u>8.2.3 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-3</u></b> .....  | 2 |
| <b><u>8.2.4 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1</u></b> .....  | 2 |
| <b><u>8.2.5 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2</u></b> .....  | 2 |
| <b><u>8.2.6 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-3</u></b> .....  | 2 |
| <b><u>8.2.7 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-4</u></b> .....  | 2 |
| <b><u>8.2.8 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1</u></b> .....  | 2 |
| <b><u>8.2.9 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-2</u></b> .....  | 2 |
| <b><u>8.2.10 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1</u></b> ..... | 2 |
| <b><u>8.2.11 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1</u></b> ..... | 2 |
| <b><u>9 Risultante delle azioni agenti sul muro</u></b> .....                    | 2 |
| <b><u>9.1 Combinazioni di calcolo</u></b> .....                                  | 2 |
| <b><u>9.1.1 Combinazione di carico EQU-1</u></b> .....                           | 2 |
| <b><u>9.1.2 Combinazione di carico EQU-2</u></b> .....                           | 2 |
| <b><u>9.1.3 Combinazione di carico EQU-3</u></b> .....                           | 2 |
| <b><u>9.1.4 Combinazione di carico STR-1</u></b> .....                           | 2 |
| <b><u>9.1.5 Combinazione di carico STR-2</u></b> .....                           | 2 |
| <b><u>9.1.6 Combinazione di carico STR-3</u></b> .....                           | 2 |
| <b><u>9.1.7 Combinazione di carico STR-4</u></b> .....                           | 2 |
| <b><u>9.1.8 Combinazione di carico SIS-1</u></b> .....                           | 2 |
| <b><u>10 Verifiche di stabilità locale</u></b> .....                             | 2 |
| <b><u>10.1 Tensioni trasmesse sul terreno</u></b> .....                          | 2 |

|  |   |
|--|---|
| <b><u>10.2 Verifica allo scorrimento sul piano di posa</u></b> .....                             | 2 |
| <b><u>10.3 Verifica a ribaltamento</u></b> .....   | 2 |
| <b><u>10.4 Verifica di collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno</u></b> ..... | 2 |
| <b><u>11 Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio</u></b> .....                       | 2 |
| <b><u>12 Parametri per dimensionamento armatura</u></b> .....                                    | 2 |
| <b><u>13 Sollecitazioni e verifiche strutturali</u></b> .....                                    | 2 |

## **1 Descrizione del software**

Si tratta di un programma di calcolo strutturale dedicato al progetto e verifica di Opere di Sostegno in cemento armato e a gravità. Il programma permette il calcolo delle spinte nelle diverse combinazioni di calcolo analizzate, l'esecuzione di verifiche di stabilità locale e globale di natura geotecnica, la progettazione delle parti in cemento armato e la verifica di resistenza strutturale. Nella determinazione delle sollecitazioni strutturali può utilizzare un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Nella relazione di calcolo vengono riportati i dati di input, le combinazioni di calcolo adottate, le pressioni e le spinte trovate, nonché i risultati delle verifiche geotecniche e strutturali. Vengono anche prodotte le tavole con i prospetti e le distinte di armatura, ed il computo metrico delle principali grandezze.

### **SPECIFICHE TECNICHE**

Denominazione del software: WallCAD 7

Produttore del software: Concrete

Concrete srl, via della Pieve, 15, 35121 PADOVA - Italy

<http://www.concrete.it>

Rivenditore: CONCRETE SRL - Via della Pieve 19 - 35121 Padova - tel.049-8754720

Versione: 7.29

## **SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE E CRITERI DI CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI**

Il programma permette il calcolo della spinta delle terre mediante metodi propri dell'Equilibrio limite e la valutazione della stabilità globale con metodi propri della stabilità dei pendii; le azioni sismiche vengono valutate mediante un approccio pseudo-statico, in accordo alle varie normative adottate. Le spinte vengono pensate agenti su un tratto di lunghezza unitaria di un muro di lunghezza indefinita, con sezione che resta quindi in stato piano di deformazione; nel caso di elementi discontinui con lo sviluppo del muro (come pali, tiranti, contrafforti, carichi puntuali) viene invece creato un modello 3D ad elementi finiti, di lunghezza e condizioni di vincolo alle estremità deciso dal progettista. In quest'ultimo caso le sollecitazioni sono calcolate dal modello numerico per integrazione nel tratto di verifica. La reazione del suolo è quella teorica di fondazione rigida su suolo elastico non reagente al sollevamento; nel caso di studio con modello fem il suolo è modellato mediante un numero elevato di molle elastoplastiche verticali, non reagenti al sollevamento; in direzione orizzontale sono altresì presenti molle elastiche di modulo di reazione proporzionale al verticale. I pali sono modellati suddividendo l'asta in più aste immerse nei terreni della stratigrafia definita. Nei nodi di divisione tra le aste vengono inserite molle assialsimmetriche elastoplastiche precaricate dalla spinta a riposo che hanno come pressione limite minima la spinta attiva e come pressione limite massima la spinta passiva modificabile attraverso opportuni coefficienti. I tiranti sono modellati mediante molle elastoplastiche di rigidità equivalente al sistema terreno/tratto libero/tratto ancorato, e di limiti plastici a trazione e compressione assegnati. I carichi possono essere inseriti sia sul muro che sul terreno; in quest'ultimo caso il carico uniforme è trattato come uno strato di spessore equivalente, mentre gli altri tipi di carico (lineare o nastroforme) vengono diffusi in orizzontale e sovrapposti alle restanti azioni.

## **VERIFICHE DELLE MEMBRATURE IN CEMENTO ARMATO**

Nel caso più generale le verifiche degli elementi in c.a. possono essere condotte agli stati limite in accordo al D.M. 17/01/18, al D.M. 14/01/08, al D.M. 09/01/96 o secondo Eurocodice 2, oppure ove consentito col metodo delle tensioni ammissibili (D.M. 14/01/92). Le membrature in c.a. sono verificate a pressoflessione e taglio come piastre non espressamente armate a taglio, i pali sono verificati a pressoflessione, taglio e punzonamento verso la suola; nel caso di micropali si considera la sola resistenza del tubolare in acciaio, verificato secondo Eurocodice 3 in accordo al D.M. 17/01/18 o al D.M. 14/01/08

## **2 Normative di riferimento**

### **Normative di analisi e verifica:**

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018)

### **Valutazione delle azioni sismiche:**

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) Cap.7

### **Verifiche strutturali:**

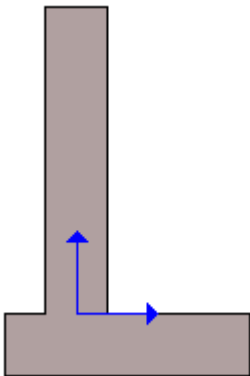
Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) Cap.4

## **3 Geometria del muro**

La descrizione della geometria del muro si avvale di una duplice rappresentazione, una schematica, tramite la sezione trasversale, e l'altra in forma analitica tramite le dimensioni principali degli elementi costituenti.

### **3.1 Sistema di riferimento**

Nella seguente rappresentazione schematica viene rappresentata la posizione e l'orientamento del sistema di riferimento rispetto ai vertici principali della sagoma del muro.



Sistema di riferimento adottato per le coordinate:

Ascisse X (espresse in centimetri) positive verso destra

Ordinate Y (espresse in centimetri) positive verso l'alto

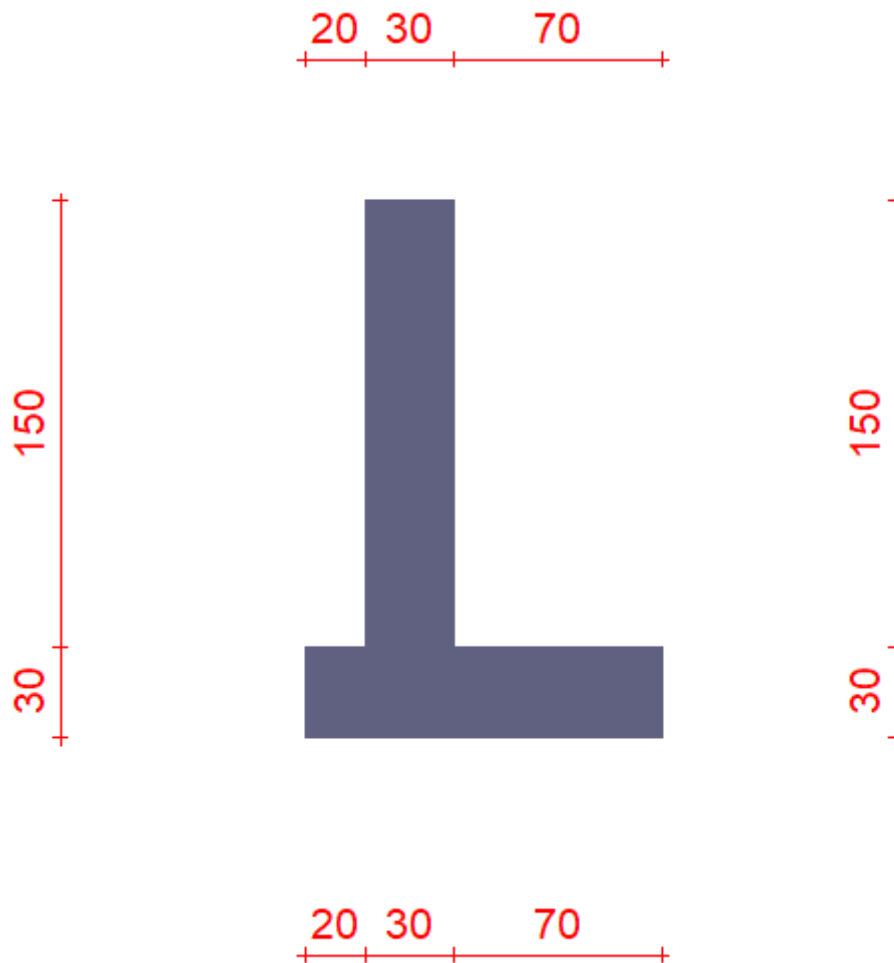
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da sinistra verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dal basso verso l'alto

Tutti i valori in output sono riferiti ad 1 centimetro di muro.

### **3.2 Rappresentazione geometrica, sezione trasversale**





### 3.3 Rappresentazione analitica

Il muro viene convenzionalmente suddiviso in blocchi principali ed eventuali accessori.

#### **Ingombro globale**

|                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| Larghezza totale del muro  | : 120 cm                  |
| Altezza totale del muro    | : 180 cm                  |
| Peso specifico del muro    | : 2500 daN/m <sup>3</sup> |
| Peso specifico delle falde | : 1000 daN/m <sup>3</sup> |

#### **Paramento**

|              |          |
|--------------|----------|
| Base inf.    | : 30 cm  |
| Base sup.    | : 30 cm  |
| Altezza      | : 150 cm |
| Disassamento | : 0 cm   |

#### **Mensola sinistra in fondazione**

|              |         |
|--------------|---------|
| Larghezza    | : 20 cm |
| Alt.interna  | : 30 cm |
| Alt.esterna  | : 30 cm |
| Disassamento | : 0 cm  |

#### **Zoccolo centrale in fondazione**

|              |         |
|--------------|---------|
| Larghezza    | : 30 cm |
| Altezza a sx | : 30 cm |
| Altezza a dx | : 30 cm |
| Sfalsamento  | : 0 cm  |

### Mensola destra in fondazione

|              |         |
|--------------|---------|
| Larghezza    | : 70 cm |
| Alt.interna  | : 30 cm |
| Alt.esterna  | : 30 cm |
| Disassamento | : 0 cm  |

## 4 Caratteristiche dei terreni

Significato dei simboli e unità di misura:

Gsat: Peso specifico saturo del terreno, utilizzato nelle zone immerse (daN/m<sup>3</sup>)

Gnat: Peso specifico naturale del terreno, utilizzato nelle zone non immerse (daN/m<sup>3</sup>)

Fi: Angolo di attrito interno del terreno (deg)

C': Coesione drenata del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Cnd: Coesione non drenata del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Delta: Angolo di attrito all'interfaccia terreno/paramento (deg)

Al: Adesione della coesione all'interfaccia terreno/cls (-)

OCR: Coefficiente di sovraconsolidazione del terreno (-)

Ko: Coefficiente di spinta a riposo del terreno (-)

E: Modulo elastico longitudinale del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

G: Modulo elastico tangenziale del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Perm: Permeabilità del terreno (cm/sec)

| N | Denominazione | Gsat | Gnat | Fi    | C'    | Cnd   | Delta | Al   | OCR  | Ko   | E  | G | Perm     |
|---|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|----|---|----------|
| 1 | Terreno_Carpi | 2200 | 2000 | 30,00 | 0,040 | 0,400 | 0,00  | 0,80 | 1,00 | 0,50 | 40 | 7 | 1,00E-07 |

## 5 Geometria degli strati

Vengono mostrate in forma tabellare le sequenze di punti che costituiscono le poligonali di separazione degli strati di terreno.



### Strato n.1, materiale sottostante: Terreno\_Carpi

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1           | 1  | 15     | 150    |
| 2           | 2  | 2055   | 150    |

### Strato n.2, materiale sottostante: Terreno\_Carpi

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1           | 3  | -2075  | 0      |
| 2           | 4  | -35    | 0      |

### Strato n.3, materiale sottostante: Terreno\_Carpi

Stratigrafia adattata al profilo del muro.

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1           | -  | -35    | -30    |
| 2           | -  | -15    | -30    |
| 3           | -  | 15     | -30    |
| 4           | -  | 85     | -30    |

## 6 Geometria dei carichi

Le coordinate e le componenti dei carichi stampate in questo paragrafo sono riferite al sistema di riferimento relativo alla sezione trasversale, dove gli assi X e Y locali coincidono rispettivamente con gli assi X e Z globali. L'asse Y globale si sviluppa nella profondità del muro. Tutte le tipologie di carico, esclusa quella puntuale, hanno componenti e coordinate diverse da zero solo lungo gli assi locali X e Y. Nel caso di carichi puntuali viene indicata anche la posizione in profondità (P), riferita rispetto alla sezione trasversale iniziale dell'intervento e quindi lungo l'asse Y globale.

### 6.1 Carichi uniformi

Comp.permanente di carico uniforme a monte : 0 daN/cm<sup>2</sup>  
Comp.variabile di carico uniforme a monte : -0.05 daN/cm<sup>2</sup>

## 7 Metodi di calcolo delle azioni e delle verifiche

Metodo di calcolo della spinta del terreno : Mononobe-Okabe  
Metodo di calcolo della portanza del terreno : Vesic  
Normativa adottata per le verifiche locali per le Costruzioni : D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche

Normativa adottata per il sisma: D.M. 17/01/2018 Norme tecniche per le costruzioni NTC 2018.

Localizzazione dell'opera: Modena, Carpi

Vita nominale dell'opera (Tab. 2.4.I): 50 anni

Classe d'uso (Tab. 2.4.II): 2

Parametri sismici calcolati per lo stato limite : SLV

Accelerazione relativa Ag/g massima attesa al suolo: 0.1535 g

Categoria del suolo di fondazione: C

Coefficiente di amplificazione stratigrafica: 1.5

Coefficiente di amplificazione topografica: 1

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per il sito (Beta s): 0.24

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per muri (Beta m): 0.38

Punto di applicazione della forza dinamica: stesso punto di quella statica

Effetto della componente verticale di accelerazione sismica trascurato.

### 7.1 Descrizione della normativa sismica

In zona sismica per l'opera di sostegno viene condotta una analisi pseudostatica secondo quanto previsto dalla normativa vigente (D.M. 17/01/2018 NTC, paragrafo 7.11.6).

Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, pari al prodotto delle forze di gravità moltiplicate per un coefficiente sismico.

I coefficienti sismici orizzontali e verticali, applicati a tutte le masse potenzialmente instabili, sono calcolati rispettivamente come:

$$k_h = \beta_m \cdot (a_{max}/g) \quad [7.11.6]$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad [7.11.7]$$

$$a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g \quad [7.11.8]$$

Dove:  $\beta_m$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;  
 $a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;  
 $g$  è l'accelerazione di gravità;  
 $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito (§3.2.3.2);  
 $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione del pendio (§3.2.3.2);  
 $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di  $\beta_m$  sono 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV), 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD); per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario.

Il coefficiente  $S_s$  di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di  $S_s$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.IV.

Il coefficiente  $S_T$  di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture in sommità di un pendio o in cresta, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di  $S_T$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V, in funzione della categoria topografica della superficie.

I coefficienti sismici sopra definiti sono considerati costanti lungo l'altezza del muro.

L'incremento di spinta dovuto al sisma può venire assunto agente nello stesso punto di quella statica, nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, oppure a metà altezza dell'opera, negli altri casi.

La spinta totale di progetto  $E_d$  agente sull'opera di sostegno è data da:

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

dove:  $\gamma$  è il peso specifico del terreno;  
 $K$  è il coefficiente di spinta del terreno;  
 $h$  è l'altezza del muro;  
 $E_{ws}$  è la spinta idrostatica;

Il coefficiente di spinta del terreno viene calcolato come nel caso statico ma con le seguenti modifiche\*:  
- nel caso di terreno sotto falda, applicando una rotazione al profilo del muro e degli strati di terreno, secondo le espressioni

$$\tan \theta_A = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \cdot \frac{k_h}{1 + k_v} \quad \text{e} \quad \tan \theta_B = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \cdot \frac{k_h}{1 - k_v}$$

dove:  $\gamma$  è il peso specifico del terreno saturo;  
 $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua;

- nel caso di terreno sopra falda, applicando una rotazione al profilo del muro e degli strati di terreno, secondo le espressioni

$$\tan \theta_A = \frac{k_h}{1 + k_v} \quad \text{e} \quad \tan \theta_B = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

\*eccetto il metodo di Mononobe-Okabe, che include il sisma in modo nativo nella formulazione.

L'acqua interstiziale viene considerata non libera all'interno dello scheletro solido del terreno, trattando quindi quest'ultimo come un mezzo monofase. In presenza di acqua libera sulla faccia del muro viene aggiunta la sovrappressione (considerata agente nel caso peggiore, cioè da monte verso valle) dovuta all'effetto idrodinamico, secondo la relazione:

$$q(z) = \frac{7}{8} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{h \cdot z}$$

dove:  $h$  è l'altezza totale della zona interessata dall'acqua libera;  
 $z$  è la distanza dal pelo libero dell'acqua;

## Stabilità globale

In presenza di sisma viene condotta una analisi pseudo-statica secondo quanto previsto dalla normativa vigente (D.M. 17/01/2018 NTC, paragrafo 7.11.3.5, 7.11.4), secondo cui l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, proporzionale al peso del volume di terreno instabile ed ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot (a_{\max}/g) \quad [7.11.3]$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad [7.11.4]$$

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g \quad [7.11.5]$$

Dove:  $\beta_s$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;  
 $a_{\max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, in funzione della zona sismica;  
 $g$  è l'accelerazione di gravità;  
 $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;  
 $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione del pendio;  
 $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella normativa in Tab. 7.11.I, in funzione della categoria di sottosuolo e della accelerazione orizzontale massima  $a_g$ .

Il coefficiente  $S_s$  di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di  $S_s$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.IV.

Il coefficiente  $S_T$  di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture in sommità di un pendio o in cresta, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di  $S_T$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V, in funzione della categoria topografica della superficie.

Il calcolo viene condotto nelle combinazioni stabilite dal progettista, con i coefficienti parziali sulle azioni, sui materiali e resistenze indicati; di default vengono create combinazioni per il caso statico e sismico.

## **7.2 Descrizione del metodo di calcolo delle spinte**

La teoria di Mononobe-Okabe fa uso del *metodo dell'equilibrio limite* e può essere considerata una estensione del metodo di Coulomb, in cui alle usuali spinte al contorno del cuneo instabile di terreno vengono sommate anche le azioni inerziali orizzontali e verticali dovute all'accelerazione delle masse.

Le ipotesi che stanno alla base del metodo sono quindi:

- Terreno isotropo, omogeneo e dotato di attrito e/o coesione.
- Terreno che, a causa degli spostamenti del muro, si trova in uno stato di equilibrio plastico.
- Superficie di rottura piana.
- Superficie superiore del cuneo anche inclinata ma di forma piana.
- La resistenza per attrito e per coesione si sviluppa uniformemente lungo la superficie di rottura.
- Può esistere attrito tra paramento del muro e terreno, che si sviluppa al primo spostamento del muro.
- Il paramento del muro può essere inclinato ma non spezzato in più parti.
- L'effetto delle accelerazioni  $k_h$  e  $k_v$  viene intrinsecamente considerato nel baricentro del cuneo instabile.

Le spinte Attiva e Passiva si calcolano come:

$$P_{a/p} = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot (1 - k_v) \cdot K_{a/p}$$

il coefficiente  $K_{a/p}$  viene calcolato utilizzando la formulazione di Mononobe-Okabe proposta nell'ordinanza 3274 e successiva correzione 3316, in cui i simboli usati sono:

$\phi$  = angolo di attrito interno del terreno.

$\psi$  = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete interessata del muro.

$\beta$  = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno.

$\delta$  = angolo di attrito terreno-muro.

$\theta$  = angolo di rotazione addizionale definito come segue.

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Il coefficiente per stati di spinta attiva si divide in due casi:

$$K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$\beta \leq \phi - \theta :$

$$K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

$\beta > \phi - \theta :$

Il coefficiente per stati di spinta passiva è invece:

$$K_p = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi + \theta) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi) \cdot \sin(\phi + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \cdot \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

Nel caso di accelerazione sismica solo orizzontale l'angolo  $\theta$  è unico e la spinta attiva e passiva risulta univocamente determinata; viceversa le formule forniscono due distinti valori, che corrispondono alla presenza di accelerazione sismica verticale verso l'alto e verso il basso.

### 7.3 Descrizione del metodo di calcolo della portanza

La capacità portante viene valutata attraverso la formula di Vesic, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ( $\phi = 0$ ) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume dello strato di fondazione;

$B$  = larghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico  $B = B_f - 2e$ );

$L$  = lunghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico  $L = L_f - 2e$ );

$c$  = coesione dello strato di fondazione;

$c_u$  = coesione non drenata dello strato di fondazione;

$q$  = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s_c, s_q, s_\gamma$  = fattori di forma della fondazione;

$d_c, d_q, d_y$  = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.

$i_c, i_q, i_y$  = fattori di inclinazione del carico;

$b_c, b_q, b_y$  = fattori di inclinazione della base della fondazione;

$g_c, g_q, g_y$  = fattori di inclinazione del piano campagna;

Nel caso di piano di campagna inclinato ( $\beta > 0$ ) e  $\phi = 0$ , Vesic propone l'aggiunta, nella formula sopra definita, del termine

$$\frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \quad \text{con} \quad N_\gamma = -2 \cdot \sin \beta$$

Per la teoria di Vesic i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \phi; \quad N_q = \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg} \phi)}; \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg} \phi$$

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \text{tg} \phi; \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_c = 0.4 \cdot k; \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot \text{tg} \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2; \quad d_\gamma = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad i'_c = 1 - \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot c_a \cdot N_c}; \quad i_q = \left( 1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^m;$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^{m+1}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - \text{tg} \beta)^2; \quad g_\gamma = g_q$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b_q = (1 - \eta \cdot \text{tg} \phi)^2; \quad b_\gamma = b_q$$

$$k = \frac{D}{B_f} \quad \left( \text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1 \right); \quad k = \text{arctg} \left( \frac{D}{B_f} \right) \quad \left( \text{se } \frac{D}{B_f} > 1 \right); \quad m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

$\phi$  = angolo di attrito dello strato di fondazione;

$c_a$  = aderenza alla base della fondazione;

$\eta$  = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ( $\eta = 0$  se orizzontale);

$\beta$  = inclinazione del pendio;

$H$  = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

$V$  = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità della fondazione.

\* in presenza di inclinazione dei carichi elevata, a favore di sicurezza, non sono stati usati i coeff.  $s_i$  insieme a  $i_i$ .

## 8 Distribuzioni di spinte e pressioni

### 8.1 Coefficienti di spinta

| Coefficients di spinta sul paramento a monte |                   |      |      |      |              |       |                |
|--|-------------------|------|------|------|--------------|-------|----------------|
| Strato                                       | Tratto di calcolo |      |      |      | Combinazione |       | Coefficiente   |
| N.   | Xini              | Xfin | Yini | Yfin | Index        | Nome  | K <sub>a</sub> |
| 1  | 15                | 15   | 150  | 0    | 1            | EQU-1 | 0.33           |
| 1  | 15                | 15   | 150  | 0    | 2            | EQU-2 | 0.33           |
| 1  | 15                | 15   | 150  | 0    | 3            | EQU-3 | 0.42           |
| 1  | 15                | 15   | 150  | 0    | 4            | STR-1 | 0.33           |
| 1  | 15                | 15   | 150  | 0    | 5            | STR-2 | 0.33           |
| 1  | 15                | 15   | 150  | 0    | 6            | STR-3 | 0.33           |
| 1  | 15                | 15   | 150  | 0    | 7            | STR-4 | 0.33           |
| 1  | 15                | 15   | 150  | 0    | 8            | GEO-1 | 0.41           |
| 1  | 15                | 15   | 150  | 0    | 9            | GEO-2 | 0.41           |
| 1  | 15                | 15   | 150  | 0    | 10           | SIS-1 | 0.39           |
| 1  | 15                | 15   | 150  | 0    | 11           | SLE-1 | 0.33           |

| Coefficients di spinta sul filo mensola a monte |                   |      |      |      |              |       |                |
|---|-------------------|------|------|------|--------------|-------|----------------|
| Strato  | Tratto di calcolo |      |      |      | Combinazione |       | Coefficiente   |
| N.  | Xini              | Xfin | Yini | Yfin | Index        | Nome  | K <sub>a</sub> |
| 1   | 85                | 85   | 150  | -30  | 1            | EQU-1 | 0.33           |
| 1   | 85                | 85   | 150  | -30  | 2            | EQU-2 | 0.33           |
| 1   | 85                | 85   | 150  | -30  | 3            | EQU-3 | 0.42           |
| 1   | 85                | 85   | 150  | -30  | 4            | STR-1 | 0.33           |
| 1   | 85                | 85   | 150  | -30  | 5            | STR-2 | 0.33           |
| 1   | 85                | 85   | 150  | -30  | 6            | STR-3 | 0.33           |
| 1   | 85                | 85   | 150  | -30  | 7            | STR-4 | 0.33           |
| 1   | 85                | 85   | 150  | -30  | 8            | GEO-1 | 0.41           |
| 1   | 85                | 85   | 150  | -30  | 9            | GEO-2 | 0.41           |
| 1   | 85                | 85   | 150  | -30  | 10           | SIS-1 | 0.39           |
| 1   | 85                | 85   | 150  | -30  | 11           | SLE-1 | 0.33           |

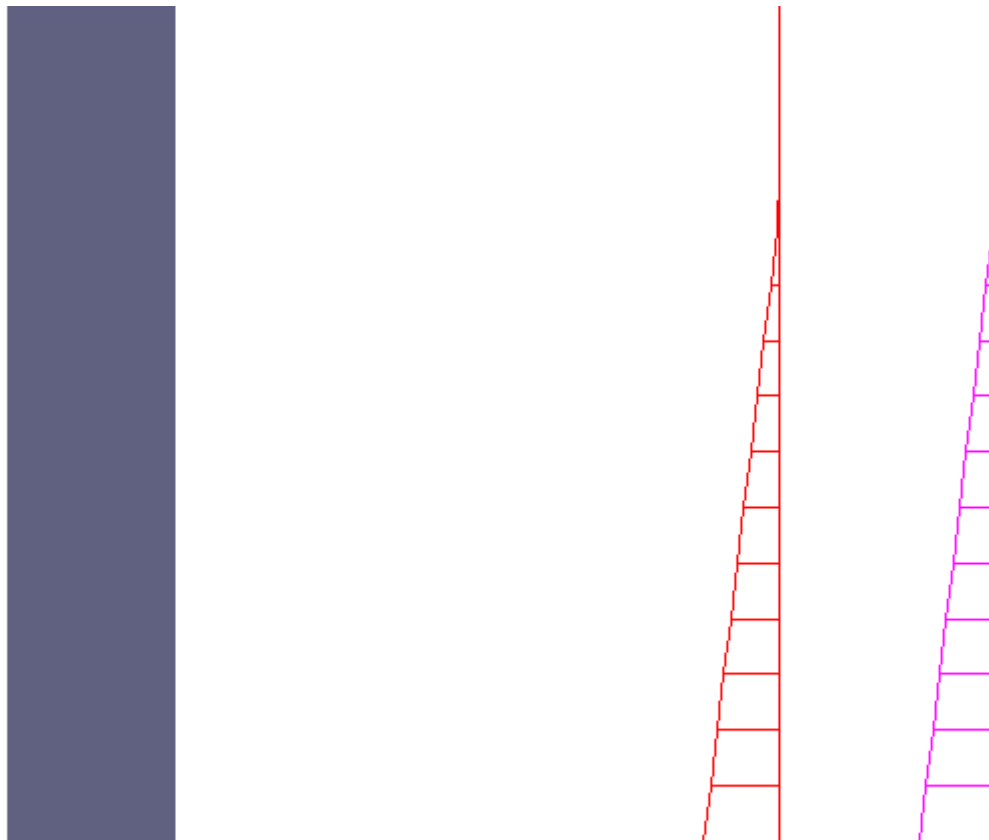
| Coefficients di spinta sul filo mensola a valle |                   |      |      |      |              |       |                |
|---|-------------------|------|------|------|--------------|-------|----------------|
| Strato  | Tratto di calcolo |      |      |      | Combinazione |       | Coefficiente   |
| N.  | Xini              | Xfin | Yini | Yfin | Index        | Nome  | K <sub>p</sub> |
| 1   | 35                | 35   | 0    | -30  | 1            | EQU-1 | 3              |
| 1   | 35                | 35   | 0    | -30  | 2            | EQU-2 | 3              |
| 1   | 35                | 35   | 0    | -30  | 3            | EQU-3 | 2.76           |
| 1   | 35                | 35   | 0    | -30  | 4            | STR-1 | 3              |
| 1   | 35                | 35   | 0    | -30  | 5            | STR-2 | 3              |
| 1   | 35                | 35   | 0    | -30  | 6            | STR-3 | 3              |
| 1   | 35                | 35   | 0    | -30  | 7            | STR-4 | 3              |
| 1   | 35                | 35   | 0    | -30  | 8            | GEO-1 | 2.44           |
| 1   | 35                | 35   | 0    | -30  | 9            | GEO-2 | 2.44           |
| 1   | 35                | 35   | 0    | -30  | 10           | SIS-1 | 2.84           |
| 1   | 35                | 35   | 0    | -30  | 11           | SLE-1 | 3              |

### 8.2 Pressioni



Le distribuzioni delle pressioni esercitate dai terreni circostanti il muro sono date attraverso un insieme di segmenti generalmente coincidenti i profili laterali dell'intervento murario. Ogni segmento presenta una distribuzione lineare di pressione che può variare vettorialmente da un valore (VX1, VY1) sino ad un valore (VX2, VY2). Le distribuzioni di pressione sono fornite per causa originante (pressione del terreno o pressione dell'acqua) e sommate globalmente.

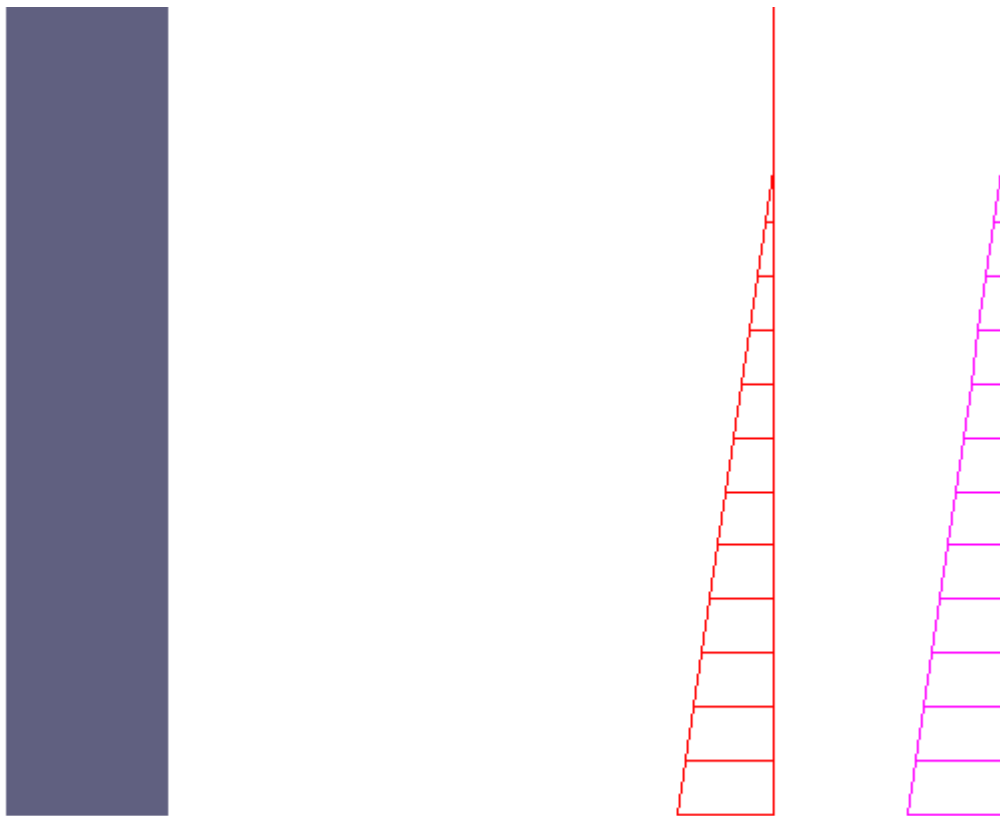
### 8.2.1 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1



| N. | tratto di calcolo |                |                |                | terreno         |                 |                 |                 | acqua           |                 |                 |                 | totale          |                 |                 |                 |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    | X <sub>1</sub>    | Y <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> |
| 1  | 15                | 150            | 15             | 140            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 2  | 15                | 140            | 15             | 130            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 3  | 15                | 130            | 15             | 120            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 4  | 15                | 120            | 15             | 110            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 5  | 15                | 110            | 15             | 100            | 0               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                |                 |                 | 0.01            |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 0.01            |                 |
| 6  | 15                | 100            | 15             | 90             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.01            |                 | 0.01            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.01            |                 | 0.01            |                 |
| 7  | 15                | 90             | 15             | 80             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.01            |                 | 0.02            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.01            |                 | 0.02            |                 |
| 8  | 15                | 80             | 15             | 70             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.02            |                 | 0.03            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.02            |                 | 0.03            |                 |

|    |    |    |    |    |       |   |       |   |   |   |   |   |       |   |       |   |
|----|----|----|----|----|-------|---|-------|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|
| 9  | 15 | 70 | 15 | 60 | -0.03 | 0 | -0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | -0.03 | 0 |
| 10 | 15 | 60 | 15 | 50 | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 |
| 11 | 15 | 50 | 15 | 40 | -0.04 | 0 | -0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | -0.04 | 0 |
| 12 | 15 | 40 | 15 | 30 | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 |
| 13 | 15 | 30 | 15 | 20 | -0.05 | 0 | -0.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.05 | 0 | -0.06 | 0 |
| 14 | 15 | 20 | 15 | 10 | -0.06 | 0 | -0.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.06 | 0 | -0.06 | 0 |
| 15 | 15 | 10 | 15 | 0  | -0.06 | 0 | -0.07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.06 | 0 | -0.07 | 0 |

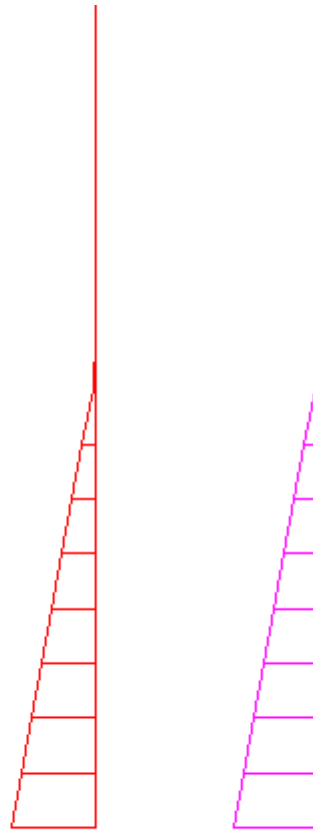
**8.2.2 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2**



| N. | tratto di calcolo |                |                |                | terreno         |                 |                 |                 | acqua           |                 |                 |                 | totale          |                 |                 |                 |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    | X <sub>1</sub>    | Y <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> |
| 1  | 15                | 150            | 15             | 140            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 2  | 15                | 140            | 15             | 130            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 3  | 15                | 130            | 15             | 120            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 4  | 15                | 120            | 15             | 110            | 0               | 0               | -0.01           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.01           | 0               |

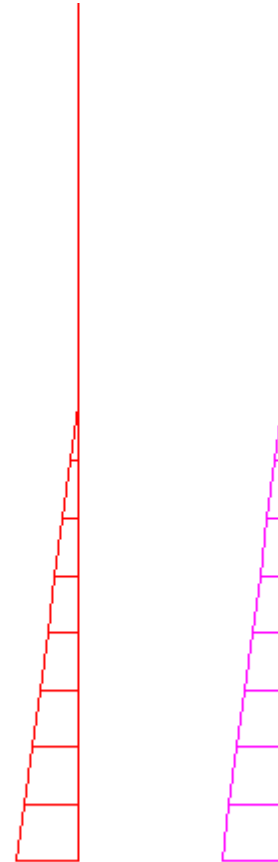
|    |    |     |    |     |       |   |       |   |   |   |   |   |       |   |       |   |
|----|----|-----|----|-----|-------|---|-------|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|
| 5  | 15 | 110 | 15 | 100 | -0.01 | 0 | -0.02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 0 | -0.02 | 0 |
| 6  | 15 | 100 | 15 | 90  | -0.02 | 0 | -0.02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.02 | 0 | -0.02 | 0 |
| 7  | 15 | 90  | 15 | 80  | -0.02 | 0 | -0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.02 | 0 | -0.03 | 0 |
| 8  | 15 | 80  | 15 | 70  | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 |
| 9  | 15 | 70  | 15 | 60  | -0.04 | 0 | -0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | -0.04 | 0 |
| 10 | 15 | 60  | 15 | 50  | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 |
| 11 | 15 | 50  | 15 | 40  | -0.05 | 0 | -0.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.05 | 0 | -0.06 | 0 |
| 12 | 15 | 40  | 15 | 30  | -0.06 | 0 | -0.07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.06 | 0 | -0.07 | 0 |
| 13 | 15 | 30  | 15 | 20  | -0.07 | 0 | -0.07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.07 | 0 | -0.07 | 0 |
| 14 | 15 | 20  | 15 | 10  | -0.07 | 0 | -0.08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.07 | 0 | -0.08 | 0 |
| 15 | 15 | 10  | 15 | 0   | -0.08 | 0 | -0.09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.08 | 0 | -0.09 | 0 |

**8.2.3 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-3**



| N. | tratto di calcolo |                |                |                | terreno         |                 |                 |                 | acqua           |                 |                 |                 | totale          |                 |                 |                 |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    | X <sub>1</sub>    | Y <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> |
| 1  | 15                | 150            | 15             | 140            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 2  | 15                | 140            | 15             | 130            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 3  | 15                | 130            | 15             | 120            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 4  | 15                | 120            | 15             | 110            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 5  | 15                | 110            | 15             | 100            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 6  | 15                | 100            | 15             | 90             | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 7  | 15                | 90             | 15             | 80             | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 8  | 15                | 80             | 15             | 70             | 0               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                |                 |                 | 0.01            |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 0.01            |                 |
| 9  | 15                | 70             | 15             | 60             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.01            |                 | 0.02            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.01            |                 | 0.02            |                 |
| 10 | 15                | 60             | 15             | 50             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.02            |                 | 0.03            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.02            |                 | 0.03            |                 |
| 11 | 15                | 50             | 15             | 40             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.03            |                 | 0.04            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.03            |                 | 0.04            |                 |
| 12 | 15                | 40             | 15             | 30             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.04            |                 | 0.05            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.04            |                 | 0.05            |                 |
| 13 | 15                | 30             | 15             | 20             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.05            |                 | 0.06            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.05            |                 | 0.06            |                 |
| 14 | 15                | 20             | 15             | 10             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.06            |                 | 0.07            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.06            |                 | 0.07            |                 |
| 15 | 15                | 10             | 15             | 0              | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.07            |                 | 0.08            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.07            |                 | 0.08            |                 |

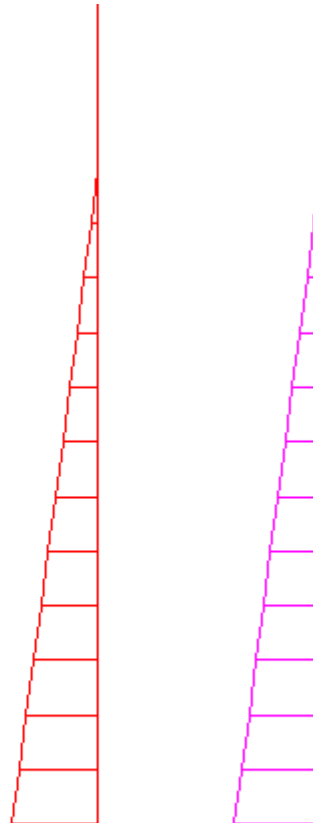
**8.2.4 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1**



| N. | tratto di calcolo |                |                |                | terreno         |                 |                 |                 | acqua           |                 |                 |                 | totale          |                 |                 |                 |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    | X <sub>1</sub>    | Y <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> |
| 1  | 15                | 150            | 15             | 140            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 2  | 15                | 140            | 15             | 130            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 3  | 15                | 130            | 15             | 120            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 4  | 15                | 120            | 15             | 110            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 5  | 15                | 110            | 15             | 100            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 6  | 15                | 100            | 15             | 90             | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 7  | 15                | 90             | 15             | 80             | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 8  | 15                | 80             | 15             | 70             | 0               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                |                 |                 | 0.01            |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 0.01            |                 |
| 9  | 15                | 70             | 15             | 60             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.01            |                 | 0.01            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.01            |                 | 0.01            |                 |
| 10 | 15                | 60             | 15             | 50             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.01            |                 | 0.02            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.01            |                 | 0.02            |                 |
| 11 | 15                | 50             | 15             | 40             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.02            |                 | 0.03            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.02            |                 | 0.03            |                 |
| 12 | 15                | 40             | 15             | 30             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.03            |                 | 0.03            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.03            |                 | 0.03            |                 |

|    |    |    |    |    |       |   |       |   |   |   |   |   |       |   |       |   |
|----|----|----|----|----|-------|---|-------|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|
| 13 | 15 | 30 | 15 | 20 | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 |
| 14 | 15 | 20 | 15 | 10 | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 |
| 15 | 15 | 10 | 15 | 0  | -0.05 | 0 | -0.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.05 | 0 | -0.05 | 0 |

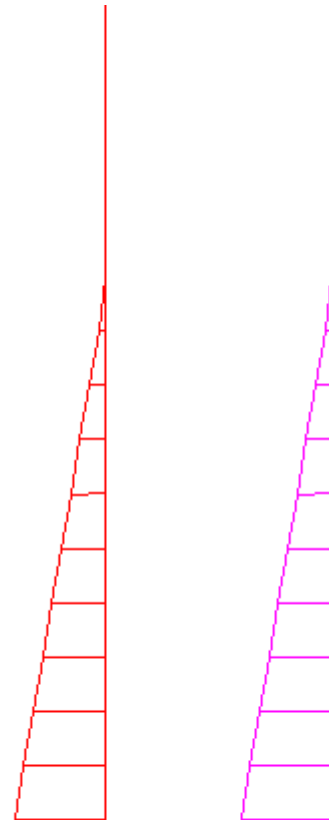
**8.2.5 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2**



| N. | tratto di calcolo |                |                |                | terreno         |                 |                 |                 | acqua           |                 |                 |                 | totale          |                 |                 |                 |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    | X <sub>1</sub>    | Y <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> | V <sub>X1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>X2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>X1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>X2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>X1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>X2</sub> | V <sub>y2</sub> |
| 1  | 15                | 150            | 15             | 140            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 2  | 15                | 140            | 15             | 130            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 3  | 15                | 130            | 15             | 120            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 4  | 15                | 120            | 15             | 110            | 0               | 0               | -0.01           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.01           | 0               |
| 5  | 15                | 110            | 15             | 100            | -0.01           | 0               | -0.01           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.01           | 0               | -0.01           | 0               |
| 6  | 15                | 100            | 15             | 90             | -0.01           | 0               | -0.02           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.01           | 0               | -0.02           | 0               |
| 7  | 15                | 90             | 15             | 80             | -0.02           | 0               | -0.03           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.02           | 0               | -0.03           | 0               |

|    |    |    |    |    |       |   |       |   |   |   |   |   |       |   |       |   |
|----|----|----|----|----|-------|---|-------|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|
| 8  | 15 | 80 | 15 | 70 | -0.03 | 0 | -0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | -0.03 | 0 |
| 9  | 15 | 70 | 15 | 60 | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 |
| 10 | 15 | 60 | 15 | 50 | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 |
| 11 | 15 | 50 | 15 | 40 | -0.05 | 0 | -0.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.05 | 0 | -0.05 | 0 |
| 12 | 15 | 40 | 15 | 30 | -0.05 | 0 | -0.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.05 | 0 | -0.06 | 0 |
| 13 | 15 | 30 | 15 | 20 | -0.06 | 0 | -0.07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.06 | 0 | -0.07 | 0 |
| 14 | 15 | 20 | 15 | 10 | -0.07 | 0 | -0.07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.07 | 0 | -0.07 | 0 |
| 15 | 15 | 10 | 15 | 0  | -0.07 | 0 | -0.08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.07 | 0 | -0.08 | 0 |

### 8.2.6 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-3



| N. | tratto di calcolo |                |                |                | terreno         |                 |                 |                 | acqua           |                 |                 |                 | totale          |                 |                 |                 |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    | X <sub>1</sub>    | Y <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> |
| 1  | 15                | 150            | 15             | 140            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 2  | 15                | 140            | 15             | 130            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 3  | 15                | 130            | 15             | 120            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |

|    |    |     |    |     |       |   |       |   |   |   |   |   |       |   |       |   |
|----|----|-----|----|-----|-------|---|-------|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|
| 4  | 15 | 120 | 15 | 110 | 0     | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0     | 0 |
| 5  | 15 | 110 | 15 | 100 | 0     | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0     | 0 |
| 6  | 15 | 100 | 15 | 90  | 0     | 0 | -0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | -0.01 | 0 |
| 7  | 15 | 90  | 15 | 80  | -0.01 | 0 | -0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 0 | -0.01 | 0 |
| 8  | 15 | 80  | 15 | 70  | -0.01 | 0 | -0.02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 0 | -0.02 | 0 |
| 9  | 15 | 70  | 15 | 60  | -0.02 | 0 | -0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.02 | 0 | -0.03 | 0 |
| 10 | 15 | 60  | 15 | 50  | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 |
| 11 | 15 | 50  | 15 | 40  | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 |
| 12 | 15 | 40  | 15 | 30  | -0.05 | 0 | -0.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.05 | 0 | -0.06 | 0 |
| 13 | 15 | 30  | 15 | 20  | -0.06 | 0 | -0.07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.06 | 0 | -0.07 | 0 |
| 14 | 15 | 20  | 15 | 10  | -0.07 | 0 | -0.08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.07 | 0 | -0.08 | 0 |
| 15 | 15 | 10  | 15 | 0   | -0.08 | 0 | -0.08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.08 | 0 | -0.08 | 0 |

**8.2.7 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-4**





| N. | tratto di calcolo |                |                |                | terreno         |                 |                 |                 | acqua           |                 |                 |                 | totale          |                 |                 |                 |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    | X <sub>1</sub>    | Y <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> |
| 1  | 15                | 150            | 15             | 140            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 2  | 15                | 140            | 15             | 130            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 3  | 15                | 130            | 15             | 120            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 4  | 15                | 120            | 15             | 110            | 0               | 0               | -0.01           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.01           | 0               |
| 5  | 15                | 110            | 15             | 100            | -0.01           | 0               | -0.02           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.01           | 0               | -0.02           | 0               |
| 6  | 15                | 100            | 15             | 90             | -0.02           | 0               | -0.03           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.02           | 0               | -0.03           | 0               |
| 7  | 15                | 90             | 15             | 80             | -0.03           | 0               | -0.04           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.03           | 0               | -0.04           | 0               |
| 8  | 15                | 80             | 15             | 70             | -0.04           | 0               | -0.05           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.04           | 0               | -0.05           | 0               |
| 9  | 15                | 70             | 15             | 60             | -0.05           | 0               | -0.06           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.05           | 0               | -0.06           | 0               |
| 10 | 15                | 60             | 15             | 50             | -0.06           | 0               | -0.07           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.06           | 0               | -0.07           | 0               |
| 11 | 15                | 50             | 15             | 40             | -0.07           | 0               | -0.07           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.07           | 0               | -0.07           | 0               |
| 12 | 15                | 40             | 15             | 30             | -0.07           | 0               | -0.08           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.07           | 0               | -0.08           | 0               |
| 13 | 15                | 30             | 15             | 20             | -0.08           | 0               | -0.09           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.08           | 0               | -0.09           | 0               |
| 14 | 15                | 20             | 15             | 10             | -0.09           | 0               | -0.1            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.09           | 0               | -0.1            | 0               |
| 15 | 15                | 10             | 15             | 0              | -0.1            | 0               | -0.11           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.1            | 0               | -0.11           | 0               |

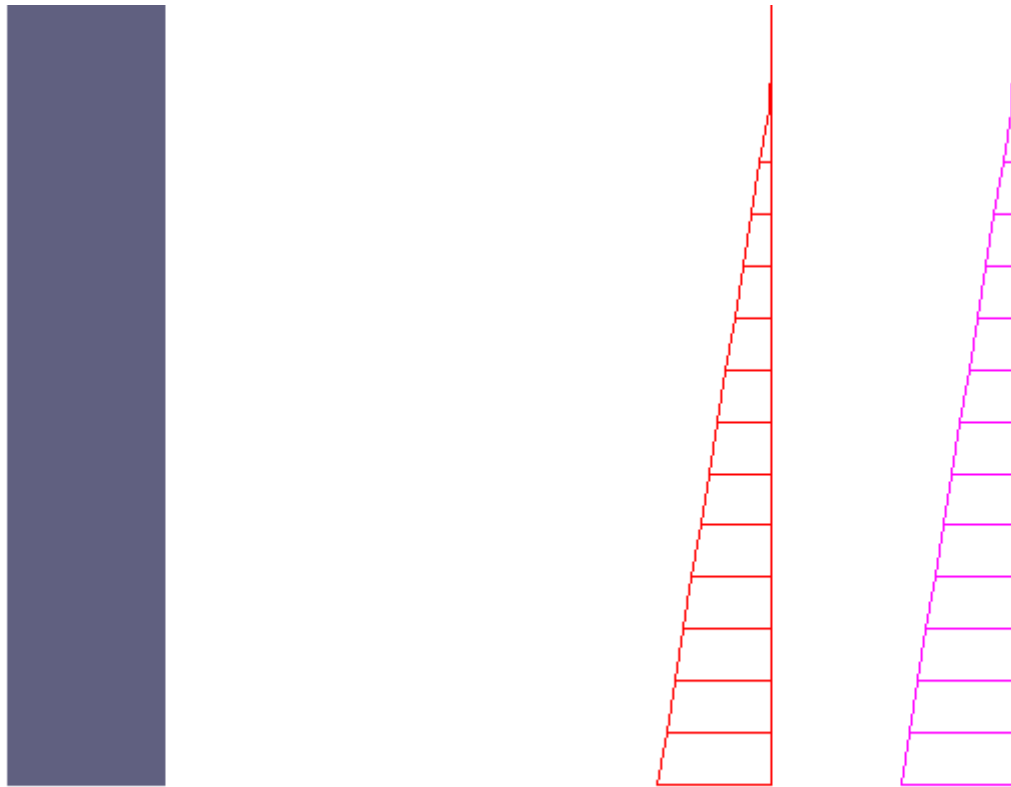
### 8.2.8 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1



| N. | tratto di calcolo |                |                |                | terreno         |                 |                 |                 | acqua           |                 |                 |                 | totale          |                 |                 |                 |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    | X <sub>1</sub>    | Y <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> | V <sub>X1</sub> | V <sub>Y1</sub> | V <sub>X2</sub> | V <sub>Y2</sub> | V <sub>X1</sub> | V <sub>Y1</sub> | V <sub>X2</sub> | V <sub>Y2</sub> | V <sub>X1</sub> | V <sub>Y1</sub> | V <sub>X2</sub> | V <sub>Y2</sub> |
| 1  | 15                | 150            | 15             | 140            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 2  | 15                | 140            | 15             | 130            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 3  | 15                | 130            | 15             | 120            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 4  | 15                | 120            | 15             | 110            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 5  | 15                | 110            | 15             | 100            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 6  | 15                | 100            | 15             | 90             | 0               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                |                 |                 | 0.01            |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 0.01            |                 |
| 7  | 15                | 90             | 15             | 80             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.01            |                 | 0.02            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.01            |                 | 0.02            |                 |
| 8  | 15                | 80             | 15             | 70             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.02            |                 | 0.02            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.02            |                 | 0.02            |                 |
| 9  | 15                | 70             | 15             | 60             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.02            |                 | 0.03            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.02            |                 | 0.03            |                 |
| 10 | 15                | 60             | 15             | 50             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.03            |                 | 0.04            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.03            |                 | 0.04            |                 |
| 11 | 15                | 50             | 15             | 40             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.04            |                 | 0.05            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.04            |                 | 0.05            |                 |
| 12 | 15                | 40             | 15             | 30             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.05            |                 | 0.06            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.05            |                 | 0.06            |                 |
| 13 | 15                | 30             | 15             | 20             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.06            |                 | 0.07            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.06            |                 | 0.07            |                 |
| 14 | 15                | 20             | 15             | 10             | -               | 0               | -               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -               | 0               | -               | 0               |
|    |                   |                |                |                | 0.07            |                 | 0.07            |                 |                 |                 |                 |                 | 0.07            |                 | 0.07            |                 |

|    |    |    |    |   |       |   |       |   |   |   |   |   |       |   |       |   |
|----|----|----|----|---|-------|---|-------|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|
| 15 | 15 | 10 | 15 | 0 | -0.07 | 0 | -0.08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.07 | 0 | -0.08 | 0 |
|----|----|----|----|---|-------|---|-------|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|

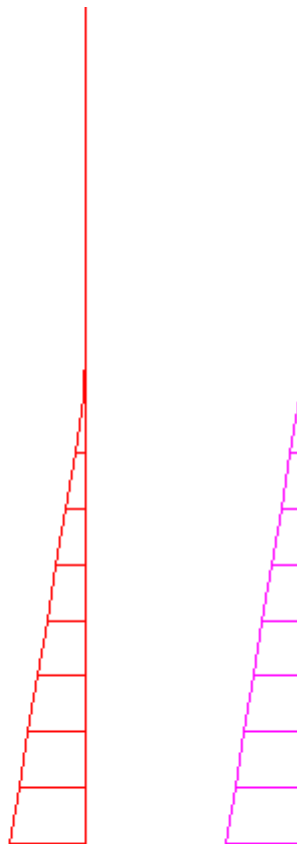
### 8.2.9 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-2



| N. | tratto di calcolo |                |                |                | terreno         |                 |                 |                 | acqua           |                 |                 |                 | totale          |                 |                 |                 |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    | X <sub>1</sub>    | Y <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> |
| 1  | 15                | 150            | 15             | 140            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 2  | 15                | 140            | 15             | 130            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 3  | 15                | 130            | 15             | 120            | 0               | 0               | -0.01           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.01           | 0               |
| 4  | 15                | 120            | 15             | 110            | -0.01           | 0               | -0.02           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.01           | 0               | -0.02           | 0               |
| 5  | 15                | 110            | 15             | 100            | -0.02           | 0               | -0.03           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.02           | 0               | -0.03           | 0               |
| 6  | 15                | 100            | 15             | 90             | -0.03           | 0               | -0.03           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.03           | 0               | -0.03           | 0               |
| 7  | 15                | 90             | 15             | 80             | -0.03           | 0               | -0.04           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.03           | 0               | -0.04           | 0               |
| 8  | 15                | 80             | 15             | 70             | -0.04           | 0               | -0.05           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.04           | 0               | -0.05           | 0               |
| 9  | 15                | 70             | 15             | 60             | -0.05           | 0               | -0.06           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.05           | 0               | -0.06           | 0               |
| 10 | 15                | 60             | 15             | 50             | -0.06           | 0               | -0.07           | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | -0.06           | 0               | -0.07           | 0               |

|    |    |    |    |    |       |   |       |   |   |   |   |   |       |   |       |   |
|----|----|----|----|----|-------|---|-------|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|
| 11 | 15 | 50 | 15 | 40 | -0.07 | 0 | -0.08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.07 | 0 | -0.08 | 0 |
| 12 | 15 | 40 | 15 | 30 | -0.08 | 0 | -0.08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.08 | 0 | -0.08 | 0 |
| 13 | 15 | 30 | 15 | 20 | -0.08 | 0 | -0.09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.08 | 0 | -0.09 | 0 |
| 14 | 15 | 20 | 15 | 10 | -0.09 | 0 | -0.1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.09 | 0 | -0.1  | 0 |
| 15 | 15 | 10 | 15 | 0  | -0.1  | 0 | -0.11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.1  | 0 | -0.11 | 0 |

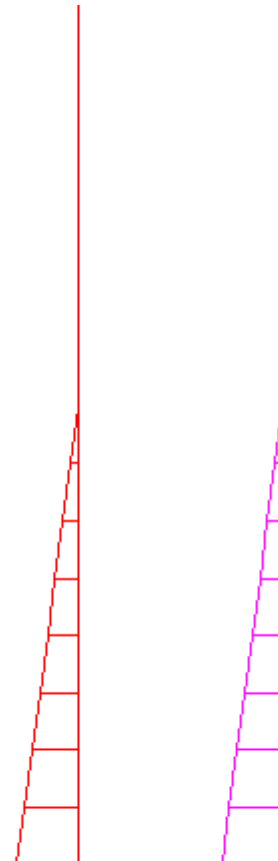
**8.2.10 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1**



| N. | tratto di calcolo |                |                |                | terreno         |                 |                 |                 | acqua           |                 |                 |                 | totale          |                 |                 |                 |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    | X <sub>1</sub>    | Y <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> |
| 1  | 15                | 150            | 15             | 140            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 2  | 15                | 140            | 15             | 130            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 3  | 15                | 130            | 15             | 120            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 4  | 15                | 120            | 15             | 110            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 5  | 15                | 110            | 15             | 100            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 6  | 15                | 100            | 15             | 90             | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |
| 7  | 15                | 90             | 15             | 80             | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |

|    |    |    |    |    |       |   |       |   |   |   |   |   |       |   |       |   |
|----|----|----|----|----|-------|---|-------|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|
| 8  | 15 | 80 | 15 | 70 | 0     | 0 | -0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | -0.01 | 0 |
| 9  | 15 | 70 | 15 | 60 | -0.01 | 0 | -0.02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 0 | -0.02 | 0 |
| 10 | 15 | 60 | 15 | 50 | -0.02 | 0 | -0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.02 | 0 | -0.03 | 0 |
| 11 | 15 | 50 | 15 | 40 | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 |
| 12 | 15 | 40 | 15 | 30 | -0.04 | 0 | -0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | -0.04 | 0 |
| 13 | 15 | 30 | 15 | 20 | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 |
| 14 | 15 | 20 | 15 | 10 | -0.05 | 0 | -0.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.05 | 0 | -0.06 | 0 |
| 15 | 15 | 10 | 15 | 0  | -0.06 | 0 | -0.07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.06 | 0 | -0.07 | 0 |

**8.2.11 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1**



| N. | tratto di calcolo |                |                |                | terreno         |                 |                 |                 | acqua           |                 |                 |                 | totale          |                 |                 |                 |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|    | X <sub>1</sub>    | Y <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> | V <sub>x1</sub> | V <sub>y1</sub> | V <sub>x2</sub> | V <sub>y2</sub> |
| 1  | 15                | 150            | 15             | 140            | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |

|    |    |     |    |     |       |   |       |   |   |   |   |   |       |   |       |   |
|----|----|-----|----|-----|-------|---|-------|---|---|---|---|---|-------|---|-------|---|
| 2  | 15 | 140 | 15 | 130 | 0     | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0     | 0 |
| 3  | 15 | 130 | 15 | 120 | 0     | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0     | 0 |
| 4  | 15 | 120 | 15 | 110 | 0     | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0     | 0 |
| 5  | 15 | 110 | 15 | 100 | 0     | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0     | 0 |
| 6  | 15 | 100 | 15 | 90  | 0     | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0     | 0 |
| 7  | 15 | 90  | 15 | 80  | 0     | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0     | 0 |
| 8  | 15 | 80  | 15 | 70  | 0     | 0 | -0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | -0.01 | 0 |
| 9  | 15 | 70  | 15 | 60  | -0.01 | 0 | -0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 0 | -0.01 | 0 |
| 10 | 15 | 60  | 15 | 50  | -0.01 | 0 | -0.02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 0 | -0.02 | 0 |
| 11 | 15 | 50  | 15 | 40  | -0.02 | 0 | -0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.02 | 0 | -0.03 | 0 |
| 12 | 15 | 40  | 15 | 30  | -0.03 | 0 | -0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | -0.03 | 0 |
| 13 | 15 | 30  | 15 | 20  | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | -0.04 | 0 |
| 14 | 15 | 20  | 15 | 10  | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | -0.05 | 0 |
| 15 | 15 | 10  | 15 | 0   | -0.05 | 0 | -0.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.05 | 0 | -0.05 | 0 |

## 9 Risultante delle azioni agenti sul muro

Vengono riportate le combinazioni di calcolo ed il riepilogo delle azioni risultanti agenti sul muro per le verifiche geotecniche.

### 9.1 Combinazioni di calcolo

La seguente tabella mostra i coefficienti moltiplicatori delle azioni utilizzati nelle combinazioni ed i relativi gruppi di coefficienti di sicurezza parziale, definiti nella normativa.

Con l'indice stampato n uguale a 0 (A0, M0 e R0), si intendono le situazioni in cui non sono definiti dei gruppi specifici da parte della normativa ed i coefficienti moltiplicatori sono da intendersi implicitamente unitari.

| Famiglia | A  | M  | R  | Indice | Nome  | Perm. | Variabili | Sisma H | Sisma V |
|----------|----|----|----|--------|-------|-------|-----------|---------|---------|
| EQU      | A3 | M1 | R3 | 1      | EQU-1 | 0.9   | 1.5       | 0       | 0       |
| EQU      | A3 | M1 | R3 | 2      | EQU-2 | 1.1   | 1.5       | 0       | 0       |
| EQU      | A0 | M0 | Rs | 3      | EQU-3 | 1     | 0         | 1       | 0       |
| STR      | A1 | M1 | R3 | 1      | STR-1 | 1     | 0         | 0       | 0       |
| STR      | A1 | M1 | R3 | 2      | STR-2 | 1     | 1.5       | 0       | 0       |
| STR      | A1 | M1 | R3 | 3      | STR-3 | 1.3   | 0         | 0       | 0       |
| STR      | A1 | M1 | R3 | 4      | STR-4 | 1.3   | 1.5       | 0       | 0       |
| GEO      | A2 | M2 | R2 | 1      | GEO-1 | 1     | 0         | 0       | 0       |
| GEO      | A2 | M2 | R2 | 2      | GEO-2 | 1     | 1.3       | 0       | 0       |
| SIS      | A0 | M0 | Rs | 1      | SIS-1 | 1     | 0         | 1       | 0       |
| SLE      | A0 | M0 | R0 | 1      | SLE-1 | 1     | 0         | 0       | 0       |

#### 9.1.1 Combinazione di carico EQU-1

| Descrizione           | $x_p$ | $y_p$ | $F_x$  | $F_y$  |
|-----------------------|-------|-------|--------|--------|
|                       | cm    | cm    | daN/cm | daN/cm |
| Peso proprio del muro | 11    | 35    | 0      | -18.23 |

|  |    |     |       |       |
|--|----|-----|-------|-------|
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | 50 | 75  | 0     | -18.9 |
| Spinta del terreno a monte             | 0  | 18  | -6.28 | 0     |
| Spinta del terreno a valle             | 0  | -17 | 6.59  | 0     |
| Carichi su terreno a monte             | 50 | 0   | 0     | -5.25 |

### **9.1.2 Combinazione di carico EQU-2**

| Descrizione                            | x <sub>p</sub> | y <sub>p</sub> | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | cm             | cm             | daN/cm         | daN/cm         |
| Peso proprio del muro                  | 11             | 35             | 0              | -22.28         |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | 50             | 75             | 0              | -23.1          |
| Spinta del terreno a monte             | 0              | 20             | -8.37          | 0              |
| Spinta del terreno a valle             | 0              | -17            | 7.13           | 0              |
| Carichi su terreno a monte             | 50             | 0              | 0              | -5.25          |

### **9.1.3 Combinazione di carico EQU-3**

| Descrizione                                      | x <sub>p</sub> | y <sub>p</sub> | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | cm             | cm             | daN/cm         | daN/cm         |
| Peso proprio del muro                            | 11             | 35             | 0              | -20.25         |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte           | 50             | 75             | 0              | -21            |
| Spinta del terreno a monte                       | 0              | 7              | -5.86          | 0              |
| Spinta del terreno a valle                       | 0              | -17            | 6.48           | 0              |
| Forza di inerzia dovuta al muro                  | 11             | 35             | -2.66          | 0              |
| Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte | 50             | 75             | -2.76          | 0              |

### **9.1.4 Combinazione di carico STR-1**

| Descrizione                            | x <sub>p</sub> | y <sub>p</sub> | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | cm             | cm             | daN/cm         | daN/cm         |
| Peso proprio del muro                  | 11             | 35             | 0              | -20.25         |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | 50             | 75             | 0              | -21            |
| Spinta del terreno a monte             | 0              | 7              | -4.09          | 0              |
| Spinta del terreno a valle             | 0              | -17            | 6.86           | 0              |

### **9.1.5 Combinazione di carico STR-2**

| Descrizione                            | x <sub>p</sub> | y <sub>p</sub> | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | cm             | cm             | daN/cm         | daN/cm         |
| Peso proprio del muro                  | 11             | 35             | 0              | -20.25         |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | 50             | 75             | 0              | -21            |
| Spinta del terreno a monte             | 0              | 19             | -7.32          | 0              |
| Spinta del terreno a valle             | 0              | -17            | 6.86           | 0              |
| Carichi su terreno a monte             | 50             | 0              | 0              | -5.25          |

### **9.1.6 Combinazione di carico STR-3**

| Descrizione                            | x <sub>p</sub> | y <sub>p</sub> | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | cm             | cm             | daN/cm         | daN/cm         |
| Peso proprio del muro                  | 11             | 35             | 0              | -26.33         |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | 50             | 75             | 0              | -27.3          |
| Spinta del terreno a monte             | 0              | 12             | -6.96          | 0              |
| Spinta del terreno a valle             | 0              | -17            | 7.67           | 0              |

### 9.1.7 Combinazione di carico STR-4

| Descrizione                            | x <sub>p</sub> | y <sub>p</sub> | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | cm             | cm             | daN/cm         | daN/cm         |
| Peso proprio del muro                  | 11             | 35             | 0              | -26.33         |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | 50             | 75             | 0              | -27.3          |
| Spinta del terreno a monte             | 0              | 22             | -10.49         | 0              |
| Spinta del terreno a valle             | 0              | -17            | 7.67           | 0              |
| Carichi su terreno a monte             | 50             | 0              | 0              | -5.25          |

### 9.1.8 Combinazione di carico SIS-1

| Descrizione                                      | x <sub>p</sub> | y <sub>p</sub> | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | cm             | cm             | daN/cm         | daN/cm         |
| Peso proprio del muro                            | 11             | 35             | 0              | -20.25         |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte           | 50             | 75             | 0              | -21            |
| Spinta del terreno a monte                       | 0              | 7              | -5.21          | 0              |
| Spinta del terreno a valle                       | 0              | -17            | 6.61           | 0              |
| Forza di inerzia dovuta al muro                  | 11             | 35             | -1.77          | 0              |
| Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte | 50             | 75             | -1.84          | 0              |

## 10 Verifiche di stabilità locale

### 10.1 Tensioni trasmesse sul terreno

|  |  |
|--|--|
| Moltiplicatore spinta passiva per equilibrio             | : 0.5                                    |
| Pressione limite sul terreno per abbassamento            | : 2 daN/cm <sup>2</sup>                  |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione     | : 5.2 cm (comb. SIS-1)                   |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione<br>1)    | : 213 daN cm (comb. SIS-1)               |
| Larghezza reagente minima in fondazione                  | : 120 cm (comb. STR-1)                   |
| Tensione max sul terreno allo spigolo di valle<br>STR-4) | : 0.51 daN/cm <sup>2</sup> (comb. STR-4) |
| Tensione max sul terreno allo spigolo di monte<br>STR-3) | : 0.48 daN/cm <sup>2</sup> (comb. STR-3) |

### 10.2 Verifica allo scorrimento sul piano di posa

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| Combinazione che ha prodotto il valore peggiore             | : SIS-1                     |
| Verifica peggiore per condizione                            | : LT (lungo termine)        |
| Moltiplicatore spinta passiva per traslazione               | : 0                         |
| Coefficiente di attrito caratteristico terreno-fondazione   | : 0.36                      |
| Coefficiente di attrito di progetto terreno-fondazione      | : 0.36                      |
| Adesione di progetto terreno-fondazione                     | : 0.032 daN/cm <sup>2</sup> |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione           | : 41 daN                    |
| Sforzo tangenziale positivo all'intradosso della fondazione | : 0 daN                     |
| Sforzo tangenziale negativo all'intradosso della fondazione | : 9 daN                     |
| Coefficiente parziale gamma <sub>R</sub> scorrimento        | : 1                         |
| Coefficiente limite verifica alla traslazione               | : 1                         |
| Coefficiente di sicurezza alla traslazione                  | : 2.14                      |

### 10.3 Verifica a ribaltamento

|   |         |
|---|---------|
| Combinazione che ha prodotto il valore peggiore | : EQU-3 |
| Moltiplicatore spinta passiva per ribaltamento  | : 0     |



Momento ribaltante rispetto allo spigolo di valle : 678 daN cm  
 Momento stabilizzante rispetto a spigolo di valle : -2719 daN cm  
 Coefficiente parziale gammaR ribaltamento : 1  
 Coefficiente limite verifica al ribaltamento : 1  
 Coefficiente di sicurezza al ribaltamento : 4.01

### **10.4 Verifica di collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno**

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore : STR-4  
 Verifica peggiore per condizione : BT (breve termine)  
 Moltiplicatore spinta passiva per portanza terreno : 0  
 Inclinazione media del pendio circostante la fondazione : 0 °  
 Profondità del piano di posa : 30 cm  
 Sovraccarico agente sul piano di posa : 0.078 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coesione di progetto del suolo di fondazione : 0.4 daN/cm<sup>2</sup>  
 Inclinazione della risultante rispetto alla normale : 10.1 °  
 Base efficace : 117 cm  
 Carico tangenziale al piano di posa : 10.5 daN/cm  
 Carico di progetto della fondazione (normale al P.P.) : 58.9 daN/cm  
 Carico ultimo della fondazione : 151.1 daN/cm  
 Lunghezza Fondazione per verifica carico limite : 1000 cm  
 Coefficiente parziale gammaR carico limite : 1.4  
 Coefficiente limite verifica al carico limite : 1  
 Coefficiente di sicurezza al carico limite : 1.83

Tabella dei coefficienti di capacità portante

| <b>Coefficienti</b>   | <b>Coesione</b>       | <b>Sovraccarico</b> | <b>Attrito</b>     |
|---|-----------------------|---------------------|--------------------|
| Coefficienti di capacità portante                               | N <sub>c</sub> = 5.14 | N <sub>q</sub> = 0  | N <sub>g</sub> = 0 |
| Coefficienti di forma   | s <sub>c</sub> = 0.02 | s <sub>q</sub> = 0  | s <sub>g</sub> = 0 |
| Coefficienti di profondità                                      | d <sub>c</sub> = 0.1  | d <sub>q</sub> = 0  | d <sub>g</sub> = 0 |
| Coefficienti di inclinazione del carico                         | i <sub>c</sub> = 0.53 | i <sub>q</sub> = 0  | i <sub>g</sub> = 0 |
| Coefficienti di inclinazione del piano di posa della fondazione | b <sub>c</sub> = 0    | b <sub>q</sub> = 0  | b <sub>g</sub> = 0 |
| Coefficienti di inclinazione del pendio                         | g <sub>c</sub> = 0    | g <sub>q</sub> = 0  | g <sub>g</sub> = 0 |

### **11 Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio**

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore : GEO-2  
 Coefficiente limite suggerito dalla normativa : 1.1  
 Coefficiente di stabilità globale pendio : 1.94

Metodo di analisi di stabilità del pendio : Bishop  
 Passo dei conci : 100 cm  
 X centro della superficie critica : -15 cm  
 Y centro della superficie critica : 336 cm  
 Raggio della superficie critica : 379 cm  
 Forza di bilancio : 32.62 daN/cm  
 Volume spostato dalla superficie critica : 4.94 m<sup>3</sup>/m  
 Peso spostato dalla superficie critica : 10281 daN/m

STABILITA' DEL PENDIO CON IL METODO DI BISHOP

Combinazione GEO-1

| Concio | alfa      | l   | C    | Tgfi | Xg       | Yg  | b   | Peso | Pvert | Ptot | Press | Mstab | Minst |
|--------|-----------|-----|------|------|----------|-----|-----|------|-------|------|-------|-------|-------|
| 1      | -<br>23.2 | 59  | 0.03 | 0.46 | -<br>155 | -8  | 140 | 1    | 0     | 1    | 0     | 1049  | -189  |
| 2      | -<br>10.9 | 104 | 0.03 | 0.46 | -81      | -17 | 66  | 7    | 0     | 7    | 0     | 2566  | -484  |

|   |      |     |      |      |     |     |     |     |   |     |   |       |       |
|---|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|---|-----|---|-------|-------|
| 3 | -1.5 | 20  | 0.03 | 0.46 | -25 | -21 | 10  | 2   | 0 | 2   | 0 | 601   | -20   |
| 4 | 2.3  | 30  | 0.03 | 0.46 | 0   | 55  | 15  | 14  | 0 | 14  | 0 | 2843  | 214   |
| 5 | 9.9  | 71  | 0.03 | 0.46 | 50  | 54  | 65  | 27  | 0 | 27  | 0 | 5487  | 1770  |
| 6 | 23.4 | 107 | 0.03 | 0.46 | 132 | 70  | 147 | 31  | 0 | 31  | 0 | 6678  | 4713  |
| 7 | 41.5 | 132 | 0.03 | 0.46 | 225 | 100 | 240 | 18  | 0 | 18  | 0 | 5009  | 4643  |
| 8 | 56.1 | 60  | 0.03 | 0.46 | 293 | 133 | 308 | 2   | 0 | 2   | 0 | 967   | 530   |
|   |      | 583 |      |      |     |     |     | 103 | 0 | 103 |   | 25201 | 11178 |

Coefficiente di sicurezza FS = 2.25

STABILITA' DEL PENDIO CON IL METODO DI BISHOP  
Combinazione GEO-2

| Concio | alfa  | l   | C    | Tgfi | Xg   | Yg  | b   | Peso | Pvert | Ptot | Press | Mstab | Minst |
|--------|-------|-----|------|------|------|-----|-----|------|-------|------|-------|-------|-------|
| 1      | -23.2 | 59  | 0.03 | 0.46 | -155 | -8  | 140 | 1    | 0     | 1    | 0     | 1066  | -189  |
| 2      | -10.9 | 104 | 0.03 | 0.46 | -81  | -17 | 66  | 7    | 0     | 7    | 0     | 2583  | -484  |
| 3      | -1.5  | 20  | 0.03 | 0.46 | -25  | -21 | 10  | 2    | 0     | 2    | 0     | 602   | -20   |
| 4      | 2.3   | 30  | 0.03 | 0.46 | 0    | 55  | 15  | 14   | 0     | 14   | 0     | 2840  | 214   |
| 5      | 9.9   | 71  | 0.03 | 0.46 | 50   | 54  | 65  | 27   | 5     | 32   | 0     | 6234  | 2067  |
| 6      | 23.4  | 107 | 0.03 | 0.46 | 132  | 70  | 147 | 31   | 6     | 38   | 0     | 7699  | 5678  |
| 7      | 41.5  | 132 | 0.03 | 0.46 | 225  | 100 | 240 | 18   | 6     | 25   | 0     | 6125  | 6254  |
| 8      | 56.1  | 60  | 0.03 | 0.46 | 293  | 133 | 308 | 2    | 2     | 4    | 0     | 1438  | 1219  |
|        |       | 583 |      |      |      |     |     | 103  | 20    | 122  |       | 28586 | 14739 |

Coefficiente di sicurezza FS = 1.94

STABILITA' DEL PENDIO CON IL METODO DI BISHOP  
Combinazione SIS-1

| Concio | alfa  | l   | C    | Tgfi | Xg   | Yg  | b   | Peso | Pvert | Ptot | Press | Mstab | Minst |
|--------|-------|-----|------|------|------|-----|-----|------|-------|------|-------|-------|-------|
| 1      | -23.2 | 59  | 0.04 | 0.58 | -155 | -8  | 140 | 1    | 0     | 1    | 0     | 1330  | -165  |
| 2      | -10.9 | 104 | 0.04 | 0.58 | -81  | -17 | 66  | 7    | 0     | 7    | 0     | 3227  | -352  |
| 3      | -1.5  | 20  | 0.04 | 0.58 | -25  | -21 | 10  | 2    | 0     | 2    | 0     | 752   | 20    |
| 4      | 2.3   | 30  | 0.04 | 0.58 | 0    | 55  | 15  | 14   | 0     | 14   | 0     | 3550  | 436   |
| 5      | 9.9   | 71  | 0.04 | 0.58 | 50   | 54  | 65  | 27   | 0     | 27   | 0     | 6824  | 2192  |
| 6      | 23.4  | 107 | 0.04 | 0.58 | 132  | 70  | 147 | 31   | 0     | 31   | 0     | 8247  | 5172  |
| 7      | 41.5  | 132 | 0.04 | 0.58 | 225  | 100 | 240 | 18   | 0     | 18   | 0     | 6121  | 4884  |
| 8      | 56.1  | 60  | 0.04 | 0.58 | 293  | 133 | 308 | 2    | 0     | 2    | 0     | 1167  | 549   |
|        |       | 583 |      |      |      |     |     | 103  | 0     | 103  |       | 31219 | 12736 |

Coefficiente di sicurezza FS = 2.45

## 12 Parametri per dimensionamento armatura

Metodo di calcolo : D.M. 17-01-18 Norme Tecniche per le Costruzioni

Rck (resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo) : 370 daN/cm<sup>2</sup>  
 Modulo elastico longitudinale Ec : 330194 daN/cm<sup>2</sup>  
 Rapporto Ea/Ec per calcolo tensioni in esercizio : 15  
 Rapporto Ea/Ec per calcolo ampiezza fessure : 7  
 Fyk (tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio): 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 Fattore parziale di sicurezza dell'acciaio : 1.15  
 Fattore parziale di sicurezza del calcestruzzo : 1.5  
 Riduzione della tau di aderenza per cattiva aderenza : 0.7

|   |          |
|---|----------|
| Limite $\sigma_{mac}/f_{ck}$                                | : 0.45   |
| Limite $\sigma_{maf}/f_{yk}$                                | : 0.8    |
| Ampiezza limite delle fessure                               | : 0.2 mm |
| Coefficiente Beta <sub>2</sub> per calcolo ampiezza fessure | : 0.5    |
| Coefficiente Beta per punzonamento pali interni             | : 1.15   |
| Coefficiente Beta per punzonamento pali sul bordo           | : 1.4    |
| Coefficiente Beta per punzonamento pali sull'angolo         | : 1.5    |

### **13 Sollecitazioni e verifiche strutturali**

Tutte le verifiche sono riferite su sezioni di profondità nominale di un metro.

Verifiche sismiche condotte in campo sostanzialmente elastico

EpsS% max : 0.186 %

EpsC% max : 0.2 %

Significato dei simboli:

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

A<sub>s</sub>: area efficace dello strato superiore per metro

C<sub>s</sub>: copriferro medio dello strato superiore

A<sub>i</sub>: area efficace dello strato inferiore per metro

C<sub>i</sub>: copriferro medio dello strato inferiore

v<sub>ml</sub>: soddisfacimento delle percentuali minime di armatura

c<sub>res</sub>: combinazione di carico critica per la verifica di resistenza in pressoflessione retta

M<sub>d</sub>: momento di calcolo

N<sub>d</sub>: sforzo normale di calcolo

M<sub>u</sub>: momento ultimo

N<sub>u</sub>: sforzo normale ultimo

c.s.: coefficiente di sicurezza

v<sub>res</sub>: soddisfacimento della resistenza alla pressoflessione retta

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

c<sub>es</sub>: combinazione di carico critica delle tensioni in esercizio in pressoflessione retta

M<sub>e</sub>: momento in esercizio

N<sub>e</sub>: sforzo normale in esercizio

σ<sub>t</sub>: trazione massima sull'armatura

σ<sub>c</sub>: compressione massima sul calcestruzzo

v<sub>es</sub>: soddisfacimento tensioni ammissibili a pressoflessione retta

c<sub>f</sub>: combinazione di carico critica per la verifica di fessurazione

M<sub>f</sub>: momento di calcolo per la verifica di fessurazione

N<sub>f</sub>: sforzo normale di calcolo per la verifica di fessurazione

S<sub>rm</sub>: interasse delle fessure

W<sub>k</sub>: ampiezza caratteristica delle fessure

v<sub>f</sub>: soddisfacimento verifica fessurazione

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

c<sub>t</sub>: combinazione di carico critica per la verifica a taglio

V<sub>Sd</sub>: taglio di calcolo

VR<sub>dc</sub>: taglio resistente in assenza di armatura a taglio

VR<sub>dmax</sub>: taglio resistente massimo dell'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse

VR<sub>ds</sub>: taglio resistente in presenza di armatura a taglio

v<sub>t</sub>: soddisfacimento verifica taglio

### **Paramento (sezioni longitudinali) (attraversate da barre trasversali)**

| X  | Y   | H  | A <sub>s</sub>  | C <sub>s</sub> | A <sub>i</sub>  | C <sub>i</sub> | V <sub>ml</sub> | C <sub>res</sub> | M <sub>d</sub> | N <sub>d</sub> | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | c.s. | V <sub>res</sub> |
|----|-----|----|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------------------|
| cm | cm  | cm | cm <sup>2</sup> | cm             | cm <sup>2</sup> | cm             |                 |                  | daN cm         | daN            |                | daN cm         |      |                  |
| 0  | 0   | 30 | 5.7             | 4.6            | 5.7             | 4.6            | ok              | STR-4            | 28721          | -1463          | 1369014        | -69708         | 47.7 | ok               |
| 0  | 50  | 30 | 5.7             | 4.6            | 5.7             | 4.6            | ok              | STR-4            | 6310           | -975           | 2154001        | -332823        | 341  | ok               |
| 0  | 100 | 30 | 5.7             | 4.6            | 5.7             | 4.6            | ok              | STR-4            | 268            | -488           | 299293         | -544556        | >999 | ok               |

| X  | Y   | H  | c <sub>es</sub> | M <sub>e</sub> | N <sub>e</sub> | σ <sub>f</sub>      | σ <sub>c</sub>      | V <sub>es</sub> | C <sub>f</sub> | M <sub>f</sub> | N <sub>f</sub> | S <sub>rm</sub> | W <sub>k</sub> | v <sub>f</sub> |
|----|-----|----|-----------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| cm | cm  | cm |                 | daN cm         | daN            | daN/cm <sup>2</sup> | daN/cm <sup>2</sup> |                 |                | daN cm         | daN            | cm              | mm             |                |
| 0  | 0   | 30 | SLE-1           | 5862           | -1125          | 0                   | -1                  | ok              | SLE-1          | 5862           | -1125          | -               | -              | ok             |
| 0  | 50  | 30 | SLE-1           | 330            | -750           | 0                   | 0                   | ok              | SLE-1          | 330            | -750           | -               | -              | ok             |
| 0  | 100 | 30 | SLE-1           | 0              | -375           | 0                   | 0                   | ok              | SLE-1          | 0              | -375           | -               | -              | ok             |

| X  | Y   | H  | c <sub>t</sub> | V <sub>Sd</sub> | V <sub>Rdc</sub> | V <sub>Rdmax</sub> | V <sub>Rds</sub> | v <sub>t</sub> |
|----|-----|----|----------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|----------------|
| cm | cm  | cm |                | daN             | daN              | daN                | daN              |                |
| 0  | 0   | 30 | STR-4          | -684            | 12960            | -                  | -                | ok             |
| 0  | 50  | 30 | STR-4          | -248            | 12898            | -                  | -                | ok             |
| 0  | 100 | 30 | SIS-1          | -33             | 12821            | -                  | -                | ok             |

### Mensola di fondazione a valle (mensola sinistra) (sezioni longitudinali) (attraversate da barre trasversali)

| X   | Y   | H  | A <sub>s</sub>  | C <sub>s</sub> | A <sub>i</sub>  | C <sub>i</sub> | V <sub>ml</sub> | C <sub>res</sub> | M <sub>d</sub> | N <sub>d</sub> | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | c.s. | V <sub>res</sub> |
|-----|-----|----|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------------------|
| cm  | cm  | cm | cm <sup>2</sup> | cm             | cm <sup>2</sup> | cm             |                 |                  | daN cm         | daN            |                | daN cm         |      |                  |
| -15 | -15 | 30 | 7.1             | 4.8            | 7.1             | 4.8            | ok              | SIS-1            | 6342           | -317           | 1392193        | -69645         | 220  | ok               |

| X   | Y   | H  | c <sub>es</sub> | M <sub>e</sub> | N <sub>e</sub> | σ <sub>f</sub>      | σ <sub>c</sub>      | V <sub>es</sub> | C <sub>f</sub> | M <sub>f</sub> | N <sub>f</sub> | S <sub>rm</sub> | W <sub>k</sub> | v <sub>f</sub> |
|-----|-----|----|-----------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| cm  | cm  | cm |                 | daN cm         | daN            | daN/cm <sup>2</sup> | daN/cm <sup>2</sup> |                 |                | daN cm         | daN            | cm              | mm             |                |
| -15 | -15 | 30 | SLE-1           | 3681           | -343           | 3                   | 0                   | ok              | SLE-1          | 3681           | -343           | -               | -              | ok             |

| X   | Y   | H  | c <sub>t</sub> | V <sub>Sd</sub> | V <sub>Rdc</sub> | V <sub>Rdmax</sub> | V <sub>Rds</sub> | v <sub>t</sub> |
|-----|-----|----|----------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|----------------|
| cm  | cm  | cm |                | daN             | daN              | daN                | daN              |                |
| -15 | -15 | 30 | STR-4          | 819             | 12757            | -                  | -                | ok             |

### Mensola di fondazione a monte (mensola destra) (sezioni longitudinali) (attraversate da barre trasversali)

| X  | Y   | H  | A <sub>s</sub>  | C <sub>s</sub> | A <sub>i</sub>  | C <sub>i</sub> | V <sub>ml</sub> | C <sub>res</sub> | M <sub>d</sub> | N <sub>d</sub> | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | c.s. | V <sub>res</sub> |
|----|-----|----|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------------------|
| cm | cm  | cm | cm <sup>2</sup> | cm             | cm <sup>2</sup> | cm             |                 |                  | daN cm         | daN            |                | daN cm         |      |                  |
| 15 | -15 | 30 | 10.1            | 4.8            | 10.1            | 4.8            | ok              | SIS-1            | -21150         | -290           | -1059781       | -14535         | 50.1 | ok               |
| 65 | -15 | 30 | 7.1             | 4.8            | 7.1             | 4.8            | ok              | SIS-1            | -2396          | -257           | -2303217       | -247308        | 961  | ok               |

| X  | Y   | H  | c <sub>es</sub> | M <sub>e</sub> | N <sub>e</sub> | σ <sub>f</sub>      | σ <sub>c</sub>      | V <sub>es</sub> | C <sub>f</sub> | M <sub>f</sub> | N <sub>f</sub> | S <sub>rm</sub> | W <sub>k</sub> | v <sub>f</sub> |
|----|-----|----|-----------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| cm | cm  | cm |                 | daN cm         | daN            | daN/cm <sup>2</sup> | daN/cm <sup>2</sup> |                 |                | daN cm         | daN            | cm              | mm             |                |
| 15 | -15 | 30 | SLE-1           | 779            | -191           | 0                   | 0                   | ok              | SLE-1          | 779            | -191           | -               | -              | ok             |
| 65 | -15 | 30 | SLE-1           | 244            | -191           | 0                   | 0                   | ok              | SLE-1          | 244            | -191           | -               | -              | ok             |

| X  | Y   | H  | c <sub>t</sub> | V <sub>Sd</sub> | V <sub>Rdc</sub> | V <sub>Rdmax</sub> | V <sub>Rds</sub> | v <sub>t</sub> |
|----|-----|----|----------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|----------------|
| cm | cm  | cm |                | daN             | daN              | daN                | daN              |                |
| 15 | -15 | 30 | STR-4          | -560            | 13228            | -                  | -                | ok             |
| 65 | -15 | 30 | SIS-1          | -211            | 12741            | -                  | -                | ok             |