

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA  
PROVINCIA DI UDINE  
COMUNE DI TAVAGNACCO



S.S. 13 "PONTEBBANA" - REALIZZAZIONE DI  
BARRIERE ANTIRUMORE DAL KM 134+480 AL KM  
134+617 IN COMUNE DI TAVAGNACCO (UD)

PROGETTO PRELIMINARE

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE

**A6**

A6.RC.00.P.S.36.03.V0.R0

Tolmezzo, lì

Il Progettista  
ing. Giovanni VALLE

G.T.A. s.r.l. - INGEGNERIA CIVILE  
Via Divisione Osoppo, 9 33028 Tolmezzo (UD)  
tel.: +39 0433 41957 - fax: +39 0433 43766 - e-mail: gta@gta-ing.it  
p. IVA - Cod. Fisc. - Reg. Imprese di Udine n. 01750650309

Capitale sociale 50.000 € i.v.



## **SOMMARIO**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RELAZIONE SULLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>                       | <b>3</b>  |
| <b>RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI .....</b>                             | <b>5</b>  |
| <b>RELAZIONE DI CALCOLO.....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>1.      PREMESSE .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2.      NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>                                    | <b>9</b>  |
| <b>3.      VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO .....</b>        | <b>11</b> |
| <b>4.      ANALISI DEI CARICHI.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>4.1      CARICHI PERMANENTI.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>4.1.1      Carichi permanenti strutturali .....</b>                           | <b>13</b> |
| <b>4.1.2      Carichi permanenti non strutturali .....</b>                       | <b>13</b> |
| <b>4.2      CARICHI VARIABILI .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>4.2.1      Sovraccarico variabile a tergo del cordolo di fondazione .....</b> | <b>13</b> |
| <b>4.2.2      Azione del vento .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>4.3      AZIONE SISMICA .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>4.4      COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>                                     | <b>15</b> |
| <b>5.      VERIFICA DEI MONTANTI DELLA BARRIERA .....</b>                        | <b>17</b> |
| <b>6.      ANALISI E VERIFICA DELLE FONDAZIONI.....</b>                          | <b>19</b> |



## Relazione sulle caratteristiche dei materiali

I materiali utilizzati nella costruzione sono:

- **Calcestruzzo per fondazioni ed elevazioni**

Classe di resistenza C32/40

Resistenza cubica caratteristica:

$$R_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

Resistenza cilindrica caratteristica:

$$f_{ck} = 32 \text{ MPa}$$

Classe di esposizione ambientale:

XC4 (secondo UNI 11104)

- **Malta per iniezioni**

Classe di resistenza C25/30

Resistenza cubica caratteristica:

$$R_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Resistenza cilindrica caratteristica:

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

Classe di esposizione ambientale:

XC2 (secondo UNI 11104)

- **Acciaio per c.a.**

Tipo B450C

Tensione di rottura

$$f_{t,nom} = 540 \text{ MPa}$$

Tensione di snervamento

$$f_{y,nom} = 450 \text{ MPa}$$

- **Acciaio per carpenteria metallica**

*Tubi valvolati per micropali – classe S355*

Resistenza caratteristica a rottura

$$f_{tk} = 510 \text{ MPa}$$

Resistenza caratteristica a snervamento

$$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

*Profilati per montanti barriera – classe S275*

Resistenza caratteristica a rottura

$$f_{tk} = 430 \text{ MPa}$$

Resistenza caratteristica a snervamento

$$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$$

- **Saldature**

Le saldature devono essere conformi alle prescrizioni di cui al § 11.3.4.5 del D.M. 14/01/2008.

IL DIRETTORE LAVORI

IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE

Dott. Ing. Giovanni VALLE



## Relazione geotecnica e sulle fondazioni

### • Premesse

La presente relazione geotecnica e sulle fondazioni viene redatta sulla base di dati ricavati dalla relazione geologica a firma del dott. geol. Luigi Plateo.

### • Parametri meccanici del terreno

I valori di progetto delle caratteristiche meccaniche e geotecniche del terreno di fondazione considerati nel calcolo sono le seguenti:

- Peso di volume naturale:  $\gamma_{nat} = 2000 \text{ kg/m}^3$
- Angolo d'attrito interno:  $\phi = 42^\circ$
- Coesione:  $c = 0,0 \text{ kg/cm}^2$

### • Parametri e caratteristiche sismiche

Si assume per il sito in esame:

- Categoria di sottosuolo B
- Categoria topografica T1

I parametri sismici calcolati sono riportati in relazione di calcolo.

### • Principali risultati delle verifiche geotecniche

In applicazione delle prescrizioni di cui al § 6.5.3.1.1 del D.M. 14/01/2008, le verifiche agli stati limite ultimi di tipo geotecnico vengono eseguite con riferimento ai seguenti approcci:

- *stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno:*  
Approccio 1 - combinazione 2 (A2+M2+R2);
- *collasso per carico limite dei pali (carichi assiali, carichi trasversali, sfilamento):*  
Approccio 2 (A1+M1+R3).

Si precisa che il contributo della spinta passiva del terreno a valle del muro di sostegno NON è stato considerato nel calcolo.

Le analisi e le verifiche dell'opera di sostegno in progetto, di cui si rimanda alla relazione di calcolo, sono state condotte mediante il software MAX10 dell'Aztec Informatica.

Si riportano sinteticamente i principali risultati delle verifiche geotecniche in termini di fattori di sicurezza, rimandando alla relazione di calcolo per i dettagli.

- Verifica di stabilità globale 1,72
- Verifica portanza dei micropali  
pali in compressione FS = 6,14  
pali in trazione FS = 1,06

- **Conclusioni**

Gli interventi previsti in progetto risultano compatibili dal punto di vista geotecnico con le caratteristiche del terreno in sito. Le tensioni trasmesse al terreno non comportano problematiche legate a possibili fenomeni di cedimento.

IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE

Dott. Ing. Giovanni VALLE

## Relazione di calcolo

### 1. PREMESSE

La presente relazione di calcolo riguarda il progetto e la verifica strutturale di una barriera antirumore e della relativa fondazione, da realizzarsi nell'ambito dei lavori per la "Realizzazione di barriere antirumore dal km 134+480 al km 134+617, in Comune di Tavagnacco (UD)", sulla S.R. n°13 "Pontebbana", in gestione alla Friuli Venezia Giulia Strade S.p.A.

La barriera antirumore in progetto avrà lunghezza di circa 140 m e sarà sorretta da montanti HEA 140, posti ad interasse di 3,0 m.

I pannelli che compongono la barriera, saranno del tipo in lamiera di acciaio e materasso fonoassorbente in lana di roccia nella parte inferiore (per i primi 2 m circa) e del tipo in vetro per la restante parte.

La barriera presenterà un paramento verticale di altezza di 3 m con un ulteriore aggetto sommitale di 1 m inclinato di 45°.

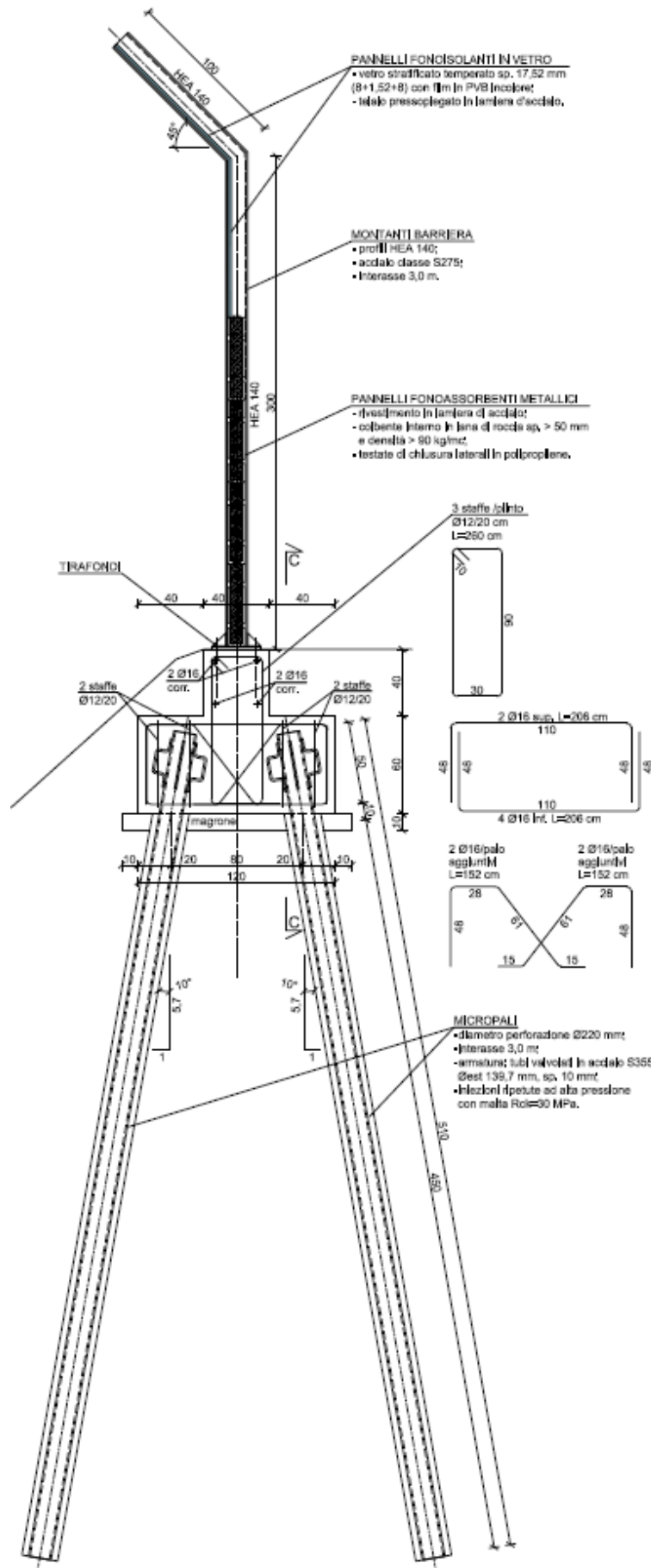
Le fondazioni saranno costituite da plinti in c.a. su pali. I plinti, posti in corrispondenza di ciascun montante della barriera, avranno dimensioni in pianta di 1,2 x 0,6 m ed altezza di 0,6 m e saranno dotati ciascuno di una coppia di micropali.

Si prevede inoltre una trave di collegamento in c.a. tra un plinto e l'altro, avente sezione trasversale di 40x40 cm.

I micropali saranno inclinati di 10° sulla verticale, avranno lunghezza di 4,5 m, diametro di perforazione di 22 cm e armatura costituita da un tubolare del diametro esterno di 137,9 mm e spessore di 10 mm, dotato quest'ultimo di opportune valvole per consentire le iniezioni ripetute di malta cementizia ad alta pressione tra il tubolare ed il foro di perforazione.

Si riporta di seguito la sezione trasversale tipica del manufatto appena descritto.





## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La presente relazione è redatta in conformità alle seguenti Leggi e Normative:

- D.M. 14/01/2008 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Circ. 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008.
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 – Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Deliberazione della G.R. 01/08/2003 n. 2325 – Recepimento dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- EUROCODICE 2 – Progetto di strutture in calcestruzzo – EN 1992-1-1 – Regole generali e regole per gli edifici.
- EUROCODICE 7 – Geotecnica – EN 1997-1 Progetto geotecnico – Regole generali.
- EUROCODICE 8 – UNI EN 1998-1 – "Progettazione delle strutture resistenti al sisma – Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici".



### 3. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Con riferimento al paragrafo 2.4 del D.M. 14/01/2008 si definiscono:

- Vita nominale:  $V_N = 50$  anni  
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- Classe d'uso IV:  $C_U = 2,0$   
Edifici di interesse strategico ed opere la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.
- $V_R = V_N \times C_U = 100$  anni



## 4. ANALISI DEI CARICHI

### 4.1 CARICHI PERMANENTI

#### 4.1.1 Carichi permanenti strutturali

Per gli elementi strutturali in c.a., si considera il peso proprio del calcestruzzo armato pari a 25,0 kN/mc.  
I montanti della barriera (HEA 140) hanno un peso di 24,7 kg/m.

#### 4.1.2 Carichi permanenti non strutturali

##### Pannelli della barriera antirumore

- Pannelli in lamiera e lana di roccia (primi 2 m) 25 kg/mq;
- Pannelli in doppia lastra di vetro (restante parte) 40 kg/mq.

##### Spinte litostatiche agenti sul plinto di fondazione

Le spinte litostatiche sono state valutate considerando, cautelativamente, per il terreno a tergo del plinto di fondazione, le seguenti caratteristiche meccaniche del terreno:

- Peso di volume:  $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$
- Angolo di attrito:  $\phi = 32^\circ$
- Angolo d'attrito terra-muro:  $\delta = 21,33^\circ$
- Coesione:  $c = 0,0 \text{ kPa}$

### 4.2 CARICHI VARIABILI

#### 4.2.1 Sovraccarico variabile a tergo del cordolo di fondazione

Sul terreno a tergo della di fondazione si è considerato un sovraccarico uniformemente distribuito di intensità pari a 10 kN/mq.

#### 4.2.2 Azione del vento

L'azione del vento viene valutata sulla base delle seguenti assunzioni:

- Zona: 1 (Friuli Venezia Giulia)
- Velocità di riferimento del vento  $v_b = 25 \text{ m/s}$
- Classe di rugosità del terreno C
- Altitudine sul livello del mare 130 m s.l.m.
- Distanza dalla costa  $> 30 \text{ km}$
- Categoria di esposizione III

La pressione del vento viene valutata mediante la seguente espressione:

$$p = q_b \times C_e \times C_p \times C_d = 0,80 \text{ kN/mq}$$

dove:

$$q_b = 0,5 \times \rho \times v_b^2 = 0,5 \times 1,25 \times 25^2 = 390,63 \text{ N/m}^2 \quad (\text{eq. 3.3.4 NTC 2008})$$
$$C_e = C_e(z_{\min}) = 1,71 \quad \text{coefficiente di esposizione} \quad (\text{eq. 3.3.5 NTC 2008})$$
$$C_p = 1,2 \quad \text{coefficiente di forma (parete piena)}$$
$$C_d = 1,0$$

### 4.3 AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente e  $S(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ .

La valutazione delle azioni sismiche è stata svolta nel rispetto delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008. L'azione sismica è stata calcolata sulla base dei seguenti parametri, secondo quanto previsto al paragrafo 2 delle NTC 2008:

- Classe d'uso IV
- Coefficiente d'uso  $C_U = 2,0$
- Vita nominale  $V_N \geq 50$  anni
- Periodo di riferimento  $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2,0 = 100$  anni

Si riportano i principali parametri sismici utilizzati:

Comune: Tavagnacco (UD)  
Categoria di sottosuolo: B  
Categoria topografica: T1

Si riportano di seguito i parametri che definiscono l'azione sismica per il sito in esame.

#### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL

| SLATO LIMITE | $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_o$<br>[-] | $T_C^*$<br>[s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO          | 60              | 0.086        | 2.472        | 0.265          |
| SLD          | 101             | 0.111        | 2.438        | 0.265          |
| SLV          | 949             | 0.292        | 2.461        | 0.346          |
| SLC          | 1950            | 0.367        | 2.431        | 0.367          |

#### 4.4 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico adottate ai fini delle verifiche sono:

- Combinazione allo SLU:  
 $\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q2} \psi_{03} Q_{k3} + \dots$
- Combinazione sismica:  
 $E + G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots$
- Combinazione rara:  
 $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2} + \psi_{03} Q_{k3} + \dots$
- Combinazione frequente:  
 $G_1 + G_2 + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$
- Combinazione quasi permanente:  
 $G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza ( $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qi}$ ) vengono desunti rispettivamente dalla Tab. 2.5.1 del D.M. 14/01/2008, di seguito riportata.

**Tabella 2.6.1** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

|   |             | Coefficiente<br>$\gamma_F$ | EQU | A1<br>STR | A2<br>GEO |
|---|-------------|----------------------------|-----|-----------|-----------|
| Carichi permanenti                                | favorevoli  | $\gamma_{G1}$              | 0,9 | 1,0       | 1,0       |
|   | sfavorevoli |                            | 1,1 | 1,3       | 1,0       |
| Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup> | favorevoli  | $\gamma_{G2}$              | 0,0 | 0,0       | 0,0       |
|   | sfavorevoli |                            | 1,5 | 1,5       | 1,3       |
| Carichi variabili                                 | favorevoli  | $\gamma_{Qi}$              | 0,0 | 0,0       | 0,0       |
|   | sfavorevoli |                            | 1,5 | 1,5       | 1,3       |

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Per i coefficienti di combinazione vengono impiegati i seguenti valori:

$$\psi_{0j} = 0,6;$$

$$\psi_{1j} = 0,2;$$

$$\psi_{2j} = 0,0.$$





## 5. VERIFICA DEI MONTANTI DELLA BARRIERA

L'azione di gran lunga dimensionante per i montanti della barriera è quella del vento.

L'altezza effettiva della barriera è pari a 3,71 m.

### Sollecitazioni al piede del montante dovute al vento:

- Sforzo assiale  $N = 0$ ;
- Taglio  $V = 0,8 \times 3 \times 3,71 = 8,90 \text{ kN}$ ;
- Momento  $M = 8,90 \times 3,71 / 2 = 16,52 \text{ kNm}$ .

### Sollecitazioni al piede del montante dovute ai carichi permanenti:

(Si tiene conto del peso dei pannelli e del peso proprio del montante, nonché dell'eccentricità dovuta all'aggetto sommitale della barriera)

- Sforzo assiale  $N = 0,25 \times 2 \times 3 + 0,40 \times 2 \times 3 + 0,247 \times 4 = 4,89 \text{ kN}$ ;
- Taglio  $V = 0$ ;
- Momento  $M = (0,40 \times 1 \times 3 + 0,247 \times 1) \times 0,35 = 0,51 \text{ kNm}$ .

### Sollecitazioni al piede del montante allo SLU ( $\gamma_G = 1,3$ ; $\gamma_Q = 1,5$ ):

- Sforzo assiale  $N = 1,3 \times 4,89 = 6,35 \text{ kN}$ ;
- Taglio  $V = 1,5 \times 8,9 = 13,35 \text{ kN}$ ;
- Momento  $M = 1,3 \times 0,51 + 1,5 \times 16,52 = 25,44 \text{ kNm}$ .

### Caratteristiche statiche del montante (HEA 140)

|                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| Area sezione                 | $A = 3140 \text{ mm}^2$ ;        |
| Modulo resistente pl.        | $W_{pl} = 173500 \text{ mm}^3$ ; |
| Area resistente a taglio     | $A_v = 1010,8 \text{ mm}^2$ ;    |
| Tensione di snervamento      | $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$ ;  |
| Coeff. parziale di sicurezza | $\gamma_{M,0} = 1,05$            |

### Verifica

Verifica a flessione  $M_{Rd} = W_{pl} \times f_{yk} / \gamma_{M,0} = 45,44 \text{ kNm} > M_{Ed} = 25,44 \text{ kNm}$  OK (FS = 1,79)

Verifica a taglio  $V_{Rd} = A_v \times f_{yk} / (3^{0,5} \times \gamma_{M,0}) = 152,8 \text{ kN} > V_{Ed} = 13,35 \text{ kN}$  OK (FS = 11,4)



## 6. ANALISI E VERIFICA DELLE FONDAZIONI

Al fine di condurre le verifiche geotecniche sull'opera, si esegue un'analisi mediante il software *Max 10* dell'*Aztec informatica*.

Il plinto, comportandosi in regime di deformazione piano (nel piano trasversale alla barriera), è stato modellato alla stregua di un muro di contenimento di lunghezza pari alla larghezza del plinto.

I carichi considerati sono il peso proprio della fondazione, i carichi permanenti non strutturali (barriera), la spinta delle terre, i sovraccarichi variabili sul terreno a tergo dell'opera, l'azione del vento sulla barriera e gli effetti dell'azione sismica.

Le spinte litostatiche sono state valutate considerando, cautelativamente, per il terreno a tergo della fondazione, le seguenti caratteristiche meccaniche del terreno:

- Peso di volume:  $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$
- Angolo di attrito:  $\phi = 32^\circ$
- Angolo d'attrito terra-muro:  $\delta = 21,33^\circ$
- Coesione:  $c = 0,0 \text{ kPa}$

A tergo della fondazione si è considerato un sovraccarico uniformemente distribuito di intensità pari a  $10 \text{ kN/mq}$ .

Oltre a quest'ultimo, i carichi applicati sul plinto di fondazione sono (vedi calcolo sollecitazioni al piede dei montanti):

|                    |             |                         |
|--------------------|-------------|-------------------------|
| Carichi permanenti | Vericale    | $N = 4,89 \text{ kN};$  |
|                    | Orizzontale | $V = 0;$                |
|                    | Momento     | $M = 0,51 \text{ kNm}.$ |

|                   |             |                          |
|-------------------|-------------|--------------------------|
| Carichi variabili | Vericale    | $N = 0;$                 |
|                   | Orizzontale | $V = 8,90 \text{ kN};$   |
|                   | Momento     | $M = 16,52 \text{ kNm}.$ |

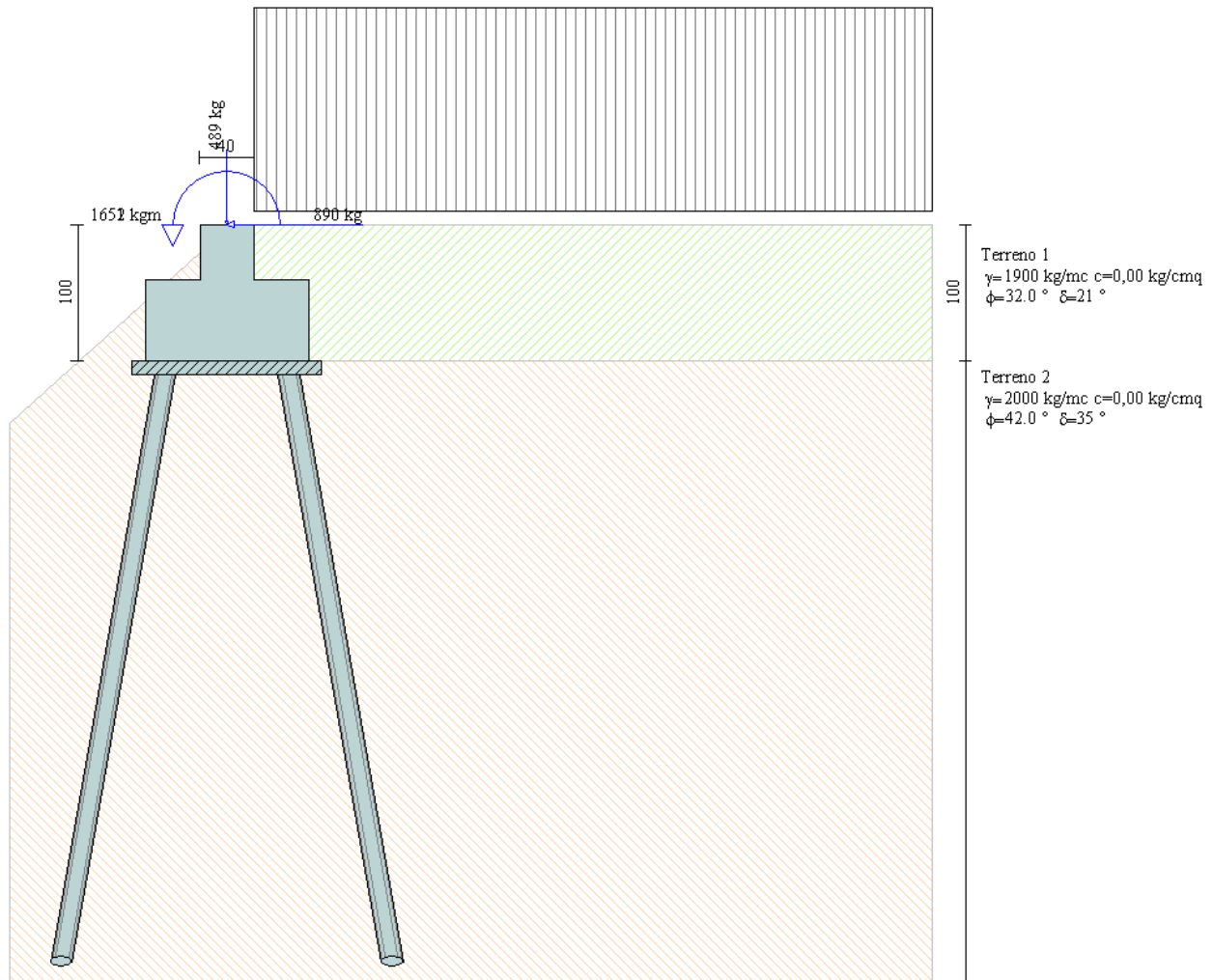
In applicazione delle prescrizioni di cui al § 6.5.3.1.1 del D.M. 14/01/2008, le verifiche agli stati limite ultimi di tipo geotecnico vengono eseguite con riferimento ai seguenti approcci:

- *stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno:*  
Approccio 1 - combinazione 2 (A2+M2+R2);
- *collasso per carico limite dei pali (carichi assiali, carichi trasversali, sfilamento):*  
Approccio 2 (A1+M1+R3).

Le verifiche allo SLU di tipo strutturale (raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali) vengono condotte con riferimento all'approccio 2 (A1+M1).

Si precisa che il contributo della spinta passiva del terreno a valle della fondazione NON è stato considerato nel calcolo.

Si riporta di seguito un'immagine del modello.



Si riportano di seguito i risultati di calcolo ottenuti con il software Max 10.

**Simbologia adottata**

|                    |   |
|--------------------|---|
| $\gamma_{Gsfav}$   | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti                                 |
| $\gamma_{Gfav}$    | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti                                  |
| $\gamma_{Qsfav}$   | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili                                  |
| $\gamma_{Qfav}$    | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili                                   |
| $\gamma_{tan\phi}$ | Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato                         |
| $\gamma_{c'}$      | Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata                                 |
| $\gamma_{cu}$      | Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata                             |
| $\gamma_{qu}$      | Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo                                      |
| $\gamma_{\gamma}$  | Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce |

**Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi    | Effetto     |                  | A1   | A2   | EQU  | HYD  |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole  | $\gamma_{Gfav}$  | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | $\gamma_{Gsfav}$ | 1,30 | 1,00 | 1,10 | 1,30 |
| Variabili  | Favorevole  | $\gamma_{Qfav}$  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili  | Sfavorevole | $\gamma_{Qsfav}$ | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,50 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri                            |                    |  | M1   | M2   | M2   | M1   |
|--------------------------------------|--------------------|--|------|------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{tan\phi}$ |  | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace                    | $\gamma_{c'}$      |  | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$      |  | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$      |  | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_{\gamma}$  |  | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

**Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi    | Effetto     |                  | A1   | A2   | EQU  | HYD  |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole  | $\gamma_{Gfav}$  | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | $\gamma_{Gsfav}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,30 |
| Variabili  | Favorevole  | $\gamma_{Qfav}$  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili  | Sfavorevole | $\gamma_{Qsfav}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,50 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri                            |                    |  | M1   | M2   | M2   | M1   |
|--------------------------------------|--------------------|--|------|------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{tan\phi}$ |  | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace                    | $\gamma_{c'}$      |  | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$      |  | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$      |  | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_{\gamma}$  |  | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

**FONDAZIONE SUPERFICIALE**

**Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO**

Verifica

|                                    | Coefficienti parziali |      |      |
|------------------------------------|-----------------------|------|------|
|                                    | R1                    | R2   | R3   |
| Capacità portante della fondazione | 1,00                  | 1,00 | 1,40 |
| Scorrimento                        | 1,00                  | 1,00 | 1,10 |
| Resistenza del terreno a valle     | 1,00                  | 1,00 | 1,40 |
| Stabilità globale                  |                       | 1,10 |      |

**PALI DI FONDAZIONE**

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche dei pali

**Pali trivellati**

|                       |               | R1   | R2   | R3   |
|-----------------------|---------------|------|------|------|
| Punta                 | $\gamma_b$    | 1,00 | 1,70 | 1,35 |
| Laterale compressione | $\gamma_s$    | 1,00 | 1,45 | 1,15 |
| Totale compressione   | $\gamma_t$    | 1,00 | 1,60 | 1,30 |
| Laterale trazione     | $\gamma_{st}$ | 1,00 | 1,60 | 1,25 |

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche dei pali.

|            | R1   | R2   | R3   |
|------------|------|------|------|
| $\gamma_T$ | 1,00 | 1,60 | 1,30 |

Coefficienti di riduzione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate                    1                     $\gamma_3=1,70$                      $\gamma_4=1,70$

## Geometria muro e fondazione

|   |                        |
|---|------------------------|
| <i>Descrizione</i>                          | Muro a mensola in c.a. |
| Altezza del paramento                       | 0,40 [m]               |
| Spessore in sommità                         | 0,40 [m]               |
| Spessore all'attacco con la fondazione      | 0,40 [m]               |
| Inclinazione paramento esterno              | 0,00 [°]               |
| Inclinazione paramento interno              | 0,00 [°]               |
| Lunghezza del muro                          | 0,60 [m]               |
| Lunghezza mensola fondazione di valle       | 0,40 [m]               |
| Lunghezza mensola fondazione di monte       | 0,40 [m]               |
| Lunghezza totale fondazione                 | 1,20 [m]               |
| Inclinazione piano di posa della fondazione | 0,00 [°]               |
| Spessore fondazione                         | 0,60 [m]               |
| Spessore magrone                            | 0,10 [m]               |

## Descrizione pali di fondazione

|                                    |                                       |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Pali armati con profilato tubolare |                                       |
| Numero di file di pali             | 2                                     |
| Vincolo pali/fondazione            | Incastro                              |
| Tipo di portanza                   | Portanza laterale e portanza di punta |

### *Simbologia adottata*

|      |  |
|------|--|
| N    | numero d'ordine della fila   |
| X    | ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]            |
| nr.  | Numero di pali della fila  |
| D    | diametro dei pali della fila espresso in [cm]  |
| L    | lunghezza dei pali della fila espressa in [m]  |
| alfa | inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]                       |
| ALL  | allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI) |
| Dt   | diametro esterno del tubolare espresso in [mm]   |
| St   | spessore del tubolare espresso in [mm]   |

| N | X    | nr. | D     | L    | alfa   | ALL      | Dt     | St    |
|---|------|-----|-------|------|--------|----------|--------|-------|
| 1 | 0,20 | 1   | 22,00 | 4,50 | 10,00  | Centrati | 139,70 | 10,00 |
| 2 | 1,00 | 1   | 22,00 | 4,50 | -10,00 | Centrati | 139,70 | 10,00 |

## Materiali utilizzati per la struttura

### *Calcestruzzo*

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| Peso specifico                                    | 2500,0 [kg/mc]                  |
| Classe di Resistenza                              | C32/40                          |
| Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$ | 407,9 [kg/cm <sup>2</sup> ]     |
| Modulo elastico E                                 | 343054,09 [kg/cm <sup>2</sup> ] |

### *Acciaio d'armatura*

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Tipo  | B450C                        |
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ | 4588,0 [kg/cm <sup>2</sup> ] |

### *Calcestruzzo utilizzato per i pali*

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| Classe di Resistenza                              | C25/30                          |
| Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$ | 306 [kg/cm <sup>2</sup> ]       |
| Modulo elastico E                                 | 320665,55 [kg/cm <sup>2</sup> ] |

### *Acciaio utilizzato per i pali*

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Tipo  | S355                         |
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ | 3600,0 [kg/cm <sup>2</sup> ] |



## Geometria profilo terreno a monte del muro

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

| N | X    | Y    | A    |
|---|------|------|------|
| 1 | 5,00 | 0,00 | 0,00 |

## Terreno a valle del muro

|  |       |     |
|--|-------|-----|
| Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale   | 42,00 | [°] |
| Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento | 0,20  | [m] |

## Descrizione terreni

### *Simbologia adottata*

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

| Descrizione | $\gamma$ | $\gamma_s$ | $\phi$ | $\delta$ | c     | $c_a$ |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Terreno 1   | 1900     | 2000       | 32.00  | 21.33    | 0,000 | 0,000 |
| Terreno 2   | 2000     | 2100       | 42.00  | 42.00    | 0,000 | 0,000 |

### Parametri medi

| Descrizione | $\gamma$ | $\gamma_s$ | $\phi$ | $\delta$ | c     | $c_a$ |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Terreno 1   | 1900     | 2000       | 32.00  | 21.33    | 0,000 | 0,000 |
| Terreno 2   | 2000     | 2100       | 42.00  | 42.00    | 0,000 | 0,000 |

### Parametri minimi

| Descrizione | $\gamma$ | $\gamma_s$ | $\phi$ | $\delta$ | c     | $c_a$ |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Terreno 1   | 1900     | 2000       | 32.00  | 21.33    | 0,000 | 0,000 |
| Terreno 2   | 2000     | 2100       | 42.00  | 42.00    | 0,000 | 0,000 |

## Stratigrafia

### *Simbologia adottata*

|         |  |
|---------|--|
| N       | Indice dello strato  |
| H       | Spessore dello strato espresso in [m]                              |
| a       | Inclinazione espressa in [°]                                       |
| Kw      | Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm |
| Ks      | Coefficiente di spinta   |
| Terreno | Terreno dello strato   |

| Nr. | H     | a    | Kw    | Ks   | Terreno   |
|-----|-------|------|-------|------|-----------|
| 1   | 1,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00 | Terreno 1 |
| 2   | 10,00 | 0,00 | 30,00 | 0,40 | Terreno 2 |

## Condizioni di carico

### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

|                |  |
|----------------|--|
| X              | Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m] |
| F <sub>x</sub> | Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]           |
| F <sub>y</sub> | Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]             |
| M              | Momento espresso in [kgm]  |
| X <sub>i</sub> | Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]          |
| X <sub>f</sub> | Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]            |
| Q <sub>i</sub> | Intensità del carico per x=X <sub>i</sub> espressa in [kg/m]             |
| Q <sub>f</sub> | Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kg/m]             |
| D / C          | Tipo carico : D=distribuito C=concentrato                                |

### Condizione n° 1 (Condizione 1)

|   |           |         |        |                      |                        |         |
|---|-----------|---------|--------|----------------------|------------------------|---------|
| C | Paramento | X=-0,20 | Y=0,00 | F <sub>x</sub> =0,00 | F <sub>y</sub> =489,00 | M=51,00 |
|---|-----------|---------|--------|----------------------|------------------------|---------|

### Condizione n° 2 (Condizione 2)

|   |           |                      |                      |                         |                         |           |
|---|-----------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|
| C | Paramento | X=-0,20              | Y=0,00               | F <sub>x</sub> =890,00  | F <sub>y</sub> =0,00    | M=1652,00 |
| D | Profilo   | X <sub>i</sub> =0,00 | X <sub>f</sub> =5,00 | Q <sub>i</sub> =1000,00 | Q <sub>f</sub> =1000,00 |           |

## Descrizione combinazioni di carico

### *Simbologia adottata*

|     |  |
|-----|--|
| F/S | Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole) |
| γ   | Coefficiente di partecipazione della condizione          |
| Ψ   | Coefficiente di combinazione della condizione            |

### Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

|                         | S/F  | γ    | Ψ    | γ * Ψ |
|-------------------------|------|------|------|-------|
| Peso proprio muro       | FAV  | 1,00 | 1,00 | 1,00  |
| Peso proprio terrapieno | FAV  | 1,00 | 1,00 | 1,00  |
| Spinta terreno          | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30  |
| Condizione 1            | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30  |

### Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

|                         | S/F  | γ    | Ψ    | γ * Ψ |
|-------------------------|------|------|------|-------|
| Peso proprio muro       | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30  |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30  |
| Spinta terreno          | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30  |
| Condizione 1            | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30  |

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

|                         | <b>S/F</b> | <b><math>\gamma</math></b> | <b><math>\Psi</math></b> | <b><math>\gamma * \Psi</math></b> |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro       | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Peso proprio terrapieno | FAV        | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Spinta terreno          | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Condizione 1            | SFAV       | 1.30                       | 1.00                     | 1.30                              |

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

|                         | <b>S/F</b> | <b><math>\gamma</math></b> | <b><math>\Psi</math></b> | <b><math>\gamma * \Psi</math></b> |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro       | FAV        | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Peso proprio terrapieno | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Spinta terreno          | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Condizione 1            | SFAV       | 1.30                       | 1.00                     | 1.30                              |

Combinazione n° 5 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

|                         | <b>S/F</b> | <b><math>\gamma</math></b> | <b><math>\Psi</math></b> | <b><math>\gamma * \Psi</math></b> |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro       | SFAV       | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Peso proprio terrapieno | SFAV       | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Spinta terreno          | SFAV       | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Condizione 1            | SFAV       | 1.00                       | 1.00                     | 1.00                              |

Combinazione n° 6 - Caso A1-M1 (STR)

|                         | <b>S/F</b> | <b><math>\gamma</math></b> | <b><math>\Psi</math></b> | <b><math>\gamma * \Psi</math></b> |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro       | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Peso proprio terrapieno | FAV        | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Spinta terreno          | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Condizione 1            | SFAV       | 1.30                       | 1.00                     | 1.30                              |
| Condizione 2            | SFAV       | 1.50                       | 1.00                     | 1.50                              |

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR)

|                         | <b>S/F</b> | <b><math>\gamma</math></b> | <b><math>\Psi</math></b> | <b><math>\gamma * \Psi</math></b> |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro       | FAV        | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Peso proprio terrapieno | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Spinta terreno          | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Condizione 1            | SFAV       | 1.30                       | 1.00                     | 1.30                              |
| Condizione 2            | SFAV       | 1.50                       | 1.00                     | 1.50                              |

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR)

|                         | <b>S/F</b> | <b><math>\gamma</math></b> | <b><math>\Psi</math></b> | <b><math>\gamma * \Psi</math></b> |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro       | FAV        | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Peso proprio terrapieno | FAV        | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Spinta terreno          | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Condizione 1            | SFAV       | 1.30                       | 1.00                     | 1.30                              |
| Condizione 2            | SFAV       | 1.50                       | 1.00                     | 1.50                              |

Combinazione n° 9 - Caso A1-M1 (STR)

|                         | <b>S/F</b> | <b><math>\gamma</math></b> | <b><math>\Psi</math></b> | <b><math>\gamma * \Psi</math></b> |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro       | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Peso proprio terrapieno | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Spinta terreno          | SFAV       | 1,30                       | 1.00                     | 1,30                              |
| Condizione 1            | SFAV       | 1.30                       | 1.00                     | 1.30                              |
| Condizione 2            | SFAV       | 1.50                       | 1.00                     | 1.50                              |

Combinazione n° 10 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

|                         | <b>S/F</b> | <b><math>\gamma</math></b> | <b><math>\Psi</math></b> | <b><math>\gamma * \Psi</math></b> |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro       | SFAV       | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Peso proprio terrapieno | SFAV       | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Spinta terreno          | SFAV       | 1,00                       | 1.00                     | 1,00                              |
| Condizione 1            | SFAV       | 1.00                       | 1.00                     | 1.00                              |
| Condizione 2            | SFAV       | 1.30                       | 1.00                     | 1.30                              |

Combinazione n° 11 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

|                         | S/F  | $\gamma$ | $\Psi$ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro       | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Spinta terreno          | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Condizione 1            | SFAV | 1.00     | 1.00   | 1.00            |

Combinazione n° 12 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

|                         | S/F  | $\gamma$ | $\Psi$ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro       | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Spinta terreno          | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Condizione 1            | SFAV | 1.00     | 1.00   | 1.00            |

Combinazione n° 13 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

|                         | S/F  | $\gamma$ | $\Psi$ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro       | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Spinta terreno          | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Condizione 1            | SFAV | 1.00     | 1.00   | 1.00            |

Combinazione n° 14 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

|                         | S/F  | $\gamma$ | $\Psi$ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro       | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Spinta terreno          | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Condizione 1            | SFAV | 1.00     | 1.00   | 1.00            |

Combinazione n° 15 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

|                         | S/F  | $\gamma$ | $\Psi$ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro       | FAV  | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Peso proprio terrapieno | FAV  | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Spinta terreno          | SFAV | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Condizione 1            | SFAV | 1.00     | 1.00   | 1.00            |

Combinazione n° 16 - Quasi Permanente (SLE)

|                         | S/F  | $\gamma$ | $\Psi$ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro       | --   | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Peso proprio terrapieno | --   | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Spinta terreno          | --   | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Condizione 1            | SFAV | 1.00     | 1.00   | 1.00            |

Combinazione n° 17 - Frequente (SLE)

|                         | S/F  | $\gamma$ | $\Psi$ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro       | --   | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Peso proprio terrapieno | --   | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Spinta terreno          | --   | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Condizione 1            | SFAV | 1.00     | 1.00   | 1.00            |
| Condizione 2            | SFAV | 1.00     | 0.20   | 0.20            |

Combinazione n° 18 - Rara (SLE)

|                         | S/F  | $\gamma$ | $\Psi$ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro       | --   | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Peso proprio terrapieno | --   | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Spinta terreno          | --   | 1,00     | 1.00   | 1,00            |
| Condizione 1            | SFAV | 1.00     | 1.00   | 1.00            |
| Condizione 2            | SFAV | 1.00     | 1.00   | 1.00            |

## **Impostazioni analisi pali**

|                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| <u>Numero elementi palo</u>   | 40                    |
| <u>Tipo carico palo</u>       | Distribuito           |
| <u>Calcolo della portanza</u> | metodo di Berezantzev |

### Criterio di rottura del sistema terreno-palo

Pressione limite passiva con moltiplicatore pari a 1,00

### Andamento pressione verticale

Geostatica

## **Impostazioni di analisi**

Metodo verifica sezioni

**Stato limite**

### ***Impostazioni verifiche SLU***

#### Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

|   |      |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione | 1.50 |
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione     | 1.50 |
| Coefficiente di sicurezza acciaio                     | 1.15 |
| Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica   | 0.83 |
| Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo     | 0.85 |
| Coefficiente di sicurezza per la sezione              | 1.00 |

### ***Impostazioni verifiche SLE***

Condizioni ambientali

Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

#### Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

#### Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  -  $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente  $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

*Simbologia adottata*

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <i>C</i>                 | Identificativo della combinazione       |
| <i>Tipo</i>              | Tipo combinazione                       |
| <i>Sisma</i>             | Combinazione sismica                    |
| <i>CS<sub>SCO</sub></i>  | Coeff. di sicurezza allo scorrimento    |
| <i>CS<sub>RIB</sub></i>  | Coeff. di sicurezza al ribaltamento     |
| <i>CS<sub>QLIM</sub></i> | Coeff. di sicurezza a carico limite     |
| <i>CS<sub>STAB</sub></i> | Coeff. di sicurezza a stabilità globale |

| <b>C</b> | <b>Tipo</b> | <b>Sisma</b>                     | <b>CS<sub>SCO</sub></b> | <b>CS<sub>RIB</sub></b> | <b>CS<sub>qlim</sub></b> | <b>CS<sub>stab</sub></b> |
|----------|-------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1        | A1-M1 - [1] | --                               | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 2        | A1-M1 - [1] | --                               | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 3        | A1-M1 - [1] | --                               | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 4        | A1-M1 - [1] | --                               | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 5        | STAB - [1]  | --                               | --                      | --                      | --                       | 3,60                     |
| 6        | A1-M1 - [2] | --                               | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 7        | A1-M1 - [2] | --                               | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 8        | A1-M1 - [2] | --                               | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 9        | A1-M1 - [2] | --                               | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 10       | STAB - [2]  | --                               | --                      | --                      | --                       | 3,25                     |
| 11       | A1-M1 - [3] | Orizzontale + Verticale positivo | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 12       | A1-M1 - [3] | Orizzontale + Verticale negativo | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 13       | STAB - [3]  | Orizzontale + Verticale positivo | --                      | --                      | --                       | 2,02                     |
| 14       | STAB - [3]  | Orizzontale + Verticale negativo | --                      | --                      | --                       | 1,72                     |
| 15       | A1-M1 - [4] | Orizzontale + Verticale positivo | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 16       | SLEQ - [1]  | --                               | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 17       | SLEF - [1]  | --                               | --                      | --                      | --                       | --                       |
| 18       | SLER - [1]  | --                               | --                      | --                      | --                       | --                       |

## **Analisi della spinta e verifiche**

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

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

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

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

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta

metodo di Culmann

Calcolo della stabilità globale

metodo di Bishop

Calcolo della spinta in condizioni di

Spinta a riposo

### Sisma

#### **Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo  $a_g$

2.87 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.11

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.00

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )

1.00

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 32.49$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 16.25$

Forma diagramma incremento sismico

Rettangolare

Partecipazione spinta passiva (percento)

0,0

Lunghezza del muro

1,00 [m]

Peso muro

2200,00 [kg]

Baricentro del muro

X=-0,20 Y=-0,61

### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = 0,40 Y = -1,00

Punto superiore superficie di spinta

X = 0,40 Y = 0,00

Altezza della superficie di spinta

1,00 [m]

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

0,00 [°]

## Analisi dei pali

### Combinazione n° 8

#### Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

|             |       |         |
|-------------|-------|---------|
| Orizzontale | [kg]  | 2202,5  |
| Verticale   | [kg]  | 4078,5  |
| Momento     | [kgm] | -3695,3 |

#### Spostamenti della piastra di fondazione

|             |      |          |
|-------------|------|----------|
| Orizzontale | [cm] | 0,01117  |
| Verticale   | [cm] | 0,00297  |
| Rotazione   | [°]  | -0,00695 |

#### Scarichi in testa ai pali

| Fila nr. | N.pali | N [kg] | T [kg] | M [kgm] | Tu [kg] | Mu [kgm] |
|----------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|
| 1        | 1      | -2678  | 310    | 13      | 4964    | 211      |
| 2        | 1      | 6810   | 254    | -10     | 4776    | -192     |

#### Calcolo della portanza

|                         |   |
|-------------------------|---|
| $\tau_m$                | tensione tangenziale media palo-terreno in [kg/cmq]             |
| $\sigma_p$              | tensione sul terreno alla punta del palo in [kg/cmq]            |
| $N_c, N_q, N_\gamma$    | fattori di capacità portante                                    |
| $N'_c, N'_q, N'_\gamma$ | fattori di capacità portante corretti                           |
| $P_l$                   | portanza caratteristica per attrito e aderenza laterale in [kg] |
| $P_p$                   | portanza caratteristica di punta in [kg]                        |
| $P_d$                   | portanza di progetto, in [kg]                                   |
| $W_p$                   | peso del palo, in [kg]  |
| PT                      | Parametri Terreno utilizzati                                    |

| Fila | $N_c$  | $N'_c$ | $N_q$  | $N'_q$ | $N_\gamma$ | $N'_\gamma$ | $\tau_m$ | $\sigma_p$ |
|------|--------|--------|--------|--------|------------|-------------|----------|------------|
| 1    | 307.64 | 307.64 | 278.00 | 278.00 | 502.43     | 301.46      | -0.13    | 3.99       |
| 2    | 307.64 | 307.64 | 278.00 | 278.00 | 502.43     | 301.46      | 0.00     | 17.65      |

| Fila | $P_l$ | $P_p$ | $W_p$ | $P_d$ | PT     |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1    | 2920  | 0     | 510   | 2847  | MEDI   |
| 1    | 2920  | 0     | 510   | 2847  | MINIMI |
| 2    | 2920  | 56580 | 510   | 43940 | MEDI   |
| 2    | 2920  | 56580 | 510   | 43940 | MINIMI |

### Combinazione n° 9

#### Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

|             |       |         |
|-------------|-------|---------|
| Orizzontale | [kg]  | 2202,5  |
| Verticale   | [kg]  | 4829,7  |
| Momento     | [kgm] | -3658,8 |

#### Spostamenti della piastra di fondazione

|             |      |          |
|-------------|------|----------|
| Orizzontale | [cm] | 0,01122  |
| Verticale   | [cm] | 0,00352  |
| Rotazione   | [°]  | -0,00686 |

#### Scarichi in testa ai pali

| Fila nr. | N.pali | N [kg] | T [kg] | M [kgm] | Tu [kg] | Mu [kgm] |
|----------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|
| 1        | 1      | -2262  | 321    | 19      | 5006    | 300      |
| 2        | 1      | 7155   | 255    | -8      | 4792    | -158     |

#### Calcolo della portanza

|                      |  |
|----------------------|--|
| $\tau_m$             | tensione tangenziale media palo-terreno in [kg/cmq]  |
| $\sigma_p$           | tensione sul terreno alla punta del palo in [kg/cmq] |
| $N_c, N_q, N_\gamma$ | fattori di capacità portante                         |



$N'_c, N'_q, N'_r$ , fattori di capacità portante corretti

$P_l$  portanza caratteristica per attrito e aderenza laterale in [kg]

$P_p$  portanza caratteristica di punta in [kg]

$P_d$  portanza di progetto, in [kg]

$W_p$  peso del palo, in [kg]

PT Parametri Terreno utilizzati

| Fila | $N_c$  | $N'_c$ | $N_q$  | $N'_q$ | $N_r$  | $N'_r$ | $\tau_m$ | $\sigma_p$ |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|------------|
| 1    | 307.64 | 307.64 | 278.00 | 278.00 | 502.43 | 301.46 | -0.11    | 3.23       |
| 2    | 307.64 | 307.64 | 278.00 | 278.00 | 502.43 | 301.46 | 0.00     | 18.48      |

| Fila | $P_l$ | $P_p$ | $W_p$ | $P_d$ | PT     |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1    | 2920  | 0     | 510   | 2847  | MEDI   |
| 1    | 2920  | 0     | 510   | 2847  | MINIMI |
| 2    | 2920  | 56580 | 510   | 43940 | MEDI   |
| 2    | 2920  | 56580 | 510   | 43940 | MINIMI |

### **Inviluppo sollecitazioni nei pali e verifiche delle sezioni**

|                |  |
|----------------|--|
| Nr.            | numero d'ordine della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione                           |
| Y              | ordinata della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione positiva verso il basso (in [m]) |
| M              | momento flettente espresso in [kgm]  |
| N              | sforzo normale espresso in [kg]  |
| T              | taglio espresso in [kg]  |
| M <sub>u</sub> | momento ultimo espresso in [kgm]   |
| N <sub>u</sub> | sforzo normale ultimo espresso in [kg]   |
| T <sub>u</sub> | taglio ultimo espresso in [kg]   |
| CS             | coefficiente di sicurezza  |

#### **Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 1**

| Nr. | Y    | Mmin    | Mmax   | Tmin   | Tmax   | Nmin     | Nmax    |
|-----|------|---------|--------|--------|--------|----------|---------|
| 1   | 0,00 | 13,18   | 269,12 | 177,56 | 656,72 | -2678,13 | 1822,71 |
| 2   | 0,11 | -21,69  | 195,24 | 151,99 | 629,05 | -2663,06 | 1835,35 |
| 3   | 0,23 | -53,46  | 124,47 | 127,61 | 573,72 | -2643,39 | 1847,75 |
| 4   | 0,34 | -79,00  | 59,93  | 103,84 | 490,72 | -2619,12 | 1859,90 |
| 5   | 0,45 | -95,99  | 17,99  | 64,29  | 380,06 | -2590,23 | 1871,82 |
| 6   | 0,56 | -106,13 | 5,62   | 30,85  | 278,93 | -2556,74 | 1883,48 |
| 7   | 0,68 | -110,46 | -1,96  | -3,53  | 192,86 | -2518,64 | 1894,91 |
| 8   | 0,79 | -110,26 | -7,54  | -33,94 | 121,04 | -2475,94 | 1906,09 |
| 9   | 0,90 | -106,79 | -11,56 | -56,04 | 62,39  | -2428,63 | 1917,02 |
| 10  | 1,01 | -111,75 | -14,25 | -71,10 | 17,37  | -2376,72 | 1927,72 |
| 11  | 1,13 | -113,51 | -15,84 | -80,51 | 7,01   | -2320,20 | 1938,17 |
| 12  | 1,24 | -111,21 | -16,54 | -85,13 | 0,05   | -2259,07 | 1948,37 |
| 13  | 1,35 | -105,88 | -16,55 | -85,92 | -4,69  | -2193,34 | 1958,34 |
| 14  | 1,46 | -98,41  | -16,02 | -83,94 | -8,15  | -2123,00 | 1968,06 |
| 15  | 1,57 | -89,56  | -15,11 | -85,54 | -10,52 | -2048,05 | 1977,53 |
| 16  | 1,69 | -79,94  | -13,92 | -88,01 | -11,99 | -1968,50 | 1986,77 |
| 17  | 1,80 | -70,04  | -12,57 | -87,04 | -12,72 | -1884,34 | 1995,76 |
| 18  | 1,91 | -60,24  | -11,14 | -83,47 | -12,87 | -1795,57 | 2004,51 |
| 19  | 2,02 | -50,85  | -9,69  | -78,03 | -12,56 | -1702,20 | 2013,01 |
| 20  | 2,14 | -42,08  | -8,28  | -71,32 | -11,91 | -1604,22 | 2021,27 |
| 21  | 2,25 | -34,05  | -6,94  | -63,86 | -11,02 | -1501,64 | 2029,29 |
| 22  | 2,36 | -26,87  | -5,60  | -56,05 | -9,98  | -1394,45 | 2037,06 |
| 23  | 2,48 | -20,56  | -3,40  | -48,22 | -8,85  | -1282,65 | 2044,59 |
| 24  | 2,59 | -15,14  | -1,63  | -40,61 | -7,69  | -1166,25 | 2051,88 |
| 25  | 2,70 | -10,57  | 0,18   | -33,42 | -6,55  | -1045,24 | 2058,92 |
| 26  | 2,81 | -6,81   | 1,73   | -26,76 | -5,45  | -919,62  | 2065,72 |
| 27  | 2,93 | -3,80   | 2,80   | -20,72 | -4,25  | -789,40  | 2072,28 |
| 28  | 3,04 | -1,47   | 3,48   | -15,36 | -2,34  | -654,57  | 2078,59 |
| 29  | 3,15 | -0,57   | 3,83   | -10,68 | -0,70  | -566,70  | 2084,66 |
| 30  | 3,26 | -0,19   | 3,92   | -6,68  | 1,18   | -525,05  | 2090,49 |
| 31  | 3,38 | 0,02    | 3,79   | -3,35  | 2,61   | -482,38  | 2096,07 |
| 32  | 3,49 | 0,16    | 3,50   | -0,84  | 3,63   | -438,71  | 2101,41 |
| 33  | 3,60 | 0,24    | 3,09   | -0,27  | 4,29   | -394,02  | 2106,51 |
| 34  | 3,71 | 0,27    | 2,62   | 0,08   | 4,61   | -348,31  | 2111,36 |
| 35  | 3,83 | 0,26    | 2,18   | 0,32   | 4,62   | -301,59  | 2115,97 |
| 36  | 3,94 | 0,22    | 1,75   | 0,47   | 4,36   | -253,86  | 2120,34 |
| 37  | 4,05 | 0,17    | 1,27   | 0,52   | 4,16   | -205,12  | 2124,46 |
| 38  | 4,16 | 0,11    | 0,80   | 0,48   | 3,59   | -155,36  | 2128,35 |
| 39  | 4,28 | 0,06    | 0,40   | 0,36   | 2,53   | -104,59  | 2131,98 |
| 40  | 4,39 | 0,02    | 0,11   | 0,15   | 1,00   | -52,80   | 2135,38 |
| 41  | 4,50 | 0,00    | 0,00   | 0,15   | 1,00   | 0,00     | 2138,53 |

**Inviluppo verifiche fila di pali nr. 1**

| Nr. | Y    | A <sub>f</sub> | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | T <sub>u</sub> | CS    |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| 1   | 0,00 | 40,75          | 567            | -1594          | 63777          | 21,96 |
| 2   | 0,11 | 40,75          | 322            | -1787          | 63777          | 30,41 |
| 3   | 0,23 | 40,75          | 1765           | -2113          | 63777          | 33,48 |
| 4   | 0,34 | 40,75          | 2088           | -2855          | 63777          | 29,37 |
| 5   | 0,45 | 40,75          | 217            | -14683         | 63777          | 27,23 |
| 6   | 0,56 | 40,75          | 425            | 819            | 63777          | 26,22 |
| 7   | 0,68 | 40,75          | 226            | 2075           | 63777          | 25,94 |
| 8   | 0,79 | 40,75          | 845            | 2888           | 63777          | 26,22 |
| 9   | 0,90 | 40,75          | 1246           | 3709           | 63777          | 26,94 |
| 10  | 1,01 | 40,75          | 1483           | 4654           | 63777          | 28,07 |
| 11  | 1,13 | 40,75          | 1611           | 5798           | 63777          | 29,57 |
| 12  | 1,24 | 40,75          | 1660           | 7221           | 63777          | 31,45 |
| 13  | 1,35 | 40,75          | 1651           | 9018           | 63777          | 33,73 |
| 14  | 1,46 | 40,75          | 1597           | 11318          | 63777          | 36,42 |
| 15  | 1,57 | 40,75          | 1510           | 14265          | 63777          | 39,58 |
| 16  | 1,69 | 40,75          | 1400           | 18093          | 63777          | 43,24 |
| 17  | 1,80 | 40,75          | 1274           | 23074          | 63777          | 47,47 |
| 18  | 1,91 | 40,75          | 1139           | 29551          | 63777          | 52,36 |
| 19  | 2,02 | 40,75          | 997            | 37856          | 63777          | 58,01 |
| 20  | 2,14 | 40,75          | 850            | 48062          | 63777          | 64,57 |
| 21  | 2,25 | 40,75          | 711            | 60654          | 63777          | 72,25 |
| 22  | 2,36 | 40,75          | 583            | 76125          | 63777          | 81,33 |
| 23  | 2,48 | 40,75          | 424            | 94361          | 63777          | 82,47 |
| 24  | 2,59 | 40,75          | 201            | 114420         | 63777          | 82,47 |
| 25  | 2,70 | 40,75          | 2              | -126616        | 63777          | 82,44 |
| 26  | 2,81 | 40,75          | 143            | -122015        | 63777          | 82,38 |
| 27  | 2,93 | 40,75          | 118            | -117328        | 63777          | 82,29 |
| 28  | 3,04 | 40,75          | 46             | -112627        | 63777          | 82,18 |
| 29  | 3,15 | 40,75          | 7              | -107597        | 63777          | 82,06 |
| 30  | 3,26 | 40,75          | 13             | -101239        | 63777          | 81,91 |
| 31  | 3,38 | 40,75          | 2              | -90873         | 63777          | 81,71 |
| 32  | 3,49 | 40,75          | 16             | -60828         | 63777          | 81,47 |
| 33  | 3,60 | 40,75          | 23             | 78170          | 63777          | 81,25 |
| 34  | 3,71 | 40,75          | 26             | -115855        | 63777          | 81,06 |
| 35  | 3,83 | 40,75          | 25             | -116612        | 63777          | 80,88 |
| 36  | 3,94 | 40,75          | 21             | -117665        | 63777          | 80,73 |
| 37  | 4,05 | 40,75          | 16             | -119006        | 63777          | 80,59 |
| 38  | 4,16 | 40,75          | 11             | -120638        | 63777          | 80,46 |
| 39  | 4,28 | 40,75          | 5              | -122571        | 63777          | 80,34 |
| 40  | 4,39 | 40,75          | 2              | -124818        | 63777          | 80,22 |
| 41  | 4,50 | 40,75          | 0              | 0              | 63777          | 80,11 |

**Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 2**

| Nr. | Y    | Mmin    | Mmax   | Tmin   | Tmax   | Nmin    | Nmax    |
|-----|------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1   | 0,00 | -12,08  | 247,84 | 134,09 | 605,30 | 1776,95 | 7154,88 |
| 2   | 0,11 | -40,09  | 179,75 | 115,11 | 577,63 | 1789,64 | 7167,25 |
| 3   | 0,23 | -64,98  | 114,76 | 96,60  | 522,30 | 1802,19 | 7178,81 |
| 4   | 0,34 | -83,65  | 56,00  | 70,96  | 439,30 | 1814,61 | 7189,57 |
| 5   | 0,45 | -95,26  | 16,18  | 37,79  | 336,84 | 1826,88 | 7199,54 |
| 6   | 0,56 | -101,32 | 6,52   | 10,18  | 247,90 | 1839,01 | 7208,70 |
| 7   | 0,68 | -102,68 | -0,71  | -21,37 | 172,12 | 1851,00 | 7217,06 |
| 8   | 0,79 | -100,43 | -5,03  | -44,75 | 108,80 | 1862,85 | 7224,63 |
| 9   | 0,90 | -95,56  | -8,16  | -61,14 | 57,03  | 1874,56 | 7231,40 |
| 10  | 1,01 | -97,22  | -10,28 | -71,68 | 15,72  | 1886,12 | 7237,36 |
| 11  | 1,13 | -98,99  | -11,57 | -77,63 | 7,15   | 1897,55 | 7242,53 |
| 12  | 1,24 | -97,16  | -12,18 | -79,71 | 0,86   | 1908,84 | 7246,90 |
| 13  | 1,35 | -92,64  | -12,25 | -78,73 | -2,99  | 1919,99 | 7250,47 |
| 14  | 1,46 | -86,22  | -11,92 | -75,46 | -5,69  | 1931,00 | 7253,24 |
| 15  | 1,57 | -78,56  | -11,28 | -74,36 | -7,55  | 1941,86 | 7255,21 |
| 16  | 1,69 | -70,19  | -10,43 | -76,70 | -8,73  | 1952,59 | 7256,38 |
| 17  | 1,80 | -61,56  | -9,44  | -76,00 | -9,35  | 1963,18 | 7256,75 |
| 18  | 1,91 | -53,01  | -8,39  | -73,00 | -9,51  | 1973,63 | 7256,32 |
| 19  | 2,02 | -44,80  | -7,32  | -68,33 | -9,33  | 1983,93 | 7255,09 |
| 20  | 2,14 | -37,11  | -6,27  | -62,53 | -8,88  | 1994,10 | 7253,06 |
| 21  | 2,25 | -30,08  | -5,23  | -56,05 | -8,25  | 2004,12 | 7250,24 |
| 22  | 2,36 | -23,77  | -3,73  | -49,25 | -7,49  | 2014,01 | 7246,61 |
| 23  | 2,48 | -18,23  | -1,96  | -42,42 | -6,66  | 2023,75 | 7242,18 |
| 24  | 2,59 | -13,46  | -0,47  | -35,77 | -5,81  | 2033,36 | 7236,96 |
| 25  | 2,70 | -9,43   | 1,16   | -29,47 | -4,96  | 2042,82 | 7230,94 |
| 26  | 2,81 | -6,12   | 2,34   | -23,63 | -4,11  | 2052,15 | 7224,11 |
| 27  | 2,93 | -3,46   | 3,12   | -18,34 | -2,81  | 2061,33 | 7216,49 |
| 28  | 3,04 | -1,40   | 3,57   | -13,62 | -1,26  | 2070,37 | 7208,07 |
| 29  | 3,15 | -0,53   | 3,76   | -9,51  | 0,30   | 2079,27 | 7198,84 |
| 30  | 3,26 | -0,23   | 3,74   | -5,99  | 1,79   | 2088,04 | 7188,82 |
| 31  | 3,38 | -0,01   | 3,54   | -3,06  | 2,89   | 2096,66 | 7178,00 |
| 32  | 3,49 | 0,10    | 3,22   | -0,74  | 3,64   | 2105,14 | 7166,38 |
| 33  | 3,60 | 0,16    | 2,81   | -0,30  | 4,10   | 2113,48 | 7153,96 |
| 34  | 3,71 | 0,19    | 2,35   | 0,03   | 4,28   | 2121,68 | 7140,74 |
| 35  | 3,83 | 0,18    | 1,89   | 0,21   | 4,21   | 2129,75 | 7126,72 |
| 36  | 3,94 | 0,16    | 1,52   | 0,33   | 3,91   | 2137,67 | 7111,90 |
| 37  | 4,05 | 0,12    | 1,11   | 0,37   | 3,62   | 2145,45 | 7096,29 |
| 38  | 4,16 | 0,08    | 0,70   | 0,35   | 3,13   | 2153,09 | 7079,87 |
| 39  | 4,28 | 0,04    | 0,35   | 0,26   | 2,21   | 2160,59 | 7062,65 |
| 40  | 4,39 | 0,01    | 0,10   | 0,11   | 0,87   | 2167,94 | 7044,64 |
| 41  | 4,50 | 0,00    | 0,00   | 0,11   | 0,87   | 2175,16 | 7025,82 |

**Inviluppo verifiche fila di pali nr. 2**

| Nr. | Y    | A <sub>f</sub> | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | T <sub>u</sub> | CS    |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| 1   | 0,00 | 40,75          | 83             | 63559          | 63777          | 19,97 |
| 2   | 0,11 | 40,75          | 625            | 79812          | 63777          | 23,24 |
| 3   | 0,23 | 40,75          | 1187           | 104131         | 63777          | 22,09 |
| 4   | 0,34 | 40,75          | 548            | 138429         | 63777          | 21,17 |
| 5   | 0,45 | 40,75          | 37             | 146646         | 63777          | 20,61 |
| 6   | 0,56 | 40,75          | 385            | 144665         | 63777          | 20,33 |
| 7   | 0,68 | 40,75          | 66             | 135780         | 63777          | 20,26 |
| 8   | 0,79 | 40,75          | 456            | 123692         | 63777          | 20,34 |
| 9   | 0,90 | 40,75          | 728            | 116917         | 63777          | 20,54 |
| 10  | 1,01 | 40,75          | 907            | 113680         | 63777          | 20,83 |
| 11  | 1,13 | 40,75          | 1011           | 112948         | 63777          | 21,18 |
| 12  | 1,24 | 40,75          | 1054           | 114072         | 63777          | 21,57 |
| 13  | 1,35 | 40,75          | 1055           | 116636         | 63777          | 21,99 |
| 14  | 1,46 | 40,75          | 998            | 120307         | 63777          | 22,41 |
| 15  | 1,57 | 40,75          | 904            | 124866         | 63777          | 22,82 |
| 16  | 1,69 | 40,75          | 769            | 130065         | 63777          | 22,97 |
| 17  | 1,80 | 40,75          | 625            | 135683         | 63777          | 23,09 |
| 18  | 1,91 | 40,75          | 495            | 141503         | 63777          | 23,20 |
| 19  | 2,02 | 40,75          | 380            | 147300         | 63777          | 23,30 |
| 20  | 2,14 | 40,75          | 279            | 152913         | 63777          | 23,39 |
| 21  | 2,25 | 40,75          | 194            | 158222         | 63777          | 23,47 |
| 22  | 2,36 | 40,75          | 123            | 163142         | 63777          | 23,54 |
| 23  | 2,48 | 40,75          | 62             | 166380         | 63777          | 23,60 |
| 24  | 2,59 | 40,75          | 11             | 167650         | 63777          | 23,66 |
| 25  | 2,70 | 40,75          | 16             | 168734         | 63777          | 23,67 |
| 26  | 2,81 | 40,75          | 42             | 169635         | 63777          | 23,67 |
| 27  | 2,93 | 40,75          | 34             | 170363         | 63777          | 23,68 |
| 28  | 3,04 | 40,75          | 11             | 170831         | 63777          | 23,70 |
| 29  | 3,15 | 40,75          | 6              | 170804         | 63777          | 23,73 |
| 30  | 3,26 | 40,75          | 12             | 170807         | 63777          | 23,76 |
| 31  | 3,38 | 40,75          | 1              | 170785         | 63777          | 23,80 |
| 32  | 3,49 | 40,75          | 8              | 170692         | 63777          | 23,85 |
| 33  | 3,60 | 40,75          | 13             | 170672         | 63777          | 23,90 |
| 34  | 3,71 | 40,75          | 15             | 170708         | 63777          | 23,95 |
| 35  | 3,83 | 40,75          | 15             | 170785         | 63777          | 24,00 |
| 36  | 3,94 | 40,75          | 13             | 170888         | 63777          | 24,06 |
| 37  | 4,05 | 40,75          | 10             | 171003         | 63777          | 24,12 |
| 38  | 4,16 | 40,75          | 6              | 171115         | 63777          | 24,19 |
| 39  | 4,28 | 40,75          | 3              | 171213         | 63777          | 24,25 |
| 40  | 4,39 | 40,75          | 1              | 171282         | 63777          | 24,32 |
| 41  | 4,50 | 40,75          | 0              | 171309         | 63777          | 24,38 |

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 14

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

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

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,86 Y[m]= 0,86

Raggio del cerchio R[m]= 6,56

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,03

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,65

Larghezza della striscia dx[m]= 0,43

Coefficiente di sicurezza C= 1.72

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

| Striscia | W       | $\alpha(^{\circ})$ | $W\sin\alpha$ | $b/\cos\alpha$ | $\phi$ | c    | u    |
|----------|---------|--------------------|---------------|----------------|--------|------|------|
| 1        | 650,52  | 74.98              | 628,29        | 1,65           | 29.98  | 0,00 | 0,00 |
| 2        | 1687,43 | 63.79              | 1513,92       | 0,97           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 3        | 2330,50 | 56.21              | 1936,81       | 0,77           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 4        | 2820,08 | 49.95              | 2158,86       | 0,66           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 5        | 3215,99 | 44.44              | 2251,79       | 0,60           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 6        | 3544,77 | 39.41              | 2250,67       | 0,55           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 7        | 3821,12 | 34.73              | 2176,95       | 0,52           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 8        | 4054,15 | 30.30              | 2045,46       | 0,49           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 9        | 4249,96 | 26.06              | 1867,30       | 0,48           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 10       | 4412,78 | 21.98              | 1651,34       | 0,46           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 11       | 4545,66 | 18.00              | 1404,95       | 0,45           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 12       | 4650,82 | 14.12              | 1134,51       | 0,44           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 13       | 4824,77 | 10.30              | 862,69        | 0,43           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 14       | 5474,39 | 6.53               | 622,29        | 0,43           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 15       | 4685,41 | 2.78               | 227,45        | 0,43           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 16       | 4379,25 | -0.95              | -72,63        | 0,43           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 17       | 4037,32 | -4.69              | -329,90       | 0,43           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 18       | 3670,34 | -8.44              | -538,96       | 0,43           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 19       | 3275,23 | -12.24             | -694,27       | 0,44           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 20       | 2854,59 | -16.09             | -791,04       | 0,44           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 21       | 2407,08 | -20.01             | -823,82       | 0,45           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 22       | 1930,80 | -24.04             | -786,60       | 0,47           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 23       | 1423,16 | -28.20             | -672,52       | 0,48           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 24       | 880,55  | -32.53             | -473,50       | 0,51           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |
| 25       | 297,90  | -37.08             | -179,61       | 0,54           | 35.77  | 0,00 | 0,00 |

$\Sigma W_i = 80124,56$  [kg]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 17370,43$  [kg]

$\Sigma W_i \tan\phi_i = 57622,31$  [kg]

$\Sigma \tan\alpha_i \tan\phi_i = 6.56$

### Verifica a flessione della fondazione

Il momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese) si ha sullo zoccolo di fondazione lato monte, in concomitanza con la massima trazione del micropalo di monte (pari a 26,78 kN - fila 1 - comb. 8).

Trascurando cautelativamente l'inclinazione del palo, i contributi di sollecitazione (fattorizzati allo SLU) risultano:

- peso proprio:  $0,6 \times 0,6 \times 0,4 \times 25 \times 1,3 \times 0,2 = 0,94$  kN;
- peso terreno:  $0,4 \times 0,6 \times 0,4 \times 19 \times 1,3 \times 0,2 = 0,47$  kN;
- sovraccarico:  $0,6 \times 0,4 \times 10 \times 1,5 \times 0,2 = 0,72$  kN;
- trazione palo:  $26,78 \times 0,2 = 5,36$  kN

Il momento flettente massimo negativo è quindi pari a  $M_{Ed} = 7,49$  kNm.

La sezione di verifica ha dimensioni di 60 x 60 cm ed è armata superiormente con 2  $\Phi 16$  ed inferiormente con 4  $\Phi 16$ .

Si riporta di seguito la verifica a flessione, condotta mediante il programma VCSLU del prof. P. Gelfi.

The screenshot shows the VCSLU software interface with the following data:

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 60     | 60     | 1  | 4,02     | 6      |
|    |        |        | 2  | 8,04     | 54     |

**Materiali:**

| Material | $\epsilon_{su}$ | $f_{yd}$ | $E_s$   | $E_s/E_c$ | $\epsilon_{syd}$ | $\sigma_{s,adm}$ |
|----------|-----------------|----------|---------|-----------|------------------|------------------|
| B450C    | 67,5            | 391,3    | 200 000 | 15        | 1,957            | 255              |
| C32/40   | 2               | 3,5      |         |           |                  |                  |

**Calculated Results:**

|              |         |       |
|--------------|---------|-------|
| $M_{Rd}$     | -91,46  | kN m  |
| $\sigma_c$   | -18,13  | N/mm² |
| $\sigma_s$   | 391,3   | N/mm² |
| $\epsilon_c$ | 3,5     | ‰     |
| $\epsilon_s$ | 40,46   | ‰     |
| d            | 54      | cm    |
| x            | 4,299   | x/d   |
|              | 0,07962 |       |
| $\delta$     | 0,7     |       |

**Input Parameters:**

- Metodo di calcolo: S.L.U. -
- Tipo flessione: Retta
- Metodo di rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
- Calcola MRd: [ ]
- Dominio M-N: [ ]
- Col. modello: [ ]
- Precompresso: [ ]

Risultando:  $M_{Ed} = 7,49$  kNm <  $M_{Rd} = 91,46$  kNm, la verifica a flessione è soddisfatta.

Il momento flettente massimo positivo (fibre inferiori tese) si ha sullo zoccolo di fondazione lato valle, in concomitanza con la massima compressione del micropalo di valle (pari a 71,55 kN - fila 2 – comb. 9). Trascorrendo cautelativamente il contributo del peso proprio dello zoccolo di valle e l'inclinazione del palo, il momento flettente massimo positivo è pari a  $M_{Ed} = 71,55 \times 0,2 = 14,31 \text{ kNm}$ .

La sezione di verifica ha dimensioni di 60 x 60 cm ed è armata superiormente con 2  $\Phi 16$  ed inferiormente con 4  $\Phi 16$ .

Si riporta di seguito la verifica a flessione, condotta mediante il programma VCSLU del prof. P. Gelfi.

**Verifica C.A. S.L.U. - File:**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre 2. Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 60     | 60     |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 4,02     | 6      |
| 2  | 8,04     | 54     |

Tipologia Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N:  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 167,5 kNm

Materiali:  

| Parametro        | B450C         | C32/40 |
|------------------|---------------|--------|
| $\epsilon_{su}$  | 67,5 ‰        | 2 ‰    |
| $f_{yd}$         | 391,3 N/mm²   | 3,5    |
| $E_s$            | 200 000 N/mm² | 18,13  |
| $E_s / E_c$      | 15            | 0,8    |
| $\epsilon_{syd}$ | 1,957 ‰       | 12,25  |
| $\sigma_{s,adm}$ | 255 N/mm²     | 0,7333 |
|                  |               | 2,114  |

Metodo di calcolo:  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipologia flessione:  
 Retta  Devata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

σ<sub>c</sub> -18,13 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 37,91 ‰  
d 54 cm  
x 4,564 x/d 0,08452  
δ 0,7

Risultando:  $M_{Ed} = 14,31 \text{ kNm} < M_{Rd} = 167,50 \text{ kNm}$ , la verifica a flessione è soddisfatta.



**Verifica a punzonamento della fondazione**

Lo sforzo di massima compressione sui micropali risulta pari a 71,55 kN (fila 2 - lato strada - combinazione n. 9).

Al fine di prevenire il punzonamento della fondazione, si dispongono una coppia di ferri piegati del diametro di 16 mm in testa a ciascun palo. I ferri sono piegati verso il basso, con un angolo sull'orizzontale di circa 50°.

Affidando cautelativamente il contributo resistente interamente ai ferri di cui sopra, si valuta la resistenza a taglio punzonamento come segue:

$$V_{Rd} = A_s \times f_{yd} \times \sin \alpha = (2 \times 201) \times 391,3 \times \sin(50) / 1000 = 120,5 \text{ kN}$$

Essendo

$$A_s = 2 \times 201 = 402 \text{ mm}^2 \quad \text{area armature}$$

$$f_{yd} = 450 / 1,15 = 391,3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{tensione di calcolo acciaio}$$

$$\alpha = 50^\circ \quad \text{inclinazione armature sull'orizzontale}$$

Risultando:  $V_{Ed} = 71,55 \text{ kN} < V_{Rd} = 120,5 \text{ kN}$ , la verifica a punzonamento è soddisfatta.

**Verifica allo sfilamento dei pali dalla fondazione**

Si esegue la verifica allo sfilamento della testa dei pali dalla fondazione con riferimento allo sforzo di massima trazione sui pali.

Lo sforzo di massima trazione risulta pari a 26,78 kN (vedi sopra: fila 1 - lato strada - combinazione n. 8).

Si considera, quale contributo resistente, l'aderenza tra la superficie esterna del tubolare cavo ( $\varnothing = 139,7$  mm) ed il calcestruzzo della fondazione.

La profondità di infissione minima del tubolare nel calcestruzzo è di  $L = 500$  mm.

Essendo la superficie esterna del tubolare liscia, si valuta la tensione di aderenza di progetto tra acciaio e calcestruzzo mediante la formula fornita dal D.M. 09/01/1996 per l'aderenza delle barre lisce:

$$f_{bd} = 0,32 (R_{ck})^{0,5} / \gamma_c = 1,349 \text{ N/mm}^2$$

La resistenza allo sfilamento risulta pertanto pari a:

$$F_{Rd} = f_{bd} L \pi \varnothing = 1,349 \cdot 500 \cdot \pi \cdot 139,7 = 296,0 \text{ kN}$$

Risultando maggiore della massima trazione agente sui pali, si reputa la verifica soddisfatta.

IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE

Dott. Ing. Giovanni VALLE