

**E 78 GROSSETO - FANO  
TRATTO SELCI - LAMA (E 45) - S.STEFANO DI GAIFA  
Adeguamento a 2 corsie del tratto Mercatello sul Metauro Ovest -  
Mercatello sul Metauro Est (Lotto 4°)**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**AN 245**

**ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA<br/>IN FASE DI PROGETTAZIONE</b></p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i><br/>Ordine Ingegneri<br/>Provincia di Roma n. 20629</p> | <p><b>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorile</i><br/>Ordine Ingegneri<br/>Provincia di Roma n. A35111<br/>Progettatore a-b-c</p> <p><i>Ing. Morena Panfili</i><br/>Ordine Ingegneri<br/>Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. David Crenca</i><br/>Ordine Ingegneri<br/>Provincia di Frosinone n. A1762</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i><br/>Ordine Ingegneri<br/>Provincia di Roma n. 20629</p> | <p><b>PROGETTAZIONE ATI:<br/>(Mandataria)</b></p> <p><b>GPI INGEGNERIA</b><br/>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p><b>cooprogetti</b></p> <p><b>engeko</b><br/>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p><b>AIM</b><br/>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p><b>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI<br/>SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b></p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i><br/>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p> |
| <p><b>IL GEOLOGO</b></p> <p><i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i><br/>Ordine dei geologi<br/>della Regione Lazio n. 1069</p>                                     |   |   |
| <p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</b></p> <p><i>Ing. Vincenzo Catone</i></p>  |   |   |
| <p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</b></p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>   |   |   |

**OPERE D'ARTE MAGGIORI**

Galleria Mercatello 2

Imbocco ovest

Relazione tecnica e di calcolo muri

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <p><b>CODICE PROGETTO</b></p> <p>PROGETTO      LIV.PROG      ANNO</p> <p><b>DTAN245      D      22</b></p> | <p><b>NOME FILE</b></p> <p align="center">T00GA03OSTRE04A.</p> <p><b>CODICE ELAB.</b>      T 0 0 G A 0 3 O S T R E 0 4</p> | <p><b>REVISIONE</b></p> <p align="center">A</p> | <p><b>SCALA</b></p> <p align="center">-</p>   |
| <p>D</p> <p>C</p> <p>B</p> <p>A</p>  | <p>Emissione a seguito istruttoria U.0030221 del 16.01.2023</p>  | <p>Febbraio'23</p>                              | <p>Amoruso      Signorelli      Guiducci</p>  |
| <p>REV.</p>  | <p>DESCRIZIONE</p>   | <p>DATA</p>                                     | <p>REDATTO      VERIFICATO      APPROVATO</p> |

## INDICE

|           |   |                  |
|-----------|---|------------------|
| <b>1.</b> | <b><u>DESCRIZIONE INTERVENTO.....</u></b>   | <b><u>2</u></b>  |
| <b>2.</b> | <b><u>NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....</u></b> | <b><u>2</u></b>  |
| <b>3.</b> | <b><u>DESCRIZIONE DELLE OPERE.....</u></b>  | <b><u>3</u></b>  |
| <b>4.</b> | <b><u>MURO “A”.....</u></b>                 | <b><u>5</u></b>  |
| <b>5.</b> | <b><u>MURO “B”.....</u></b>                 | <b><u>26</u></b> |

## 1. DESCRIZIONE INTERVENTO

La presente relazione ha per oggetto la progettazione strutturale dei muri “A” e “B”, localizzati all’imbocco Ovest della galleria Mercatello 2.

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
- Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
- Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
- Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018
- Testo relazione stile normale – deve essere usato per il testo dei paragrafi

### 3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

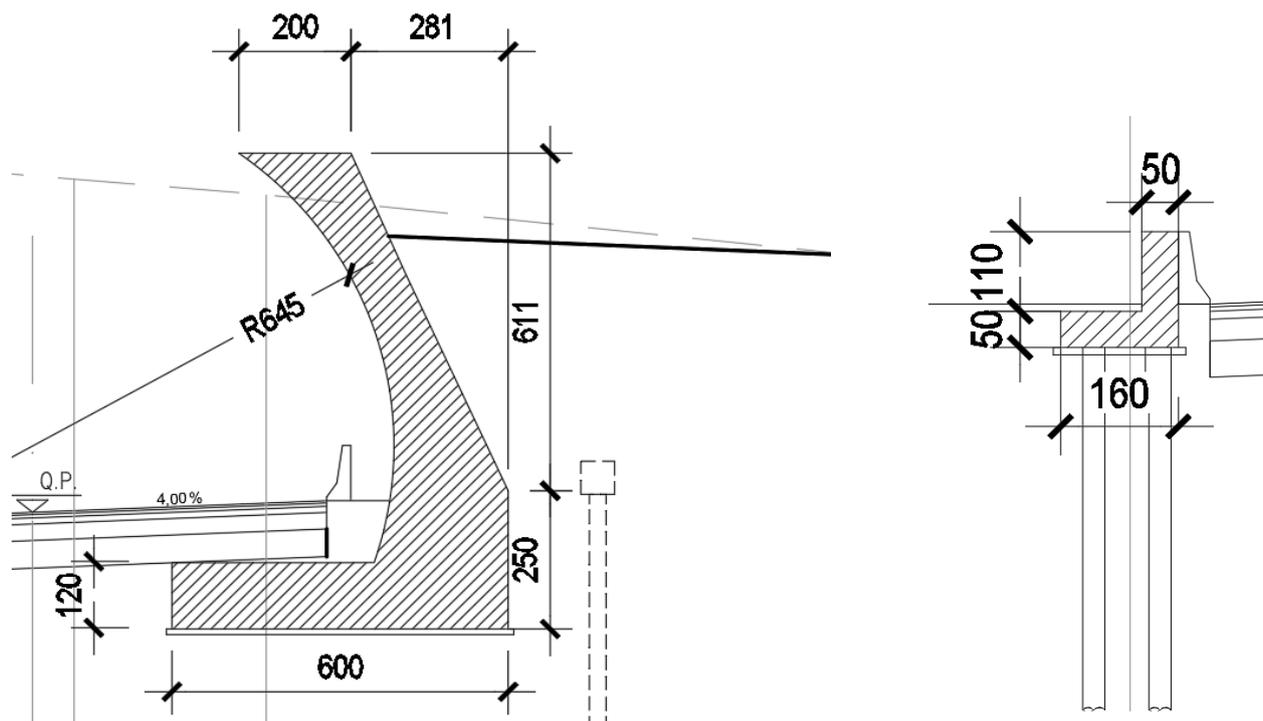
- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

Si riportano di seguito le geometrie dei muri.

Per il **muro "A"** (sx) si riporta la sezione di massima altezza. Il **muro "B"** (dx) fondato su micropali, è un muro di sostegno al prolungamento del profilo redirettivo in uscita dalla galleria Mercatello 2, e sarà quindi soggetto alla sola azione accidentale "urto".



Di seguito i materiali impiegati.

## CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### Calcestruzzo per magroni classe C12/15 (UNI 11104)

Massima dimensione aggregati ... - 40 mm

### Calcestruzzo classe C32/40 (UNI 11104) - Elevazione Muri

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| Classe di resistenza                                | C32/40                          |
| Modulo elastico                                     | $E_{cm}=33.643 \text{ N/mm}^2$  |
| Resistenza caratteristica a compressione cilindrica | $f_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$ |
| Classe di esposizione                               | XC4                             |
| Massima dimensione aggregati                        | 16 mm                           |
| Copriferro  | 60 mm                           |
| Massimo rapporto A/C                                | 0,50                            |
| Minimo contenuto in cemento                         | 340 $\text{kg/m}^3$             |

### Calcestruzzo classe C28/35 (UNI 11104) - Fondazione Muri

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| Classe di resistenza                                | C28/35                          |
| Modulo elastico                                     | $E_{cm}=32.588 \text{ N/mm}^2$  |
| Resistenza caratteristica a compressione cilindrica | $f_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$ |
| Classe di esposizione                               | XC2                             |
| Massima dimensione aggregati                        | 16 mm                           |
| Copriferro  | 45 mm                           |
| Massimo rapporto A/C                                | 0,50                            |
| Minimo contenuto in cemento                         | 320 $\text{kg/m}^3$             |

### Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata tipo B450C contr.

$$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2 \quad f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$$

L'acciaio fornito dovrà essere di tipo saldabile.

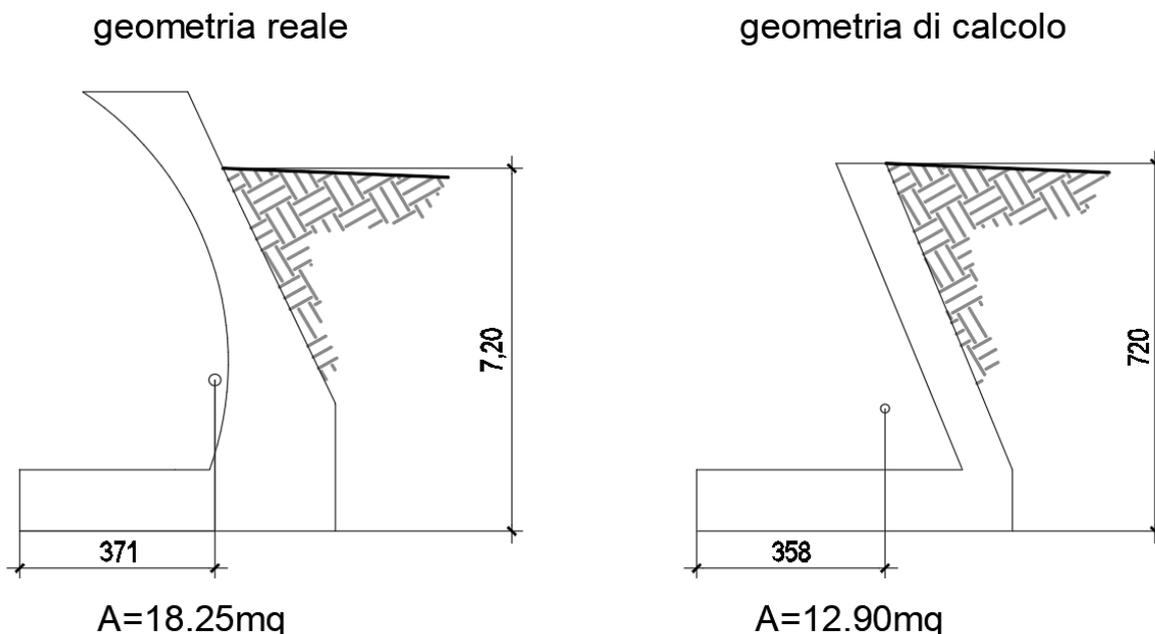
Ogni fornitura deve essere accompagnata da copia conforme del relativo certificato, con data non anteriore a tre mesi, emesso dal Laboratorio Ufficiale incaricato del controllo in stabilimento.

### Acciaio per micropali - S355

$$f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2 \quad f_{tk} \geq 510 \text{ N/mm}^2$$

#### 4. MURO "A"

Di seguito si riportano i calcoli di dimensionamento e verifica del muro.  
Nei calcoli si è considerata la seguente geometria semplificata.



La geometria adottata nel calcolo, pur semplificata, può essere considerata cautelativa rispetto al caso reale per i seguenti motivi:

- Il peso del muro considerato nel calcolo è inferiore al peso del muro reale, rendendo le verifiche a scorrimento a vantaggio di sicurezza
- Il baricentro della struttura reale è più arretrato rispetto al baricentro del modello di calcolo, il che rende il calcolo più sicuro dal punto di vista delle verifiche a ribaltamento, anche in virtù del minore peso considerato
- Le altezze di spinta del terreno sono le medesime

Per quanto riguarda i terreni di riempimento a tergo e di fondazione sono stati considerati i seguenti parametri (cautelativi per quanto riguarda il riempimento):

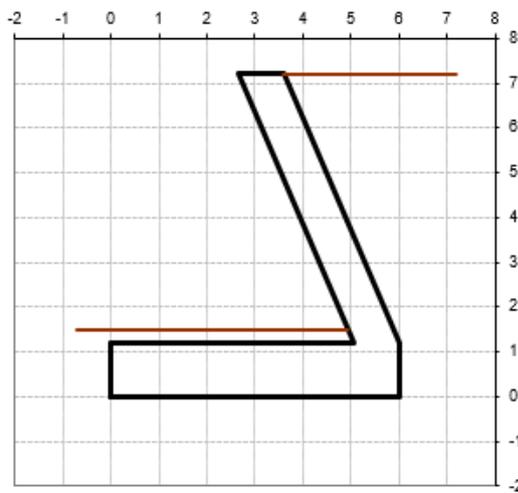
- Terreno di riempimento
  - $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$
  - $\phi = 26^\circ$
  - $c = 0 \text{ kPa}$
  - $\delta = 2/3 \phi$
- Terreno di fondazione (unità UG2 - elab. T00GE00GETRE01)
  - $\gamma = 20 \text{ kN/mc}$
  - $\phi = 26^\circ$
  - $c = 10 \text{ kPa}$
  - $\delta = \phi$

Dai profili geologici e geotecnici di progetto (T00GE00GEOFG02 - T00GE00GEtFG02) la falda è al di sotto del piano di fondazione dell'opera.

Di seguito i dettagli del calcolo.

**Dati di input**

|                                 |  |                                 |                      |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
|---------------------------------|--|---------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|---------|--------------------|-----------------------|----|--|-------------|--|----------------------------------|----|--|--|--|-----------------------|----|------------|--|--|-----------------------|----|-------|--|--|-----------------------|
| 21                              |  |                                 |                      |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 22                              |  |                                 |                      |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 23                              |  |                                 |                      |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 24                              | OPEBA Esempio  |                                 |                      |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 25                              |  |                                 |                      |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 26                              |  |                                 |                      |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 27                              |  |                                 |                      |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 28                              | <b>Combinazioni coefficienti parziali di verifica</b>  |                                 |                      |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 29                              |  |                                 |                      |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 30                              | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2" style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">SLU</td> <td rowspan="2" style="width: 15%; text-align: center;">Approccio 1</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">comb. 1</td> <td style="width: 40%;">A1+M1+R1<br/>EQU+M2</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">comb. 2</td> <td>A2+M2+R2<br/>EQU+M2</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>31</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Approccio 2</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>32</td> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>33</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">SLE (DM88)</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>34</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">altro</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> </table> | SLU                             | Approccio 1          | comb. 1                          | A1+M1+R1<br>EQU+M2   | <input type="radio"/> | comb. 2 | A2+M2+R2<br>EQU+M2 | <input type="radio"/> | 31 |  | Approccio 2 |  | <input checked="" type="radio"/> | 32 |  |  |  | <input type="radio"/> | 33 | SLE (DM88) |  |  | <input type="radio"/> | 34 | altro |  |  | <input type="radio"/> |
| SLU                             | Approccio 1  |                                 |                      | comb. 1                          | A1+M1+R1<br>EQU+M2   | <input type="radio"/> |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
|                                 |  | comb. 2                         | A2+M2+R2<br>EQU+M2   | <input type="radio"/>            |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 31                              |  | Approccio 2                     |                      | <input checked="" type="radio"/> |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 32                              |  |                                 |                      | <input type="radio"/>            |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 33                              | SLE (DM88)   |                                 |                      | <input type="radio"/>            |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 34                              | altro  |                                 |                      | <input type="radio"/>            |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 35                              |  |                                 |                      |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| 36                              | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Peso Specifico del Calcestruzzo</td> <td style="width: 10%;">γ<sub>cls</sub> =</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">25,00</td> <td style="width: 50%;">(kN/m<sup>3</sup>)</td> </tr> </table>  | Peso Specifico del Calcestruzzo | γ <sub>cls</sub> =   | 25,00                            | (kN/m <sup>3</sup> ) |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |
| Peso Specifico del Calcestruzzo | γ <sub>cls</sub> =   | 25,00                           | (kN/m <sup>3</sup> ) |                                  |                      |                       |         |                    |                       |    |  |             |  |                                  |    |  |  |  |                       |    |            |  |  |                       |    |       |  |  |                       |



|                         |  |                      |             | valori caratteristici  |       | valori di progetto |     |
|-------------------------|--|----------------------|-------------|--|-------|--------------------|-----|
|                         |  |                      |             | SLE  |       | STR/GEO            | EQU |
| <b>Dati Geotecnici</b>  |  |                      |             |  |       |                    |     |
| Dati Terrapieno         | Angolo di attrito del terrapieno                       | (°)                  | $\varphi'$  | 26,00  | 26,00 | 21,32              |     |
|                         | Peso Unità di Volume del terrapieno                    | (kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma'$   | 19,00  | 19,00 | 19,00              |     |
|                         | Angolo di attrito terreno-superficie ideale            | (°)                  | $\delta$    | 17,33  | 17,33 | 14,21              |     |
| Condizioni              |  |                      |             | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate |       |                    |     |
| Dati Terreno Fondazione | Coesione Terreno di Fondazione                         | (kPa)                | $c1'$       | 10,00  | 10,00 | 8,00               |     |
|                         | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione            | (°)                  | $\varphi1'$ | 26,00  | 26,00 | 21,32              |     |
|                         | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione         | (kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma1$   | 20,00  | 20,00 | 20,00              |     |
|                         | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione     | (kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma d$  | 20,00  | 20,00 | 20,00              |     |
|                         | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m)                  | Hs          | 16,00  |       |                    |     |
|                         | Modulo di deformazione                                 | (kN/m <sup>2</sup> ) | E           | 150000   |       |                    |     |

|              |  |  |        |     |
|--------------|--|--|--------|-----|
| Dati Sismici | Accelerazione sismica                                | $a_g/g$  | 0,25   | (-) |
|              | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico            | $S_s$  | 1,14   | (-) |
|              | Coefficiente Amplificazione Topografico              | $S_T$  | 1      | (-) |
|              | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | $\beta_s$  | 0,28   | (-) |
|              | Coefficiente sismico orizzontale                     | kh   | 0,0798 | (-) |
|              | Coefficiente sismico verticale                       | kv   | 0,0399 | (-) |
|              | Muro libero di traslare o ruotare                    | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no |        |     |

|                        |  | SLE  |       | STR/GEO |       | EQU |  |
|------------------------|--|------|-------|---------|-------|-----|--|
| Coefficienti di Spinta | Coeff. di Spinta Attiva Statico          | ka   | 0,347 | 0,347   | 0,416 |     |  |
|                        | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +  | kas+ | 0,403 | 0,403   | 0,479 |     |  |
|                        | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -  | kas- | 0,408 | 0,408   | 0,484 |     |  |
|                        | Coeff. Di Spinta Passiva                 | kp   | 2,561 | 2,561   | 2,142 |     |  |
|                        | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | kps+ | 2,435 | 2,435   | 2,025 |     |  |
|                        | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | kps- | 2,424 | 2,424   | 2,015 |     |  |

**Riepilogo dei coefficienti di sicurezza.**

| Coefficienti di sicurezza |                    |                     |                      |
|---------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
|                           | <u>Scorrimento</u> | <u>Ribaltamento</u> | <u>Carico limite</u> |
| <b>Statico</b>            | <b>1,21</b>        | <b>8,73</b>         | <b>3,21</b>          |
| <b>Sismico</b>            | <b>1,10</b>        | <b>4,74</b>         | <b>3,03</b>          |

## Forze e verifiche geotecniche

### DATI DI PROGETTO:

#### Geometria del Muro

|                            |      |       |     |
|----------------------------|------|-------|-----|
| Elevazione                 | H3 = | 6,00  | (m) |
| Aggetto Valle              | B2 = | -2,40 | (m) |
| Spessore del Muro in Testa | B3 = | 0,95  | (m) |
| Aggetto monte              | B4 = | 2,40  | (m) |

#### Geometria della Fondazione

|                      |      |      |     |
|----------------------|------|------|-----|
| Larghezza Fondazione | B =  | 6,00 | (m) |
| Spessore Fondazione  | H2 = | 1,20 | (m) |
| Suola Lato Valle     | B1 = | 5,05 | (m) |
| Suola Lato Monte     | B5 = | 0,00 | (m) |
| Altezza dente        | Hd = | 0,00 | (m) |
| Larghezza dente      | Bd = | 0,00 | (m) |
| Mezzeria Sezione     | Xc = | 3,00 | (m) |

|                                 |                  |       |                      |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------|
| Peso Specifico del Calcestruzzo | $\gamma_{cls}$ = | 25,00 | (kN/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------|

### FORZE VERTICALI

|                      |                                      | SLE    | STR/GEO | EQU     |         |
|----------------------|--------------------------------------|--------|---------|---------|---------|
| - Peso del Muro (Pm) |                                      |        |         |         |         |
| Pm1 =                | $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | -180,00 | -180,00 | -162,00 |
| Pm2 =                | $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$   | (kN/m) | 142,50  | 142,50  | 128,25  |
| Pm3 =                | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 180,00  | 180,00  | 162,00  |
| Pm4 =                | $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$    | (kN/m) | 180,00  | 180,00  | 162,00  |
| Pm5 =                | $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$   | (kN/m) | 0,00    | 0,00    | 0,00    |
| Pm =                 | Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5          | (kN/m) | 322,50  | 322,50  | 290,25  |

|  |  |        |        |        |        |
|--|--|--------|--------|--------|--------|
| - Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt) |  |        |        |        |        |
| Pt1 =  | $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$                   | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Pt2 =  | $(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$ | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Pt3 =  | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$                | (kN/m) | 136,80 | 136,80 | 123,12 |
| Sovr =   | $q_p \cdot (B4 + B5)$                          | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Pt =   | Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr                         | (kN/m) | 136,80 | 136,80 | 123,12 |

|   |                       |        |   |   |  |
|---|-----------------------|--------|---|---|--|
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro |                       |        |   |   |  |
| Sovr acc. Stat  | $q \cdot (B4 + B5)$   | (kN/m) | 0 | 0 |  |
| Sovr acc. Sism  | $q_s \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0 |   |  |

### MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

|             |   | SLE     | STR/GEO | EQU     |         |
|-------------|---|---------|---------|---------|---------|
| - Muro (Mm) |   |         |         |         |         |
| Mm1 =       | $Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$           | (kNm/m) | -621,00 | -621,00 | -558,90 |
| Mm2 =       | $Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$      | (kNm/m) | 445,31  | 445,31  | 400,78  |
| Mm3 =       | $Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 792,00  | 792,00  | 712,80  |
| Mm4 =       | $Pm4 \cdot (B/2)$                         | (kNm/m) | 540,00  | 540,00  | 486,00  |
| Mm5 =       | $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$                    | (kNm/m) | 0,00    | 0,00    | 0,00    |
| Mm =        | Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5               | (kNm/m) | 1156,31 | 1156,31 | 1040,68 |

|   |   |         |        |        |        |
|---|---|---------|--------|--------|--------|
| - Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro |   |         |        |        |        |
| Mt1 =   | $Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$    | (kNm/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Mt2 =   | $Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$  | (kNm/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Mt3 =   | $Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$         | (kNm/m) | 711,36 | 711,36 | 640,22 |
| Msovr =   | $Sovr \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Mt =  | Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr                           | (kNm/m) | 711,36 | 711,36 | 640,22 |

|   |  |         |   |   |  |
|---|--|---------|---|---|--|
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro |  |         |   |   |  |
| Sovr acc. Stat  | $q \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$   | (kNm/m) | 0 | 0 |  |
| Sovr acc. Sism  | $q_s \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0 |   |  |

PROGETTAZIONE ATI:

**INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO**

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

|        |                 |        |       |
|--------|-----------------|--------|-------|
| Ps h = | $P_m \cdot k_h$ | (kN/m) | 25,74 |
| Ps v = | $P_m \cdot k_v$ | (kN/m) | 12,87 |

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

|        |                 |        |       |
|--------|-----------------|--------|-------|
| Ptsh = | $P_t \cdot k_h$ | (kN/m) | 10,92 |
| Ptsv = | $P_t \cdot k_v$ | (kN/m) | 5,46  |

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

|         |                                      |         |        |
|---------|--------------------------------------|---------|--------|
| MPs1 h= | $k_h \cdot P_m1 \cdot (H_2 + H_3/3)$ | (kNm/m) | -45,96 |
| MPs2 h= | $k_h \cdot P_m2 \cdot (H_2 + H_3/2)$ | (kNm/m) | 47,76  |
| MPs3 h= | $k_h \cdot P_m3 \cdot (H_2 + H_3/3)$ | (kNm/m) | 45,96  |
| MPs4 h= | $k_h \cdot P_m4 \cdot (H_2/2)$       | (kNm/m) | 8,62   |
| MPs5 h= | $-k_h \cdot P_m5 \cdot (H_d/2)$      | (kNm/m) | 0,00   |
| MPs h=  | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$   | (kNm/m) | 56,38  |

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

|         |  |         |        |
|---------|--|---------|--------|
| MPs1 v= | $k_v \cdot P_m1 \cdot (B_1 + 2/3 \cdot B_2)$     | (kNm/m) | -24,78 |
| MPs2 v= | $k_v \cdot P_m2 \cdot (B_1 + B_2 + B_3/2)$       | (kNm/m) | 17,77  |
| MPs3 v= | $k_v \cdot P_m3 \cdot (B_1 + B_2 + B_3 + B_4/3)$ | (kNm/m) | 31,60  |
| MPs4 v= | $k_v \cdot P_m4 \cdot (B/2)$                     | (kNm/m) | 21,55  |
| MPs5 v= | $k_v \cdot P_m5 \cdot (B - B_d/2)$               | (kNm/m) | 0,00   |
| MPs v=  | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$               | (kNm/m) | 46,14  |

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

|          |  |         |       |
|----------|--|---------|-------|
| MPts1 h= | $k_h \cdot P_t1 \cdot (H_2 + H_3/2)$         | (kNm/m) | 0,00  |
| MPts2 h= | $k_h \cdot P_t2 \cdot (H_2 + H_3 + H_4/3)$   | (kNm/m) | 0,00  |
| MPts3 h= | $k_h \cdot P_t3 \cdot (H_2 + H_3 \cdot 2/3)$ | (kNm/m) | 56,77 |
| MPts h=  | $MPts1 + MPts2 + MPts3$                      | (kNm/m) | 56,77 |

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

|          |  |         |       |
|----------|--|---------|-------|
| MPts1 v= | $k_v \cdot P_t1 \cdot ((H_2 + H_3/2) - (B - B_5/2) \cdot 0.5)$                               | (kNm/m) | 0,00  |
| MPts2 v= | $k_v \cdot P_t2 \cdot ((H_2 + H_3 + H_4/3) - (B - B_5/3) \cdot 0.5)$                         | (kNm/m) | 0,00  |
| MPts3 v= | $k_v \cdot P_t3 \cdot ((H_2 + H_3 \cdot 2/3) - (B_1 + B_2 + B_3 + 2/3 \cdot B_4) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 39,30 |
| MPts v=  | $MPts1 + MPts2 + MPts3$  | (kNm/m) | 39,30 |

**CONDIZIONE STATICA**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

|   |  |        |        |        |        |
|---|--|--------|--------|--------|--------|
| - Spinta totale condizione statica          |  |        |        |        |        |
| St =  | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$   | (kN/m) | 170,95 | 222,24 | 225,43 |
| Sq perm =                                   | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$  | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Sq acc =                                    | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$  | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| - Componente orizzontale condizione statica |  |        |        |        |        |
| Sth =                                       | $St \cdot \cos \delta$   | (kN/m) | 163,19 | 212,15 | 218,53 |
| Sqh perm =                                  | $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$  | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Sqh acc =                                   | $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$   | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| - Componente verticale condizione statica   |  |        |        |        |        |
| Stv =                                       | $St \cdot \sin \delta$   | (kN/m) | 50,93  | 66,21  | 55,34  |
| Sqv perm =                                  | $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$  | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Sqv acc =                                   | $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$   | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| - Spinta passiva sul dente                  |  |        |        |        |        |
| Sp =  | $\frac{1}{2} \cdot g_1 \cdot H_d^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2') \cdot H_d$ | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

|                         |  |           |        |        |        |
|-------------------------|--|-----------|--------|--------|--------|
|                         |  |           |        |        |        |
| MS <sub>t1</sub> =      | $St \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$   | ( kNm/m ) | 391,66 | 509,16 | 524,47 |
| MS <sub>t2</sub> =      | $St \cdot B$   | ( kNm/m ) | 305,59 | 397,27 | 332,02 |
| MS <sub>q1 perm</sub> = | $Sq \text{ perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$  | ( kNm/m ) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| MS <sub>q1 acc</sub> =  | $Sq \text{ acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$   | ( kNm/m ) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| MS <sub>q2 perm</sub> = | $Sqv \text{ perm} \cdot B$   | ( kNm/m ) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| MS <sub>q2 acc</sub> =  | $Sqv \text{ acc} \cdot B$  | ( kNm/m ) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| MS <sub>p</sub> =       | $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2') \cdot H_d^2 / 2$ | ( kNm/m ) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

|                      |   |           |      |      |      |
|----------------------|---|-----------|------|------|------|
| M <sub>fext1</sub> = | $m_p + m$                               | ( kNm/m ) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| M <sub>fext2</sub> = | $(f_p + f) \cdot (H_3 + H_2)$           | ( kNm/m ) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| M <sub>fext3</sub> = | $(v_p + v) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | ( kNm/m ) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

**VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)**

|                                       |  |  |  |             |             |
|---------------------------------------|--|--|--|-------------|-------------|
| Risultante forze verticali (N)        |  |  |  |             |             |
| N =                                   | $P_m + P_t + v + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$ |  |  | 525,51      | (kN/m)      |
| Risultante forze orizzontali (T)      |  |  |  |             |             |
| T =                                   | $Sth + Squ + f$  |  |  | 212,15      | (kN/m)      |
| Coefficiente di attrito alla base (f) |  |  |  |             |             |
| f =                                   | $\tan \phi_1'$   |  |  | 0,49        | (-)         |
| <b>Fs scorr.</b>                      | <b>(N*f + Sp) / T</b>                                      |  |  | <b>1,21</b> | <b>&gt;</b> |

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)**

|                            |                                  |             |             |
|----------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|
| Momento stabilizzante (Ms) |                                  |             |             |
| Ms =                       | Mm + Mt + Mfext3                 | 1680,91     | ( kNm/m )   |
| Momento ribaltante (Mr)    |                                  |             |             |
| Mr =                       | MSt + MSq + Mfext1+ Mfext2 + MSp | 192,45      | ( kNm/m )   |
| <b>Fs ribaltamento</b>     | <b>Ms / Mr</b>                   | <b>8,73</b> | <b>&gt;</b> |

**VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)**

|  |                                      |         |         |           |
|--|--------------------------------------|---------|---------|-----------|
| Risultante forze verticali (N)                         |                                      | Nmin    | Nmax    |           |
| N =  | Pm + Pt + v + Stv + Sqv (+ Sovr acc) | 525,51  | 525,51  | ( kN/m )  |
| Risultante forze orizzontali (T)                       |                                      |         |         |           |
| T =  | Sth + Sqh + f - Sp                   | 212,15  | 212,15  | ( kN/m )  |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) |                                      |         |         |           |
| MM =   | ΣM                                   | 1755,79 | 1755,79 | ( kNm/m ) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)    |                                      |         |         |           |
| M =  | Xc*N - MM                            | -179,25 | -179,25 | ( kNm/m ) |

**Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)**

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'Nc'ic + q_0'Nq'iq + 0,5*\gamma_1*B*N\gamma'i\gamma$$

|             |                                      |       |       |         |
|-------------|--------------------------------------|-------|-------|---------|
| c1'         | coesione terreno di fondaz.          | 10,00 |       | (kPa)   |
| φ1'         | angolo di attrito terreno di fondaz. | 26,00 |       | (°)     |
| γ1          | peso unità di volume terreno fondaz. | 10,00 |       | (kN/m³) |
| q0 = γd'H2' | sovraccarico stabilizzante           | 25,00 |       | (kN/m²) |
| e = M / N   | eccentricità                         | -0,34 | -0,34 | (m)     |
| B* = B - 2e | larghezza equivalente                | 5,32  | 5,32  | (m)     |

I valori di Nc, Nq e Nγ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

|   |                   |       |  |     |
|---|-------------------|-------|--|-----|
| $Nq = tg^2(45 + \varphi/2)*e^{(\pi*tg(\varphi))}$ | (1 in cond. nd)   | 11,85 |  | (-) |
| $Nc = (Nq - 1)/tg(\varphi)$                       | (2+π in cond. nd) | 22,25 |  | (-) |
| $N\gamma = 2*(Nq + 1)*tg(\varphi)$                | (0 in cond. nd)   | 12,54 |  | (-) |

I valori di ic, iq e iγ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

|  |                 |      |      |     |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $iq = (1 - T/(N + B*c'*cotg(\varphi)))^m$          | (1 in cond. nd) | 0,44 | 0,44 | (-) |
| $ic = iq - (1 - iq)/(Nq - 1)$                      |                 | 0,39 | 0,39 | (-) |
| $i\gamma = (1 - T/(N + B*c'*cotg(\varphi)))^{m+1}$ |                 | 0,29 | 0,29 | (-) |

(fondazione nastriforme m = 2)

PROGETTAZIONE ATI:

qlim (carico limite unitario) 316,85 316,85

**FS carico limite**  $F = qlim \cdot B^* / N$

Nmin **3,21** >

Nmax **3,21** >

**CONDIZIONE SISMICA +**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta condizione sismica +

|             |   | SLE           | STR/GEO | EQU    |
|-------------|---|---------------|---------|--------|
| Sst1 stat = | $0,5 \cdot \gamma^* (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$                                     | (kN/m) 170,95 | 170,95  | 204,93 |
| Sst1 sism = | $0,5 \cdot \gamma^* (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) 35,45  | 35,45   | 40,19  |
| Ssq1 perm=  | $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$  | (kN/m) 0,00   | 0,00    | 0,00   |
| Ssq1 acc =  | $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$  | (kN/m) 0,00   | 0,00    | 0,00   |

- Componente orizzontale condizione sismica +

|              |                                       |               |        |        |
|--------------|---------------------------------------|---------------|--------|--------|
| Sst1h stat = | $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) 163,19 | 163,19 | 198,66 |
| Sst1h sism = | $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) 33,84  | 33,84  | 38,96  |
| Ssq1h perm=  | $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Ssq1h acc=   | $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$  | (kN/m) 0,00   | 0,00   | 0,00   |

- Componente verticale condizione sismica +

|              |                                       |              |       |       |
|--------------|---------------------------------------|--------------|-------|-------|
| Sst1v stat = | $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) 50,93 | 50,93 | 50,31 |
| Sst1v sism = | $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) 10,56 | 10,56 | 9,87  |
| Ssq1v perm=  | $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Ssq1v acc=   | $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$  | (kN/m) 0,00  | 0,00  | 0,00  |

- Spinta passiva sul dente

|     |  |             |      |      |
|-----|--|-------------|------|------|
| Sp= | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1+kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^+ + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot (1+kv) \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd$ | (kN/m) 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|-----|--|-------------|------|------|

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Condizione sismica +

|              |  | SLE            | STR/GEO | EQU    |
|--------------|--|----------------|---------|--------|
| MSst1 stat = | $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$  | (kNm/m) 391,66 | 391,66  | 476,79 |
| MSst1 sism=  | $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$  | (kNm/m) 81,22  | 81,22   | 93,50  |
| MSst2 stat = | $Sst1v \text{ stat} \cdot B$   | (kNm/m) 305,59 | 305,59  | 301,84 |
| MSst2 sism = | $Sst1v \text{ sism} \cdot B$   | (kNm/m) 63,37  | 63,37   | 59,19  |
| MSsq1 =      | $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$   | (kNm/m) 0,00   | 0,00    | 0,00   |
| MSsq2 =      | $Ssq1v \cdot B$  | (kNm/m) 0,00   | 0,00    | 0,00   |
| MSp =        | $\gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kps^+ / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$ | (kNm/m) 0,00   | 0,00    | 0,00   |

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

|          |                                  |              |  |  |
|----------|----------------------------------|--------------|--|--|
| Mfext1 = | $mp+ms$                          | (kNm/m) 0,00 |  |  |
| Mfext2 = | $(fp+fs) \cdot (H3 + H2)$        | (kNm/m) 0,00 |  |  |
| Mfext3 = | $(vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$ | (kNm/m) 0,00 |  |  |

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

|                                       |   |   |                  |
|---------------------------------------|---|---|------------------|
| Risultante forze verticali (N)        |   |   |                  |
| N                                     | = | $Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$ | 539,12 (kN/m)    |
| Risultante forze orizzontali (T)      |   |   |                  |
| T                                     | = | $Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh$           | 233,69 (kN/m)    |
| Coefficiente di attrito alla base (f) |   |   |                  |
| f                                     | = | $tg\phi'$   | 0,49 (-)         |
| <b>Fs</b>                             | = | <b><math>(N \cdot f + Sp) / T</math></b>          | <b>1,13 &gt;</b> |

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

|                            |   |  |                  |
|----------------------------|---|--|------------------|
| Momento stabilizzante (Ms) |   |  |                  |
| Ms                         | = | $Mm + Mt + Mfext3$                                 | 1867,67 (kNm/m)  |
| Momento ribaltante (Mr)    |   |  |                  |
| Mr                         | = | $MSst + MSsq + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MPs + Mpts$ | 236,97 (kNm/m)   |
| <b>Fr</b>                  | = | <b><math>Ms / Mr</math></b>                        | <b>7,88 &gt;</b> |

### VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

|  |   |  |                                |
|--|---|--|--------------------------------|
| Risultante forze verticali (N)                         |   |  |                                |
| N  | = | $Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv + (Sovr acc)$ | Nmin 539,12 Nmax 539,12 (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T)                       |   |  |                                |
| T  | = | $Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh - Sp$                   | 233,69 (kN/m)                  |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) |   |  |                                |
| MM   | = | $\Sigma M$   | 1736,05 1736,05 (kNm/m)        |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)    |   |  |                                |
| M  | = | $Xc \cdot N - MM$  | -118,69 -118,69 (kNm/m)        |

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

|                             |                                      |       |       |                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|-------|----------------------|
| $c'1'$                      | coesione terreno di fondaz.          | 10,00 |       | (kN/mq)              |
| $\varphi'1'$                | angolo di attrito terreno di fondaz. | 26,00 |       | (°)                  |
| $\gamma_1$                  | peso unità di volume terreno fondaz. | 10,00 |       | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| $q_0 = \gamma d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante           | 25,00 |       | (kN/m <sup>2</sup> ) |
| $e = M / N$                 | eccentricità                         | -0,22 | -0,22 | (m)                  |
| $B^* = B - 2e$              | larghezza equivalente                | 5,56  | 5,56  | (m)                  |

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

|  |                          |       |  |     |
|--|--------------------------|-------|--|-----|
| $N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan(\varphi'))}$ | (1 in cond. nd)          | 11,85 |  | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \tan(\varphi')$                                   | ( $2 + \pi$ in cond. nd) | 22,25 |  | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\varphi')$                  | (0 in cond. nd)          | 12,54 |  | (-) |

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

|  |                 |      |      |     |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cot(\varphi')))^m$          | (1 in cond. nd) | 0,41 | 0,41 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$                                  |                 | 0,36 | 0,36 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cot(\varphi')))^{m+1}$ |                 | 0,26 | 0,26 | (-) |

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

|           |                          |        |        |                      |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| $q_{lim}$ | (carico limite unitario) | 294,27 | 294,27 | (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

|                         |   |           |             |   |
|-------------------------|---|-----------|-------------|---|
| <b>FS carico limite</b> | <b><math>F = q_{lim} \cdot B^* / N</math></b> | $N_{min}$ | <b>3,03</b> | > |
|                         |   | $N_{max}$ | <b>3,03</b> | > |

**CONDIZIONE SISMICA -**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta condizione sismica -

|             |   | SLE    | STR/GEO | EQU    |        |
|-------------|---|--------|---------|--------|--------|
| Sst1 stat = | $0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$                              | (kN/m) | 170,95  | 170,95 | 204,93 |
| Sst1 sism = | $0,5 \cdot \gamma' \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^- - Sst1\ stat$ | (kN/m) | 22,05   | 22,05  | 24,13  |
| Ssq1 perm=  | $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$  | (kN/m) | 0,00    | 0,00   | 0,00   |
| Ssq1 acc =  | $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$  | (kN/m) | 0,00    | 0,00   | 0,00   |

- Componente orizzontale condizione sismica -

|              |                               |        |        |        |        |
|--------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Sst1h stat = | $Sst1\ stat \cdot \cos\delta$ | (kN/m) | 163,19 | 163,19 | 198,66 |
| Sst1h sism = | $Sst1\ sism \cdot \cos\delta$ | (kN/m) | 21,04  | 21,04  | 23,39  |
| Ssq1h perm=  | $Ssq1\ perm \cdot \cos\delta$ | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Ssq1h acc=   | $Ssq1\ acc \cdot \cos\delta$  | (kN/m) | 0,00   | 0,00   | 0,00   |

- Componente verticale condizione sismica -

|              |                               |        |       |       |       |
|--------------|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Sst1v stat = | $Sst1\ stat \cdot \sin\delta$ | (kN/m) | 50,93 | 50,93 | 50,31 |
| Sst1v sism = | $Sst1\ sism \cdot \sin\delta$ | (kN/m) | 6,57  | 6,57  | 5,92  |
| Ssq1v perm=  | $Ssq1\ perm \cdot \sin\delta$ | (kN/m) | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Ssq1v acc=   | $Ssq1\ acc \cdot \sin\delta$  | (kN/m) | 0,00  | 0,00  | 0,00  |

- Spinta passiva sul dente

|     |   |        |      |      |      |
|-----|---|--------|------|------|------|
| Sp= | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1-kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^- + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{-0.5} + \gamma_1' \cdot (1-kv) \cdot kps^- \cdot H2') \cdot Hd$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|-----|---|--------|------|------|------|

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Condizione sismica -

|              |   | SLE       | STR/GEO | EQU    |        |
|--------------|---|-----------|---------|--------|--------|
| MSst1 stat = | $Sst1h\ stat \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$  | ( kNm/m ) | 391,66  | 391,66 | 476,79 |
| MSst1 sism=  | $Sst1h\ sism \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$  | ( kNm/m ) | 50,51   | 50,51  | 56,13  |
| MSst2 stat = | $Sst1v\ stat \cdot B$   | ( kNm/m ) | 305,59  | 305,59 | 301,84 |
| MSst2 sism = | $Sst1v\ sism \cdot B$   | ( kNm/m ) | 39,41   | 39,41  | 35,54  |
| MSsq1 =      | $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$  | ( kNm/m ) | 0,00    | 0,00   | 0,00   |
| MSsq2 =      | $Ssq1v \cdot B$   | ( kNm/m ) | 0,00    | 0,00   | 0,00   |
| MSp =        | $\gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kps^+ / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot kps^+ \cdot H2') \cdot Hd^2 / 2$ | ( kNm/m ) | 0,00    | 0,00   | 0,00   |

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

|          |                                  |           |  |      |
|----------|----------------------------------|-----------|--|------|
| Mfext1 = | $mp+ms$                          | ( kNm/m ) |  | 0,00 |
| Mfext2 = | $(fp+fs) \cdot (H3 + H2)$        | ( kNm/m ) |  | 0,00 |
| Mfext3 = | $(vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$ | ( kNm/m ) |  | 0,00 |

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

|   |  |             |             |
|---|--|-------------|-------------|
| Risultante forze verticali (N)                        |  |             |             |
| $N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$ |  | 498,47      | (kN/m)      |
| Risultante forze orizzontali (T)                      |  |             |             |
| $T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh$           |  | 220,89      | (kN/m)      |
| Coefficiente di attrito alla base (f)                 |  |             |             |
| $f = \operatorname{tg} \varphi 1'$                    |  | 0,49        | (-)         |
| <b><math>Fs = (N \cdot f + Sp) / T</math></b>         |  | <b>1,10</b> | <b>&gt;</b> |

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

|   |  |             |             |
|---|--|-------------|-------------|
| Momento stabilizzante (Ms)                              |  |             |             |
| $Ms = Mm + Mt + Mfext3$                                 |  | 1867,67     | (kNm/m)     |
| Momento ribaltante (Mr)                                 |  |             |             |
| $Mr = MSst + MSsq + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MPs + Mpts$ |  | 394,13      | (kNm/m)     |
| <b><math>Fr = Ms / Mr</math></b>                        |  | <b>4,74</b> | <b>&gt;</b> |

### VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

|  |  |         |         |         |
|--|--|---------|---------|---------|
| Risultante forze verticali (N)                         |  | Nmin    | Nmax    |         |
| $N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$  |  | 498,47  | 498,47  | (kN/m)  |
| Risultante forze orizzontali (T)                       |  |         |         |         |
| $T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh - Sp$       |  | 220,89  |         | (kN/m)  |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) |  |         |         |         |
| $MM = \sum M$  |  | 1571,93 | 1571,93 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)    |  |         |         |         |
| $M = Xc \cdot N - MM$                                  |  | -76,51  | -76,51  | (kNm/m) |

### Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

**OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO – MURI DI SOSTEGNO IMBOCCO OVEST GN MERCATELLO 2**

|                        |                                      |       |       |                      |
|------------------------|--------------------------------------|-------|-------|----------------------|
| $c1'$                  | coesione terreno di fondaz.          | 10,00 |       | (kN/mq)              |
| $\varphi1'$            | angolo di attrito terreno di fondaz. | 26,00 |       | (°)                  |
| $\gamma_1$             | peso unità di volume terreno fondaz. | 10,00 |       | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| $q_0 = \gamma d * H2'$ | sovraccarico stabilizzante           | 25,00 |       | (kN/m <sup>2</sup> ) |
| $e = M / N$            | eccentricità                         | -0,15 | -0,15 | (m)                  |
| $B^* = B - 2e$         | larghezza equivalente                | 5,69  | 5,69  | (m)                  |

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

|  |                          |       |  |     |
|--|--------------------------|-------|--|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\varphi))}$ | (1 in cond. nd)          | 11,85 |  | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi)$                               | ( $2 + \pi$ in cond. nd) | 22,25 |  | (-) |
| $N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\varphi)$                      | (0 in cond. nd)          | 12,54 |  | (-) |

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

|  |                 |      |      |     |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg}(\varphi)))^m$          | (1 in cond. nd) | 0,41 | 0,41 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$                              |                 | 0,36 | 0,36 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg}(\varphi)))^{m+1}$ |                 | 0,26 | 0,26 | (-) |

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

|           |                          |  |        |        |
|-----------|--------------------------|--|--------|--------|
| $q_{lim}$ | (carico limite unitario) |  | 295,07 | 295,07 |
|-----------|--------------------------|--|--------|--------|

|                         |   |           |             |   |
|-------------------------|---|-----------|-------------|---|
| <b>FS carico limite</b> | <b><math>F = q_{lim} * B^* / N</math></b> | $N_{min}$ | <b>3,37</b> | > |
|                         |   | $N_{max}$ | <b>3,37</b> | > |

**Sollecitazione e verifiche strutturali SLU – Fessurazione - Tensioni**

**CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE**

Reazione del terreno

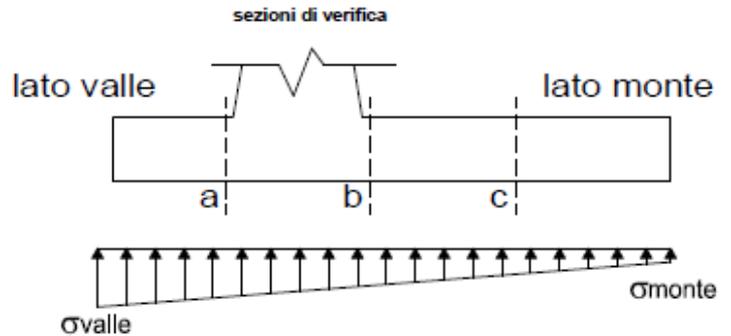
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 6,00 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 6,00 \quad (m^3)$$

| caso    | N      | M       | $\sigma_{valle}$     | $\sigma_{monte}$     |
|---------|--------|---------|----------------------|----------------------|
|         | [kN]   | [kNm]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| statico | 525,51 | -179,25 | 57,71                | 117,46               |
|         | 525,51 | -179,25 | 57,71                | 117,46               |
| sisma+  | 539,12 | -118,89 | 70,07                | 109,64               |
|         | 539,12 | -118,89 | 70,07                | 109,64               |
| sisma-  | 498,47 | -78,51  | 70,33                | 95,83                |
|         | 498,47 | -78,51  | 70,33                | 95,83                |



**Mensola Lato Valle**

Peso Proprio. PP = 30,00 (kN/m)

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^3 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_a = \sigma_1 \cdot B + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B / 2 - PP \cdot B \cdot (1 \pm kv)$$

| caso    | $\sigma_{valle}$     | $\sigma_1$           | M <sub>a</sub> | V <sub>a</sub> |
|---------|----------------------|----------------------|----------------|----------------|
|         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kNm]          | [kN]           |
| statico | 57,71                | 108,00               | 567,09         | 268,92         |
|         | 57,71                | 108,00               | 567,09         | 268,92         |
| sisma+  | 70,07                | 103,37               | 637,24         | 347,83         |
|         | 70,07                | 103,37               | 652,50         | 347,83         |
| sisma-  | 70,33                | 91,79                | 620,73         | 295,27         |
|         | 70,33                | 91,79                | 605,46         | 295,27         |

**Mensola Lato Monte**

PP = 30,00 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione  
PD = 0,00 (kN/m) peso proprio dente

|     | N <sub>min</sub> | N <sub>max stat</sub> | N <sub>max sism</sub> |                      |
|-----|------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| pm  | 114,00           | 114,00                | 114,00                | (kN/m <sup>2</sup> ) |
| pvb | 114,00           | 114,00                | 114,00                | (kN/m <sup>2</sup> ) |
| pvc | 114,00           | 114,00                | 114,00                | (kN/m <sup>2</sup> ) |

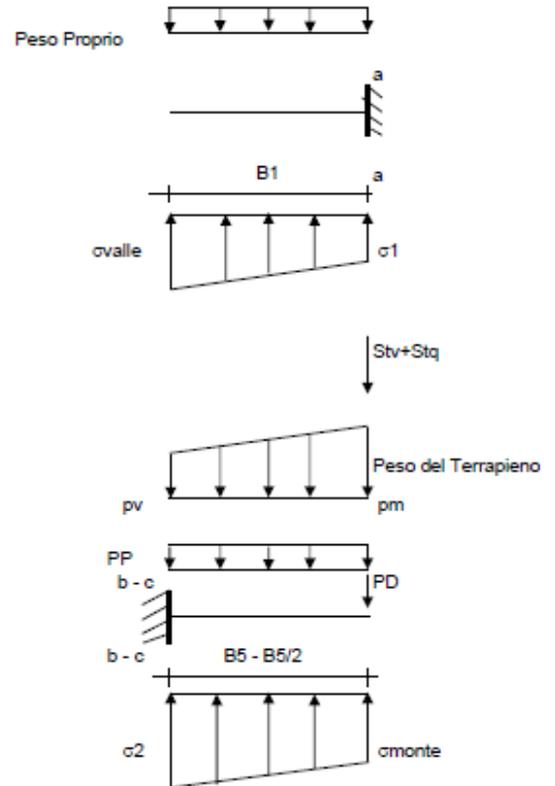
$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 b - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 c - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B + (\sigma_2 b - \sigma_{monte}) \cdot B / 2 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2) + (\sigma_2 c - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2) / 2 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2) / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

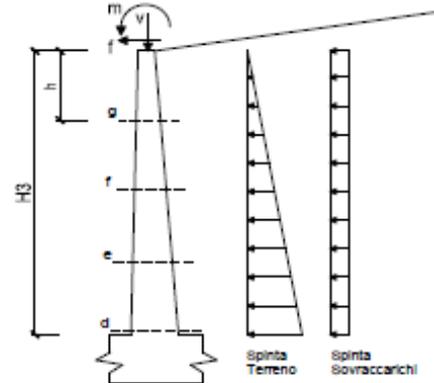
| caso    | $\sigma_{monte}$     | $\sigma_2 b$         | M <sub>b</sub> | V <sub>b</sub> | $\sigma_2 c$         | M <sub>c</sub> | V <sub>c</sub> |
|---------|----------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
|         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kNm]          | [kN]           | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kNm]          | [kN]           |
| statico | 117,46               | 117,46               | 0,00           | -88,21         | 117,46               | 0,00           | -88,21         |
|         | 117,46               | 117,46               | 0,00           | -88,21         | 117,46               | 0,00           | -88,21         |
| sisma+  | 109,64               | 109,64               | 0,00           | -81,49         | 109,64               | 0,00           | -81,49         |
|         | 109,64               | 109,64               | 0,00           | -81,49         | 109,64               | 0,00           | -81,49         |
| sisma-  | 95,83                | 95,83                | 0,00           | -57,50         | 95,83                | 0,00           | -57,50         |
|         | 95,83                | 95,83                | 0,00           | -57,50         | 95,83                | 0,00           | -57,50         |



**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

$$\begin{aligned}
 M_{t \text{ stat}} &= \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3 \\
 M_{t \text{ sism}} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a \text{ orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a \text{ orizz.}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad \text{o} \cdot h/3 \\
 M_q &= \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h^2 \\
 M_{\text{ext}} &= m + f \cdot h \\
 M_{\text{inerzia}} &= \sum P_m \cdot b_i \cdot kh \\
 N_{\text{ext}} &= v \\
 N_{\text{pp+inerzia}} &= \sum P_m \cdot (1 \pm kv) \\
 V_{t \text{ stat}} &= \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \\
 V_{t \text{ sism}} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a \text{ orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a \text{ orizz.}}) \cdot h^2 \\
 V_q &= K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h \\
 V_{\text{ext}} &= f \\
 V_{\text{inerzia}} &= \sum P_m \cdot kh
 \end{aligned}$$



**condizione statica**

| sezione | h [m] | Mt [kNm/m] | Mq [kNm/m] | M <sub>ext</sub> [kNm/m] | M <sub>tot</sub> [kNm/m] | N <sub>ext</sub> [kN/m] | N <sub>pp</sub> [kN/m] | N <sub>tot</sub> [kN/m] |
|---------|-------|------------|------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| d-d     | 6,00  | 294,65     | 0,00       | 0,00                     | 294,65                   | 0,00                    | 142,50                 | 142,50                  |
| e-e     | 4,50  | 124,31     | 0,00       | 0,00                     | 124,31                   | 0,00                    | 106,88                 | 106,88                  |
| f-f     | 3,00  | 36,83      | 0,00       | 0,00                     | 36,83                    | 0,00                    | 71,25                  | 71,25                   |
| g-g     | 1,50  | 4,60       | 0,00       | 0,00                     | 4,60                     | 0,00                    | 35,63                  | 35,63                   |

| sezione | h [m] | Vt [kN/m] | Vq [kN/m] | V <sub>ext</sub> [kN/m] | V <sub>tot</sub> [kN/m] |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------------------|-------------------------|
| d-d     | 6,00  | 147,32    | 0,00      | 0,00                    | 147,32                  |
| e-e     | 4,50  | 82,87     | 0,00      | 0,00                    | 82,87                   |
| f-f     | 3,00  | 36,83     | 0,00      | 0,00                    | 36,83                   |
| g-g     | 1,50  | 9,21      | 0,00      | 0,00                    | 9,21                    |

**condizione sismica +**

| sezione | h [m] | M <sub>t stat</sub> [kNm/m] | M <sub>t sism</sub> [kNm/m] | M <sub>q</sub> [kNm/m] | M <sub>ext</sub> [kNm/m] | M <sub>inerzia</sub> [kNm/m] | M <sub>tot</sub> [kNm/m] | N <sub>ext</sub> [kN/m] | N <sub>pp+inerzia</sub> [kN/m] | N <sub>tot</sub> [kN/m] |
|---------|-------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| d-d     | 6,00  | 226,65                      | 49,24                       | 0,00                   | 0,00                     | 34,11                        | 310,01                   | 0,00                    | 148,19                         | 148,19                  |
| e-e     | 4,50  | 95,62                       | 20,77                       | 0,00                   | 0,00                     | 19,19                        | 135,58                   | 0,00                    | 111,14                         | 111,14                  |
| f-f     | 3,00  | 28,33                       | 6,15                        | 0,00                   | 0,00                     | 8,53                         | 43,02                    | 0,00                    | 74,09                          | 74,09                   |
| g-g     | 1,50  | 3,54                        | 0,77                        | 0,00                   | 0,00                     | 2,13                         | 6,44                     | 0,00                    | 37,05                          | 37,05                   |

| sezione | h [m] | V <sub>t stat</sub> [kN/m] | V <sub>t sism</sub> [kN/m] | V <sub>q</sub> [kN/m] | V <sub>ext</sub> [kN/m] | V <sub>inerzia</sub> [kN/m] | V <sub>tot</sub> [kN/m] |
|---------|-------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| d-d     | 6,00  | 113,33                     | 24,62                      | 0,00                  | 0,00                    | 11,37                       | 149,32                  |
| e-e     | 4,50  | 63,75                      | 13,85                      | 0,00                  | 0,00                    | 8,53                        | 86,12                   |
| f-f     | 3,00  | 28,33                      | 6,15                       | 0,00                  | 0,00                    | 5,69                        | 40,17                   |
| g-g     | 1,50  | 7,08                       | 1,54                       | 0,00                  | 0,00                    | 2,84                        | 11,46                   |

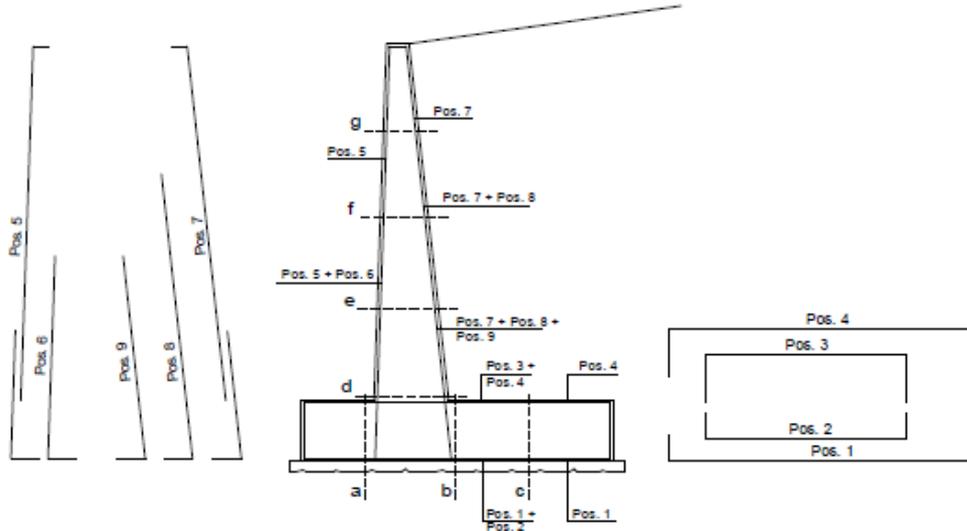
**condizione sismica -**

| sezione | h [m] | M <sub>t stat</sub> [kNm/m] | M <sub>t sism</sub> [kNm/m] | M <sub>q</sub> [kNm/m] | M <sub>ext</sub> [kNm/m] | M <sub>inerzia</sub> [kNm/m] | M <sub>tot</sub> [kNm/m] | N <sub>ext</sub> [kN/m] | N <sub>pp+inerzia</sub> [kN/m] | N <sub>tot</sub> [kN/m] |
|---------|-------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| d-d     | 6,00  | 226,65                      | 30,62                       | 0,00                   | 0,00                     | 34,11                        | 291,39                   | 0,00                    | 136,81                         | 136,81                  |
| e-e     | 4,50  | 95,62                       | 12,92                       | 0,00                   | 0,00                     | 19,19                        | 127,73                   | 0,00                    | 102,61                         | 102,61                  |
| f-f     | 3,00  | 28,33                       | 3,83                        | 0,00                   | 0,00                     | 8,53                         | 40,69                    | 0,00                    | 68,41                          | 68,41                   |
| g-g     | 1,50  | 3,54                        | 0,48                        | 0,00                   | 0,00                     | 2,13                         | 6,15                     | 0,00                    | 34,20                          | 34,20                   |

| sezione | h [m] | V <sub>t stat</sub> [kN/m] | V <sub>t sism</sub> [kN/m] | V <sub>q</sub> [kN/m] | V <sub>ext</sub> [kN/m] | V <sub>inerzia</sub> [kN/m] | V <sub>tot</sub> [kN/m] |
|---------|-------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| d-d     | 6,00  | 113,33                     | 15,31                      | 0,00                  | 0,00                    | 11,37                       | 140,01                  |
| e-e     | 4,50  | 63,75                      | 8,61                       | 0,00                  | 0,00                    | 8,53                        | 80,89                   |
| f-f     | 3,00  | 28,33                      | 3,83                       | 0,00                  | 0,00                    | 5,69                        | 37,84                   |
| g-g     | 1,50  | 7,08                       | 0,96                       | 0,00                  | 0,00                    | 2,84                        | 10,88                   |

PROGETTAZIONE ATI:

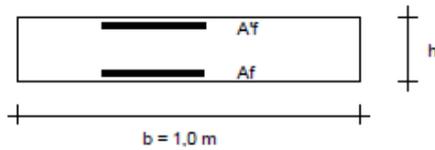
**SCHEMA DELLE ARMATURE**



**ARMATURE**

| pos | n°/ml | φ  | II strato | pos | n°/ml | φ  | II strato |
|-----|-------|----|-----------|-----|-------|----|-----------|
| 1   | 5,0   | 26 |           | 5   | 5,0   | 16 |           |
| 2   | 0,0   | 24 | □         | 6   | 0,0   | 24 | □         |
| 3   | 0,0   | 16 | □         | 7   | 5,0   | 26 |           |
| 4   | 5,0   | 26 |           | 8   | 0,0   | 20 | □         |
|     |       |    |           | 9   | 0,0   | 12 | □         |

**VERIFICHE**



- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

| Sez.  | M      | N      | h    | Af                 | A'f                | Mu      |
|-------|--------|--------|------|--------------------|--------------------|---------|
| (-)   | (kNm)  | (kN)   | (m)  | (cm <sup>2</sup> ) | (cm <sup>2</sup> ) | (kNm)   |
| a - a | 652,50 | 0,00   | 1,20 | 26,55              | 26,55              | 1108,27 |
| b - b | 0,00   | 0,00   | 1,20 | 26,55              | 26,55              | 1108,27 |
| c - c | 0,00   | 0,00   | 1,20 | 26,55              | 26,55              | 1108,27 |
| d - d | 310,01 | 148,19 | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 921,40  |
| e - e | 135,58 | 111,14 | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 906,02  |
| f - f | 43,02  | 74,09  | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 890,59  |
| g - g | 6,44   | 37,05  | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 875,11  |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

| Sez.  | V <sub>Ed</sub> | h    | V <sub>Ed</sub> | e staffe | i orizz. | i vert. | θ    | V <sub>Rsd</sub> |                                  |
|-------|-----------------|------|-----------------|----------|----------|---------|------|------------------|----------------------------------|
| (-)   | (kN)            | (m)  | (kN)            | (mm)     | (cm)     | (cm)    | (°)  | (kN)             |                                  |
| a - a | 347,83          | 1,20 | 364,26          | 10       | 20       | 20      | 21,8 | 1899,68          | Armatura a taglio non necessaria |
| b - b | 66,21           | 1,20 | 364,26          | 10       | 20       | 20      | 21,8 | 1899,68          | Armatura a taglio non necessaria |
| c - c | 66,21           | 1,20 | 364,26          | 10       | 20       | 20      | 21,8 | 1899,68          | Armatura a taglio non necessaria |
| d - d | 149,32          | 0,95 | 342,27          | 10       | 20       | 20      | 21,8 | 1486,71          | Armatura a taglio non necessaria |
| e - e | 86,12           | 0,95 | 337,01          | 10       | 20       | 20      | 21,8 | 1486,71          | Armatura a taglio non necessaria |
| f - f | 40,17           | 0,95 | 331,74          | 10       | 20       | 20      | 21,8 | 1486,71          | Armatura a taglio non necessaria |
| g - g | 11,46           | 0,95 | 326,48          | 10       | 20       | 20      | 21,8 | 1486,71          | Armatura a taglio non necessaria |

PROGETTAZIONE ATI:

**VERIFICA A FESSURAZIONE**

**CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE**

Reazione del terreno

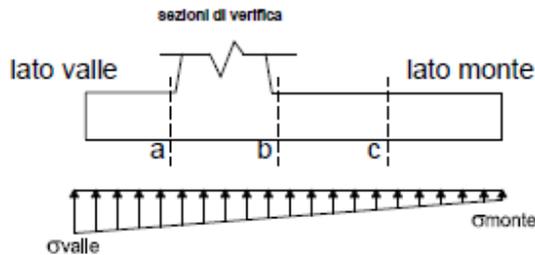
$c_{valle} = N / A + M / W_{gg}$

$c_{monte} = N / A - M / W_{gg}$

$A = 1.0 \cdot B = 6,00 \text{ (m}^2\text{)}$

$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 6,00 \text{ (m}^3\text{)}$

| caso  | N      | M       | $c_{valle}$          | $c_{monte}$          |
|-------|--------|---------|----------------------|----------------------|
|       | [kN]   | [kNm]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| Freq. | 510,23 | -250,91 | 43,22                | 126,86               |
| Q.P.  | 510,23 | -250,91 | 43,22                | 126,86               |

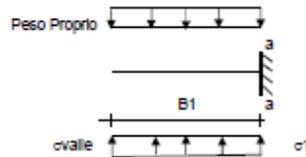


**Mensola Lato Valle**

Peso Proprio. PP = 30,00 (kN/m)

$Ma = c1 \cdot B^2 / 2 + (c_{valle} - c1) \cdot B^3 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 + kv)$

| caso  | $c_{valle}$          | $c1$                 | Ma     |
|-------|----------------------|----------------------|--------|
|       | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kNm]  |
| Freq. | 43,22                | 113,61               | 467,78 |
| Q.P.  | 43,22                | 113,61               | 467,78 |



**Mensola Lato Monte**

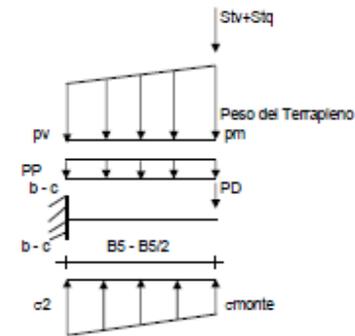
PP = 30,00 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione  
PD = 0,00 (kN/m) peso proprio dente

|     | Nmin   | N max Freq | N max QP |                      |
|-----|--------|------------|----------|----------------------|
| pm  | 114,00 | 114,00     | 114,00   | (kN/m <sup>2</sup> ) |
| pvb | 114,00 | 114,00     | 114,00   | (kN/m <sup>2</sup> ) |
| pvc | 114,00 | 114,00     | 114,00   | (kN/m <sup>2</sup> ) |

$Mb = (c_{monte} \cdot (p_{vb} + PP)) \cdot (B5/2)^2 + (c2b - c_{monte}) \cdot (B5/6) \cdot (p_m - p_{vb}) \cdot (B5/3) - (Stv + Sqv) \cdot B5 \cdot PD \cdot (B5 - Bd/2) + Msp + Sp \cdot H/2$

$Mc = (c_{monte} \cdot (p_{vc} + PP)) \cdot (B5/2)^2 + (c2c - c_{monte}) \cdot (B5/6) \cdot (p_m - p_{vc}) \cdot (B5/2)^2/3 - (Stv + Sqv) \cdot (B5/2) \cdot PD \cdot (B5/2 - Bd/2) + Msp + Sp \cdot H/2$

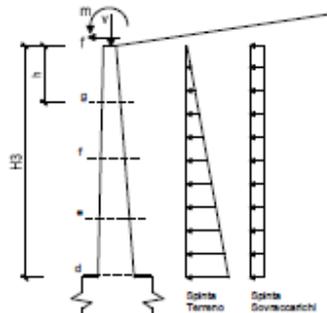
| caso  | $c_{monte}$          | $c2b$                | Mb    | $c2c$                | Mc    |
|-------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
|       | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kNm] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kNm] |
| Freq. | 126,86               | 126,86               | 0,00  | 126,86               | 0,00  |
| Q.P.  | 126,86               | 126,86               | 0,00  | 126,86               | 0,00  |



**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

$M_t = \frac{1}{2} K_a \gamma_{so} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$   
 $M_q = \frac{1}{2} K_a \gamma_{so} \cdot q \cdot h^2$   
 $M_{tot} = m + f \cdot h$   
 $N_{tot} = v$



**condizione Frequente**

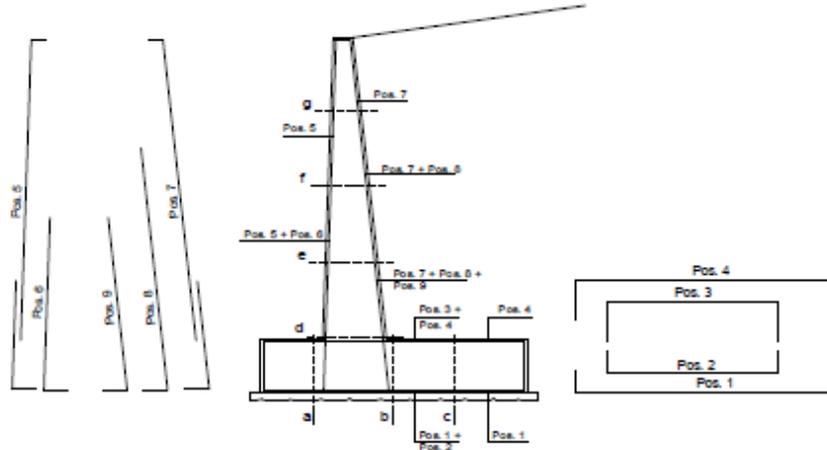
| sezione | h [m] | Mt [kNm/m] | Mq [kNm/m] | M <sub>tot</sub> [kNm/m] | M <sub>tot</sub> [kNm/m] | N <sub>tot</sub> [kN/m] | N <sub>tot</sub> [kN/m] | N <sub>tot</sub> [kN/m] |
|---------|-------|------------|------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| d-d     | 6,00  | 226,65     | 0,00       | 0,00                     | 226,65                   | 0,00                    | 142,50                  | 142,50                  |
| e-e     | 4,50  | 95,62      | 0,00       | 0,00                     | 95,62                    | 0,00                    | 106,88                  | 106,88                  |
| f-f     | 3,00  | 28,33      | 0,00       | 0,00                     | 28,33                    | 0,00                    | 71,25                   | 71,25                   |
| g-g     | 1,50  | 3,54       | 0,00       | 0,00                     | 3,54                     | 0,00                    | 35,63                   | 35,63                   |

PROGETTAZIONE ATI:

**condizione Quasi Permanente**

| sezione | h    | Mt      | Mq      | M <sub>tot</sub> | M <sub>tot</sub> | N <sub>tot</sub> | N <sub>sp</sub> | N <sub>tot</sub> |
|---------|------|---------|---------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
|         | [m]  | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m]          | [kNm/m]          | [kN/m]           | [kN/m]          | [kN/m]           |
| d-d     | 6,00 | 226,65  | 0,00    | 0,00             | 226,65           | 0,00             | 142,50          | 142,50           |
| e-e     | 4,50 | 95,62   | 0,00    | 0,00             | 95,62            | 0,00             | 106,88          | 106,88           |
| f-f     | 3,00 | 28,33   | 0,00    | 0,00             | 28,33            | 0,00             | 71,25           | 71,25            |
| g-g     | 1,50 | 3,54    | 0,00    | 0,00             | 3,54             | 0,00             | 35,63           | 35,63            |

**SCHEMA DELLE ARMATURE**



**ARMATURE**

| pos | n°/ml | φ  | II strato | pos | n°/ml | φ  | II strato |
|-----|-------|----|-----------|-----|-------|----|-----------|
| 1   | 5,0   | 26 | □         | 5   | 5,0   | 16 | □         |
| 2   | 0,0   | 24 |           |     |       |    |           |
| 3   | 0,0   | 16 |           |     |       |    |           |
| 4   | 5,0   | 26 |           |     |       |    |           |
|     |       |    |           | 6   | 0,0   | 24 | □         |
|     |       |    |           | 7   | 5,0   | 26 |           |
|     |       |    |           | 8   | 0,0   | 20 |           |
|     |       |    |           | 9   | 0,0   | 12 | □         |

**VERIFICHE**



- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

**condizione Frequente**

| Sez. | M      | N      | h    | Af                 | AT                 | σc                   | σt                   | wk    | w <sub>lim</sub>            |
|------|--------|--------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|-----------------------------|
| (-)  | [kNm]  | [kN]   | [m]  | [cm <sup>2</sup> ] | [cm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] | [mm]  | [mm]                        |
| a-a  | 467,78 | 0,00   | 1,20 | 26,55              | 26,55              | 2,87                 | 163,71               | 0,166 | 0,300                       |
| b-b  | 0,00   | 0,00   | 1,20 | 26,55              | 26,55              | 0,00                 | 0,00                 | 0,000 | 0,300                       |
| c-c  | 0,00   | 0,00   | 1,20 | 26,55              | 26,55              | 0,00                 | 0,00                 | 0,000 | 0,300                       |
| d-d  | 226,65 | 142,50 | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 2,35                 | 79,67                | 0,076 | 0,300                       |
| e-e  | 95,62  | 106,88 | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 1,01                 | 26,53                | 0,025 | 0,300                       |
| f-f  | 28,33  | 71,25  | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 0,29                 | 3,25                 | 0,003 | 0,300                       |
| g-g  | 3,54   | 35,63  | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 0,00                 | -                    | -     | 0,300 <b>sez. compressa</b> |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

**condizione Quasi Permanente**

| Sez. | M      | N      | h    | Af                 | AT                 | σc                   | σt                   | wk    | w <sub>lim</sub>            |
|------|--------|--------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|-----------------------------|
| (-)  | [kNm]  | [kN]   | [m]  | [cm <sup>2</sup> ] | [cm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] | [mm]  | [mm]                        |
| a-a  | 467,78 | 0,00   | 1,20 | 26,55              | 26,55              | 2,87                 | 163,71               | 0,166 | 0,400                       |
| b-b  | 0,00   | 0,00   | 1,20 | 26,55              | 26,55              | 0,00                 | 0,00                 | 0,000 | 0,400                       |
| c-c  | 0,00   | 0,00   | 1,20 | 26,55              | 26,55              | 0,00                 | 0,00                 | 0,000 | 0,400                       |
| d-d  | 226,65 | 142,50 | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 2,35                 | 79,67                | 0,076 | 0,400                       |
| e-e  | 95,62  | 106,88 | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 1,01                 | 26,53                | 0,025 | 0,400                       |
| f-f  | 28,33  | 71,25  | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 0,29                 | 3,25                 | 0,003 | 0,400                       |
| g-g  | 3,54   | 35,63  | 0,95 | 26,55              | 10,05              | 0,00                 | -                    | -     | 0,400 <b>sez. compressa</b> |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

### VERIFICHE TENSIONE

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

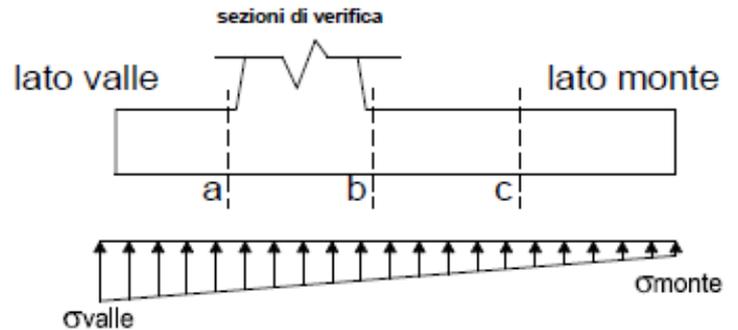
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 6,00 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 6,00 \quad (m^3)$$

| caso    | N      | M       | $\sigma_{valle}$     | $\sigma_{monte}$     |
|---------|--------|---------|----------------------|----------------------|
|         | [kN]   | [kNm]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| statico | 510,23 | -250,91 | 43,22                | 126,86               |
|         | 510,23 | -250,91 | 43,22                | 126,86               |
| sisma+  | 539,12 | -118,69 | 70,07                | 109,64               |
|         | 539,12 | -118,69 | 70,07                | 109,64               |
| sisma-  | 498,47 | -76,51  | 70,33                | 95,83                |
|         | 498,47 | -76,51  | 70,33                | 95,83                |

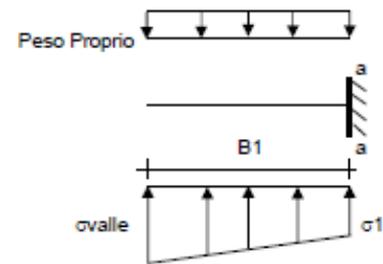


#### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 30,00 (kN/m)

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

| caso    | $\sigma_{valle}$     | $\sigma_1$           | $M_a$  |
|---------|----------------------|----------------------|--------|
|         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kNm]  |
| statico | 43,22                | 113,61               | 467,78 |
|         | 43,22                | 113,61               | 467,78 |
| sisma+  | 70,07                | 103,37               | 637,24 |
|         | 70,07                | 103,37               | 637,24 |
| sisma-  | 70,33                | 91,79                | 620,73 |
|         | 70,33                | 91,79                | 620,73 |



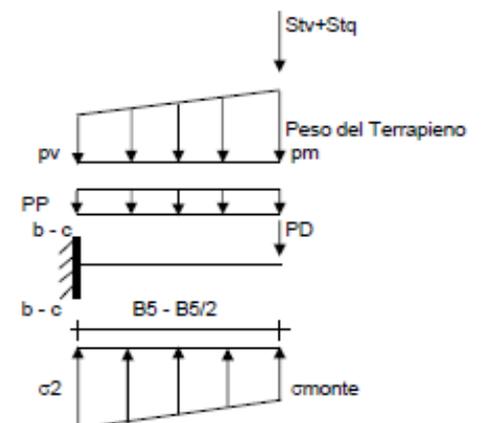
#### Mensola Lato Monte

PP = 30,00 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione  
PD = 0,00 (kN/m) peso proprio dente

|     | Nmin   | N max stat | N max sism |                      |
|-----|--------|------------|------------|----------------------|
| pm  | 114,00 | 114,00     | 114,00     | (kN/m <sup>2</sup> ) |
| pvb | 114,00 | 114,00     | 114,00     | (kN/m <sup>2</sup> ) |
| pvc | 114,00 | 114,00     | 114,00     | (kN/m <sup>2</sup> ) |

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$



| caso    | $\sigma_{monte}$     | $\sigma_2b$          | $M_b$ | $\sigma_2c$          | $M_c$ |
|---------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
|         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kNm] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kNm] |
| statico | 126,86               | 126,86               | 0,00  | 126,86               | 0,00  |
|         | 126,86               | 126,86               | 0,00  | 126,86               | 0,00  |
| sisma+  | 109,64               | 109,64               | 0,00  | 109,64               | 0,00  |
|         | 109,64               | 109,64               | 0,00  | 109,64               | 0,00  |
| sisma-  | 95,83                | 95,83                | 0,00  | 95,83                | 0,00  |
|         | 95,83                | 95,83                | 0,00  | 95,83                | 0,00  |

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

$$M_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a \text{ orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a \text{ orizz.}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad \text{o } h/3$$

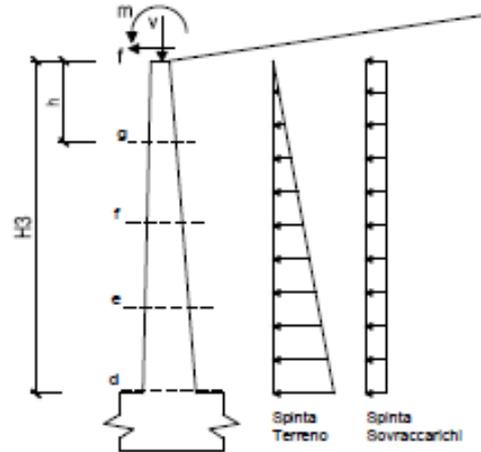
$$M_q = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + P \cdot h$$

$$M_{\text{inerzia}} = \Sigma P m_i \cdot b_i \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_{\text{ext}} = v$$

$$N_{\text{pp+inerzia}} = \Sigma P m_i \cdot (1 \pm kv)$$



condizione statica

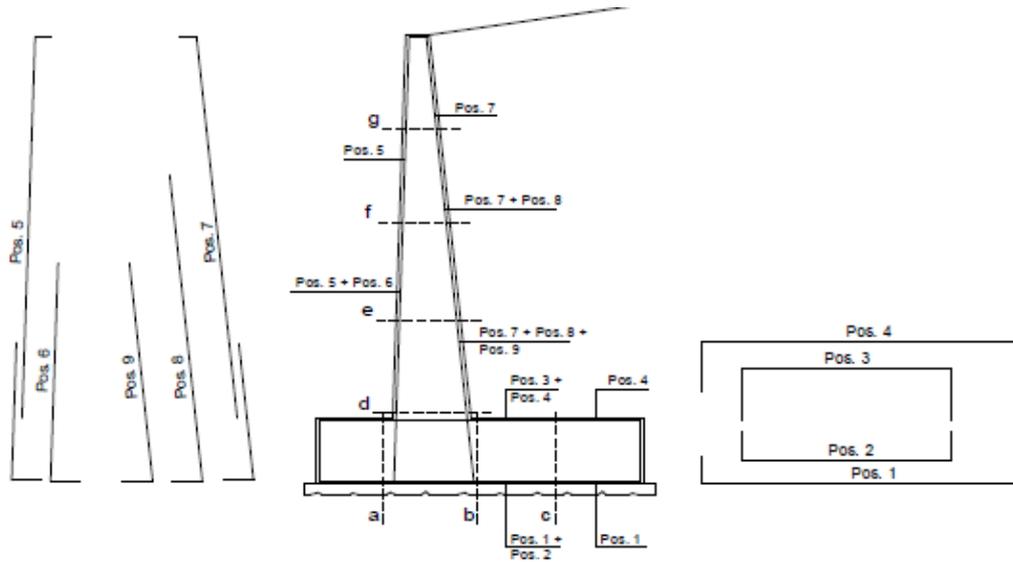
| sezione | h<br>[m] | Mt<br>[kNm/m] | Mq<br>[kNm/m] | M <sub>ext</sub><br>[kNm/m] | M <sub>tot</sub><br>[kNm/m] | N <sub>ext</sub><br>[kN/m] | N <sub>pp</sub><br>[kN/m] | N <sub>tot</sub><br>[kN/m] |
|---------|----------|---------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| d-d     | 6,00     | 226,85        | 0,00          | 0,00                        | 226,85                      | 0,00                       | 142,50                    | 142,50                     |
| e-e     | 4,50     | 95,62         | 0,00          | 0,00                        | 95,62                       | 0,00                       | 106,88                    | 106,88                     |
| f-f     | 3,00     | 28,33         | 0,00          | 0,00                        | 28,33                       | 0,00                       | 71,25                     | 71,25                      |
| g-g     | 1,50     | 3,54          | 0,00          | 0,00                        | 3,54                        | 0,00                       | 35,63                     | 35,63                      |

condizione sismica +

| sezione | h<br>[m] | Mt stat<br>[kNm/m] | Mt sism<br>[kNm/m] | Mq<br>[kNm/m] | M <sub>ext</sub><br>[kNm/m] | M <sub>inerzia</sub><br>[kNm/m] | M <sub>tot</sub><br>[kNm/m] | N <sub>ext</sub><br>[kN/m] | N <sub>pp+inerzia</sub><br>[kN/m] | N <sub>tot</sub><br>[kN/m] |
|---------|----------|--------------------|--------------------|---------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| d-d     | 6,00     | 226,85             | 49,24              | 0,00          | 0,00                        | 34,11                           | 310,01                      | 0,00                       | 148,19                            | 148,19                     |
| e-e     | 4,50     | 95,62              | 20,77              | 0,00          | 0,00                        | 19,19                           | 135,58                      | 0,00                       | 111,14                            | 111,14                     |
| f-f     | 3,00     | 28,33              | 6,15               | 0,00          | 0,00                        | 8,53                            | 43,02                       | 0,00                       | 74,09                             | 74,09                      |
| g-g     | 1,50     | 3,54               | 0,77               | 0,00          | 0,00                        | 2,13                            | 6,44                        | 0,00                       | 37,05                             | 37,05                      |

condizione sismica -

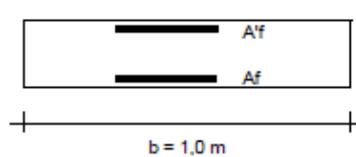
| sezione | h<br>[m] | Mt stat<br>[kNm/m] | Mt sism<br>[kNm/m] | Mq<br>[kNm/m] | M <sub>ext</sub><br>[kNm/m] | M <sub>inerzia</sub><br>[kNm/m] | M <sub>tot</sub><br>[kNm/m] | N <sub>ext</sub><br>[kN/m] | N <sub>pp+inerzia</sub><br>[kN/m] | N <sub>tot</sub><br>[kN/m] |
|---------|----------|--------------------|--------------------|---------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| d-d     | 6,00     | 226,85             | 30,62              | 0,00          | 0,00                        | 34,11                           | 291,39                      | 0,00                       | 136,81                            | 136,81                     |
| e-e     | 4,50     | 95,62              | 12,92              | 0,00          | 0,00                        | 19,19                           | 127,73                      | 0,00                       | 102,61                            | 102,61                     |
| f-f     | 3,00     | 28,33              | 3,83               | 0,00          | 0,00                        | 8,53                            | 40,69                       | 0,00                       | 68,41                             | 68,41                      |
| g-g     | 1,50     | 3,54               | 0,48               | 0,00          | 0,00                        | 2,13                            | 6,15                        | 0,00                       | 34,20                             | 34,20                      |



**ARMATURE**

| pos | n°/ml | φ  | II strato | pos | n°/ml | φ  | II strato |
|-----|-------|----|-----------|-----|-------|----|-----------|
| 1   | 5,0   | 28 |           | 5   | 5,0   | 16 |           |
| 2   | 0,0   | 24 | □         | 6   | 0,0   | 24 | □         |
| 3   | 0,0   | 16 | □         | 7   | 5,0   | 28 |           |
| 4   | 5,0   | 28 |           | 8   | 0,0   | 20 | □         |
|     |       |    |           | 9   | 0,0   | 12 | □         |

**VERIFICHE**



|     |               |
|-----|---------------|
| a-a | pos 1-2-3-4   |
| b-b | pos 1-2-3-4   |
| c-c | pos 1-4       |
| d-d | pos 5-6-7-8-9 |
| e-e | pos 5-6-7-8-9 |
| f-f | pos 5-7-8     |
| g-g | pos 5-7       |

**Condizione Statica**

| Sez.  | M      | N      | h    | Af                 | Af'                | σc                   | σf                   |
|-------|--------|--------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| (-)   | (kNm)  | (kN)   | (m)  | (cm <sup>2</sup> ) | (cm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| a - a | 467,78 | 0,00   | 1,20 | 28,55              | 28,55              | 2,87                 | 163,71               |
| b - b | 0,00   | 0,00   | 1,20 | 28,55              | 28,55              | 0,00                 | 0,00                 |
| c - c | 0,00   | 0,00   | 1,20 | 28,55              | 28,55              | 0,00                 | 0,00                 |
| d - d | 226,65 | 142,50 | 0,95 | 28,55              | 10,05              | 2,35                 | 79,67                |
| e - e | 95,62  | 106,88 | 0,95 | 28,55              | 10,05              | 1,01                 | 26,53                |
| f - f | 28,33  | 71,25  | 0,95 | 28,55              | 10,05              | 0,29                 | 3,25                 |
| g - g | 3,54   | 35,63  | 0,95 | 28,55              | 10,05              | 0,06                 | -                    |

sez. compressa

**Condizione Sismica**

| Sez.  | M      | N      | h    | Af                 | Af'                | σc                   | σf                   |
|-------|--------|--------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| (-)   | (kNm)  | (kN)   | (m)  | (cm <sup>2</sup> ) | (cm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| a - a | 637,24 | 0,00   | 1,20 | 28,55              | 28,55              | 3,91                 | 223,02               |
| b - b | 0,00   | 0,00   | 1,20 | 28,55              | 28,55              | 0,00                 | 0,00                 |
| c - c | 0,00   | 0,00   | 1,20 | 28,55              | 28,55              | 0,00                 | 0,00                 |
| d - d | 310,01 | 136,81 | 0,95 | 28,55              | 10,05              | 3,18                 | 118,24               |
| e - e | 135,58 | 102,61 | 0,95 | 28,55              | 10,05              | 1,42                 | 44,95                |
| f - f | 43,02  | 68,41  | 0,95 | 28,55              | 10,05              | 0,45                 | 9,17                 |
| g - g | 6,44   | 34,20  | 0,95 | 28,55              | 10,05              | 0,07                 | 0,02                 |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

Per il muro A, si ottiene la seguente incidenza di armatura:

- Fondazione: 85 kg/mc
- Elevazione: 80 kg/mc

PROGETTAZIONE ATI:

## 5. MURO “B”

Come anticipato in Premessa, il muro “B” è realizzato a sostegno del prolungamento del profilo redirettivo in uscita dalla galleria Mercatello 2.

L'azione dimensionante è quindi l'azione accidentale “urto da traffico autoveicolare”.

Ai sensi delle NTC 2018 § 3.6.3 si considera il valore delle forze longitudinale e trasversale

$$F_{dx} = 1000 \text{ kN}$$

$$F_{dy} = 0,5 F_{dx} = 500 \text{ kN}$$

A vantaggio di sicurezza tale forza è distribuita su uno degli elementi terminali, di sviluppo pari a 6,0m; non si considererà alcuna interazione con gli altri elementi.

La forza è applicata ad una quota pari a 1,0m dal piano stradale.

### Verifiche in fondazione.

La fondazione è costituita da micropali con interasse longitudinale 0,9 m e trasversale 1,0m.

L'azione dovuta all'urto si ripartisce quindi sui micropali nel seguente modo, per un modulo di 6,0m.

L'azione trasversale in testa è pari a:

$$F_{hd} = 1000 / 12 = 83.3 \text{ kN/micropalo}$$

Per l'azione normale si considera il valore della forza trasversale unitaria  $F_{dy}/6,00\text{m}$  applicata ad 1,6 m dalla testa dei micropali, con braccio trasversale 1,0m. Si ottiene

$$F_{vd} = 500 \times 1,6 / 6 = \pm 133 \text{ kN/micropalo}$$

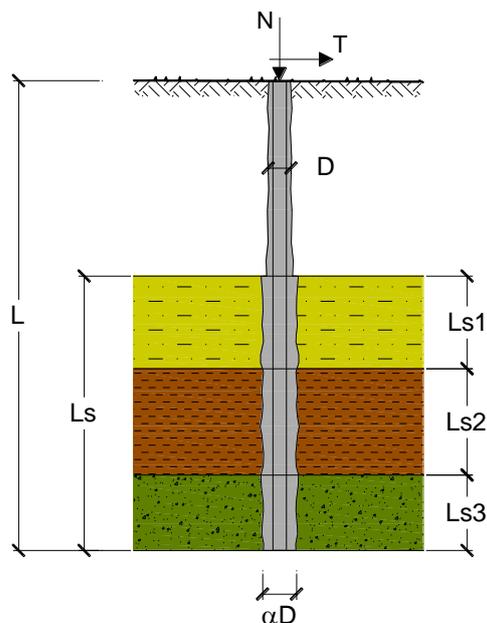
Di seguito le verifiche geotecniche e strutturali del micropalo, considerando coefficienti parziali pari all'unità. Il micropalo ha diametro pari a 0,3 m, lunghezza 5,0m ed è armato con tubolare  $\phi 219$  sp.12,5mm.

**OPERA:** muro B

### DATI DI INPUT:

**Sollecitazioni Agenti:**

|               | Permanenti | Temporanee | Calcolo |
|---------------|------------|------------|---------|
| <b>N (kN)</b> | 133,00     | 0,00       | 133,00  |
| <b>T (kN)</b> | 83,30      | 0,00       | 83,30   |



PROGETTAZIONE ATI:

**Caratteristiche del micropalo:**

|   |           |                    |
|---|-----------|--------------------|
| Diametro di perforazione del micropalo (D):                         | 0,3       | (m)                |
| Lunghezza del micropalo (L):  | 5,00      | (m)                |
| Area dell'armatura (A <sub>arm</sub> ):                             | 7807      | (mm <sup>2</sup> ) |
| Momento di inerzia della sezione di armatura (J <sub>arm</sub> ):   | 4,200E+07 | (mm <sup>4</sup> ) |
| Modulo di resistenza della sezione di armatura (W <sub>arm</sub> ): | 383 376   | (mm <sup>3</sup> ) |

Tipo di acciaio

|   |         |                      |
|---|---------|----------------------|
| Tensione di snervamento dell'acciaio (f <sub>y</sub> ): | 355     | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| Coefficiente Parziale Acciaio γ <sub>M</sub>            | 1       |                      |
| Tensione ammissibile dell'acciaio (σ <sub>lim</sub> ):  | 355     | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| Modulo di elasticità dell'acciaio (E <sub>arm</sub> ):  | 210 000 | (N/mm <sup>2</sup> ) |

**Coefficiente di Reazione Laterale:**

Coeff. di Winkler (k): 20,0 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

**Capacità portante di fusto**

$$QI = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * Is_i$$

| Tipo di Terreno | Spessore $Is_i$<br>(m) | $\alpha$<br>(-) | $Ds_i = \alpha * D$<br>(m) | $s_i$<br>media<br>(MPa) | $s_i$<br>minima<br>(MPa) | $s_i$<br>calcolo<br>(MPa) | $Qsi$<br>(kN) |
|-----------------|------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| sabbia          | 5,00                   | 1,10            | 0,33                       | 0,120                   | 0,100                    | 0,059                     | 304,92        |
|                 | 0,00                   | 1,10            | 0,33                       | 0,175                   | 0,150                    | 0,088                     | 0,00          |
|                 | 0,00                   | 0,00            | 0,00                       | 0,000                   | 0,000                    | 0,000                     | 0,00          |

$Ls =$  5,00 (m)  $QI =$  304,92 (kN)

**Capacità portante di punta**

$Qp = \%Punta * QI$

(consigliato 10-15%)

$\% Punta$

0%

$Qp =$  0,00 (kN)

**CARICO LIMITE DEL MICROPALO**

$Qlim = Qb + QI$

$Qlim =$  304,92 (kN)

**COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

$Fs = Qlim / N$  (Fs > 1)

$Fs =$  2,29

**VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI**

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
(Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

**b = 0,642 (1/m)**

Momento Massimo (M):

**M = 64,86 (kN m)**

**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO**

Acciaio S 355 (Fe 510)

*Tensioni nel singolo micropalo*

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$\sigma_{max} = 17,03 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$\sigma_{min} = -152,14 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$\tau = 21,34 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0,5}$$

$\sigma_{id} = 156,56 \text{ (N/mm}^2\text{)}$  **verifica soddisfatta**

**Verifiche della struttura in c.a.**

Si verifica la sezione di incastro tra elevazione e fondazione, soggetta al massimo valore di momento.

L'azione di progetto è la forza trasversale unitaria  $F_{dy}/6,00m$  con braccio pari a 1,35m.

Si ottiene quindi:

$V_d = 83,3 \text{ kN/m}$

$M_d = 112,5 \text{ kNm/m}$

Di seguito le verifiche.

Per sezione armata con  $\phi 24/20$  lato teso e  $\phi 16/20$  lato compresso si ottiene

Verifica C.A. S.L.U. - File: \_ □ ×

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

Titolo:

N\* strati barre  Zoom

| N* | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 100    | 50     |

| N* | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 22,62    | 6      |
| 2  | 10,05    | 44     |

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**Materiali**  
 B450C  C28/35  
 $\epsilon_{su}$  67,5 %  $\epsilon_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 %  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  23,8  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  2,25 %  $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6667  
 $\tau_{c1}$  1,971

**M<sub>xRd</sub>**  kN m

$\sigma_c$  -23,8 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 %  
 $\epsilon_s$  29,46 %  
 d 44 cm  
 x 4,673 x/d 0,1062  
 $\delta$  0,7

N\* rett.   
 Calcola MRd  Dominio M-N   
 L<sub>0</sub>  cm Col. modello   
 Precompresso

| SEZIONE          |   |                                      |             |
|------------------|---|--------------------------------------|-------------|
| b <sub>w</sub>   | = | 50                                   | cm          |
| h                | = | 40                                   | cm          |
| c                | = | 5                                    | cm          |
| d                | = | h-c                                  | = 35 cm     |
| MATERIALI        |   |                                      |             |
| f <sub>ywd</sub> | = | 450,00                               | MPa         |
| R <sub>ck</sub>  | = | 35                                   | MPa         |
| γ <sub>c</sub>   | = | 1                                    |             |
| f <sub>ck</sub>  | = | 0.83xR <sub>ck</sub>                 | = 29,05 MPa |
| f <sub>cd</sub>  | = | 0.85xf <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub> | = 24,69 MPa |

| ARMATURE LONGITUDINALI |            |        |                 |
|------------------------|------------|--------|-----------------|
| $\varnothing_l$        | =          | 24     |                 |
| Numero                 | =          | 5      |                 |
| $A_{sl}$               | =          | 22,619 | cm <sup>2</sup> |
|                        |            |        |                 |
| <b>TAGLIO AGENTE</b>   | $V_{Ed} =$ | 83     | (KN)            |
| <b>SFORZO NORMALE</b>  | $N_{Ed} =$ | 0      | (KN)            |

| ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO |   |        |       |       |  |
|----------------------------------|---|--------|-------|-------|--|
| k                                | = | 1,76   |       |       |  |
| $v_{min}$                        | = | 0,439  |       |       |  |
| $\rho_l$                         | = | 0,0129 |       |       |  |
| $\sigma_{cp}$                    | = | 0,0000 | (Mpa) |       |  |
|                                  |   |        |       |       | $1 + (200/d)^{1/2} < 2$                  |
|                                  |   |        |       |       | $0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ |
| $V_{Rd}$                         | = | 185,22 | (KN)  | >= OK | 76,81 (KN)                               |
| $V_{Rd}$                         | = | 185,22 | (KN)  |       |  |

Le verifiche sono soddisfatte.

Per il muro B, ottiene la seguente incidenza di armatura:

- Fondazione: 120 kg/mc
- Elevazione: 120 kg/mc