

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.**

CUP: J14H20000440001

**U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA**

**LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA**

**NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST**

**IV01 - CAVALCAFERROVIA AUTOSTRADA DEL BRENNERO**

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I N 1 0 1 0 D 2 6 C L I V 0 1 0 X 0 0 1 A

| Rev. | Descrizione         | Redatto           | Data      | Verificato  | Data      | Approvato        | Data      | Autorizzato Data       |
|------|---------------------|-------------------|-----------|-------------|-----------|------------------|-----------|------------------------|
| A    | Emissione Esecutiva | P. Maestrelli<br> | Sett 2021 | M. Rigo<br> | Sett 2021 | C. Mazzocchi<br> | Sett 2021 | A. Perego<br>Sett 2021 |
|      |                     |                   |           |             |           |                  |           |                        |
|      |                     |                   |           |             |           |                  |           |                        |
|      |                     |                   |           |             |           |                  |           |                        |



File: IN1010D26CLIV010X001A

n. Elab.:



## INDICE

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| <b>1</b>    | <b>RELAZIONE ILLUSTRATIVA</b>   | <b>7</b>  |
| <b>1.1</b>  | <b>ASPETTI GENERALI</b>   | <b>7</b>  |
| <b>1.2</b>  | <b>METODO DI CALCOLO</b>  | <b>8</b>  |
| <b>1.3</b>  | <b>COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE</b>                                     | <b>8</b>  |
| 1.3.1       | COMBINAZIONI PER LA VERIFICA AGLI SLU   | 8         |
| 1.3.2       | COMBINAZIONI PER LA VERIFICA AGLI SLE   | 9         |
| <b>1.4</b>  | <b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2</b>    | <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>   | <b>10</b> |
| <b>3</b>    | <b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>  | <b>11</b> |
| <b>3.1</b>  | <b>TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO<br/>NORMATIVA UNI EN 206-1</b> | <b>11</b> |
| <b>3.2</b>  | <b>PARAMETRI DI IDENTIFICAZIONE PER LA VERIFICA A<br/>FESSURAZIONE</b>              | <b>12</b> |
| <b>3.3</b>  | <b>CALCESTRUZZO PER MAGRONE</b>   | <b>12</b> |
| <b>3.4</b>  | <b>CALCESTRUZZO PER TRAVE DI CORREA</b>   | <b>12</b> |
| <b>3.5</b>  | <b>ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO</b>   | <b>13</b> |
| <b>3.6</b>  | <b>MALTA DI INIEZIONE TIRANTI</b>   | <b>13</b> |
| <b>3.7</b>  | <b>MALTA DI INIEZIONE MICROPALI</b>   | <b>13</b> |
| <b>3.8</b>  | <b>ACCIAIO PER TIRANTI ATTIVI</b>   | <b>14</b> |
| <b>3.9</b>  | <b>CARPENTERIA METALLICA PER MICROPALI, PALANCOLE E<br/>TRAVI DI CORREA</b>         | <b>14</b> |
| <b>3.10</b> | <b>COPRIFERRI</b>   | <b>14</b> |
| <b>4</b>    | <b>PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI</b>  | <b>16</b> |
| <b>4.1</b>  | <b>METODO DI CALCOLO</b>  | <b>16</b> |
| 4.1.1       | CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE  | 16        |
| 4.1.2       | CALCOLO DELLA SPINTE  | 17        |
| 4.1.3       | SPINTA IN PRESENZA DI SISMA   | 18        |
| 4.1.4       | ANALISI AD ELEMENTI FINITI  | 18        |
| 4.1.4.1     | Schematizzazione del terreno  | 19        |
| 4.1.4.2     | Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno                     | 19        |

|         |                                  |    |
|---------|----------------------------------|----|
| 4.1.4.3 | Analisi per fasi di scavo        | 20 |
| 4.1.5   | VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE  | 20 |
| 5       | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA     | 22 |
| 5.1     | STRATIGRAFIA DI PROGETTO         | 22 |
| 5.2     | PARAMETRI DI SPINTA              | 22 |
| 5.3     | CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO | 22 |
| 5.3.1   | CONDIZIONI DI CARICO             | 22 |
| 5.3.2   | COMBINAZIONI DI CARICO           | 23 |
| 5.3.2.1 | S.L.E                            | 23 |
| 5.3.2.2 | S.L.U                            | 23 |
| 6       | DIMENSIONAMENTO BERLINESI        | 24 |
| 6.1     | BERLINESE TIPO 1                 | 24 |
| 6.1.1   | CARATTERISTICHE GENERALI         | 25 |
| 6.1.2   | GEOMETRIA CORDOLI                | 25 |
| 6.1.3   | DESCRIZIONE TERRENI              | 26 |
| 6.1.4   | DESCRIZIONE STRATIGRAFIA         | 26 |
| 6.1.5   | CONDIZIONI DI CARICO             | 27 |
| 6.1.6   | IMPOSTAZIONI DI PROGETTO         | 27 |
| 6.1.7   | IMPOSTAZIONI DI ANALISI          | 28 |
| 6.1.7.1 | Analisi per Fasi di Scavo.       | 28 |
| 6.1.8   | VERIFICHE BERLINESE TIPO1        | 28 |
| 6.1.8.1 | Diagrammi                        | 58 |
| 6.2     | BERLINESE TIPO 2                 | 61 |
| 6.2.1   | CARATTERISTICHE GENERALI         | 62 |
| 6.2.2   | GEOMETRIA CORDOLI                | 63 |
| 6.2.3   | DESCRIZIONE TERRENI              | 63 |
| 6.2.4   | DESCRIZIONE STRATIGRAFIA         | 63 |
| 6.2.5   | CONDIZIONI DI CARICO             | 64 |
| 6.2.6   | IMPOSTAZIONI DI PROGETTO         | 65 |
| 6.2.7   | IMPOSTAZIONI DI ANALISI          | 65 |
| 6.2.7.1 | Analisi per Fasi di Scavo.       | 65 |

|              |  |            |
|--------------|--|------------|
| <b>6.2.8</b> | <b>VERIFICHE BERLINESE TIPO 2</b>            | <b>65</b>  |
| 6.2.8.1      | Diagrammi                                    | 99         |
| <b>6.3</b>   | <b>BERLINESE TIPO 3</b>                      | <b>102</b> |
| 6.3.1        | CARATTERISTICHE GENERALI                     | 103        |
| 6.3.2        | DESCRIZIONE TERRENI                          | 103        |
| 6.3.3        | DESCRIZIONE STRATIGRAFIA                     | 104        |
| 6.3.4        | CONDIZIONI DI CARICO                         | 104        |
| 6.3.5        | IMPOSTAZIONI DI PROGETTO                     | 105        |
| 6.3.6        | IMPOSTAZIONI DI ANALISI                      | 105        |
| 6.3.6.1      | Analisi per Fasi di Scavo.                   | 105        |
| 6.3.7        | VERIFICHE BERLINESE TIPO 3                   | 106        |
| 6.3.7.1      | Diagrammi                                    | 132        |
| <b>6.4</b>   | <b>BERLINESE TIPO 4</b>                      | <b>135</b> |
| 6.4.1        | CARATTERISTICHE GENERALI                     | 136        |
| 6.4.2        | GEOMETRIA CORDOLI                            | 136        |
| 6.4.3        | DESCRIZIONE TERRENI                          | 137        |
| 6.4.4        | DESCRIZIONE STRATIGRAFIA                     | 137        |
| 6.4.5        | CONDIZIONI DI CARICO                         | 138        |
| 6.4.6        | IMPOSTAZIONI DI PROGETTO                     | 138        |
| 6.4.7        | IMPOSTAZIONI DI ANALISI                      | 139        |
| 6.4.7.1      | Analisi per Fasi di Scavo.                   | 139        |
| 6.4.8        | VERIFICHE BERLINESE TIPO4                    | 139        |
| 6.4.8.1      | Diagrammi                                    | 173        |
| <b>7</b>     | <b>DIMENSIONAMENTO PALANCOLE</b>             | <b>176</b> |
| <b>7.1</b>   | <b>PALANCOLATO A SBALZO PRESSO PILE (FS)</b> | <b>176</b> |
| 7.1.1        | GEOMETRIA PARATIA                            | 176        |
| 7.1.2        | GEOMETRIA PROFILO TERRENO                    | 177        |
| 7.1.3        | DESCRIZIONE TERRENI                          | 177        |
| 7.1.4        | DESCRIZIONE STRATIGRAFIA                     | 178        |
| 7.1.5        | CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI         | 178        |
| 7.1.6        | CONDIZIONI DI CARICO                         | 179        |

|               |  |            |
|---------------|--|------------|
| <b>7.1.7</b>  | <b>COMBINAZIONI DI CARICO</b>                                      | <b>179</b> |
| <b>7.1.8</b>  | <b>IMPOSTAZIONI DI PROGETTO</b>                                    | <b>180</b> |
| <b>7.1.9</b>  | <b>IMPOSTAZIONI DI ANALISI</b>                                     | <b>180</b> |
| <b>7.1.10</b> | <b>ANALISI DELLA PARATIA</b>                                       | <b>180</b> |
| <b>7.1.11</b> | <b>VALORI MASSIMI E MINIMI SOLLECITAZIONI PER METRO DI PARATIA</b> | <b>182</b> |
| <b>7.1.12</b> | <b>SPOSTAMENTI MASSIMI E MINIMI DELLA PARATIA</b>                  | <b>183</b> |
| <b>7.1.13</b> | <b>STABILITÀ GLOBALE</b>   | <b>183</b> |
| <b>7.1.14</b> | <b>DESCRIZIONE ARMATURA CARATTERISTICHE SEZIONE</b>                | <b>186</b> |
| <b>7.1.15</b> | <b>VERIFICA ARMATURA PARATIA (SEZIONI CRITICHE)</b>                | <b>186</b> |
| <b>7.1.16</b> | <b>VERIFICA ARMATURA PARATIA (INVILUPPO)</b>                       | <b>188</b> |

## 1 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

### 1.1 ASPETTI GENERALI

La realizzazione del ponte in progetto e sostituzione del ponte attuale dovrà avvenire per successive fasi (come meglio descritte nella relazione illustrativa e nelle tavole grafiche) che comporteranno l'impiego di berlinesi per il sostegno del rilevato autostradale che dovrà accogliere in fase provvisoria la deviazione del traffico (due corsie per senso di marcia).

Il dimensionamento verrà eseguito considerando le varie tipologie di berlinesi presenti (e meglio esplicitate nelle tavole grafiche) di cui si riassumono le caratteristiche:

- 1) Berlinese tipo 1
- 2) Berlinese tipo 2
- 3) Berlinese tipo 3
- 4) Berlinese tipo 4
- 5) Palancolato a sbalzo

## 1.2 METODO DI CALCOLO

Le verifiche sono condotte, in osservanza al *D.M. del 17.01.2018 "Norme tecniche per le costruzioni"* (in seguito indicate anche come NTC), attraverso il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite.

Il calcolo delle paratie viene eseguito in accordo con il § 6.5.3.1.2 delle NTC, per quanto riguarda la verifica nei confronti degli Stati Limite Ultimi e degli Stati Limite di Esercizio.

Per quanto riguarda la verifica della paratia in condizioni sismiche si fa invece riferimento al § 2.4.1 dello stesso documento che dice: *"Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni"* (come nel caso in oggetto):

Al fine di rappresentare il comportamento delle paratie durante le fasi di lavoro (scavi, inserimento degli elementi di contrasto e dei tiranti) è opportuno l'impiego di un metodo di calcolo iterativo atto a simulare l'interazione, in fase elasto-plastica, tra terreno e paratia. Per questo scopo si impiega il programma di calcolo Pac della società "Aztec informatica srl".

## 1.3 COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE

Le combinazioni di carico agli stati limite considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto nel Cap. 2 delle (NTC).

### 1.3.1 COMBINAZIONI PER LA VERIFICA AGLI SLU

Per le paratie § 6.5.3.1.2 (NTC) devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti Stati Limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- collasso per carico limite verticale;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- sifonamento del fondo scavo;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- SLU di tipo strutturale (STR)
- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia,

accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- - Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I.



Le rimanenti verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

- - Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- - Combinazione 2: (A2+M2+R1)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Ai fini delle verifiche degli Stati Limite Ultimi si definisce la seguente combinazione:

*Combinazione fondamentale SLU:*

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

### 1.3.2 COMBINAZIONI PER LA VERIFICA AGLI SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

Rara  $\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Frequente  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Quasi permanente  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Nella presente relazione di calcolo si fa riferimento solamente alla combinazione "Rara" in quanto risulta la più significativa.

## 1.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La presente relazione è inscindibile dagli elaborate grafici e dai seguenti documenti:

- Relazione di Calcolo Soletta di completamento
- Relazione di Calcolo apparecchi di Appoggio e Giunti
- Relazione di Calcolo Spalle e Fondazioni
- Relazione di Calcolo Pile
- Relazione di Calcolo Muri d'ala
- Relazione di Calcolo Impalcato

## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli sviluppati nel seguito sono svolti secondo il Metodo degli Stati Limite e nel rispetto della normativa vigente.

**Ministero dei LL.PP – D.M. 17.01.2018**

**Circolare 21 Gennaio 2019 n.7**

**CNR – DT 207/2008**

Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.

**RFI DTC SI MA IFS 001 E Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II Sezione 2 –  
PONTI E STRUTTURE**

**EC3 - UNI EN 1993-1-1:2005**

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Materiali come prescritti dal Decreto Ministeriale 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

#### 3.1 TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1

Questa tabella è da compilarsi in funzione dell’opera da eseguire: associare ad ogni elemento progettuale (fondazione, elevazione.....) .

Tab 2

| Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1  |  |   |          |             |   |                              |                            |                       |
|--|--|---|----------|-------------|---|------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Classe di esposizione ambientale   | Descrizione dell'ambiente di esposizione                                   | Esempi di condizioni ambientali   | UNI 9838 | A/C massimo | Contenuto minimo di cemento kg/m <sup>3</sup> | Rck minima N/mm <sup>2</sup> | Contenuto minimo di aria % | Copri ferro minimo Mm |
| <b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>  |  |   |          |             |   |                              |                            |                       |
| X0   | Molto secco  | Cis per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa  | 1        | -           |   | C12/15                       | -                          | 15                    |
| <b>2 Composizione delle armature per effetto della carbonatazione</b>                                      |  |   |          |             |   |                              |                            |                       |
| XC1  | Secco o permanentemente bagnato  | Cis per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua  | 2a       | 0,85        | 260   | C20/25                       | -                          | 20                    |
| XC2  | Bagnato, raramente secco   | Superfici in dis a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni  | 2a       | 0,80        | 280   | C25/30                       | -                          | 20                    |
| XC3  | Umidità moderata   | Cis per interni con umidità relativa moderata o alta e cis all'esterno protetto dalla pioggia                                     | 5a       | 0,55        | 280   | C30/37                       | -                          | 30                    |
| XC4  | Ciclicamente bagnato ed asciutto   | Superfici in dis a contatto con l'acqua, non nella classe XC2.  | 4a, 5b   | 0,50        | 300   | C30/37                       | -                          | 30                    |
| <b>3 Composizione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b> |  |   |          |             |   |                              |                            |                       |
| XD1  | Umidità moderata   | Superfici in cis esposte a nebbia salina  | 5a       | 0,55        | 300*  | C30/37                       | -                          | 30                    |
| XD2  | Bagnato, raramente asciutto  | Pisone: cis esposto ad acque industriali contenenti cloruri   | 4a, 5b   | 0,55        | 300   | C30/37                       | -                          | 30                    |
| XD3  | Ciclicamente bagnato ed asciutto   | Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggi  | 5c       | 0,45        | 320   | C35/45                       | -                          | 40                    |
| <b>4 Composizione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>                        |  |   |          |             |   |                              |                            |                       |
| XS1  | Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare                        | Strutture prossime o sulla costa  | 4a, 5b   | 0,50        | 300   | C30/37                       | -                          | 30                    |
| XS2  | Permanentemente sommerso   | Parti di strutture marine   | 5c       | 0,45        | 320   | C35/45                       | -                          | 40                    |
| XS3  | Zone esposte alle onde o alla marea  | Parti di strutture marine   | 5c       | 0,45        | 340   | C35/45                       | -                          | 40                    |
| <b>5 Attacco dei cicli di gelo/sgelo con o senza sali disgelanti</b>                                       |  |   |          |             |   |                              |                            |                       |
| XF1  | Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti                 | Superfici verticali in dis esposte alla pioggia e al gelo   | 2b       | 0,55        | 300   | C30/37                       | -                          | 30                    |
| XF2  | Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti                | Superfici verticali in dis di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti                                     | 3, 4b    | 0,55        | 300   | C25/30                       | 4,0                        | 30                    |
| XF3  | Elevata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti                  | Superfici orizzontali in dis esposte alla pioggia e al gelo   | 2b       | 0,50        | 320   | C30/37                       | 4,0                        | 30                    |
| XF4  | Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare | Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disgelanti. Superfici in dis esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti | 3, 4b    | 0,45        | 340   | C30/37                       | 4,0                        | 40                    |
| <b>6 Attacco chimico</b>   |  |   |          |             |   |                              |                            |                       |
| XA1  | Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)      | -   | 5a       | 0,55        | 300   | C30/37                       | -                          | 30                    |
| XA2  | Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)   | -   | 4*, 5b   | 0,50        | 320 cemento resistente ai solfati             | C30/37                       | -                          | 30                    |
| XA3  | Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)      | -   | 5c       | 0,45        | 360 cemento resistente ai solfati             | C35/45                       | -                          | 40                    |

**Conglomerato cementizio per elementi strutturali:**

| ELEMENTO | CLASSE DI ESPOSIZIONE | CLASSE DI RESISTENZA MINIMA (Mpa) | COPRIFERRO (mm) | CLASSE DI CONSISTENZA | RAPPORTO ACQUA/CEMENTO (+Aria %) | DIMENSIONE MASSIMA NOMINALE DEGLI AGGREGATI (mm) |
|----------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------|--|
| CORREA   | XC2                   | C25/30                            | 40              | S4                    | 0.60                             | 40   |

**3.2 PARAMETRI DI IDENTIFICAZIONE PER LA VERIFICA A FESSURAZIONE**

Nel capitolo 4 del DM 17.01.2018 si identificano i parametri a cui fare riferimento per la verifica a fessurazione.

**Tabella 4.LIII – Descrizione delle condizioni ambientali**

| CONDIZIONI AMBIENTALI | CLASSE DI ESPOSIZIONE             |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie             | XC0, XC1, XC2, XC3, XF1           |
| Aggressive            | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive      | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      |

**Tabella 4.LIV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione**

| Gruppi di esigenze | Condizioni ambientali | Combinazione di azioni | Armatura           |            |                |            |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|------------|----------------|------------|
|                    |                       |                        | Sensibile          |            | Poco sensibile |            |
|                    |                       |                        | Stato limite       | $w_d$      | Stato limite   | $w_d$      |
| a                  | Ordinarie             | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_2$ | ap. fessure    | $\leq w_3$ |
|                    |                       | quasi permanente       | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
| b                  | Aggressive            | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
| c                  | Molto aggressive      | frequente              | formazione fessure | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |

$w_1, w_2, w_3$  sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo  $w_d$ , è definito al § 4.1.2.2.4.6.

Scheda riassuntiva parametri di fessurazione secondo DM2008:

| ELEMENTO | Classe di esposizione | Gruppo di esigenza | Combinazione     | $w_d$ |
|----------|-----------------------|--------------------|------------------|-------|
| CORREA   | XC2                   | a                  | frequente        | 0.4   |
|          |                       |                    | quasi permanente | 0.3   |

**3.3 CALCESTRUZZO PER MAGRONE**

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

**3.4 CALCESTRUZZO PER TRAVE DI CORREA**

Per la realizzazione dei pali di fondazione in cemento armato di pile e spalle, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck  $\geq 30$  N/mm<sup>2</sup>, che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)  $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.90$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione  $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.16$  N/mm<sup>2</sup>

|   |                                     |                         |
|---|-------------------------------------|-------------------------|
| Resistenza di calcolo a compressione elastica | → $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$      | 15.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a trazione media                   | → $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$ | 2.56 N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a trazione                         | → $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$       | 1.795 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a trazione di calcolo              | → $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$  | 1.197 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza di calcolo a trazione              | → $\tau_c = 0.50 * f_{ctk} =$       | 0.900 N/mm <sup>2</sup> |

### 3.5 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

| Proprietà   | Requisito                     |
|---|-------------------------------|
| Limite di snervamento $f_y$                           | $\geq 450$ MPa                |
| Limite di rottura $f_t$                               | $\geq 540$ MPa                |
| Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$        | $\geq 7\%$                    |
| Rapporto $f_t/f_y$                                    | $1,13 \leq R_m/R_e \leq 1,35$ |
| Rapporto $f_{y \text{ misurato}} / f_{y \text{ nom}}$ | $\leq 1,25$                   |

|  |                                  |                          |
|--|----------------------------------|--------------------------|
| Tensione di snervamento caratteristica | → $f_{yk} \geq$                  | 450.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Tensione caratteristica a rottura      | → $f_{tk} \geq$                  | 540.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Tensione di calcolo elastica           | → $\sigma_c = 0.80 * f_{yk} =$   | 360.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Fattore di sicurezza acciaio           | → $\gamma_s =$                   | 1.15                     |
| Resistenza a trazione di calcolo       | → $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$ | 391.30 N/mm <sup>2</sup> |

### 3.6 MALTA DI INIEZIONE TIRANTI

I tiranti previsti sono di tipo passivo, definitivi e ad iniezione ripetuta.

Caratteristiche secondo UNI EN 447:2007

|  |            |              |                   |
|--|------------|--------------|-------------------|
| Resistenza a rottura a 28gg                        | $f_c \geq$ | <b>25.00</b> | N/mm <sup>2</sup> |
| Rapporto acqua / cemento                           | $\leq$     | 0.45         |                   |
| Separazione di acqua (in volume)                   | $\leq$     | 2%           |                   |
| Fluidità Marsh                                     | $=$        | 10''-35''    |                   |
| Ritiro nullo (aggiunta di additivi e/o antiritiro) |            |              |                   |

### 3.7 MALTA DI INIEZIONE MICROPALI

Caratteristiche secondo UNI EN 447:2007

|                             |            |              |                   |
|-----------------------------|------------|--------------|-------------------|
| Resistenza a rottura a 28gg | $f_c \geq$ | <b>30.00</b> | N/mm <sup>2</sup> |
| Rapporto acqua / cemento    | $\leq$     | 0.50         |                   |
| Quantità minima di cemento  | $=$        | 6 kN/mc      |                   |

### 3.8 ACCIAIO PER TIRANTI ATTIVI

I tiranti previsti sono di tipo attivo, definitivi e ad iniezione ripetuta.

Si prevede l'impiego di cavi costituiti da trefoli in acciaio armonico stabilizzato da 0.6" (area 139mm<sup>2</sup>) avente caratteristiche:

|   |                                     |                           |
|---|-------------------------------------|---------------------------|
| Tensione caratteristica a rottura                     | → $f_{ptk} \geq$                    | 1860.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale | → $f_{p(0.1)k} \geq$                | 1670.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Allungamento sotto carico massimo                     | → $A_{gt} \geq$                     | 3.5                       |
| Tensione iniziale all'atto della tesatura             | → $\sigma_{spi} < 0.85 f_{p(0.1)k}$ | 1420.00 N/mm <sup>2</sup> |
| (vale la condizione più restrittiva)                  | → $\sigma_{spi} < 0.75 f_{ptk}$     | 1395.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Modulo elastico                                       | → $E_{sp} =$                        | 195000 N/mm <sup>2</sup>  |

### 3.9 CARPENTERIA METALLICA PER MICROPALI, PALANCOLE E TRAVI DI CORREA

Per la realizzazione delle opere in carpenteria metallica, si prevede l'utilizzo di un acciaio tipo S355 (ex Fe 510), che presenta le seguenti caratteristiche:

#### Acciaio S355JR (UNI EN 10025)

|  |                                     |                          |
|--|-------------------------------------|--------------------------|
| Tensione di snervamento caratteristica | → $f_{yk} \geq$                     | 355.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Tensione caratteristica a rottura      | → $f_{tk} \geq$                     | 510.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Fattore di sicurezza acciaio           | → $\gamma_{M0} =$                   | 1.05                     |
|  | → $\gamma_{M2} =$                   | 1.25                     |
| Resistenza a trazione di calcolo       | → $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} =$ | 338.00 N/mm <sup>2</sup> |

### 3.10 COPRIFERRI

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $h$ .

Vale pertanto:

$$c_{nom} = c_{min} + h$$

La tolleranza di posizionamento delle armature  $h$ , per le strutture gettate in opera, può essere assunta pari ad almeno 5mm.

Considerata la Classe di esposizione ambientale delle singole parti strutturali dell'opera, si adottano i seguenti copriferri.

|        | Copriferro - $c_{min}$ [mm] |
|--------|-----------------------------|
| Correa | 40                          |



## 4 PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI

I calcoli della struttura saranno eseguiti con l'ausilio del programma di calcolo Paratie.Az.

### 4.1 METODO DI CALCOLO

#### 4.1.1 CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la contropinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la contropinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, contropinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

$K_{am}$  diagramma della spinta attiva agente da monte

$K_{av}$  diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata

$K_{pm}$  diagramma della spinta passiva agente da monte

$K_{pv}$  diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.



#### 4.1.2 CALCOLO DELLA SPINTE

Per il calcolo della spinta si utilizzerà il metodo Mononobe- Okabe, tale metodo adotta le stesse ipotesi della teoria di Mueller-Breslau: un cuneo di spinta a monte della paratia che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura curvilinea. Mette in conto inoltre l'inerzia sismica del cuneo in direzione orizzontale e verticale . Dall'equilibrio del cuneo si ricava la spinta che il terreno esercita sull'opera di sostegno in condizioni sismiche. Viene messo in conto, come nella teoria di Coulomb, l'esistenza dell' attrito fra il terreno e il paramento del muro, e quindi la retta di spinta risulta inclinata rispetto alla normale al paramento stesso di un angolo di attrito terra-muro.

L'espressione della spinta totale (statica più sismica) esercitata da un terrapieno, di peso di volume  $\gamma$ , su una parete di altezza H, risulta espressa secondo la teoria di Mononobe-Okabe dalla seguente relazione

$$S = 1/2(1 \pm k_v)\gamma H^2 K_a$$

$K_a$  rappresenta il coefficiente di spinta attiva espresso da

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

essendo:

$\alpha$ = angolo tra il paramento contro terra e l'orizzontale,

$\phi$ = angolo di attrito del terreno,

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

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

L'angolo  $\theta$  è legato al coefficiente sismico dalla seguente espressione

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

dove  $k_h$  e  $k_v$  rappresentano i coefficienti di intensità sismica orizzontale e verticale.

Nel caso in cui il terrapieno sia gravato di un sovraccarico uniforme Q l'espressione della pressione e della spinta diventano

$$\sigma_a = (\gamma z + Q)K_a$$

$$S = (1/2\gamma H^2 + QH)K_a$$

Al carico Q corrisponde un diagramma delle pressioni rettangolare con risultante applicata a  $1/2H$ .

Nel caso di terreno dotato di coesione  $c$  l'espressione della pressione esercitata sulla parete, alla generica profondità  $z$ , diventa

$$\sigma_a = \gamma z K_a - 2c(K_a)^{1/2}$$

Al diagramma triangolare, espresso dal termine  $\gamma z K_a$ , si sottrae il diagramma rettangolare legato al termine con la coesione. La pressione  $\sigma_a$  risulta negativa per valori di  $z$  minori di

$$h_c = \frac{2c}{\gamma(K_a)^{1/2}}$$

La grandezza  $h_c$  è detta altezza critica e rappresenta la profondità di potenziale frattura del terreno. E' chiaro che se l'altezza della parete è inferiore ad  $h_c$ , non abbiamo nessuna spinta sulla parete.

#### 4.1.3 SPINTA IN PRESENZA DI SISMA

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe**.

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con  $W$  il peso del cuneo e con  $C$  il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche e con  $S_s$  la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

#### 4.1.4 ANALISI AD ELEMENTI FINITI

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia  $I$  e l'area  $A$  per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta  $L$  la lunghezza libera del tirante,  $A_f$  l'area di armatura nel tirante ed  $E_s$  il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad  $L$ , area  $A_f$ , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico  $E_s$ . La parte

interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

#### 4.1.4.1 Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo,  $k$ , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo  $[F/L^3]$ . È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se  $m$  è l'interasse fra le molle (in cm) e  $b$  è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ( $b=100$  cm) occorre ricavare l'area equivalente,  $A_m$ , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con  $E_m$  il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in  $Kg/cm^2$ ), l'equivalenza, in termini di rigidità, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k \Delta_m}{E_m}$$

Le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. La matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

#### 4.1.4.2 Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

Il programma **PAC** considera il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto; si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Per quanto concerne il criterio di plasticizzazione del terreno (molle) il programma fa riferimento ad un criterio di tipo cinematico o ad uno di tipo statico. Nel primo la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore  $X_{max}$ ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Nel secondo si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione  $p_{max}$  pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. L'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche).

Un sistema non lineare, viene risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale  $p_0$ , fino a raggiungere il carico totale  $p$ . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate.

#### 4.1.4.3 Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con  $u$  ed  $u_0$  gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con  $s$  ed  $s_0$  gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con  $K$  la matrice di rigidità della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K(u - u_0)$$

In presenza di tirante attivo verrà inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente.

#### 4.1.5 VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.3.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 6x6 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i_{esima}$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i_{esima}$  e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato ed è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 5.1 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

La trattazione completa della situazione geotecnica in prossimità delle opere in oggetto è riportata nella Relazione Geotecnica allegata al Progetto. Di seguito si riportano i parametri geotecnici caratteristici dei livelli geotecnici assunti nei calcoli.

| Tipologia        | Spessore [m] | $\gamma_{dry}$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $c_k'$ [kPa] | $\phi_k'$ [°] | E (MPa) |
|------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------|---------------|---------|
| rilevato         |              | 20                                  | 21                                  | 0            | 35            | 50      |
| ghiaia addensata | -            | 20                                  | 21                                  | 0            | 38            | 50      |

#### Stratigrafia di progetto

Dove:

|                |   |
|----------------|---|
| $\gamma_{dry}$ | peso di volume secco                    |
| $\gamma_{sat}$ | peso di volume saturo                   |
| $c'$           | coesione drenata                        |
| $\phi'$ [°]    | angolo di attrito efficace              |
| $c_u$          | coesione non drenata                    |
| $E_{vc}$       | modulo elastico in compressione vergine |

La falda non è presente.

### 5.2 PARAMETRI DI SPINTA

I valori dei coefficienti di spinta attiva ( $k_a$ ) sono stati calcolati secondo la relazione di Coulomb, mentre i coefficienti di spinta passiva ( $k_p$ ) secondo le relazioni di Caquot. Il valore dell'angolo di attrito terreno-paratia ( $\delta$ ) è stato posto prudenzialmente pari a 0 sia per la spinta passiva, sia per la spinta attiva.

La relazione di Coulomb per il calcolo del coefficiente di spinta attiva, con le condizioni assunte, è la seguente:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\pi/2 + \phi)}{\left(1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \phi) \cdot \text{sen}(\phi)}{\text{sen}(\pi/2 - \delta)}}\right)^2} \quad (\text{spinta attiva})$$

Per le verifiche strutturali delle paratie si specifica che non si effettuano verifiche sismiche essendo opere provvisoriale (come precedentemente definito).

### 5.3 CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

#### 5.3.1 CONDIZIONI DI CARICO

Per le verifiche strutturali e geotecniche si considereranno le seguenti condizioni di carico:

- Pesi proprio struttura;

- Carico accidentale dovuto ai mezzi in transito di cantiere pari a 5 kN/mq a monte della paratia per i primi 2.0m;
- Carico accidentale dovuto ai mezzi in transito sull'autostrada pari a 20 kN/mq a monte della paratia, oltre i 2.0m.
- Carico accidentale dovuto ai mezzi in transito sulla ferrovia. il carico considerato è quello imposto dalla normativa FS44G. In dettaglio si sono considerate i due binari: sul primo, distante 3.00m dalla berlinese, è stato applicato il treno SW2 (150 kN/m diffusi sulla larghezza del binario di 2.5m per un contributo di 60kN/mq) mentre sul secondo, distante 7.00m dalla berlinese ,è stato applicato il treno SW0 (133 kN/m diffuse sulla larghezza del binario di 2.5m per un contributo di 53.2kN/mq).

### 5.3.2 COMBINAZIONI DI CARICO

#### 5.3.2.1 S.L.E

Le verifiche SLE vengono effettuate impiegando le azioni ed i parametri caratteristici del terreno e controllando che le deformazioni indotte dallo scavo siano compatibili con le preesistenze e la paratia stessa.

Per la verifica agli S.L.E. indicando con

G: pesi propri , carichi permanenti, spinte del terreno

Q: carichi accidentali

si considerano le seguenti combinazioni:

- la combinazione caratteristica (statica)

$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$  definita nel programma di calcolo [ESE]

#### 5.3.2.2 S.L.U

Per la verifica agli S.L.U. indicando con

G: pesi propri , carichi permanenti, spinte del terreno

Q: carichi accidentali

si considereranno le seguenti combinazioni di carico:

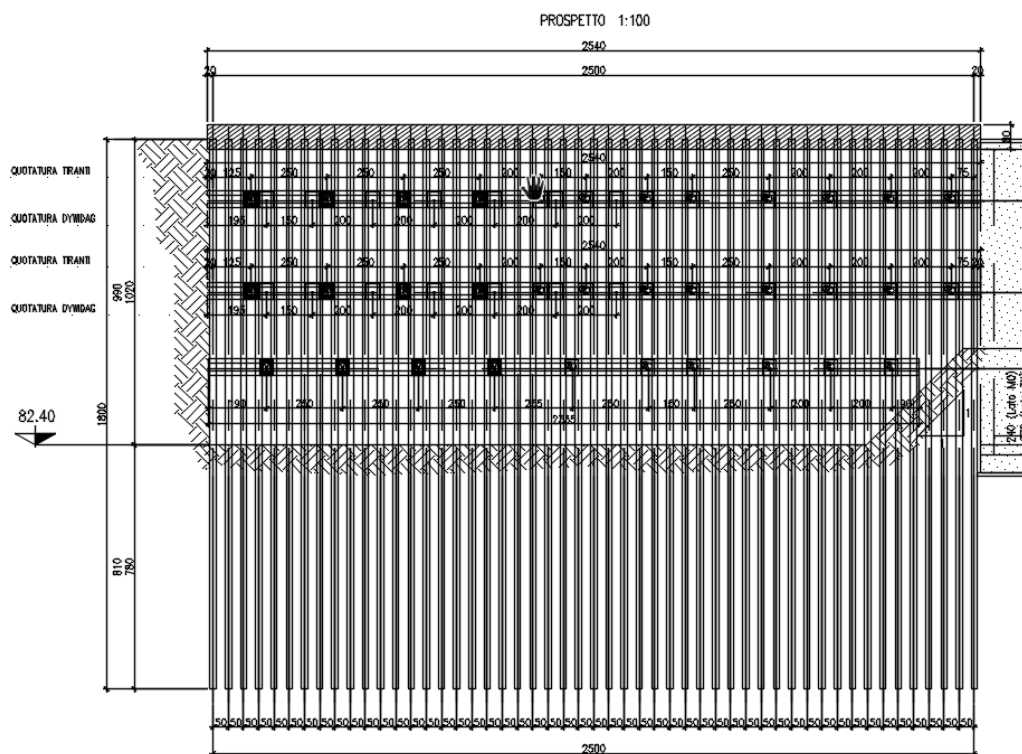
- SLU strutturale:  $\gamma_G G + \gamma_Q Q$  gruppo di coefficienti A1, M1, R1:  
definita nel programma di calcolo [A1 - M2]
- SLU geotecnico: gruppo di coefficienti A2, M2, R2:  
definita nel programma di calcolo [A1 - M2]
- SLU strutturale + Sisma:  $\gamma_G G + \gamma_Q Q$  gruppo di coefficienti A1, M1, R1:  
definita nel programma di calcolo [A1 - M1]S
- SLU geotecnico + Sisma: gruppo di coefficienti A2, M2, R2:  
definita nel programma di calcolo [A2 - M2]S

## 6 DIMENSIONAMENTO BERLINESI

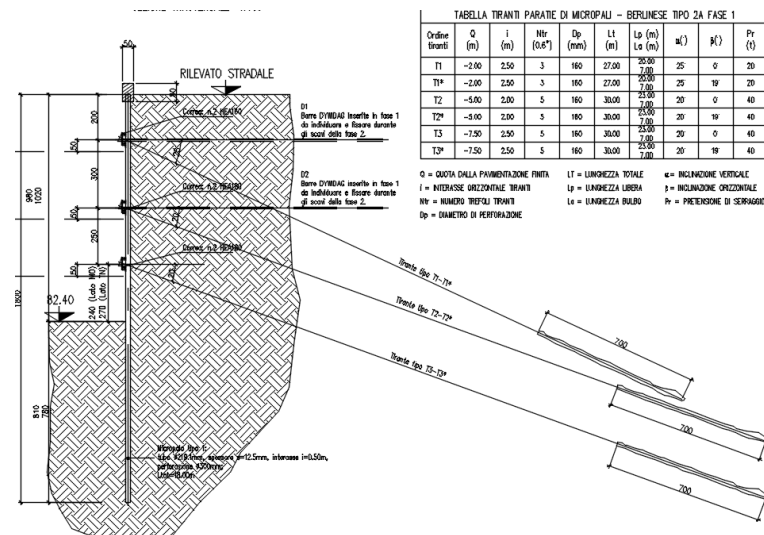
Si esegue nel presente capitolo il dimensionamento delle berlinesi in oggetto attraverso l'utilizzo del programma.

### 6.1 BERLINESE TIPO 1

Si riportano i dati ed i relativi disegni della berlinese in oggetto:



Prospetto berlinese 1



Sezione berlinese 1



### 6.1.1 CARATTERISTICHE GENERALI

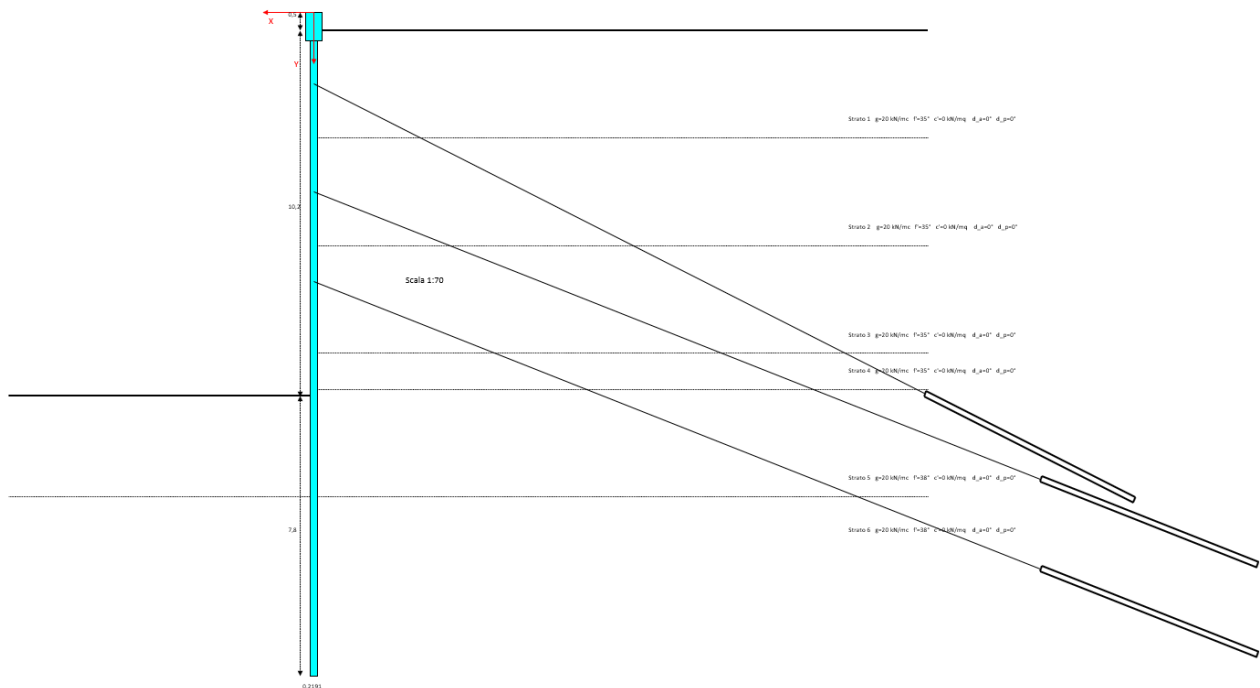
L'inclinazione verticale dei tiranti è pari a 25° per i tiranti del primo ordine e a 20° per gli altri tiranti.

Anche il precarico è uguale per tutti gli ordini di tiranti e pari a 200kN.

Il bulbo dei tiranti verrà eseguito ad iniezioni ripetute e selettive con una valvola al metro lineare di fondazione.

In sommità della paratia è previsto un cordolo di calcestruzzo armato avente sezione pari a 50 cm x 80 cm. Si riportano di seguito i 4 modelli agli elementi finiti implementati:

#### Berlinese tipo 1



### 6.1.2 GEOMETRIA CORDOLI

Si riportano le geometrie delle travi:

|                       | 1° ordine | 2° ordine | 3° ordine |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| base orizz.le b (m)   |           |           |           |
| altezza vertic. h (m) |           |           |           |
| forma sezione         | HEA       | HEA       | HEA       |
| Profilato             | HEA 160   | HEA 180   | HEA 180   |
| n° elementi           | 2         | 2         | 2         |

### 6.1.3 DESCRIZIONE TERRENI

Nella modellazione agli elementi finiti dei vari tratti di paratia, anche se si è in presenza di una sola tipologia di terreno, si considerano diversi strati aventi le medesime caratteristiche geologico-geotecniche per meglio discretizzare l'entità del coefficiente di Winkler (assunto crescente con la profondità, come meglio spiegato in seguito).

*Simbologia adottata:*

|             |  |
|-------------|--|
| n°          | numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia |
| Descrizione | Descrizione del terreno  |
| $\gamma$    | peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]                     |
| $\gamma_s$  | peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]                 |
| $\phi$      | angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]               |
| $\delta$    | angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]                   |
| c           | coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]             |

#### Berlinese tipo 1

| n° | Descrizione |  | $\gamma$ | $\gamma_s$ | $\phi$ | $\delta$ | c     |
|----|-------------|--|----------|------------|--------|----------|-------|
| 1  | Rilevato 1  |  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 2  | Rilevato 2  |  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 3  | Rilevato 3  |  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 4  | In Situ     |  | 1900.00  | 2000.00    | 38.00  | 0.00     | 0.000 |
| 5  | Rilevato 4  |  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |

### 6.1.4 DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

*Simbologia adottata*

|          |   |
|----------|---|
| n°       | numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia              |
| sp       | spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m] |
| kw       | costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm              |
| $\alpha$ | inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)                                  |

Per la costante di Winkler si assume un andamento con la profondità definito dalla seguente espressione

$$K(z) = 0.50 + 0.50 z^{0.50}$$

dove  $K$  è la costante di Winkler espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm e  $z$  è la profondità rispetto alla testa della paratia espressa in metri.

#### Berlinese tipo 1

Altezza fuori terra della paratia      10.20 [m]

Profondità di infissione 8.00 [m]

Altezza totale della paratia 18.00 [m]

| n° | sp   | $\alpha$ | kw   | Terreno    |
|----|------|----------|------|------------|
| 1  | 3.00 | 0.00     | 1.11 | Rilevato1  |
| 2  | 3.00 | 0.00     | 1.56 | Rilevato2  |
| 3  | 3.00 | 0.00     | 1.87 | Rilevato3  |
| 4  | 1.00 | 0.00     | 2.04 | Rilevato 4 |
| 5  | 3.00 | 0.00     | 2.20 | In Situ    |
| 6  | 3.00 | 0.00     | 2.40 | In Situ    |
| 7  | 2.00 | 0.00     | 2.56 | In Situ    |

### 6.1.5 CONDIZIONI DI CARICO

*Simbologia e convenzioni adottate*

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

$X_i$  ascissa del punto iniziale di applicazione del carico

$X_f$  ascissa del punto finale di applicazione del carico

$Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]

Per tutte le tipologie di berlinesi (1.1,1.2,1.3,1.4) si considera le seguente condizioni di carico:

#### Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo  $X_i = 0.00$        $X_f = 30.00$        $Q_i = 500$        $Q_f = 500$

### 6.1.6 IMPOSTAZIONI DI PROGETTO

#### **Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche**

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

| Carichi    | Effetto     |                  | A1   | A2   |
|------------|-------------|------------------|------|------|
| Permanenti | Favorevole  | $\gamma_{Gfav}$  | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti | Sfavorevole | $\gamma_{Gsfav}$ | 1.30 | 1.00 |
| Variabili  | Favorevole  | $\gamma_{Qfav}$  | 0.00 | 0.00 |
| Variabili  | Sfavorevole | $\gamma_{Qsfav}$ | 1.50 | 1.30 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri                       |                     | M1   | M2   |
|---------------------------------|---------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{\tan\phi}$ | 1.00 | 1.25 |

|                                      |                 |      |      |
|--------------------------------------|-----------------|------|------|
| Coesione efficace                    | $\gamma_c$      | 1.00 | 1.25 |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$   | 1.00 | 1.40 |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$   | 1.00 | 1.60 |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_\gamma$ | 1.00 | 1.00 |

## 6.1.7 IMPOSTAZIONI DI ANALISI

### 6.1.7.1 Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite o per spostamento limite molle pari a 1.50cm

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per condizioni di esercizio

Analisi per coefficienti tipo A1-M1

Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

## 6.1.8 VERIFICHE BERLINESE TIPO1

In seguito vengono riportati I tabulate di verifica estrapolati dall programma di calcolo:

## VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

### COMB. 1 (SLU-F)

#### SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA PARATIA (calcolo FEM)

##### Sovraccarichi di progetto sui terrapieni

Terreno di monte,  $q_{1d}=0,00$  kN/mq

Terreno di valle,  $q_{2d}=0,00$  kN/mq

##### Parametri geotecnici di progetto

###### strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\Delta_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\Delta_{pd}=0$  (°)

###### strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 29 di 190 |

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=35$  (°)  
coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)  
strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc  
angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=35$  (°)  
coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)  
strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc  
angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=35$  (°)  
coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)  
strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc  
angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=38$  (°)  
coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)  
strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc  
angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=38$  (°)  
coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

**Coefficienti di spinta**

strato 1

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 2

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$   
strato 3

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 4

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 5

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

strato 6

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

### **Numero di iterazioni nel calcolo non lineare e sollecitazioni**

Numero di iterazione effettuate = 6

errore iterazione 0 = 0,004049

errore iterazione 1 = 0,240294

errore iterazione 2 = 0,035625

errore iterazione 3 = 0,02641

errore iterazione 4 = 0,006542

errore iterazione 5 = 0,002914

errore iterazione 6 = 0,000002

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 31 di 190 |

| sez./nodo | x ( m) | Nx ( kN/m) | Tz ( kN/m) | My ( kN*m/m) |
|-----------|--------|------------|------------|--------------|
| 1         | 0      | 0          | 0          | 0            |
| 2         | 0,25   | -0,63      | 0          | 0            |
| 3         | 0,5    | -1,26      | 0          | 0            |
| 4         | 0,75   | -1,88      | -0,44      | 0            |
| 5         | 1      | -2,51      | -1,32      | -0,11        |
| 6         | 1,25   | -3,14      | -2,64      | -0,44        |
| 7         | 1,5    | -3,77      | -4,4       | -1,1         |
| 8         | 1,75   | -4,4       | -6,61      | -2,2         |
| 9         | 2      | -5,03      | -6,61      | -3,85        |
| 9         | 2      | -28,25     | 40,55      | -3,85        |
| 10        | 2,25   | -28,87     | 37,47      | 6,28         |
| 11        | 2,5    | -29,5      | 33,94      | 15,65        |
| 12        | 2,75   | -30,13     | 29,98      | 24,14        |
| 13        | 3      | -30,76     | 25,58      | 31,63        |
| 14        | 3,25   | -31,39     | 20,73      | 38,03        |
| 15        | 3,5    | -32,01     | 15,45      | 43,21        |
| 16        | 3,75   | -32,64     | 9,72       | 47,07        |
| 17        | 4      | -33,27     | 3,56       | 49,5         |
| 18        | 4,25   | -33,9      | -3,05      | 50,39        |
| 19        | 4,5    | -34,53     | -10,09     | 49,63        |
| 20        | 4,75   | -35,16     | -17,58     | 47,11        |
| 21        | 5      | -35,78     | -17,58     | 42,71        |
| 21        | 5      | -69,02     | 65,82      | 42,71        |
| 22        | 5,25   | -69,65     | 57,46      | 59,17        |
| 23        | 5,5    | -70,28     | 48,65      | 73,53        |
| 24        | 5,75   | -70,91     | 39,4       | 85,69        |
| 25        | 6      | -71,54     | 29,72      | 95,54        |
| 26        | 6,25   | -72,17     | 19,59      | 102,97       |
| 27        | 6,5    | -72,79     | 9,02       | 107,87       |
| 28        | 6,75   | -73,42     | -1,99      | 110,12       |
| 29        | 7      | -74,05     | -13,44     | 109,63       |
| 30        | 7,25   | -74,68     | -25,33     | 106,27       |
| 31        | 7,5    | -75,31     | -25,33     | 99,93        |
| 31        | 7,5    | -113,04    | 66,01      | 99,93        |
| 32        | 7,75   | -113,67    | 53,24      | 116,44       |
| 33        | 8      | -114,29    | 40,03      | 129,75       |
| 34        | 8,25   | -114,92    | 26,37      | 139,75       |
| 35        | 8,5    | -115,55    | 12,28      | 146,35       |
| 36        | 8,75   | -116,18    | -2,25      | 149,42       |
| 37        | 9      | -116,81    | -17,22     | 148,85       |
| 38        | 9,25   | -117,44    | -32,63     | 144,55       |
| 39        | 9,5    | -118,06    | -48,49     | 136,39       |
| 40        | 9,75   | -118,69    | -64,78     | 124,27       |
| 41        | 10     | -119,32    | -81,51     | 108,07       |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 32 di 190 |

|    |       |         |         |         |
|----|-------|---------|---------|---------|
| 42 | 10,25 | -119,95 | -98,69  | 87,69   |
| 43 | 10,5  | -120,58 | -114,54 | 63,02   |
| 44 | 10,7  | -121,08 | -128,86 | 40,11   |
| 45 | 10,95 | -121,72 | -138,26 | 7,31    |
| 46 | 11,21 | -122,36 | -140,96 | -27,88  |
| 47 | 11,46 | -123    | -136,96 | -63,76  |
| 48 | 11,72 | -123,64 | -126,28 | -98,62  |
| 49 | 11,97 | -124,28 | -108,9  | -130,77 |
| 50 | 12,23 | -124,92 | -84,83  | -158,49 |
| 51 | 12,48 | -125,56 | -54,07  | -180,08 |
| 52 | 12,74 | -126,2  | -16,61  | -193,84 |
| 53 | 12,99 | -126,83 | 27,54   | -198,07 |
| 54 | 13,25 | -127,47 | 78,38   | -191,06 |
| 55 | 13,5  | -128,11 | 133,49  | -171,11 |
| 56 | 13,75 | -128,74 | 151,34  | -137,74 |
| 57 | 14    | -129,37 | 143,76  | -99,9   |
| 58 | 14,25 | -130    | 115,43  | -63,97  |
| 59 | 14,5  | -130,63 | 82,07   | -35,11  |
| 60 | 14,75 | -131,25 | 50,98   | -14,59  |
| 61 | 15    | -131,88 | 26,67   | -1,84   |
| 62 | 15,25 | -132,51 | 9,92    | 4,82    |
| 63 | 15,5  | -133,14 | -0,16   | 7,3     |
| 64 | 15,75 | -133,77 | -5,15   | 7,26    |
| 65 | 16    | -134,4  | -6,74   | 5,98    |
| 66 | 16,25 | -135,02 | -6,34   | 4,29    |
| 67 | 16,5  | -135,65 | -5,02   | 2,71    |
| 68 | 16,75 | -136,28 | -3,45   | 1,45    |
| 69 | 17    | -136,91 | -2,03   | 0,59    |
| 70 | 17,25 | -137,54 | -0,93   | 0,08    |
| 71 | 17,5  | -138,16 | -0,18   | -0,15   |
| 72 | 17,75 | -138,79 | 0,23    | -0,2    |
| 73 | 18    | -139,42 | 0,35    | -0,14   |
| 74 | 18,25 | -140,05 | 0,2     | -0,05   |
| 75 | 18,5  | -140,68 | 0,2     | 0       |

**REAZIONI VINCOLARI E PRESSIONI DI CONTATTO TERRENO-PARATIA (calcolo FEM)**

RvX = componente della reazione vincolare lungo X ( kN/m)

RvY = componente della reazione vincolare lungo Y ( kN/m)

RvZ = componente momento della reazione vincolare ( kN\*m/m)

pXv = pressione orizzontale del terreno (molle di valle) ( kN/mq)

pXm = pressione orizzontale del terreno (molle di monte) ( kN/mq)

| sez./nodo | x ( m) | RvX  | RvY | RvZ | pXv | pXm  |
|-----------|--------|------|-----|-----|-----|------|
| 3         | 0,5    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0    |
| 4         | 0,75   | 0,34 | 0   | 0   | 0   | 1,35 |
| 5         | 1      | 0,68 | 0   | 0   | 0   | 2,71 |



**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 33 di 190 |

|    |       |        |       |   |         |       |
|----|-------|--------|-------|---|---------|-------|
| 6  | 1,25  | 1,02   | 0     | 0 | 0       | 4,06  |
| 7  | 1,5   | 1,36   | 0     | 0 | 0       | 5,42  |
| 8  | 1,75  | 1,69   | 0     | 0 | 0       | 6,77  |
| 9  | 2     | -36,27 | 17,86 | 0 | 0       | 8,13  |
| 10 | 2,25  | 2,37   | 0     | 0 | 0       | 9,48  |
| 11 | 2,5   | 2,71   | 0     | 0 | 0       | 10,84 |
| 12 | 2,75  | 3,05   | 0     | 0 | 0       | 12,19 |
| 13 | 3     | 3,39   | 0     | 0 | 0       | 13,55 |
| 14 | 3,25  | 3,73   | 0     | 0 | 0       | 14,9  |
| 15 | 3,5   | 4,06   | 0     | 0 | 0       | 16,26 |
| 16 | 3,75  | 4,4    | 0     | 0 | 0       | 17,61 |
| 17 | 4     | 4,74   | 0     | 0 | 0       | 18,97 |
| 18 | 4,25  | 5,08   | 0     | 0 | 0       | 20,32 |
| 19 | 4,5   | 5,42   | 0     | 0 | 0       | 21,68 |
| 20 | 4,75  | 5,76   | 0     | 0 | 0       | 23,03 |
| 21 | 5     | -64,16 | 25,57 | 0 | 0       | 24,39 |
| 22 | 5,25  | 6,44   | 0     | 0 | 0       | 25,74 |
| 23 | 5,5   | 6,77   | 0     | 0 | 0       | 27,1  |
| 24 | 5,75  | 7,11   | 0     | 0 | 0       | 28,45 |
| 25 | 6     | 7,45   | 0     | 0 | 0       | 29,81 |
| 26 | 6,25  | 7,79   | 0     | 0 | 0       | 31,16 |
| 27 | 6,5   | 8,13   | 0     | 0 | 0       | 32,52 |
| 28 | 6,75  | 8,47   | 0     | 0 | 0       | 33,87 |
| 29 | 7     | 8,81   | 0     | 0 | 0       | 35,23 |
| 30 | 7,25  | 9,15   | 0     | 0 | 0       | 36,58 |
| 31 | 7,5   | -70,26 | 29,02 | 0 | 0       | 37,94 |
| 32 | 7,75  | 9,82   | 0     | 0 | 0       | 39,29 |
| 33 | 8     | 10,16  | 0     | 0 | 0       | 40,65 |
| 34 | 8,25  | 10,5   | 0     | 0 | 0       | 42    |
| 35 | 8,5   | 10,84  | 0     | 0 | 0       | 43,36 |
| 36 | 8,75  | 11,18  | 0     | 0 | 0       | 44,71 |
| 37 | 9     | 11,52  | 0     | 0 | 0       | 46,07 |
| 38 | 9,25  | 11,86  | 0     | 0 | 0       | 47,42 |
| 39 | 9,5   | 12,19  | 0     | 0 | 0       | 48,78 |
| 40 | 9,75  | 12,53  | 0     | 0 | 0       | 50,13 |
| 41 | 10    | 12,87  | 0     | 0 | 0       | 51,49 |
| 42 | 10,25 | 13,21  | 0     | 0 | 0       | 52,84 |
| 43 | 10,5  | 12,19  | 0     | 0 | 0       | 54,2  |
| 44 | 10,7  | 11,02  | 0     | 0 | 0       | 48,53 |
| 45 | 10,95 | 7,23   | 0     | 0 | -21,4   | 49,74 |
| 46 | 11,21 | 2,08   | 0     | 0 | -42,8   | 50,95 |
| 47 | 11,46 | -3,07  | 0     | 0 | -64,2   | 52,16 |
| 48 | 11,72 | -8,22  | 0     | 0 | -85,6   | 53,37 |
| 49 | 11,97 | -13,37 | 0     | 0 | -107    | 54,58 |
| 50 | 12,23 | -18,52 | 0     | 0 | -128,41 | 55,79 |
| 51 | 12,48 | -23,66 | 0     | 0 | -149,81 | 57,01 |
| 52 | 12,74 | -28,81 | 0     | 0 | -171,21 | 58,22 |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 34 di 190 |

|    |       |        |         |   |         |        |
|----|-------|--------|---------|---|---------|--------|
| 53 | 12,99 | -33,96 | 0       | 0 | -192,61 | 59,43  |
| 54 | 13,25 | -39,11 | 0       | 0 | -214,01 | 60,64  |
| 55 | 13,5  | -42,4  | 0       | 0 | -230,09 | 61,85  |
| 56 | 13,75 | -13,73 | 0       | 0 | -117,94 | 63,04  |
| 57 | 14    | 5,83   | 0       | 0 | -52,9   | 76,23  |
| 58 | 14,25 | 21,79  | 0       | 0 | -22,92  | 110,07 |
| 59 | 14,5  | 25,66  | 0       | 0 | -18,08  | 120,73 |
| 60 | 14,75 | 23,91  | 0       | 0 | -22,51  | 118,16 |
| 61 | 15    | 18,7   | 0       | 0 | -34,85  | 109,66 |
| 62 | 15,25 | 12,88  | 0       | 0 | -48,41  | 99,94  |
| 63 | 15,5  | 7,75   | 0       | 0 | -60,6   | 91,6   |
| 64 | 15,75 | 3,84   | 0       | 0 | -70,34  | 85,71  |
| 65 | 16    | 1,22   | 0       | 0 | -77,5   | 82,38  |
| 66 | 16,25 | -0,3   | 0       | 0 | -82,47  | 81,25  |
| 67 | 16,5  | -1,02  | 0       | 0 | -85,82  | 81,75  |
| 68 | 16,75 | -1,2   | 0       | 0 | -88,12  | 83,3   |
| 69 | 17    | -1,09  | 0       | 0 | -89,81  | 85,44  |
| 70 | 17,25 | -0,85  | 0       | 0 | -91,25  | 87,85  |
| 71 | 17,5  | -0,57  | 0       | 0 | -92,62  | 90,32  |
| 72 | 17,75 | -0,32  | 0       | 0 | -94,03  | 92,76  |
| 73 | 18    | -0,09  | 0       | 0 | -95,5   | 95,13  |
| 74 | 18,25 | 0,11   | 0       | 0 | -97,01  | 97,47  |
| 75 | 18,5  | 0,16   | -108,21 | 0 | -98,54  | 99,78  |

**PERCENTUALI DI SPINTA PASSIVA MOBILITATA**

Spinta passiva mobilitata a monte = 9,9%

Spinta passiva mobilitata a valle = 49,9%

**VERIFICA CONDIZIONI DI EQUILIBRIO (calcolo FEM)**
**Equilibrio alla traslazione orizzontale**

somma delle forze esterne orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sme=0,00$  kN/m

spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sve=0,00$  kN/m

somma delle reazioni vincolari lungo X,  $SommRvX=0,00$  kN/m

equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale:  $SF_x+Sme+Sve+SommRvX=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla traslazione verticale**

peso proprio della paratia,  $Wp=35,76$  kN/m

somma delle forze verticali applicate alla paratia,  $SF_y=0,00$  kN/m

somma delle reazioni vincolari lungo Y,  $SommRvY=-35,76$  kN/m

equazione di equilibrio alla traslazione verticale:  $Wp+SF_y+SommRvY=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla rotazione (attorno al primo nodo)**

momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MSme=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MSve=0,00$  kN\*m/m

momento delle reazioni vincolari lungo X,  $MRvX=0,00$  kN\*m/m

equazione di equilibrio alla rotazione:  $MF_x+MSme+MSve+MRvX=0,00$  kN\*m/m

**Spinte orizzontali**

 spinta delle terre di monte,  $S_m=894,42$  kN/m

 spinta delle terre di valle,  $S_v=-706,12$  kN/m

 somma componenti orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $ST_x=-188,30$  kN/m

 somma forze orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

 spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $S_{me}=0,00$  kN/m

 spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $S_{ve}=0,00$  kN/m

**Momenti delle spinte orizzontali rispetto al primo nodo**

 momento della spinta delle terre di monte,  $MS_m=11.268,84$  kN\*m/m

 momento della spinta delle terre di valle,  $MS_v=-10.242,89$  kN\*m/m

 momento delle compon. orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $MT_x=-1.025,95$  kN\*m/m

 momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00$  kN\*m/m

 momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MS_{me}=0,00$  kN\*m/m

 momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MS_{ve}=0,00$  kN\*m/m

**SFORZI NEI TIRANTI/PUNTONI (calcolo**
**FEM)**
 $TX^*$ =sforzo lungo l'asse globale X per metro lineare di paratia ( kN/m)

 $TY^*$ =sforzo lungo l'asse globale Y per metro lineare di paratia ( kN/m)

 $TX$ =sforzo lungo l'asse globale X nel singolo tirante/puntone ( kN)

 $TY$ =sforzo lungo l'asse globale Y nel singolo tirante/puntone ( kN)

 $F_a$ =sforzo di trazione/compressione nel singolo tirante/puntone ( kN)

 $F_{ad}=gGs \times F_a$  sforzo di trazione/compressione di progetto nel singolo tirante/puntone ( kN)

| Ordine | $TX^*$ | $TY^*$ | $TX$    | $TY$  | $F_a$  | $F_{ad}$ |
|--------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|
| 1      | -38,30 | 17,86  | -95,76  | 44,65 | 105,66 | 137,36   |
| 2      | -70,25 | 25,57  | -175,63 | 63,93 | 186,91 | 242,98   |
| 3      | -79,74 | 29,02  | -199,36 | 72,56 | 212,15 | 275,80   |

**SPOSTAMENTI NODALI (calcolo FEM)**
 $w$  = spostamento orizzontale (lungo l'asse globale X, coincidente con l'asse locale z)

 $u$  = spostamento verticale (lungo l'asse globale Y, coincidente con l'asse locale x)

| sez./nodo | x ( m) | w (cm) | u (cm) | rot. (rad) |
|-----------|--------|--------|--------|------------|
| 1         | 0      | 0,732  | 0,025  | 0,01       |
| 2         | 0,25   | 0,982  | 0,025  | 0,01       |
| 3         | 0,5    | 1,232  | 0,025  | 0,01       |
| 4         | 0,75   | 1,482  | 0,025  | 0,01       |
| 5         | 1      | 1,732  | 0,025  | 0,01       |
| 6         | 1,25   | 1,982  | 0,025  | 0,01       |
| 7         | 1,5    | 2,232  | 0,025  | 0,01       |
| 8         | 1,75   | 2,482  | 0,025  | 0,01       |
| 9         | 2      | 2,733  | 0,025  | 0,01       |
| 10        | 2,25   | 2,984  | 0,025  | 0,01       |
| 11        | 2,5    | 3,234  | 0,025  | 0,0099     |
| 12        | 2,75   | 3,481  | 0,025  | 0,0098     |
| 13        | 3      | 3,722  | 0,024  | 0,0095     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 36 di 190 |

|    |       |        |       |         |
|----|-------|--------|-------|---------|
| 14 | 3,25  | 3,957  | 0,024 | 0,0092  |
| 15 | 3,5   | 4,183  | 0,024 | 0,0089  |
| 16 | 3,75  | 4,4    | 0,024 | 0,0085  |
| 17 | 4     | 4,608  | 0,024 | 0,0081  |
| 18 | 4,25  | 4,804  | 0,024 | 0,0076  |
| 19 | 4,5   | 4,99   | 0,024 | 0,0072  |
| 20 | 4,75  | 5,165  | 0,024 | 0,0068  |
| 21 | 5     | 5,33   | 0,023 | 0,0064  |
| 22 | 5,25  | 5,485  | 0,023 | 0,006   |
| 23 | 5,5   | 5,628  | 0,023 | 0,0054  |
| 24 | 5,75  | 5,755  | 0,023 | 0,0047  |
| 25 | 6     | 5,863  | 0,022 | 0,0039  |
| 26 | 6,25  | 5,951  | 0,022 | 0,0031  |
| 27 | 6,5   | 6,017  | 0,022 | 0,0022  |
| 28 | 6,75  | 6,06   | 0,022 | 0,0012  |
| 29 | 7     | 6,079  | 0,021 | 0,0003  |
| 30 | 7,25  | 6,075  | 0,021 | -0,0006 |
| 31 | 7,5   | 6,048  | 0,021 | -0,0015 |
| 32 | 7,75  | 5,999  | 0,02  | -0,0024 |
| 33 | 8     | 5,925  | 0,02  | -0,0035 |
| 34 | 8,25  | 5,823  | 0,019 | -0,0047 |
| 35 | 8,5   | 5,691  | 0,019 | -0,0059 |
| 36 | 8,75  | 5,527  | 0,019 | -0,0072 |
| 37 | 9     | 5,332  | 0,018 | -0,0085 |
| 38 | 9,25  | 5,105  | 0,018 | -0,0097 |
| 39 | 9,5   | 4,847  | 0,017 | -0,0109 |
| 40 | 9,75  | 4,559  | 0,017 | -0,012  |
| 41 | 10    | 4,245  | 0,016 | -0,013  |
| 42 | 10,25 | 3,908  | 0,016 | -0,0139 |
| 43 | 10,5  | 3,553  | 0,016 | -0,0145 |
| 44 | 10,7  | 3,258  | 0,015 | -0,0149 |
| 45 | 10,95 | 2,876  | 0,015 | -0,0151 |
| 46 | 11,21 | 2,492  | 0,014 | -0,015  |
| 47 | 11,46 | 2,114  | 0,014 | -0,0146 |
| 48 | 11,72 | 1,751  | 0,013 | -0,0139 |
| 49 | 11,97 | 1,409  | 0,013 | -0,0129 |
| 50 | 12,23 | 1,097  | 0,012 | -0,0116 |
| 51 | 12,48 | 0,819  | 0,012 | -0,0101 |
| 52 | 12,74 | 0,582  | 0,011 | -0,0085 |
| 53 | 12,99 | 0,387  | 0,011 | -0,0068 |
| 54 | 13,25 | 0,236  | 0,01  | -0,0051 |
| 55 | 13,5  | 0,127  | 0,01  | -0,0035 |
| 56 | 13,75 | 0,057  | 0,01  | -0,0022 |
| 57 | 14    | 0,017  | 0,009 | -0,0011 |
| 58 | 14,25 | -0,003 | 0,009 | -0,0004 |
| 59 | 14,5  | -0,008 | 0,008 | 0       |
| 60 | 14,75 | -0,005 | 0,008 | 0,0002  |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 37 di 190 |

|    |       |       |       |        |
|----|-------|-------|-------|--------|
| 61 | 15    | 0,001 | 0,007 | 0,0003 |
| 62 | 15,25 | 0,008 | 0,007 | 0,0003 |
| 63 | 15,5  | 0,014 | 0,006 | 0,0002 |
| 64 | 15,75 | 0,018 | 0,006 | 0,0001 |
| 65 | 16    | 0,021 | 0,005 | 0,0001 |
| 66 | 16,25 | 0,022 | 0,005 | 0      |
| 67 | 16,5  | 0,023 | 0,004 | 0      |
| 68 | 16,75 | 0,023 | 0,004 | 0      |
| 69 | 17    | 0,023 | 0,003 | 0      |
| 70 | 17,25 | 0,022 | 0,003 | 0      |
| 71 | 17,5  | 0,022 | 0,002 | 0      |
| 72 | 17,75 | 0,022 | 0,002 | 0      |
| 73 | 18    | 0,021 | 0,001 | 0      |
| 74 | 18,25 | 0,021 | 0,001 | 0      |
| 75 | 18,5  | 0,02  | 0     | 0      |

**VERIFICA AL CARICO LIMITE VERTICALE**
**Parametri geotecnici di progetto**

coesione = 0,00 kN/mq

angolo di resistenza al taglio = 38°

**Resistenza alla punta**

fattore Nq (Berezantzev) = 111,075

fattore Nc = 140,89

tensione litostatica verticale totale alla profondità L, sVL=360,00 kN/mq

pressione neutra alla profondità L, uL=0,00 kN/mq

tensione litostatica verticale efficace alla profondità L, s'VL=360,00 kN/mq

Resistenza unitaria alla punta, p=39.987,10 kN/mq

Resistenza alla punta, Pmax=3.001,24 kN

**Resistenza laterale**

Resistenza laterale, Smax=939,15 kN

**Resistenza alla punta e laterale di progetto**

Resistenza alla punta (valore medio) = 3.001,24 kN

Resistenza alla punta (valore minimo) = 3.001,24 kN

Resistenza laterale (valore medio) = 939,15 kN

Resistenza laterale (valore minimo) = 939,15 kN

Fattore di correlazione, xsi3=1,7

Fattore di correlazione, xsi4=1,7

Resistenza alla punta (valore caratteristico) = 1.765,44 kN

Resistenza laterale (valore caratteristico) = 552,44 kN

Resistenza alla punta di progetto, Pmax\_d=1.535,16 kN

Resistenza laterale di progetto, Smax\_d=480,38 kN

**Carico limite per carichi assiali di compressione**

Qlim\_d = Pmax\_d + Smax\_d = 2.015,55 kN

**Carico limite di sfilamento per carichi assiali di trazione**

Qlimt\_d = Smax\_d = 480,38 kN

**Azione di progetto**

Ed = 140,68 kN

**Verifica al carico limite per carichi assiali di compressione**

Verifica soddisfatta: l'azione di progetto non supera la resistenza di progetto  
coeff. di sicurezza,  $Q_{lim\_d}/Ed=14,33$

**VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE**

**Parametri geotecnici di progetto**

strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=32,01$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=32,01$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

**Parametri di calcolo**

n° di cerchi analizzati = 10

Metodo utilizzato: Bishop

**Cerchio critico**

Coordinate centro e raggio: X (m)= 0 Y (m)= -3,58 Rc (m)= 22,18

*Simbologia adottata*

Wt = peso del concio ( kN)

Wq = forza risultante verticale dovuta al sovraccarico applicato sul concio ( kN)

alfa=angolo (minore di 90°) che l'orizzontale forma con la base del concio (positivo se antiorario)

u = pressione neutra alla base del concio ( kN/mq)

DX = larghezza lungo X del concio ( m)

Fsh = forza sismica orizzontale sul concio ( kN)

B = braccio della forza sismica orizzontale rispetto al centro del cerchio di rottura ( m)

Fsv = forza sismica verticale sul concio ( kN)

N = risultante delle tensioni normali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

T = risultante delle tensioni tangenziali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

| concio | Wt     | Wq | alfa (°) | u | DX   | Fsh | B     | Fsv | N      | T     |
|--------|--------|----|----------|---|------|-----|-------|-----|--------|-------|
| 1      | 25,7   | 0  | -46,99   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 36,94  | -0,68 |
| 2      | 72,53  | 0  | -41,39   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 95,13  | -1,76 |
| 3      | 111,23 | 0  | -36,25   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 136,07 | -2,52 |
| 4      | 143,45 | 0  | -31,42   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 166,22 | -3,08 |
| 5      | 170,22 | 0  | -26,83   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 188,99 | -3,5  |
| 6      | 192,24 | 0  | -22,43   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 206,39 | -3,82 |
| 7      | 210    | 0  | -18,16   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 219,67 | -4,07 |
| 8      | 223,83 | 0  | -13,99   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 229,62 | -4,25 |
| 9      | 233,99 | 0  | -9,9     | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 236,76 | -4,38 |
| 10     | 240,63 | 0  | -5,86    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 241,44 | -4,47 |
| 11     | 243,87 | 0  | -1,85    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 352,05 | -6,51 |
| 12     | 13     | 0  | 0,22     | 0 | 0,05 | 0   | 32,78 | 0   | 13     | -0,24 |
| 13     | 559,91 | 0  | 2,29     | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 560,77 | 10,38 |
| 14     | 556,3  | 0  | 6,3      | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 560,83 | 10,38 |
| 15     | 549,26 | 0  | 10,35    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 560,25 | 10,37 |
| 16     | 538,69 | 0  | 14,45    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 558,97 | 10,34 |
| 17     | 524,41 | 0  | 18,63    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 556,9  | 10,31 |
| 18     | 506,17 | 0  | 22,92    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 553,89 | 10,25 |
| 19     | 483,6  | 0  | 27,35    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 549,71 | 10,17 |
| 20     | 456,21 | 0  | 31,96    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 544    | 10,07 |
| 21     | 423,27 | 0  | 36,82    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 536,16 | -9,92 |
| 22     | 383,67 | 0  | 42,02    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 525,16 | -9,72 |
| 23     | 335,68 | 0  | 47,68    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 508,96 | -9,42 |
| 24     | 276,19 | 0  | 54,07    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 481,7  | -7,99 |
| 25     | 198,46 | 0  | 61,71    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 432,07 | -7,17 |
| 26     | 76,93  | 0  | 72,67    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 272,78 | -4,52 |

Lunghezza dell'arco di cerchio di scivolamento,  $L=50,06$  m

Momento resistente,  $M_{resist}=127.549,26$  kN\*m

Momento instabilizzante,  $M_{instab}=-3.776,36$  kN\*m

Verifica soddisfatta

## **VERIFICHE STRUTTURALI PARATIA**

### **Verifiche di resistenza a presso-flessione e taglio**

sid\_m: tensione ideale massima nella sezione di acciaio ( N/mm<sup>2</sup>)

Mcy\_Rd: resistenza di progetto della sezione soggetta a presso-flessione retta (asse vettore y)

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=2.743,03$  kN

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $Avz=51,65$  cm<sup>2</sup>

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 40 di 190 |

 Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=1.008,21$  kN

 Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=134,08$  kN\*m

 Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=180,61$  kN\*m

 tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338$  N/mm<sup>2</sup>

| x ( m ) | Nx     | Tz     | My    | sid_m | Mcy_Rd | Verif? |
|---------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 0       | 0      | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,25    | -0,32  | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,5     | -0,63  | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,75    | -0,94  | -0,22  | 0     |       |        |        |
| 1       | -1,26  | -0,66  | -0,06 | 0,3   |        | Si     |
| 1,25    | -1,58  | -1,33  | -0,22 | 0,8   |        | Si     |
| 1,5     | -1,89  | -2,21  | -0,55 | 1,6   |        | Si     |
| 1,75    | -2,21  | -3,32  | -1,11 | 3,1   |        | Si     |
| 2       | -2,53  | -3,32  | -1,93 | 5,2   |        | Si     |
| 2       | -14,19 | 20,37  | -1,93 | 8,4   |        | Si     |
| 2,25    | -14,5  | 18,82  | 3,15  | 9,7   |        | Si     |
| 2,5     | -14,82 | 17,05  | 7,86  | 21,6  |        | Si     |
| 2,75    | -15,14 | 15,06  | 12,13 | 32,4  |        | Si     |
| 3       | -15,45 | 12,85  | 15,89 | 42    |        | Si     |
| 3,25    | -15,77 | 10,41  | 19,1  | 50,1  |        | Si     |
| 3,5     | -16,08 | 7,76   | 21,71 | 56,7  |        | Si     |
| 3,75    | -16,4  | 4,88   | 23,64 | 61,6  |        | Si     |
| 4       | -16,71 | 1,79   | 24,87 | 64,8  |        | Si     |
| 4,25    | -17,03 | -1,53  | 25,31 | 65,9  |        | Si     |
| 4,5     | -17,35 | -5,07  | 24,93 | 65    |        | Si     |
| 4,75    | -17,66 | -8,83  | 23,67 | 61,8  |        | Si     |
| 5       | -17,97 | -8,83  | 21,45 | 56,3  |        | Si     |
| 5       | -34,67 | 33,06  | 21,45 | 58,4  |        | Si     |
| 5,25    | -34,99 | 28,86  | 29,72 | 79,3  |        | Si     |
| 5,5     | -35,3  | 24,44  | 36,94 | 97,5  |        | Si     |
| 5,75    | -35,62 | 19,79  | 43,05 | 112,9 |        | Si     |
| 6       | -35,94 | 14,93  | 47,99 | 125,4 |        | Si     |
| 6,25    | -36,25 | 9,84   | 51,73 | 134,9 |        | Si     |
| 6,5     | -36,56 | 4,53   | 54,19 | 141,1 |        | Si     |
| 6,75    | -36,88 | -1     | 55,32 | 144   |        | Si     |
| 7       | -37,2  | -6,75  | 55,07 | 143,4 |        | Si     |
| 7,25    | -37,51 | -12,72 | 53,38 | 139,2 |        | Si     |
| 7,5     | -37,83 | -12,72 | 50,2  | 131,2 |        | Si     |
| 7,5     | -56,78 | 33,16  | 50,2  | 133,6 |        | Si     |
| 7,75    | -57,1  | 26,74  | 58,49 | 154,5 |        | Si     |
| 8       | -57,41 | 20,11  | 65,18 | 171,4 |        | Si     |
| 8,25    | -57,73 | 13,25  | 70,2  | 184,1 |        | Si     |
| 8,5     | -58,04 | 6,17   | 73,52 | 192,5 |        | Si     |
| 8,75    | -58,36 | -1,13  | 75,06 | 196,5 |        | Si     |
| 9       | -58,68 | -8,65  | 74,77 | 195,8 |        | Si     |
| 9,25    | -58,99 | -16,39 | 72,61 | 190,4 |        | Si     |



**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 41 di 190 |

|       |        |        |        |       |    |
|-------|--------|--------|--------|-------|----|
| 9,5   | -59,31 | -24,36 | 68,51  | 180,1 | Si |
| 9,75  | -59,62 | -32,54 | 62,43  | 164,8 | Si |
| 10    | -59,94 | -40,95 | 54,29  | 144,3 | Si |
| 10,25 | -60,26 | -49,58 | 44,05  | 118,5 | Si |
| 10,5  | -60,57 | -57,54 | 31,66  | 87,3  | Si |
| 10,7  | -60,82 | -64,73 | 20,15  | 58,3  | Si |
| 10,95 | -61,14 | -69,45 | 3,67   | 29    | Si |
| 11,21 | -61,47 | -70,81 | -14,01 | 42,9  | Si |
| 11,46 | -61,79 | -68,8  | -32,03 | 88,4  | Si |
| 11,72 | -62,11 | -63,43 | -49,54 | 132,6 | Si |
| 11,97 | -62,43 | -54,7  | -65,69 | 173,3 | Si |
| 12,23 | -62,75 | -42,61 | -79,62 | 208,5 | Si |
| 12,48 | -63,07 | -27,16 | -90,46 | 235,9 | Si |
| 12,74 | -63,39 | -8,34  | -97,37 | 253,3 | Si |
| 12,99 | -63,71 | 13,83  | -99,5  | 258,7 | Si |
| 13,25 | -64,03 | 39,37  | -95,98 | 249,9 | Si |
| 13,5  | -64,35 | 67,06  | -85,95 | 224,7 | Si |
| 13,75 | -64,67 | 76,02  | -69,19 | 182,4 | Si |
| 14    | -64,99 | 72,22  | -50,18 | 134,5 | Si |
| 14,25 | -65,3  | 57,98  | -32,13 | 89,1  | Si |
| 14,5  | -65,62 | 41,23  | -17,64 | 52,6  | Si |
| 14,75 | -65,93 | 25,61  | -7,33  | 26,6  | Si |
| 15    | -66,25 | 13,4   | -0,92  | 10,5  | Si |
| 15,25 | -66,56 | 4,98   | 2,42   | 14,3  | Si |
| 15,5  | -66,88 | -0,08  | 3,67   | 17,5  | Si |
| 15,75 | -67,2  | -2,59  | 3,65   | 17,5  | Si |
| 16    | -67,51 | -3,39  | 3      | 15,9  | Si |
| 16,25 | -67,83 | -3,18  | 2,16   | 13,8  | Si |
| 16,5  | -68,14 | -2,52  | 1,36   | 11,8  | Si |
| 16,75 | -68,46 | -1,73  | 0,73   | 10,3  | Si |
| 17    | -68,77 | -1,02  | 0,3    | 9,2   | Si |
| 17,25 | -69,09 | -0,47  | 0,04   | 8,6   | Si |
| 17,5  | -69,4  | -0,09  | -0,08  | 8,7   | Si |
| 17,75 | -69,72 | 0,12   | -0,1   | 8,8   | Si |
| 18    | -70,04 | 0,18   | -0,07  | 8,8   | Si |
| 18,25 | -70,35 | 0,1    | -0,03  | 8,7   | Si |
| 18,5  | -70,67 | 0,1    | 0      | 8,7   | Si |

**VERIFICHE S.L.U. DI TIPO GEOTECNICO E STRUTTURALE SUI TIRANTI**
**ANCORAGGIO DI ORDINE 1**

 forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=137,36$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 3,14

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

 tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=329,40$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 4,91

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\tau = 0,27$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 8,78

**ANCORAGGIO DI ORDINE 2**

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad} = 242,98$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,77

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\sigma = 582,68$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 2,78

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\tau = 0,48$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 4,96

**ANCORAGGIO DI ORDINE 3**

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad} = 275,80$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,56

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\sigma = 661,39$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 2,45

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\tau = 0,55$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 4,37

## COMB. 2 (SLU-F)

### SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA PARATIA (calcolo FEM)

#### Sovraccarichi di progetto sui terrapieni

Terreno di monte,  $q_{1d} = 23,08$  kN/m<sup>2</sup>

Terreno di valle,  $q_{2d} = 0,00$  kN/m<sup>2</sup>

#### Parametri geotecnici di progetto

##### strato 1

peso dell'unità di volume,  $g = 20,00$  kN/m<sup>3</sup>

angolo di resistenza al taglio,  $\varphi_d = 35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d = 0,00$  kN/m<sup>2</sup>

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\Delta\varphi_{ad} = 0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=38$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=38$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

**Coefficienti di spinta**

strato 1

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

strato 2

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 3

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 4

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 5

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

strato 6

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

### Numero di iterazioni nel calcolo non lineare e sollecitazioni

Numero di iterazione effettuate = 6

errore iterazione 0 = 0,004913

errore iterazione 1 = 0,310064

errore iterazione 2 = 0,037976

errore iterazione 3 = 0,030768

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 45 di 190 |

errore iterazione 4 = 0,013665

errore iterazione 5 = 0,003

errore iterazione 6 = 0,000001

| sez./nodo | x ( m) | Nx ( kN/m) | Tz ( kN/m) | My ( kN*m/m) |
|-----------|--------|------------|------------|--------------|
| 1         | 0      | 0          | 0          | 0            |
| 2         | 0,25   | -0,63      | 0          | 0            |
| 3         | 0,5    | -1,26      | -1,02      | 0            |
| 4         | 0,75   | -1,88      | -3,49      | -0,25        |
| 5         | 1      | -2,51      | -6,4       | -1,13        |
| 6         | 1,25   | -3,14      | -9,76      | -2,73        |
| 7         | 1,5    | -3,77      | -13,55     | -5,17        |
| 8         | 1,75   | -4,4       | -17,78     | -8,55        |
| 9         | 2      | -5,03      | -17,78     | -13          |
| 9         | 2      | -40,52     | 53,65      | -13          |
| 10        | 2,25   | -41,14     | 48,54      | 0,41         |
| 11        | 2,5    | -41,77     | 42,98      | 12,55        |
| 12        | 2,75   | -42,4      | 36,99      | 23,29        |
| 13        | 3      | -43,03     | 30,55      | 32,54        |
| 14        | 3,25   | -43,66     | 23,67      | 40,18        |
| 15        | 3,5    | -44,29     | 16,36      | 46,1         |
| 16        | 3,75   | -44,91     | 8,6        | 50,19        |
| 17        | 4      | -45,54     | 0,4        | 52,34        |
| 18        | 4,25   | -46,17     | -8,24      | 52,44        |
| 19        | 4,5    | -46,8      | -17,31     | 50,38        |
| 20        | 4,75   | -47,43     | -26,83     | 46,05        |
| 21        | 5      | -48,05     | -26,83     | 39,34        |
| 21        | 5      | -90,05     | 78,58      | 39,34        |
| 22        | 5,25   | -90,67     | 68,18      | 58,99        |
| 23        | 5,5    | -91,3      | 57,34      | 76,03        |
| 24        | 5,75   | -91,93     | 46,06      | 90,37        |
| 25        | 6      | -92,56     | 34,34      | 101,88       |
| 26        | 6,25   | -93,19     | 22,18      | 110,47       |
| 27        | 6,5    | -93,81     | 9,58       | 116,01       |
| 28        | 6,75   | -94,44     | -3,46      | 118,4        |
| 29        | 7      | -95,07     | -16,94     | 117,54       |
| 30        | 7,25   | -95,7      | -30,87     | 113,3        |
| 31        | 7,5    | -96,33     | -30,87     | 105,59       |
| 31        | 7,5    | -142,29    | 81,06      | 105,59       |
| 32        | 7,75   | -142,92    | 66,26      | 125,85       |
| 33        | 8      | -143,55    | 51,02      | 142,42       |
| 34        | 8,25   | -144,18    | 35,33      | 155,17       |
| 35        | 8,5    | -144,81    | 19,21      | 164          |
| 36        | 8,75   | -145,43    | 2,65       | 168,81       |
| 37        | 9      | -146,06    | -14,36     | 169,47       |
| 38        | 9,25   | -146,69    | -31,8      | 165,88       |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 46 di 190 |

|    |       |         |         |         |
|----|-------|---------|---------|---------|
| 39 | 9,5   | -147,32 | -49,69  | 157,93  |
| 40 | 9,75  | -147,95 | -68,02  | 145,51  |
| 41 | 10    | -148,58 | -86,78  | 128,5   |
| 42 | 10,25 | -149,2  | -105,99 | 106,81  |
| 43 | 10,5  | -149,83 | -123,67 | 80,31   |
| 44 | 10,7  | -150,33 | -139,61 | 55,58   |
| 45 | 10,95 | -150,97 | -150,82 | 20,04   |
| 46 | 11,21 | -151,61 | -155,35 | -18,35  |
| 47 | 11,46 | -152,25 | -153,17 | -57,9   |
| 48 | 11,72 | -152,89 | -144,31 | -96,89  |
| 49 | 11,97 | -153,53 | -128,75 | -133,62 |
| 50 | 12,23 | -154,17 | -106,5  | -166,39 |
| 51 | 12,48 | -154,81 | -77,56  | -193,5  |
| 52 | 12,74 | -155,45 | -41,92  | -213,24 |
| 53 | 12,99 | -156,09 | 0,41    | -223,91 |
| 54 | 13,25 | -156,73 | 49,43   | -223,81 |
| 55 | 13,5  | -157,37 | 104,49  | -211,23 |
| 56 | 13,75 | -158    | 156,36  | -185,1  |
| 57 | 14    | -158,63 | 170,42  | -146,01 |
| 58 | 14,25 | -159,25 | 155,75  | -103,4  |
| 59 | 14,5  | -159,88 | 121,69  | -64,47  |
| 60 | 14,75 | -160,51 | 84,63   | -34,04  |
| 61 | 15    | -161,14 | 51,05   | -12,89  |
| 62 | 15,25 | -161,77 | 25,48   | -0,12   |
| 63 | 15,5  | -162,4  | 8,31    | 6,25    |
| 64 | 15,75 | -163,02 | -1,69   | 8,32    |
| 65 | 16    | -163,65 | -6,37   | 7,9     |
| 66 | 16,25 | -164,28 | -7,57   | 6,31    |
| 67 | 16,5  | -164,91 | -6,82   | 4,42    |
| 68 | 16,75 | -165,54 | -5,21   | 2,71    |
| 69 | 17    | -166,16 | -3,45   | 1,41    |
| 70 | 17,25 | -166,79 | -1,91   | 0,54    |
| 71 | 17,5  | -167,42 | -0,76   | 0,07    |
| 72 | 17,75 | -168,05 | -0,03   | -0,12   |
| 73 | 18    | -168,68 | 0,29    | -0,13   |
| 74 | 18,25 | -169,31 | 0,22    | -0,06   |
| 75 | 18,5  | -169,93 | 0,22    | 0       |

**REAZIONI VINCOLARI E PRESSIONI DI CONTATTO TERRENO-PARATIA (calcolo FEM)**

RvX = componente della reazione vincolare lungo X ( kN/m)

RvY = componente della reazione vincolare lungo Y ( kN/m)

RvZ = componente momento della reazione vincolare ( kN\*m/m)

pXv = pressione orizzontale del terreno (molle di valle) ( kN/mq)

pXm = pressione orizzontale del terreno (molle di monte) ( kN/mq)

| sez./nodo | x ( m) | RvX | RvY | RvZ | pXv | pXm |
|-----------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
|-----------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 47 di 190 |

|    |       |        |       |   |       |       |
|----|-------|--------|-------|---|-------|-------|
| 3  | 0,5   | 0,78   | 0     | 0 | 0     | 6,25  |
| 4  | 0,75  | 1,9    | 0     | 0 | 0     | 7,61  |
| 5  | 1     | 2,24   | 0     | 0 | 0     | 8,96  |
| 6  | 1,25  | 2,58   | 0     | 0 | 0     | 10,32 |
| 7  | 1,5   | 2,92   | 0     | 0 | 0     | 11,67 |
| 8  | 1,75  | 3,26   | 0     | 0 | 0     | 13,03 |
| 9  | 2     | -54,95 | 27,3  | 0 | 0     | 14,38 |
| 10 | 2,25  | 3,93   | 0     | 0 | 0     | 15,74 |
| 11 | 2,5   | 4,27   | 0     | 0 | 0     | 17,09 |
| 12 | 2,75  | 4,61   | 0     | 0 | 0     | 18,45 |
| 13 | 3     | 4,95   | 0     | 0 | 0     | 19,8  |
| 14 | 3,25  | 5,29   | 0     | 0 | 0     | 21,16 |
| 15 | 3,5   | 5,63   | 0     | 0 | 0     | 22,51 |
| 16 | 3,75  | 5,97   | 0     | 0 | 0     | 23,87 |
| 17 | 4     | 6,31   | 0     | 0 | 0     | 25,22 |
| 18 | 4,25  | 6,64   | 0     | 0 | 0     | 26,58 |
| 19 | 4,5   | 6,98   | 0     | 0 | 0     | 27,93 |
| 20 | 4,75  | 7,32   | 0     | 0 | 0     | 29,29 |
| 21 | 5     | -81,09 | 32,3  | 0 | 0     | 30,64 |
| 22 | 5,25  | 8      | 0     | 0 | 0     | 32    |
| 23 | 5,5   | 8,34   | 0     | 0 | 0     | 33,35 |
| 24 | 5,75  | 8,68   | 0     | 0 | 0     | 34,71 |
| 25 | 6     | 9,02   | 0     | 0 | 0     | 36,06 |
| 26 | 6,25  | 9,35   | 0     | 0 | 0     | 37,42 |
| 27 | 6,5   | 9,69   | 0     | 0 | 0     | 38,77 |
| 28 | 6,75  | 10,03  | 0     | 0 | 0     | 40,13 |
| 29 | 7     | 10,37  | 0     | 0 | 0     | 41,48 |
| 30 | 7,25  | 10,71  | 0     | 0 | 0     | 42,84 |
| 31 | 7,5   | -86,1  | 35,36 | 0 | 0     | 44,19 |
| 32 | 7,75  | 11,39  | 0     | 0 | 0     | 45,55 |
| 33 | 8     | 11,73  | 0     | 0 | 0     | 46,9  |
| 34 | 8,25  | 12,06  | 0     | 0 | 0     | 48,26 |
| 35 | 8,5   | 12,4   | 0     | 0 | 0     | 49,61 |
| 36 | 8,75  | 12,74  | 0     | 0 | 0     | 50,97 |
| 37 | 9     | 13,08  | 0     | 0 | 0     | 52,32 |
| 38 | 9,25  | 13,42  | 0     | 0 | 0     | 53,68 |
| 39 | 9,5   | 13,76  | 0     | 0 | 0     | 55,03 |
| 40 | 9,75  | 14,1   | 0     | 0 | 0     | 56,39 |
| 41 | 10    | 14,44  | 0     | 0 | 0     | 57,74 |
| 42 | 10,25 | 14,77  | 0     | 0 | 0     | 59,1  |
| 43 | 10,5  | 13,6   | 0     | 0 | 0     | 60,45 |
| 44 | 10,7  | 12,26  | 0     | 0 | 0     | 54,02 |
| 45 | 10,95 | 8,63   | 0     | 0 | -21,4 | 55,23 |
| 46 | 11,21 | 3,48   | 0     | 0 | -42,8 | 56,44 |
| 47 | 11,46 | -1,67  | 0     | 0 | -64,2 | 57,65 |
| 48 | 11,72 | -6,82  | 0     | 0 | -85,6 | 58,86 |
| 49 | 11,97 | -11,97 | 0     | 0 | -107  | 60,07 |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 48 di 190 |

|    |       |        |         |   |         |        |
|----|-------|--------|---------|---|---------|--------|
| 50 | 12,23 | -17,12 | 0       | 0 | -128,41 | 61,28  |
| 51 | 12,48 | -22,26 | 0       | 0 | -149,81 | 62,5   |
| 52 | 12,74 | -27,41 | 0       | 0 | -171,21 | 63,71  |
| 53 | 12,99 | -32,56 | 0       | 0 | -192,61 | 64,92  |
| 54 | 13,25 | -37,71 | 0       | 0 | -214,01 | 66,13  |
| 55 | 13,5  | -42,35 | 0       | 0 | -235,41 | 67,34  |
| 56 | 13,75 | -39,9  | 0       | 0 | -228,14 | 68,53  |
| 57 | 14    | -10,81 | 0       | 0 | -112,98 | 69,72  |
| 58 | 14,25 | 11,29  | 0       | 0 | -48,35  | 93,5   |
| 59 | 14,5  | 26,2   | 0       | 0 | -20,45  | 125,24 |
| 60 | 14,75 | 28,51  | 0       | 0 | -19,27  | 133,31 |
| 61 | 15    | 25,83  | 0       | 0 | -25,04  | 128,34 |
| 62 | 15,25 | 19,67  | 0       | 0 | -39,26  | 117,96 |
| 63 | 15,5  | 13,21  | 0       | 0 | -54,12  | 106,95 |
| 64 | 15,75 | 7,69   | 0       | 0 | -67,07  | 97,84  |
| 65 | 16    | 3,6    | 0       | 0 | -77,18  | 91,57  |
| 66 | 16,25 | 0,93   | 0       | 0 | -84,45  | 88,15  |
| 67 | 16,5  | -0,58  | 0       | 0 | -89,38  | 87,07  |
| 68 | 16,75 | -1,24  | 0       | 0 | -92,61  | 87,67  |
| 69 | 17    | -1,36  | 0       | 0 | -94,78  | 89,35  |
| 70 | 17,25 | -1,18  | 0       | 0 | -96,36  | 91,62  |
| 71 | 17,5  | -0,89  | 0       | 0 | -97,68  | 94,13  |
| 72 | 17,75 | -0,56  | 0       | 0 | -98,95  | 96,71  |
| 73 | 18    | -0,25  | 0       | 0 | -100,24 | 99,26  |
| 74 | 18,25 | 0,05   | 0       | 0 | -101,57 | 101,78 |
| 75 | 18,5  | 0,17   | -130,72 | 0 | -102,9  | 104,29 |

**PERCENTUALI DI SPINTA PASSIVA MOBILITATA**

Spinta passiva mobilitata a monte = 10%

Spinta passiva mobilitata a valle = 52,7%

**VERIFICA CONDIZIONI DI EQUILIBRIO (calcolo FEM)**
**Equilibrio alla traslazione orizzontale**

 somma delle forze esterne orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

 spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sme=0,00$  kN/m

 spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sve=0,00$  kN/m

 somma delle reazioni vincolari lungo X,  $SommRvX=0,00$  kN/m

 equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale:  $SF_x+Sme+Sve+SommRvX=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla traslazione verticale**

 peso proprio della paratia,  $Wp=35,76$  kN/m

 somma delle forze verticali applicate alla paratia,  $SF_y=0,00$  kN/m

 somma delle reazioni vincolari lungo Y,  $SommRvY=-35,76$  kN/m

 equazione di equilibrio alla traslazione verticale:  $Wp+SF_y+SommRvY=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla rotazione (attorno al primo nodo)**

 momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00$  kN\*m/m

 momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MSme=0,00$  kN\*m/m



momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MS_{ve}=0,00 \text{ kN}^*\text{m}/\text{m}$

momento delle reazioni vincolari lungo X,  $MR_{vX}=0,00 \text{ kN}^*\text{m}/\text{m}$

equazione di equilibrio alla rotazione:  $MF_x+MS_{me}+MS_{ve}+MR_{vX}=0,00 \text{ kN}^*\text{m}/\text{m}$

### Spinte orizzontali

spinta delle terre di monte,  $S_m=1.003,74 \text{ kN}/\text{m}$

spinta delle terre di valle,  $S_v=-759,30 \text{ kN}/\text{m}$

somma componenti orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $ST_x=-244,44 \text{ kN}/\text{m}$

somma forze orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00 \text{ kN}/\text{m}$

spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $S_{me}=0,00 \text{ kN}/\text{m}$

spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $S_{ve}=0,00 \text{ kN}/\text{m}$

### Momenti delle spinte orizzontali rispetto al primo nodo

momento della spinta delle terre di monte,  $MS_m=12.296,68 \text{ kN}^*\text{m}/\text{m}$

momento della spinta delle terre di valle,  $MS_v=-11.007,25 \text{ kN}^*\text{m}/\text{m}$

momento delle compon. orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $MT_x=-1.289,44 \text{ kN}^*\text{m}/\text{m}$

momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00 \text{ kN}^*\text{m}/\text{m}$

momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MS_{me}=0,00 \text{ kN}^*\text{m}/\text{m}$

momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MS_{ve}=0,00 \text{ kN}^*\text{m}/\text{m}$

## SFORZI NEI TIRANTI/PUNTONI (calcolo

### FEM)

$TX^*$ =sforzo lungo l'asse globale X per metro lineare di paratia ( kN/m)

$TY^*$ =sforzo lungo l'asse globale Y per metro lineare di paratia ( kN/m)

$TX$ =sforzo lungo l'asse globale X nel singolo tirante/puntone ( kN)

$TY$ =sforzo lungo l'asse globale Y nel singolo tirante/puntone ( kN)

$F_a$ =sforzo di trazione/compressione nel singolo tirante/puntone ( kN)

$F_{ad}=gGs \times F_a$  sforzo di trazione/compressione di progetto nel singolo tirante/puntone ( kN)

| Ordine | $TX^*$ | $TY^*$ | $TX$    | $TY$  | $F_a$  | $F_{ad}$ |
|--------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|
| 1      | -58,55 | 27,30  | -146,37 | 68,25 | 161,50 | 209,95   |
| 2      | -88,75 | 32,30  | -221,87 | 80,75 | 236,10 | 306,94   |
| 3      | -97,15 | 35,36  | -242,87 | 88,40 | 258,46 | 336,00   |

## SPOSTAMENTI NODALI (calcolo FEM)

w = spostamento orizzontale (lungo l'asse globale X, coincidente con l'asse locale z)

u = spostamento verticale (lungo l'asse globale Y, coincidente con l'asse locale x)

| sez./nodo | x ( m) | w (cm) | u (cm) | rot. (rad) |
|-----------|--------|--------|--------|------------|
| 1         | 0      | 2,236  | 0,031  | 0,0097     |
| 2         | 0,25   | 2,477  | 0,031  | 0,0097     |
| 3         | 0,5    | 2,719  | 0,031  | 0,0097     |
| 4         | 0,75   | 2,96   | 0,031  | 0,0097     |
| 5         | 1      | 3,201  | 0,031  | 0,0097     |
| 6         | 1,25   | 3,443  | 0,031  | 0,0097     |
| 7         | 1,5    | 3,685  | 0,031  | 0,0097     |
| 8         | 1,75   | 3,928  | 0,031  | 0,0098     |
| 9         | 2      | 4,174  | 0,031  | 0,0099     |
| 10        | 2,25   | 4,421  | 0,031  | 0,0099     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 50 di 190 |

|    |       |       |       |         |
|----|-------|-------|-------|---------|
| 11 | 2,5   | 4,668 | 0,031 | 0,0099  |
| 12 | 2,75  | 4,913 | 0,031 | 0,0097  |
| 13 | 3     | 5,153 | 0,03  | 0,0095  |
| 14 | 3,25  | 5,386 | 0,03  | 0,0092  |
| 15 | 3,5   | 5,61  | 0,03  | 0,0088  |
| 16 | 3,75  | 5,824 | 0,03  | 0,0084  |
| 17 | 4     | 6,028 | 0,03  | 0,0079  |
| 18 | 4,25  | 6,221 | 0,03  | 0,0075  |
| 19 | 4,5   | 6,402 | 0,029 | 0,007   |
| 20 | 4,75  | 6,572 | 0,029 | 0,0066  |
| 21 | 5     | 6,733 | 0,029 | 0,0062  |
| 22 | 5,25  | 6,884 | 0,029 | 0,0058  |
| 23 | 5,5   | 7,023 | 0,028 | 0,0052  |
| 24 | 5,75  | 7,146 | 0,028 | 0,0045  |
| 25 | 6     | 7,249 | 0,028 | 0,0037  |
| 26 | 6,25  | 7,33  | 0,027 | 0,0028  |
| 27 | 6,5   | 7,388 | 0,027 | 0,0018  |
| 28 | 6,75  | 7,421 | 0,027 | 0,0008  |
| 29 | 7     | 7,428 | 0,026 | -0,0002 |
| 30 | 7,25  | 7,41  | 0,026 | -0,0012 |
| 31 | 7,5   | 7,368 | 0,026 | -0,0021 |
| 32 | 7,75  | 7,303 | 0,025 | -0,0031 |
| 33 | 8     | 7,21  | 0,024 | -0,0043 |
| 34 | 8,25  | 7,087 | 0,024 | -0,0056 |
| 35 | 8,5   | 6,931 | 0,023 | -0,0069 |
| 36 | 8,75  | 6,739 | 0,023 | -0,0084 |
| 37 | 9     | 6,512 | 0,022 | -0,0098 |
| 38 | 9,25  | 6,248 | 0,022 | -0,0113 |
| 39 | 9,5   | 5,948 | 0,021 | -0,0127 |
| 40 | 9,75  | 5,615 | 0,021 | -0,014  |
| 41 | 10    | 5,251 | 0,02  | -0,0152 |
| 42 | 10,25 | 4,859 | 0,02  | -0,0162 |
| 43 | 10,5  | 4,444 | 0,019 | -0,017  |
| 44 | 10,7  | 4,1   | 0,019 | -0,0174 |
| 45 | 10,95 | 3,651 | 0,018 | -0,0178 |
| 46 | 11,21 | 3,198 | 0,017 | -0,0178 |
| 47 | 11,46 | 2,749 | 0,017 | -0,0174 |
| 48 | 11,72 | 2,313 | 0,016 | -0,0168 |
| 49 | 11,97 | 1,898 | 0,016 | -0,0158 |
| 50 | 12,23 | 1,513 | 0,015 | -0,0144 |
| 51 | 12,48 | 1,165 | 0,015 | -0,0129 |
| 52 | 12,74 | 0,86  | 0,014 | -0,0111 |
| 53 | 12,99 | 0,602 | 0,013 | -0,0092 |
| 54 | 13,25 | 0,394 | 0,013 | -0,0072 |
| 55 | 13,5  | 0,235 | 0,012 | -0,0053 |
| 56 | 13,75 | 0,124 | 0,012 | -0,0036 |
| 57 | 14    | 0,053 | 0,011 | -0,0022 |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 51 di 190 |

|    |       |        |       |         |
|----|-------|--------|-------|---------|
| 58 | 14,25 | 0,013  | 0,01  | -0,0011 |
| 59 | 14,5  | -0,005 | 0,01  | -0,0004 |
| 60 | 14,75 | -0,009 | 0,009 | 0       |
| 61 | 15    | -0,005 | 0,009 | 0,0002  |
| 62 | 15,25 | 0,002  | 0,008 | 0,0003  |
| 63 | 15,5  | 0,01   | 0,007 | 0,0003  |
| 64 | 15,75 | 0,016  | 0,007 | 0,0002  |
| 65 | 16    | 0,021  | 0,006 | 0,0001  |
| 66 | 16,25 | 0,023  | 0,006 | 0,0001  |
| 67 | 16,5  | 0,025  | 0,005 | 0       |
| 68 | 16,75 | 0,026  | 0,004 | 0       |
| 69 | 17    | 0,026  | 0,004 | 0       |
| 70 | 17,25 | 0,025  | 0,003 | 0       |
| 71 | 17,5  | 0,025  | 0,003 | 0       |
| 72 | 17,75 | 0,024  | 0,002 | 0       |
| 73 | 18    | 0,024  | 0,001 | 0       |
| 74 | 18,25 | 0,023  | 0,001 | 0       |
| 75 | 18,5  | 0,023  | 0     | 0       |

**VERIFICA AL CARICO LIMITE VERTICALE**
**Parametri geotecnici di progetto**

coesione = 0,00 kN/mq

angolo di resistenza al taglio = 38°

**Resistenza alla punta**

fattore Nq (Berezantzev) = 111,075

fattore Nc = 140,89

tensione litostatica verticale totale alla profondità L, sVL=390,00 kN/mq

pressione neutra alla profondità L, uL=0,00 kN/mq

tensione litostatica verticale efficace alla profondità L, s'VL=390,00 kN/mq

Resistenza unitaria alla punta, p=43.319,35 kN/mq

Resistenza alla punta, Pmax=3.251,34 kN

**Resistenza laterale**

Resistenza laterale, Smax=1.072,78 kN

**Resistenza alla punta e laterale di progetto**

Resistenza alla punta (valore medio) = 3.251,34 kN

Resistenza alla punta (valore minimo) = 3.251,34 kN

Resistenza laterale (valore medio) = 1.072,78 kN

Resistenza laterale (valore minimo) = 1.072,78 kN

Fattore di correlazione, xsi3=1,7

Fattore di correlazione, xsi4=1,7

Resistenza alla punta (valore caratteristico) = 1.912,56 kN

Resistenza laterale (valore caratteristico) = 631,05 kN

Resistenza alla punta di progetto, Pmax\_d=1.663,09 kN

Resistenza laterale di progetto, Smax\_d=548,74 kN

**Carico limite per carichi assiali di compressione**

$Q_{lim\_d} = P_{max\_d} + S_{max\_d} = 2.211,83 \text{ kN}$

**Carico limite di sfilamento per carichi assiali di trazione**

$Q_{limt\_d} = S_{max\_d} = 548,74 \text{ kN}$

**Azione di progetto**

$E_d = 169,93 \text{ kN}$

**Verifica al carico limite per carichi assiali di compressione**

Verifica soddisfatta: l'azione di progetto non supera la resistenza di progetto  
coeff. di sicurezza,  $Q_{lim\_d}/E_d=13,02$

**VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE**

**Parametri geotecnici di progetto**

strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=32,01 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=32,01 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

**Parametri di calcolo**

n° di cerchi analizzati = 10

Metodo utilizzato: Bishop

**Cerchio critico**

Coordinate centro e raggio:  $X (m) = 0$   $Y (m) = -3,58$   $R_c (m) = 22,18$

*Simbologia adottata*

$W_t$  = peso del concio ( kN)

$W_q$  = forza risultante verticale dovuta al sovraccarico applicato sul concio ( kN)

$\alpha$  = angolo (minore di  $90^{\circ}$ ) che l'orizzontale forma con la base del concio (positivo se antiorario)

$u$  = pressione neutra alla base del concio ( kN/mq)

$DX$  = larghezza lungo X del concio ( m)

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 53 di 190 |

Fsh = forza sismica orizzontale sul concio ( kN)

B = braccio della forza sismica orizzontale rispetto al centro del cerchio di rottura ( m)

Fsv = forza sismica verticale sul concio ( kN)

N = risultante delle tensioni normali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

T = risultante delle tensioni tangenziali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

| concio | Wt     | Wq    | alfa (°) | u | DX   | Fsh | B     | Fsv | N      | T     |
|--------|--------|-------|----------|---|------|-----|-------|-----|--------|-------|
| 1      | 25,7   | 0     | -46,99   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 36,02  | -1,55 |
| 2      | 72,53  | 0     | -41,39   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 93,14  | -4,01 |
| 3      | 111,23 | 0     | -36,25   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 133,7  | -5,76 |
| 4      | 143,45 | 0     | -31,42   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 163,79 | -7,05 |
| 5      | 170,22 | 0     | -26,83   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 186,69 | -8,04 |
| 6      | 192,24 | 0     | -22,43   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 204,34 | -8,8  |
| 7      | 210    | 0     | -18,16   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 217,93 | -9,38 |
| 8      | 223,83 | 0     | -13,99   | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 228,23 | -9,83 |
| 9      | 233,99 | 0     | -9,9     | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 235,76 | 10,15 |
| 10     | 240,63 | 0     | -5,86    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 240,83 | 10,37 |
| 11     | 243,87 | 0     | -1,85    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 374,26 | 16,11 |
| 12     | 13     | 0     | 0,22     | 0 | 0,05 | 0   | 32,78 | 0   | 13     | -0,56 |
| 13     | 559,91 | 40,28 | 2,29     | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 601,71 | -25,9 |
| 14     | 556,3  | 40,28 | 6,3      | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 603,08 | 25,96 |
| 15     | 549,26 | 40,28 | 10,35    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 604,05 | 26,01 |
| 16     | 538,69 | 40,28 | 14,45    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 604,61 | 26,03 |
| 17     | 524,41 | 40,28 | 18,63    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 604,71 | 26,03 |
| 18     | 506,17 | 40,28 | 22,92    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 604,29 | 26,02 |
| 19     | 483,6  | 40,28 | 27,35    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 603,23 | 25,97 |
| 20     | 456,21 | 40,28 | 31,96    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 601,35 | 25,89 |
| 21     | 423,27 | 40,28 | 36,82    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 598,34 | 25,76 |
| 22     | 383,67 | 40,28 | 42,02    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 593,65 | 25,56 |
| 23     | 335,68 | 40,28 | 47,68    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 586,17 | 25,24 |
| 24     | 276,19 | 40,28 | 54,07    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 569,66 | 21,98 |
| 25     | 198,46 | 40,28 | 61,71    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 542,65 | 20,94 |
| 26     | 76,93  | 40,28 | 72,67    | 0 | 1,55 | 0   | 32,78 | 0   | 449,05 | 17,33 |

Lunghezza dell'arco di cerchio di scivolamento, L=50,06 m

Momento resistente, M\_resist=140.453,51 kN\*m

Momento instabilizzante,  $M_{instab} = -9.674,27 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 

Verifica soddisfatta

## **VERIFICHE STRUTTURALI PARATIA**

### **Verifiche di resistenza a presso-flessione e taglio**

 $sid\_m$ : tensione ideale massima nella sezione di acciaio ( N/mm<sup>2</sup>)

 $Mcy\_Rd$ : resistenza di progetto della sezione soggetta a presso-flessione retta (asse vettore y)

 Resistenza plastica della sezione lorda A,  $Npl\_Rd = 2.743,03 \text{ kN}$ 

 Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $Avz = 51,65 \text{ cm}^2$ 

 Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $Vcz\_Rd = 1.008,21 \text{ kN}$ 

 Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $Mely\_Rd = 134,08 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 

 Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $Mply\_Rd = 180,61 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 

 tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd} = 338 \text{ N/mm}^2$ 

| x (m) | Nx     | Tz     | My    | sid_m | Mcy_Rd | Verif? |
|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 0     | 0      | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,25  | -0,32  | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,5   | -0,63  | -0,51  | 0     |       |        |        |
| 0,75  | -0,94  | -1,75  | -0,13 |       |        |        |
| 1     | -1,26  | -3,21  | -0,57 | 1,6   |        | Si     |
| 1,25  | -1,58  | -4,9   | -1,37 | 3,7   |        | Si     |
| 1,5   | -1,89  | -6,81  | -2,6  | 6,8   |        | Si     |
| 1,75  | -2,21  | -8,93  | -4,29 | 11,1  |        | Si     |
| 2     | -2,53  | -8,93  | -6,53 | 16,8  |        | Si     |
| 2     | -20,35 | 26,95  | -6,53 | 19    |        | Si     |
| 2,25  | -20,67 | 24,38  | 0,21  | 10,1  |        | Si     |
| 2,5   | -20,98 | 21,59  | 6,3   | 18,5  |        | Si     |
| 2,75  | -21,3  | 18,58  | 11,7  | 32,1  |        | Si     |
| 3     | -21,62 | 15,35  | 16,35 | 43,9  |        | Si     |
| 3,25  | -21,93 | 11,89  | 20,18 | 53,6  |        | Si     |
| 3,5   | -22,25 | 8,22   | 23,16 | 61,1  |        | Si     |
| 3,75  | -22,56 | 4,32   | 25,21 | 66,4  |        | Si     |
| 4     | -22,88 | 0,2    | 26,29 | 69,1  |        | Si     |
| 4,25  | -23,19 | -4,14  | 26,34 | 69,3  |        | Si     |
| 4,5   | -23,51 | -8,7   | 25,31 | 66,7  |        | Si     |
| 4,75  | -23,83 | -13,48 | 23,13 | 61,3  |        | Si     |
| 5     | -24,14 | -13,48 | 19,76 | 52,8  |        | Si     |
| 5     | -45,24 | 39,47  | 19,76 | 55,4  |        | Si     |
| 5,25  | -45,55 | 34,25  | 29,63 | 80,3  |        | Si     |
| 5,5   | -45,86 | 28,8   | 38,19 | 102   |        | Si     |
| 5,75  | -46,18 | 23,14  | 45,4  | 120,2 |        | Si     |
| 6     | -46,5  | 17,25  | 51,18 | 134,8 |        | Si     |
| 6,25  | -46,81 | 11,14  | 55,49 | 145,7 |        | Si     |
| 6,5   | -47,12 | 4,81   | 58,28 | 152,8 |        | Si     |
| 6,75  | -47,44 | -1,74  | 59,48 | 155,8 |        | Si     |
| 7     | -47,76 | -8,51  | 59,04 | 154,8 |        | Si     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 55 di 190 |

|       |        |        |         |       |    |
|-------|--------|--------|---------|-------|----|
| 7,25  | -48,07 | -15,51 | 56,91   | 149,4 | Si |
| 7,5   | -48,39 | -15,51 | 53,04   | 139,7 | Si |
| 7,5   | -71,48 | 40,72  | 53,04   | 142,6 | Si |
| 7,75  | -71,79 | 33,28  | 63,22   | 168,3 | Si |
| 8     | -72,11 | 25,63  | 71,54   | 189,3 | Si |
| 8,25  | -72,43 | 17,75  | 77,95   | 205,5 | Si |
| 8,5   | -72,74 | 9,65   | 82,38   | 216,7 | Si |
| 8,75  | -73,05 | 1,33   | 84,8    | 222,8 | Si |
| 9     | -73,37 | -7,21  | 85,13   | 223,7 | Si |
| 9,25  | -73,69 | -15,97 | 83,33   | 219,2 | Si |
| 9,5   | -74    | -24,96 | 79,33   | 209,2 | Si |
| 9,75  | -74,32 | -34,17 | 73,09   | 193,5 | Si |
| 10    | -74,64 | -43,59 | 64,55   | 172   | Si |
| 10,25 | -74,95 | -53,24 | 53,65   | 144,5 | Si |
| 10,5  | -75,26 | -62,12 | 40,34   | 111   | Si |
| 10,7  | -75,52 | -70,13 | 27,92   | 79,7  | Si |
| 10,95 | -75,84 | -75,76 | 10,07   | 34,7  | Si |
| 11,21 | -76,16 | -78,04 | -9,22   | 32,8  | Si |
| 11,46 | -76,48 | -76,94 | -29,09  | 82,8  | Si |
| 11,72 | -76,8  | -72,49 | -48,67  | 132,2 | Si |
| 11,97 | -77,12 | -64,68 | -67,12  | 178,8 | Si |
| 12,23 | -77,45 | -53,5  | -83,58  | 220,3 | Si |
| 12,48 | -77,77 | -38,96 | -97,2   | 254,7 | Si |
| 12,74 | -78,09 | -21,06 | -107,12 | 279,7 | Si |
| 12,99 | -78,41 | 0,21   | -112,48 | 293,3 | Si |
| 13,25 | -78,73 | 24,83  | -112,43 | 293,2 | Si |
| 13,5  | -79,05 | 52,49  | -106,11 | 277,3 | Si |
| 13,75 | -79,37 | 78,55  | -92,98  | 244,2 | Si |
| 14    | -79,69 | 85,61  | -73,35  | 194,8 | Si |
| 14,25 | -80    | 78,24  | -51,94  | 140,8 | Si |
| 14,5  | -80,31 | 61,13  | -32,39  | 91,6  | Si |
| 14,75 | -80,63 | 42,51  | -17,1   | 53,1  | Si |
| 15    | -80,95 | 25,64  | -6,48   | 26,3  | Si |
| 15,25 | -81,26 | 12,8   | -0,06   | 11,3  | Si |
| 15,5  | -81,58 | 4,17   | 3,14    | 18    | Si |
| 15,75 | -81,89 | -0,85  | 4,18    | 20,6  | Si |
| 16    | -82,21 | -3,2   | 3,97    | 20,1  | Si |
| 16,25 | -82,52 | -3,8   | 3,17    | 18,2  | Si |
| 16,5  | -82,84 | -3,43  | 2,22    | 15,8  | Si |
| 16,75 | -83,16 | -2,62  | 1,36    | 13,7  | Si |
| 17    | -83,47 | -1,73  | 0,71    | 12,1  | Si |
| 17,25 | -83,78 | -0,96  | 0,27    | 11    | Si |
| 17,5  | -84,1  | -0,38  | 0,04    | 10,5  | Si |
| 17,75 | -84,42 | -0,02  | -0,06   | 10,6  | Si |
| 18    | -84,73 | 0,15   | -0,07   | 10,6  | Si |
| 18,25 | -85,05 | 0,11   | -0,03   | 10,6  | Si |
| 18,5  | -85,36 | 0,11   | 0       | 10,5  | Si |

## VERIFICHE S.L.U. DI TIPO GEOTECNICO E STRUTTURALE SUI TIRANTI

### ANCORAGGIO DI ORDINE 1

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=209,95$  kN

#### **1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 2,05

#### **2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=503,47$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 3,21

#### **3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,42$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 5,75

### ANCORAGGIO DI ORDINE 2

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=306,94$  kN

#### **1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,4

#### **2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=736,06$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 2,2

#### **3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,61$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 3,93

### ANCORAGGIO DI ORDINE 3

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=336,00$  kN

#### **1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,28

#### **2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=805,74$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 2,01

#### **3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,66$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 3,59

## CALCOLO ARMATURE TRAVE DI CORONAMENTO

### Sollecitazioni di progetto



Momento flettente massimo,  $M_y=1,60 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Taglio massimo,  $T_z=3,20 \text{ kN}$

#### **Armatura longitudinale a flessione**

armatura lembo verticale lato monte = 4 fi 14 (6,16 cmq)

armatura lembo verticale lato valle = 4 fi 14 (6,16 cmq)

armatura lembo orizzontale superiore = 1 fi 14 (1,54 cmq)

armatura lembo orizzontale inferiore = 1 fi 14 (1,54 cmq)

l'armatura rispetta i limiti fissati dalla normativa:

- armatura minima in zona tesa = 5,48 cmq

- armatura massima = 160 cmq

#### **Verifiche di resistenza a flessione**

momento ultimo della sezione (lembo superiore maggiormente compresso)=103,3 kN\*m

momento ultimo della sezione (lembo inferiore maggiormente compresso)=-103,3 kN\*m

Verifica soddisfatta

#### **Armatura trasversale a taglio**

passo max delle staffe prescritto dalla normativa (armatura trasv. minima regolam.re),  $t_c=13,1 \text{ cm}$

Resistenza al taglio dovuta al solo cls,  $T_{cls}=160,52 \text{ kN}$

passo staffe nella trave = 13,1 cm

Resistenza di progetto a "taglio compressione" nel tratto  $L_i=L/2$ ,  $V_{rcd}=3.527,78 \text{ kN}$

Resistenza di progetto a "taglio trazione" dell'armatura trasversale nel tratto  $L_i$ ,  $V_{rsd}=150,01 \text{ kN}$

Resistenza di progetto a taglio nel tratto  $L_i$ ,  $V_{rd}=150,01 \text{ kN}$

## **VERIFICA CORDOLI IN ACCIAIO IN CORRISPONDENZA DEI TIRANTI**

### **ORDINE DI TIRANTE N° 1**

#### **Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=45,74 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Taglio massimo,  $T_z=73,18 \text{ kN}$

#### **Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338 \text{ N/mm}^2$

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=2.623,62 \text{ kN}$

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=13,24 \text{ cm}^2$

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=516,89 \text{ kN}$

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=148,76 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=165,73 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=148,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Verifica soddisfatta

### **ORDINE DI TIRANTE N° 2**

#### **Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=69,33 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Taglio massimo,  $T_z=110,93 \text{ kN}$

#### **Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338 \text{ N/mm}^2$

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=3.063,14 \text{ kN}$

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=14,52 \text{ cm}^2$

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=566,86$  kN

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=198,80$  kN\*m

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=219,69$  kN\*m

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=198,8$  kN\*m

Verifica soddisfatta

### **ORDINE DI TIRANTE N° 3**

#### **Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=75,90$  kN\*m

Taglio massimo,  $T_z=121,44$  kN

#### **Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=3.063,14$  kN

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=14,52$  cm<sup>2</sup>

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=566,86$  kN

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=198,80$  kN\*m

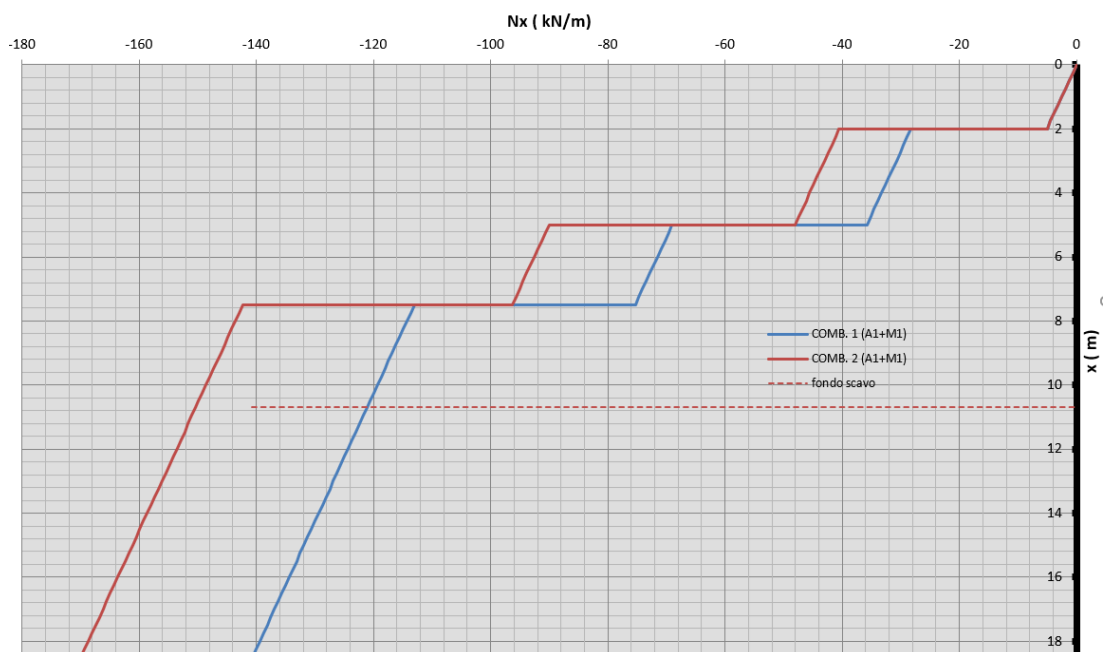
Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=219,69$  kN\*m

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=198,8$  kN\*m

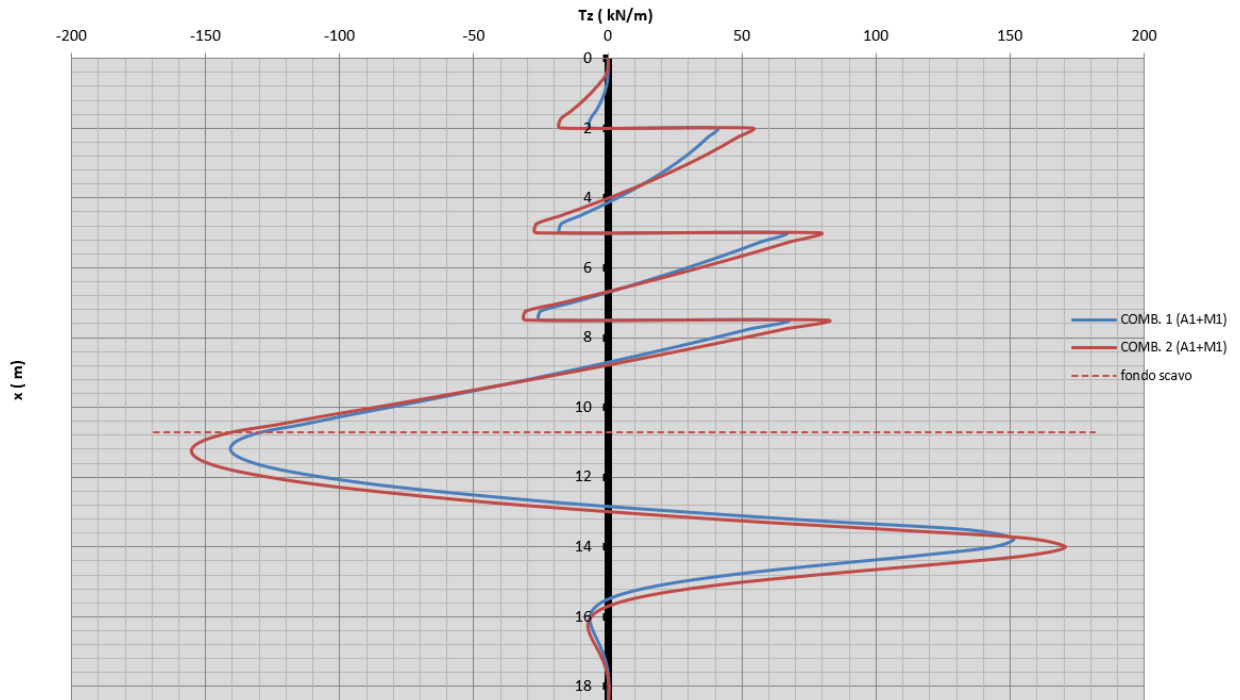
Verifica soddisfatta

## 6.1.8.1 Diagrammi

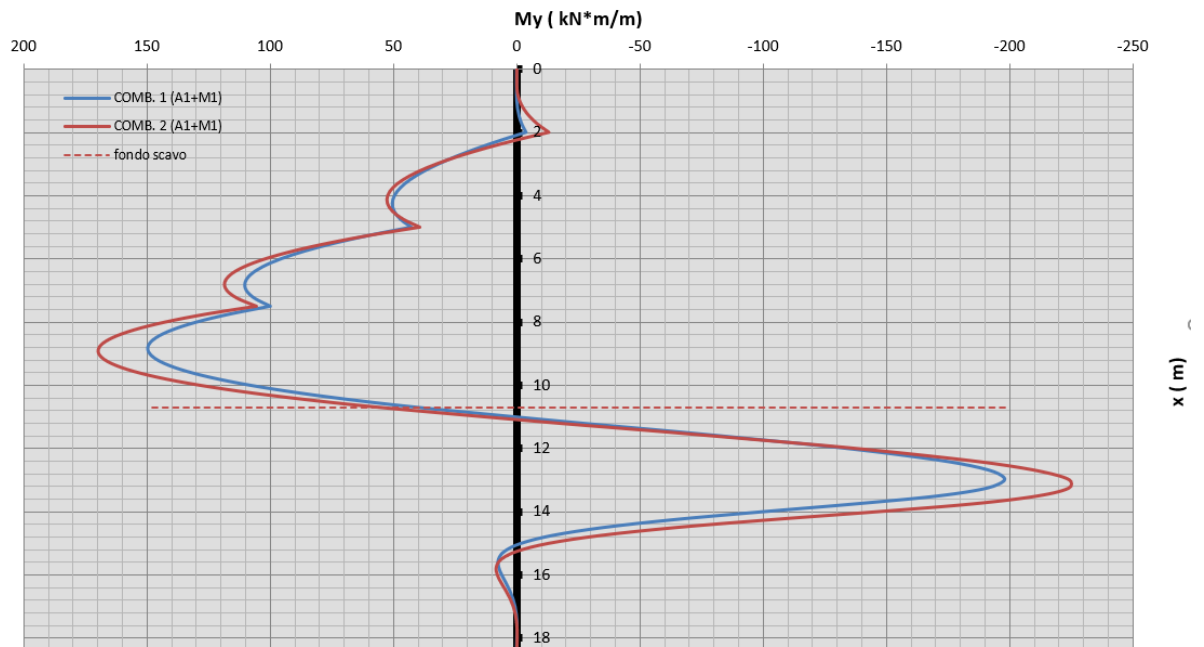
**DIAGRAMMA DELLO SFORZO NORMALE  $N_x(x)$  LUNGO LA PARATIA**



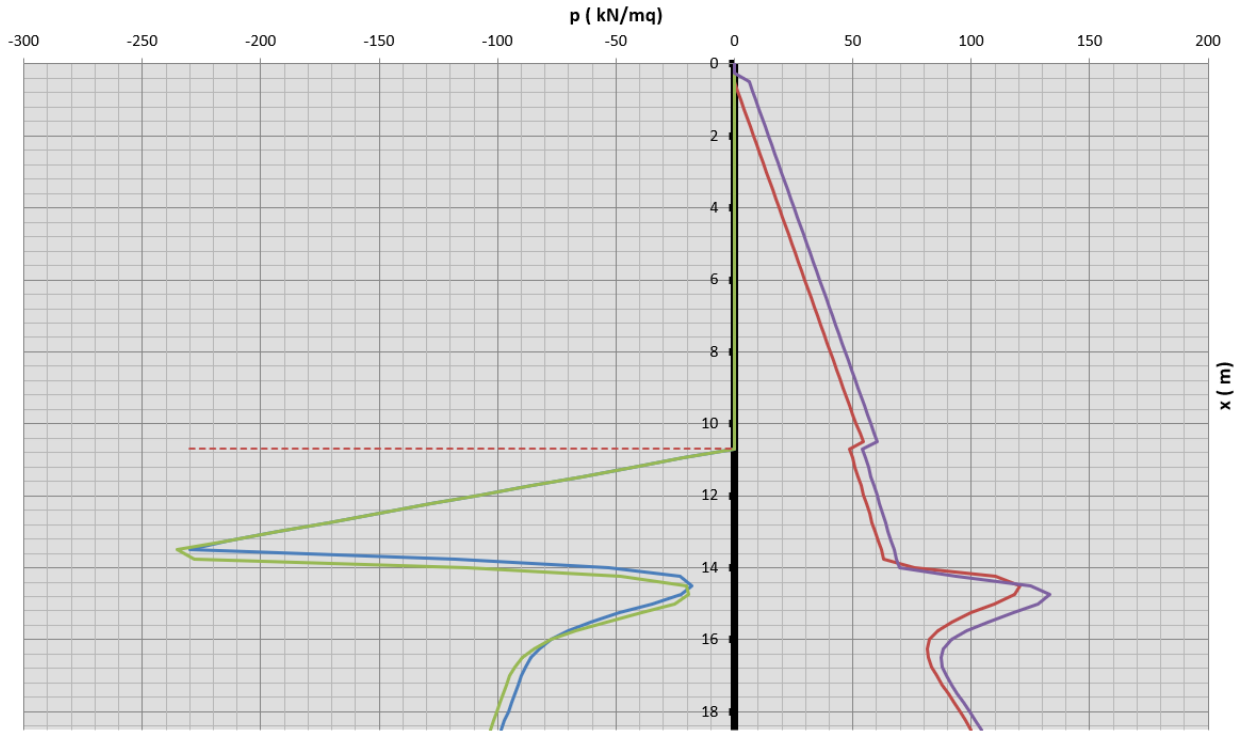
**DIAGRAMMA DEL TAGLIO  $T_z(x)$  LUNGO LA PARATIA**



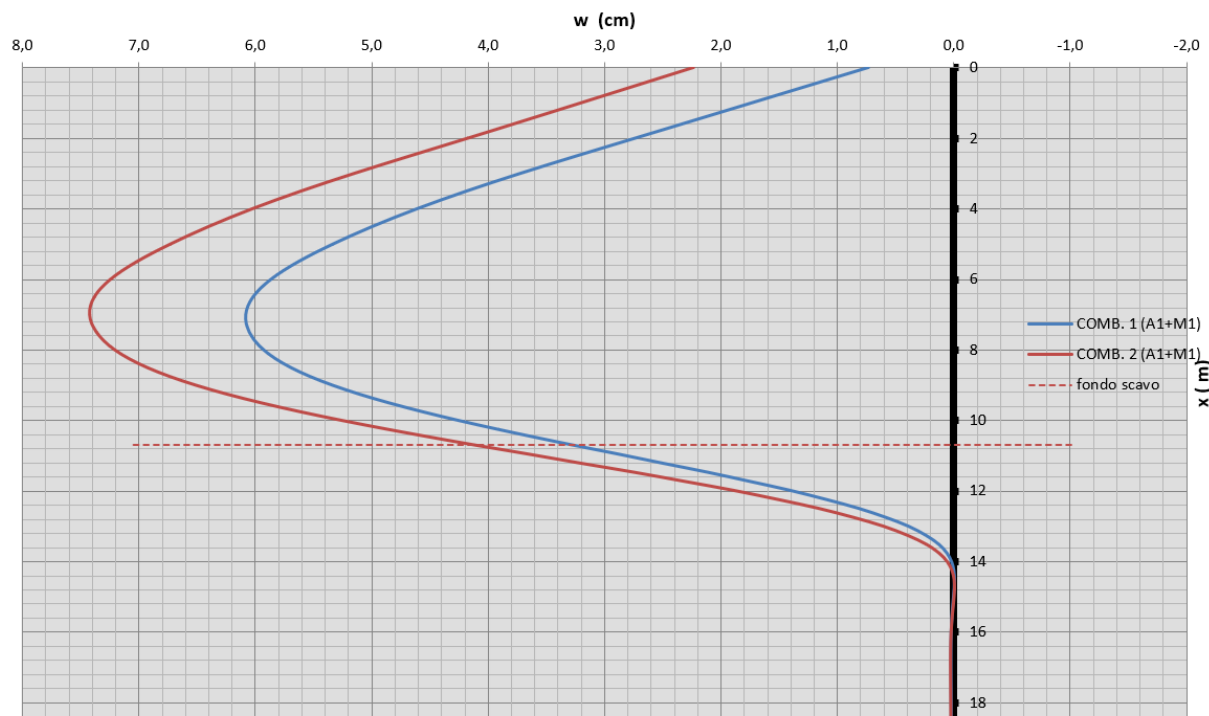
**DIAGRAMMA DEL MOMENTO FLETTENTE  $M_y(x)$  LUNGO LA PARATIA**

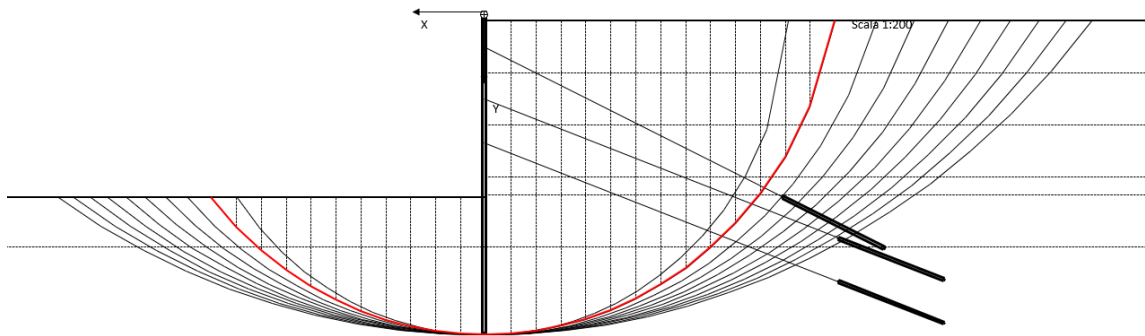


**DIAGRAMMA PRESSIONI DI CONTATTO PARETE-TERRENO**



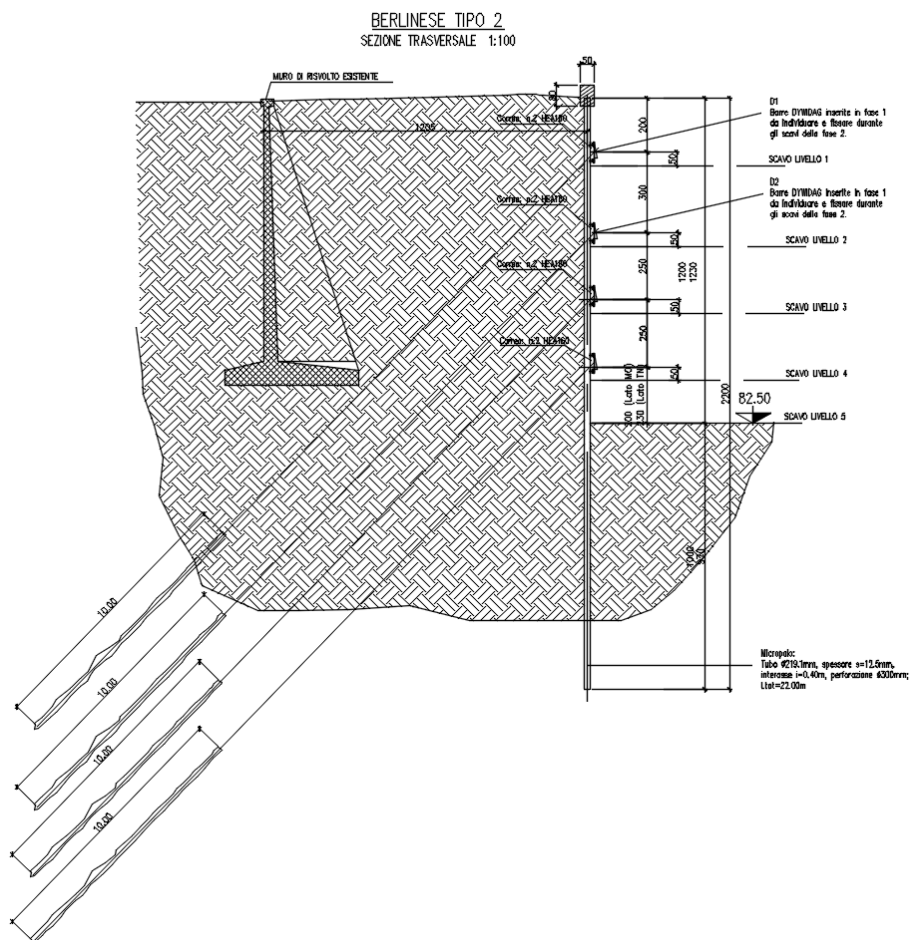
**SPOSTAMENTI ORIZZONTALI DELLA PARATIA**





## 6.2 BERLINESE TIPO 2

Si riportano i dati ed i relativi disegni della berlinese in oggetto:



Sezione berlinese 2

| TABELLA TIRANTI PARATIE DI MICROPALI - BERLINESE TIPO 3 FASE 2 |        |       |                 |         |        |                  |                    |                   |        |
|--|--------|-------|-----------------|---------|--------|------------------|--------------------|-------------------|--------|
| Ordine tiranti   | Q (m)  | i (m) | Barre/Ntr(0.6") | Dp (mm) | Lt (m) | Lp (m)<br>La (m) | $\alpha(^{\circ})$ | $\beta(^{\circ})$ | Pr (t) |
| D1   | -2.00  | 2.00  | Dyw. #32        | 100     | 12.70  | /                | 0'                 | 0'                | 0      |
| D1*  | -2.00  | 2.00  | Dyw. #32        | 100     | 12.70  | /                | 5'                 | 19'               | 0      |
| D2   | -5.00  | 2.00  | Dyw. #32        | 100     | 12.70  | /                | 0'                 | 0'                | 0      |
| D2*  | -5.00  | 2.00  | Dyw. #32        | 100     | 12.70  | /                | 5'                 | 19'               | 0      |
| T1   | -7.50  | 2.00  | 5               | 160     | 30.00  | 20.00<br>10.00   | 20'                | 19'               | 40     |
| T2   | -10.00 | 2.00  | 5               | 160     | 30.00  | 20.00<br>10.00   | 20'                | 19'               | 20     |

Q = QUOTA DALLA PAVIMENTAZIONE FINITA

LT = LUNGHEZZA TOTALE

 $\alpha$  = INCLINAZIONE VERTICALE

I = INTERASSE ORIZZONTALE TIRANTI

Lp = LUNGHEZZA LIBERA

 $\beta$  = INCLINAZIONE ORIZZONTALE

Ntr = NUMERO TREFOLI TIRANTI

La = LUNGHEZZA BULBO

Pr = PRETENSIONE DI SERRAGGIO

Dp = DIAMETRO DI PERFORAZIONE

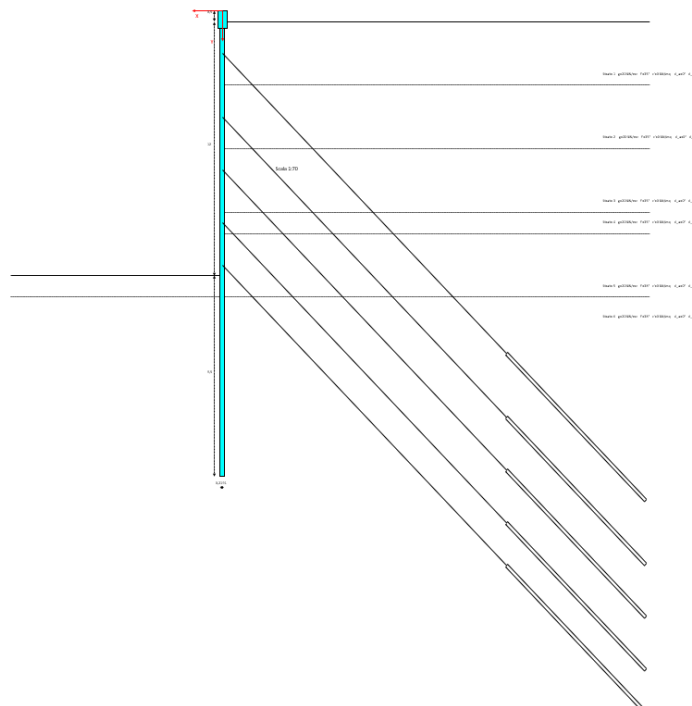
### 6.2.1 CARATTERISTICHE GENERALI

L'inclinazione verticale dei tiranti è pari a 44°. Anche il precarico è uguale per tutti gli ordini di tiranti e pari a 200kN.

Il bulbo dei tiranti verrà eseguito ad iniezioni ripetute e selettive con una valvola al metro lineare di fondazione.

In sommità della paratia è previsto un cordolo di calcestruzzo armato avente sezione pari a 50 cm x 80 cm. Si riportano di seguito i 4 modelli agli elementi finiti implementati:

#### Berlinese tipo 2



### 6.2.2 GEOMETRIA CORDOLI

Si riportano le geometrie delle travi:

|                       | 1° ordine | 2° ordine | 3° ordine | 4° ordine | 5° ordine |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| base orizz.le b (m)   |           |           |           |           |           |
| altezza vertic. h (m) |           |           |           |           |           |
| forma sezione         | HEA       | HEA       | HEA       | HEA       | HEA       |
| Profilato             | HEA 160   | HEA 180   | HEA 180   | HEA 180   | HEA 180   |
| n° elementi           | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         |

### 6.2.3 DESCRIZIONE TERRENI

Nella modellazione agli elementi finiti dei vari tratti di paratia, anche se si è in presenza di una sola tipologia di terreno, si considerano diversi strati aventi le medesime caratteristiche geologico-geotecniche per meglio discretizzare l'entità del coefficiente di Winkler (assunto crescente con la profondità, come meglio spiegato in seguito).

*Simbologia adottata:*

|             |  |
|-------------|--|
| n°          | numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia |
| Descrizione | Descrizione del terreno  |
| $\gamma$    | peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]                     |
| $\gamma_s$  | peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]                 |
| $\phi$      | angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]               |
| $\delta$    | angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]                   |
| c           | coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]             |

#### Berlinese tipo 1

| n° | Descrizione | $\gamma$ | $\gamma_s$ | $\phi$ | $\delta$ | c     |
|----|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|
| 1  | Rilevato 1  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 2  | Rilevato 2  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 3  | Rilevato 3  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 4  | In Situ     | 1900.00  | 2000.00    | 38.00  | 0.00     | 0.000 |
| 5  | Rilevato 4  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |

### 6.2.4 DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia  
 sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]  
 kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
 α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)

Per la costante di Winkler si assume un andamento con la profondità definito dalla seguente espressione

$$K(z) = 0.50 + 0.50 z^{0.50}$$

dove  $K$  è la costante di Winkler espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm e  $z$  è la profondità rispetto alla testa della paratia espressa in metri.

### Berlinese tipo 1

Altezza fuori terra della paratia 10.20 [m]  
 Profondità di infissione 8.00 [m]  
 Altezza totale della paratia 18.00 [m]

| n° | sp   | α    | kw   | Terreno    |
|----|------|------|------|------------|
| 1  | 3.00 | 0.00 | 1.11 | Rilevato1  |
| 2  | 3.00 | 0.00 | 1.56 | Rilevato2  |
| 3  | 3.00 | 0.00 | 1.87 | Rilevato3  |
| 4  | 1.00 | 0.00 | 2.04 | Rilevato 4 |
| 5  | 3.00 | 0.00 | 2.20 | In Situ    |
| 6  | 3.00 | 0.00 | 2.40 | In Situ    |
| 7  | 2.00 | 0.00 | 2.56 | In Situ    |

### 6.2.5 CONDIZIONI DI CARICO

#### *Simbologia e convenzioni adottate*

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

$X_i$  ascissa del punto iniziale di applicazione del carico

$X_f$  ascissa del punto finale di applicazione del carico

$Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]

Per tutte le tipologie di berlinesi (1.1,1.2,1.3,1.4) si considera le seguente condizioni di carico:

#### Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo  $X_i = 0.00$        $X_f = 30.00$        $Q_i = 500$        $Q_f = 500$



## 6.2.6 IMPOSTAZIONI DI PROGETTO

### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

| Carichi    | Effetto     |                  | A1   | A2   |
|------------|-------------|------------------|------|------|
| Permanenti | Favorevole  | $\gamma_{Gfav}$  | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti | Sfavorevole | $\gamma_{Gsfav}$ | 1.30 | 1.00 |
| Variabili  | Favorevole  | $\gamma_{Qfav}$  | 0.00 | 0.00 |
| Variabili  | Sfavorevole | $\gamma_{Qsfav}$ | 1.50 | 1.30 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri                            |                      | M1   | M2   |
|--------------------------------------|----------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{\tan\phi'}$ | 1.00 | 1.25 |
| Coesione efficace                    | $\gamma_{c'}$        | 1.00 | 1.25 |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$        | 1.00 | 1.40 |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$        | 1.00 | 1.60 |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_{\gamma}$    | 1.00 | 1.00 |

## 6.2.7 IMPOSTAZIONI DI ANALISI

### 6.2.7.1 Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite o per spostamento limite molle pari a 1.50cm

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

- Analisi per condizioni di esercizio
- Analisi per coefficienti tipo A1-M1
- Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

## 6.2.8 VERIFICHE BERLINESE TIPO 2

### VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

#### COMB. 1 (SLU-F)

#### SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA PARATIA (calcolo FEM)

#### Sovraccarichi di progetto sui terrapieni

Terreno di monte,  $q_{1d}=0,00$  kN/mq

Terreno di valle,  $q_{2d}=0,00$  kN/mq

### Parametri geotecnici di progetto

#### strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

#### strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

#### strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

#### strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

#### strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=38$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

#### strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=38$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

### Coefficienti di spinta

#### strato 1

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 67 di 190 |

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 2

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 3

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 4

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 5

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

strato 6

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$ 
**Numero di iterazioni nel calcolo non lineare e sollecitazioni**

Numero di iterazione effettuate = 6

errore iterazione 0 = 0,004452

errore iterazione 1 = 0,43885

errore iterazione 2 = 0,037498

errore iterazione 3 = 0,024892

errore iterazione 4 = 0,009108

errore iterazione 5 = 0,001481

errore iterazione 6 = 0,000095

| sez./nodo | x ( m ) | Nx ( kN/m) | Tz ( kN/m) | My ( kN*m/m) |
|-----------|---------|------------|------------|--------------|
| 1         | 0       | 0          | 0          | 0            |
| 2         | 0,25    | -0,63      | 0          | 0            |
| 3         | 0,5     | -1,26      | 0          | 0            |
| 4         | 0,75    | -1,88      | -0,44      | 0            |
| 5         | 1       | -2,51      | -1,32      | -0,11        |
| 6         | 1,25    | -3,14      | -2,64      | -0,44        |
| 7         | 1,5     | -3,77      | -4,4       | -1,1         |
| 8         | 1,75    | -4,4       | -6,61      | -2,2         |
| 9         | 2       | -5,03      | -6,61      | -3,85        |
| 9         | 2       | -54,43     | 41,91      | -3,85        |
| 10        | 2,25    | -55,06     | 38,83      | 6,63         |
| 11        | 2,5     | -55,69     | 35,31      | 16,33        |
| 12        | 2,75    | -56,32     | 31,35      | 25,16        |
| 13        | 3       | -56,94     | 26,94      | 33           |
| 14        | 3,25    | -57,57     | 22,1       | 39,73        |
| 15        | 3,5     | -58,2      | 16,81      | 45,26        |
| 16        | 3,75    | -58,83     | 11,09      | 49,46        |
| 17        | 4       | -59,46     | 4,92       | 52,23        |
| 18        | 4,25    | -60,09     | -1,68      | 53,46        |
| 19        | 4,5     | -60,71     | -8,73      | 53,04        |
| 20        | 4,75    | -61,34     | -16,21     | 50,86        |
| 21        | 5       | -61,97     | -16,21     | 46,81        |
| 21        | 5       | -149,6     | 66,6       | 46,81        |
| 22        | 5,25    | -150,23    | 58,24      | 63,46        |
| 23        | 5,5     | -150,85    | 49,43      | 78,02        |
| 24        | 5,75    | -151,48    | 40,18      | 90,38        |
| 25        | 6       | -152,11    | 30,49      | 100,42       |
| 26        | 6,25    | -152,74    | 20,36      | 108,04       |
| 27        | 6,5     | -153,37    | 9,8        | 113,14       |
| 28        | 6,75    | -154       | -1,21      | 115,58       |
| 29        | 7       | -154,62    | -12,66     | 115,28       |
| 30        | 7,25    | -155,25    | -24,55     | 112,12       |
| 31        | 7,5     | -155,88    | -24,55     | 105,98       |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 69 di 190 |

|    |       |         |         |         |
|----|-------|---------|---------|---------|
| 31 | 7,5   | -258,33 | 69,21   | 105,98  |
| 32 | 7,75  | -258,96 | 56,44   | 123,28  |
| 33 | 8     | -259,59 | 43,23   | 137,39  |
| 34 | 8,25  | -260,22 | 29,58   | 148,2   |
| 35 | 8,5   | -260,84 | 15,49   | 155,59  |
| 36 | 8,75  | -261,47 | 0,95    | 159,46  |
| 37 | 9     | -262,1  | -14,02  | 159,7   |
| 38 | 9,25  | -262,73 | -29,43  | 156,2   |
| 39 | 9,5   | -263,36 | -45,28  | 148,84  |
| 40 | 9,75  | -263,99 | -61,58  | 137,52  |
| 41 | 10    | -264,61 | -61,58  | 122,13  |
| 41 | 10    | -352,18 | 12,37   | 122,13  |
| 42 | 10,25 | -352,81 | -4,8    | 125,22  |
| 43 | 10,5  | -353,44 | -22,42  | 124,02  |
| 44 | 10,75 | -354,07 | -38,27  | 118,41  |
| 45 | 11    | -354,7  | -54,5   | 108,85  |
| 46 | 11,25 | -355,32 | -71,12  | 95,22   |
| 47 | 11,5  | -355,95 | -88,13  | 77,44   |
| 48 | 11,75 | -356,58 | -105,53 | 55,41   |
| 49 | 12    | -357,21 | -105,53 | 29,03   |
| 49 | 12    | -410,16 | -68,47  | 29,03   |
| 50 | 12,25 | -410,79 | -86,64  | 11,91   |
| 51 | 12,5  | -411,42 | -105,2  | -9,75   |
| 52 | 12,75 | -412,05 | -117,31 | -36,05  |
| 53 | 13    | -412,67 | -122,97 | -65,38  |
| 54 | 13,25 | -413,3  | -122,2  | -96,12  |
| 55 | 13,5  | -413,93 | -114,97 | -126,67 |
| 56 | 13,75 | -414,56 | -101,3  | -155,42 |
| 57 | 14    | -415,19 | -81,19  | -180,74 |
| 58 | 14,25 | -415,82 | -54,64  | -201,04 |
| 59 | 14,5  | -416,44 | -21,63  | -214,7  |
| 60 | 14,75 | -417,07 | 17,81   | -220,11 |
| 61 | 15    | -417,7  | 63,7    | -215,66 |
| 62 | 15,25 | -418,33 | 116,04  | -199,73 |
| 63 | 15,5  | -418,96 | 157,65  | -170,72 |
| 64 | 15,75 | -419,58 | 165,36  | -131,31 |
| 65 | 16    | -420,21 | 144,79  | -89,97  |
| 66 | 16,25 | -420,84 | 109,33  | -53,77  |
| 67 | 16,5  | -421,47 | 72,63   | -26,44  |
| 68 | 16,75 | -422,1  | 41,69   | -8,28   |
| 69 | 17    | -422,72 | 19,05   | 2,14    |
| 70 | 17,25 | -423,35 | 4,49    | 6,9     |
| 71 | 17,5  | -423,98 | -3,5    | 8,03    |
| 72 | 17,75 | -424,61 | -6,82   | 7,15    |
| 73 | 18    | -425,24 | -7,24   | 5,45    |
| 74 | 18,25 | -425,87 | -6,16   | 3,64    |
| 75 | 18,5  | -426,49 | -4,53   | 2,09    |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 70 di 190 |

|    |       |         |       |       |
|----|-------|---------|-------|-------|
| 76 | 18,75 | -427,12 | -2,92 | 0,96  |
| 77 | 19    | -427,75 | -1,6  | 0,23  |
| 78 | 19,25 | -428,38 | -0,67 | -0,17 |
| 79 | 19,5  | -429,01 | -0,09 | -0,33 |
| 80 | 19,75 | -429,63 | 0,21  | -0,36 |
| 81 | 20    | -430,26 | 0,32  | -0,31 |
| 82 | 20,25 | -430,89 | 0,31  | -0,23 |
| 83 | 20,5  | -431,52 | 0,25  | -0,15 |
| 84 | 20,75 | -432,15 | 0,17  | -0,09 |
| 85 | 21    | -432,78 | 0,1   | -0,04 |
| 86 | 21,25 | -433,4  | 0,05  | -0,02 |
| 87 | 21,5  | -434,03 | 0,02  | 0     |
| 88 | 21,75 | -434,66 | 0     | 0     |
| 89 | 22    | -435,29 | 0     | 0     |

**REAZIONI VINCOLARI E PRESSIONI DI CONTATTO TERRENO-PARATIA (calcolo FEM)**

RvX = componente della reazione vincolare lungo X ( kN/m)

RvY = componente della reazione vincolare lungo Y ( kN/m)

RvZ = componente momento della reazione vincolare ( kN\*m/m)

pXv = pressione orizzontale del terreno (molle di valle) ( kN/mq)

pXm = pressione orizzontale del terreno (molle di monte) ( kN/mq)

| sez./nodo | x ( m) | RvX    | RvY   | RvZ | pXv | pXm   |
|-----------|--------|--------|-------|-----|-----|-------|
| 3         | 0,5    | 0      | 0     | 0   | 0   | 0     |
| 4         | 0,75   | 0,34   | 0     | 0   | 0   | 1,35  |
| 5         | 1      | 0,68   | 0     | 0   | 0   | 2,71  |
| 6         | 1,25   | 1,02   | 0     | 0   | 0   | 4,06  |
| 7         | 1,5    | 1,36   | 0     | 0   | 0   | 5,42  |
| 8         | 1,75   | 1,69   | 0     | 0   | 0   | 6,77  |
| 9         | 2      | -37,32 | 38,01 | 0   | 0   | 8,13  |
| 10        | 2,25   | 2,37   | 0     | 0   | 0   | 9,48  |
| 11        | 2,5    | 2,71   | 0     | 0   | 0   | 10,84 |
| 12        | 2,75   | 3,05   | 0     | 0   | 0   | 12,19 |
| 13        | 3      | 3,39   | 0     | 0   | 0   | 13,55 |
| 14        | 3,25   | 3,73   | 0     | 0   | 0   | 14,9  |
| 15        | 3,5    | 4,06   | 0     | 0   | 0   | 16,26 |
| 16        | 3,75   | 4,4    | 0     | 0   | 0   | 17,61 |
| 17        | 4      | 4,74   | 0     | 0   | 0   | 18,97 |
| 18        | 4,25   | 5,08   | 0     | 0   | 0   | 20,32 |
| 19        | 4,5    | 5,42   | 0     | 0   | 0   | 21,68 |
| 20        | 4,75   | 5,76   | 0     | 0   | 0   | 23,03 |
| 21        | 5      | -63,7  | 67,41 | 0   | 0   | 24,39 |
| 22        | 5,25   | 6,44   | 0     | 0   | 0   | 25,74 |
| 23        | 5,5    | 6,77   | 0     | 0   | 0   | 27,1  |
| 24        | 5,75   | 7,11   | 0     | 0   | 0   | 28,45 |
| 25        | 6      | 7,45   | 0     | 0   | 0   | 29,81 |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 71 di 190 |

|    |       |        |       |   |         |        |
|----|-------|--------|-------|---|---------|--------|
| 26 | 6,25  | 7,79   | 0     | 0 | 0       | 31,16  |
| 27 | 6,5   | 8,13   | 0     | 0 | 0       | 32,52  |
| 28 | 6,75  | 8,47   | 0     | 0 | 0       | 33,87  |
| 29 | 7     | 8,81   | 0     | 0 | 0       | 35,23  |
| 30 | 7,25  | 9,15   | 0     | 0 | 0       | 36,58  |
| 31 | 7,5   | -72,12 | 78,81 | 0 | 0       | 37,94  |
| 32 | 7,75  | 9,82   | 0     | 0 | 0       | 39,29  |
| 33 | 8     | 10,16  | 0     | 0 | 0       | 40,65  |
| 34 | 8,25  | 10,5   | 0     | 0 | 0       | 42     |
| 35 | 8,5   | 10,84  | 0     | 0 | 0       | 43,36  |
| 36 | 8,75  | 11,18  | 0     | 0 | 0       | 44,71  |
| 37 | 9     | 11,52  | 0     | 0 | 0       | 46,07  |
| 38 | 9,25  | 11,86  | 0     | 0 | 0       | 47,42  |
| 39 | 9,5   | 12,19  | 0     | 0 | 0       | 48,78  |
| 40 | 9,75  | 12,53  | 0     | 0 | 0       | 50,13  |
| 41 | 10    | -56,88 | 67,36 | 0 | 0       | 51,49  |
| 42 | 10,25 | 13,21  | 0     | 0 | 0       | 52,84  |
| 43 | 10,5  | 13,55  | 0     | 0 | 0       | 54,2   |
| 44 | 10,75 | 12,19  | 0     | 0 | 0       | 48,77  |
| 45 | 11    | 12,49  | 0     | 0 | 0       | 49,96  |
| 46 | 11,25 | 12,79  | 0     | 0 | 0       | 51,14  |
| 47 | 11,5  | 13,08  | 0     | 0 | 0       | 52,33  |
| 48 | 11,75 | 13,38  | 0     | 0 | 0       | 53,52  |
| 49 | 12    | -28,5  | 40,73 | 0 | 0       | 54,71  |
| 50 | 12,25 | 13,98  | 0     | 0 | 0       | 55,9   |
| 51 | 12,5  | 14,27  | 0     | 0 | 0       | 57,09  |
| 52 | 12,75 | 9,32   | 0     | 0 | -21,02  | 58,28  |
| 53 | 13    | 4,36   | 0     | 0 | -42,04  | 59,47  |
| 54 | 13,25 | -0,6   | 0     | 0 | -63,06  | 60,66  |
| 55 | 13,5  | -5,56  | 0     | 0 | -84,07  | 61,85  |
| 56 | 13,75 | -10,51 | 0     | 0 | -105,09 | 63,04  |
| 57 | 14    | -15,47 | 0     | 0 | -126,11 | 64,23  |
| 58 | 14,25 | -20,43 | 0     | 0 | -147,13 | 65,42  |
| 59 | 14,5  | -25,39 | 0     | 0 | -168,15 | 66,61  |
| 60 | 14,75 | -30,34 | 0     | 0 | -189,17 | 67,8   |
| 61 | 15    | -35,3  | 0     | 0 | -210,19 | 68,99  |
| 62 | 15,25 | -40,26 | 0     | 0 | -231,21 | 70,18  |
| 63 | 15,5  | -32,01 | 0     | 0 | -199,41 | 71,36  |
| 64 | 15,75 | -5,93  | 0     | 0 | -96,28  | 72,55  |
| 65 | 16    | 15,83  | 0     | 0 | -41,37  | 104,68 |
| 66 | 16,25 | 27,27  | 0     | 0 | -20,4   | 129,49 |
| 67 | 16,5  | 28,24  | 0     | 0 | -20,39  | 133,34 |
| 68 | 16,75 | 23,79  | 0     | 0 | -31,2   | 126,38 |
| 69 | 17    | 17,42  | 0     | 0 | -45,87  | 115,55 |
| 70 | 17,25 | 11,2   | 0     | 0 | -60,23  | 105,03 |
| 71 | 17,5  | 6,14   | 0     | 0 | -72,27  | 96,84  |
| 72 | 17,75 | 2,55   | 0     | 0 | -81,37  | 91,58  |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 72 di 190 |

|    |       |       |         |   |         |        |
|----|-------|-------|---------|---|---------|--------|
| 73 | 18    | 0,33  | 0       | 0 | -87,74  | 89,05  |
| 74 | 18,25 | -0,83 | 0       | 0 | -91,98  | 88,66  |
| 75 | 18,5  | -1,26 | 0       | 0 | -94,75  | 89,73  |
| 76 | 18,75 | -1,24 | 0       | 0 | -96,64  | 91,68  |
| 77 | 19    | -1,01 | 0       | 0 | -98,11  | 94,06  |
| 78 | 19,25 | -0,72 | 0       | 0 | -99,44  | 96,57  |
| 79 | 19,5  | -0,44 | 0       | 0 | -100,82 | 99,04  |
| 80 | 19,75 | -0,23 | 0       | 0 | -102,31 | 101,39 |
| 81 | 20    | -0,08 | 0       | 0 | -103,94 | 103,61 |
| 82 | 20,25 | 0     | 0       | 0 | -105,69 | 105,7  |
| 83 | 20,5  | 0,05  | 0       | 0 | -107,52 | 107,71 |
| 84 | 20,75 | 0,06  | 0       | 0 | -109,42 | 109,65 |
| 85 | 21    | 0,05  | 0       | 0 | -111,35 | 111,57 |
| 86 | 21,25 | 0,04  | 0       | 0 | -113,3  | 113,46 |
| 87 | 21,5  | 0,03  | 0       | 0 | -115,25 | 115,35 |
| 88 | 21,75 | 0,01  | 0       | 0 | -117,2  | 117,25 |
| 89 | 22    | 0     | -334,84 | 0 | -119,14 | 119,15 |

**PERCENTUALI DI SPINTA PASSIVA MOBILITATA**

Spinta passiva mobilitata a monte = 9,6%

Spinta passiva mobilitata a valle = 45%

**VERIFICA CONDIZIONI DI EQUILIBRIO (calcolo FEM)**
**Equilibrio alla traslazione orizzontale**

 somma delle forze esterne orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

 spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sme=0,00$  kN/m

 spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sve=0,00$  kN/m

 somma delle reazioni vincolari lungo X,  $SommRvX=0,00$  kN/m

 equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale:  $SF_x+Sme+Sve+SommRvX=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla traslazione verticale**

 peso proprio della paratia,  $Wp=42,52$  kN/m

 somma delle forze verticali applicate alla paratia,  $SF_y=0,00$  kN/m

 somma delle reazioni vincolari lungo Y,  $SommRvY=-42,52$  kN/m

 equazione di equilibrio alla traslazione verticale:  $Wp+SF_y+SommRvY=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla rotazione (attorno al primo nodo)**

 momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00$  kN\*m/m

 momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MSme=0,00$  kN\*m/m

 momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MSve=0,00$  kN\*m/m

 momento delle reazioni vincolari lungo X,  $MRvX=0,00$  kN\*m/m

 equazione di equilibrio alla rotazione:  $MF_x+MSme+MSve+MRvX=0,00$  kN\*m/m

**Spinte orizzontali**

 spinta delle terre di monte,  $Sm=1.245,47$  kN/m

 spinta delle terre di valle,  $Sv=-942,77$  kN/m

 somma componenti orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $ST_x=-302,70$  kN/m

 somma forze orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

 spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sme=0,00$  kN/m



spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sve=0,00$  kN/m

### Momenti delle spinte orizzontali rispetto al primo nodo

momento della spinta delle terre di monte,  $MSm=18.581,45$  kN\*m/m

momento della spinta delle terre di valle,  $MSv=-16.337,96$  kN\*m/m

momento delle compon. orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $MTx=-2.243,50$  kN\*m/m

momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MFx=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MSme=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MSve=0,00$  kN\*m/m

### SFORZI NEI TIRANTI/PUNTONI (calcolo FEM)

$TX^*$ =sforzo lungo l'asse globale X per metro lineare di paratia ( kN/m)

$TY^*$ =sforzo lungo l'asse globale Y per metro lineare di paratia ( kN/m)

$TX$ =sforzo lungo l'asse globale X nel singolo tirante/puntone ( kN)

$TY$ =sforzo lungo l'asse globale Y nel singolo tirante/puntone ( kN)

$Fa$ =sforzo di trazione/compressione nel singolo tirante/puntone ( kN)

$Fad=gGs \times Fa$  sforzo di trazione/compressione di progetto nel singolo tirante/puntone ( kN)

| Ordine | $TX^*$ | $TY^*$ | $TX$    | $TY$   | $Fa$   | $Fad$  |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 1      | -39,36 | 38,00  | -98,39  | 95,01  | 136,78 | 177,81 |
| 2      | -69,80 | 67,41  | -174,50 | 168,52 | 242,59 | 315,37 |
| 3      | -81,61 | 78,81  | -204,02 | 197,02 | 283,63 | 368,71 |
| 4      | -69,75 | 67,36  | -174,39 | 168,40 | 242,43 | 315,15 |
| 5      | -42,18 | 40,73  | -105,45 | 101,83 | 146,59 | 190,57 |

### SPOSTAMENTI NODALI (calcolo FEM)

$w$  = spostamento orizzontale (lungo l'asse globale X, coincidente con l'asse locale z)

$u$  = spostamento verticale (lungo l'asse globale Y, coincidente con l'asse locale x)

| sez./nodo | x ( m) | w (cm) | u (cm) | rot. (rad) |
|-----------|--------|--------|--------|------------|
| 1         | 0      | 1,956  | 0,092  | 0,0128     |
| 2         | 0,25   | 2,277  | 0,092  | 0,0128     |
| 3         | 0,5    | 2,598  | 0,092  | 0,0128     |
| 4         | 0,75   | 2,919  | 0,092  | 0,0128     |
| 5         | 1      | 3,24   | 0,092  | 0,0128     |
| 6         | 1,25   | 3,562  | 0,091  | 0,0128     |
| 7         | 1,5    | 3,883  | 0,091  | 0,0129     |
| 8         | 1,75   | 4,204  | 0,091  | 0,0129     |
| 9         | 2      | 4,526  | 0,091  | 0,0129     |
| 10        | 2,25   | 4,849  | 0,091  | 0,0129     |
| 11        | 2,5    | 5,17   | 0,091  | 0,0128     |
| 12        | 2,75   | 5,487  | 0,091  | 0,0126     |
| 13        | 3      | 5,8    | 0,091  | 0,0124     |
| 14        | 3,25   | 6,105  | 0,09   | 0,012      |
| 15        | 3,5    | 6,401  | 0,09   | 0,0117     |
| 16        | 3,75   | 6,688  | 0,09   | 0,0113     |
| 17        | 4      | 6,965  | 0,09   | 0,0108     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 74 di 190 |

|    |       |       |       |         |
|----|-------|-------|-------|---------|
| 18 | 4,25  | 7,23  | 0,09  | 0,0104  |
| 19 | 4,5   | 7,484 | 0,089 | 0,0099  |
| 20 | 4,75  | 7,726 | 0,089 | 0,0095  |
| 21 | 5     | 7,957 | 0,089 | 0,0091  |
| 22 | 5,25  | 8,178 | 0,088 | 0,0086  |
| 23 | 5,5   | 8,385 | 0,088 | 0,008   |
| 24 | 5,75  | 8,576 | 0,087 | 0,0072  |
| 25 | 6     | 8,747 | 0,087 | 0,0064  |
| 26 | 6,25  | 8,896 | 0,086 | 0,0055  |
| 27 | 6,5   | 9,023 | 0,085 | 0,0046  |
| 28 | 6,75  | 9,125 | 0,085 | 0,0036  |
| 29 | 7     | 9,202 | 0,084 | 0,0026  |
| 30 | 7,25  | 9,255 | 0,084 | 0,0016  |
| 31 | 7,5   | 9,283 | 0,083 | 0,0007  |
| 32 | 7,75  | 9,289 | 0,082 | -0,0003 |
| 33 | 8     | 9,267 | 0,081 | -0,0014 |
| 34 | 8,25  | 9,216 | 0,08  | -0,0027 |
| 35 | 8,5   | 9,134 | 0,079 | -0,004  |
| 36 | 8,75  | 9,018 | 0,078 | -0,0053 |
| 37 | 9     | 8,868 | 0,077 | -0,0067 |
| 38 | 9,25  | 8,684 | 0,076 | -0,008  |
| 39 | 9,5   | 8,466 | 0,075 | -0,0094 |
| 40 | 9,75  | 8,216 | 0,074 | -0,0106 |
| 41 | 10    | 7,937 | 0,073 | -0,0117 |
| 42 | 10,25 | 7,631 | 0,072 | -0,0128 |
| 43 | 10,5  | 7,299 | 0,071 | -0,0138 |
| 44 | 10,75 | 6,939 | 0,07  | -0,0149 |
| 45 | 11    | 6,555 | 0,068 | -0,0159 |
| 46 | 11,25 | 6,147 | 0,067 | -0,0167 |
| 47 | 11,5  | 5,719 | 0,066 | -0,0175 |
| 48 | 11,75 | 5,274 | 0,064 | -0,0181 |
| 49 | 12    | 4,817 | 0,063 | -0,0184 |
| 50 | 12,25 | 4,354 | 0,061 | -0,0186 |
| 51 | 12,5  | 3,889 | 0,06  | -0,0186 |
| 52 | 12,75 | 3,426 | 0,058 | -0,0184 |
| 53 | 13    | 2,97  | 0,057 | -0,018  |
| 54 | 13,25 | 2,529 | 0,055 | -0,0173 |
| 55 | 13,5  | 2,109 | 0,054 | -0,0163 |
| 56 | 13,75 | 1,715 | 0,052 | -0,0151 |
| 57 | 14    | 1,355 | 0,051 | -0,0137 |
| 58 | 14,25 | 1,034 | 0,049 | -0,012  |
| 59 | 14,5  | 0,756 | 0,048 | -0,0102 |
| 60 | 14,75 | 0,523 | 0,046 | -0,0084 |
| 61 | 15    | 0,338 | 0,044 | -0,0065 |
| 62 | 15,25 | 0,198 | 0,043 | -0,0047 |
| 63 | 15,5  | 0,101 | 0,041 | -0,0031 |
| 64 | 15,75 | 0,041 | 0,04  | -0,0018 |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 75 di 190 |

|    |       |        |       |         |
|----|-------|--------|-------|---------|
| 65 | 16    | 0,008  | 0,038 | -0,0009 |
| 66 | 16,25 | -0,005 | 0,037 | -0,0002 |
| 67 | 16,5  | -0,006 | 0,035 | 0,0001  |
| 68 | 16,75 | -0,001 | 0,033 | 0,0003  |
| 69 | 17    | 0,006  | 0,032 | 0,0003  |
| 70 | 17,25 | 0,013  | 0,03  | 0,0002  |
| 71 | 17,5  | 0,018  | 0,029 | 0,0002  |
| 72 | 17,75 | 0,022  | 0,027 | 0,0001  |
| 73 | 18    | 0,024  | 0,026 | 0,0001  |
| 74 | 18,25 | 0,025  | 0,024 | 0       |
| 75 | 18,5  | 0,026  | 0,022 | 0       |
| 76 | 18,75 | 0,026  | 0,021 | 0       |
| 77 | 19    | 0,025  | 0,019 | 0       |
| 78 | 19,25 | 0,025  | 0,018 | 0       |
| 79 | 19,5  | 0,024  | 0,016 | 0       |
| 80 | 19,75 | 0,024  | 0,014 | 0       |
| 81 | 20    | 0,024  | 0,013 | 0       |
| 82 | 20,25 | 0,023  | 0,011 | 0       |
| 83 | 20,5  | 0,023  | 0,01  | 0       |
| 84 | 20,75 | 0,023  | 0,008 | 0       |
| 85 | 21    | 0,023  | 0,006 | 0       |
| 86 | 21,25 | 0,023  | 0,005 | 0       |
| 87 | 21,5  | 0,023  | 0,003 | 0       |
| 88 | 21,75 | 0,023  | 0,002 | 0       |
| 89 | 22    | 0,023  | 0     | 0       |

**VERIFICA AL CARICO LIMITE VERTICALE**
**Parametri geotecnici di progetto**

coesione = 0,00 kN/mq

angolo di resistenza al taglio = 38°

**Resistenza alla punta**

fattore Nq (Berezantzev) = 131,084

fattore Nc = 166,5

 tensione litostatica verticale totale alla profondità L,  $s_{VL}=430,00$  kN/mq

 pressione neutra alla profondità L,  $u_L=0,00$  kN/mq

 tensione litostatica verticale efficace alla profondità L,  $s'_{VL}=430,00$  kN/mq

 Resistenza unitaria alla punta,  $p=56.365,94$  kN/mq

 Resistenza alla punta,  $P_{max}=4.230,56$  kN

**Resistenza laterale**

 Resistenza laterale,  $S_{max}=1.347,54$  kN

**Resistenza alla punta e laterale di progetto**

Resistenza alla punta (valore medio) = 4.230,56 kN

Resistenza alla punta (valore minimo) = 4.230,56 kN

Resistenza laterale (valore medio) = 1.347,54 kN

Resistenza laterale (valore minimo) = 1.347,54 kN

Fattore di correlazione,  $x_{s3}=1,7$

Fattore di correlazione,  $x_{s4}=1,7$

Resistenza alla punta (valore caratteristico) = 2.488,56 kN

Resistenza laterale (valore caratteristico) = 792,67 kN

Resistenza alla punta di progetto,  $P_{max\_d}=2.163,97$  kN

Resistenza laterale di progetto,  $S_{max\_d}=689,28$  kN

**Carico limite per carichi assiali di compressione**

$Q_{lim\_d} = P_{max\_d} + S_{max\_d} = 2.853,25$  kN

**Carico limite di sfilamento per carichi assiali di trazione**

$Q_{limt\_d} = S_{max\_d} = 689,28$  kN

**Azione di progetto**

$E_d = 435,29$  kN

**Verifica al carico limite per carichi assiali di compressione**

Verifica soddisfatta: l'azione di progetto non supera la resistenza di progetto

coeff. di sicurezza,  $Q_{lim\_d}/E_d=6,55$

**VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE**

**Parametri geotecnici di progetto**

strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq

strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq

strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq

strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq

strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=32,01$  (°)

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq

strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=32,01$  (°)

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq

**Parametri di calcolo**

n° di cerchi analizzati = 10

Metodo utilizzato: Bishop

**Cerchio critico**

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 77 di 190 |

Coordinate centro e raggio: X (m)= 0 Y (m)= -0,3 Rc (m)= 22,4

*Simbologia adottata*

Wt = peso del concio ( kN)

Wq = forza risultante verticale dovuta al sovraccarico applicato sul concio ( kN)

alfa=angolo (minore di 90°) che l'orizzontale forma con la base del concio (positivo se antiorario)

u = pressione neutra alla base del concio ( kN/mq)

DX = larghezza lungo X del concio ( m)

Fsh = forza sismica orizzontale sul concio ( kN)

B = braccio della forza sismica orizzontale rispetto al centro del cerchio di rottura ( m)

Fsv = forza sismica verticale sul concio ( kN)

N = risultante delle tensioni normali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

T = risultante delle tensioni tangenziali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

| concio | Wt     | Wq | alfa (°) | u | DX   | Fsh | B    | Fsv | N      | T      |
|--------|--------|----|----------|---|------|-----|------|-----|--------|--------|
| 1      | 35,58  | 0  | -51,69   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 55,31  | -1,65  |
| 2      | 99,46  | 0  | -45,19   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 137    | -4,08  |
| 3      | 150,81 | 0  | -39,37   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 190,42 | -5,68  |
| 4      | 192,84 | 0  | -34,01   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 228,03 | -6,8   |
| 5      | 227,37 | 0  | -28,97   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 255,65 | -7,62  |
| 6      | 255,54 | 0  | -24,16   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 276,38 | -8,24  |
| 7      | 278,12 | 0  | -19,54   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 292,03 | -8,71  |
| 8      | 295,65 | 0  | -15,04   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 303,71 | -9,06  |
| 9      | 308,49 | 0  | -10,64   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 312,13 | -9,31  |
| 10     | 316,87 | 0  | -6,3     | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 317,75 | -9,47  |
| 11     | 320,95 | 0  | -1,99    | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 655,5  | -19,54 |
| 12     | 15,6   | 0  | 0,22     | 0 | 0,05 | 0   | 34,8 | 0   | 15,6   | -0,47  |
| 13     | 686,38 | 0  | 2,32     | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 687,77 | -20,51 |
| 14     | 682,52 | 0  | 6,4      | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 689,1  | -20,55 |
| 15     | 674,97 | 0  | 10,52    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 690,34 | -20,58 |
| 16     | 663,63 | 0  | 14,7     | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 691,48 | -20,62 |
| 17     | 648,3  | 0  | 18,95    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 692,54 | -20,65 |
| 18     | 628,69 | 0  | 23,32    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 693,53 | -20,68 |
| 19     | 604,4  | 0  | 27,84    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 694,44 | -20,71 |
| 20     | 574,87 | 0  | 32,56    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 695,27 | -20,73 |
| 21     | 539,25 | 0  | 37,54    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 696    | -20,75 |
| 22     | 496,28 | 0  | 42,88    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 696,58 | -20,77 |
| 23     | 443,89 | 0  | 48,75    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 696,92 | -20,78 |
| 24     | 378,28 | 0  | 55,43    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 696,76 | -20,77 |
| 25     | 290,55 | 0  | 63,59    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 690,51 | -18,45 |
| 26     | 119,78 | 0  | 78,06    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 662,99 | -17,72 |

Lunghezza dell'arco di cerchio di scivolamento, L=55,95 m

Momento resistente, M\_resist=176.038,52 kN\*m

Momento instabilizzante, M\_instab=-8.397,69 kN\*m

Verifica soddisfatta

**VERIFICHE STRUTTURALI PARATIA**
**Verifiche di resistenza a presso-flessione e taglio**

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 78 di 190 |

sid\_m: tensione ideale massima nella sezione di acciaio ( N/mm<sup>2</sup>)

Mcy\_Rd: resistenza di progetto della sezione soggetta a presso-flessione retta (asse vettore y)

Resistenza plastica della sezione lorda A, Npl\_Rd=2.743,03 kN

Area resistente al taglio della sezione lungo z, Avz=51,65 cm<sup>2</sup>

Resistenza di progetto a taglio lungo z, Vcz\_Rd=1.008,21 kN

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y, Mely\_Rd=134,08 kN\*m

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y, Mply\_Rd=180,61 kN\*m

tensione di snervamento di progetto, fyd=338 N/mm<sup>2</sup>

| x ( m) | Nx      | Tz     | My    | sid_m | Mcy_Rd | Verif? |
|--------|---------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 0      | 0       | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,25   | -0,32   | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,5    | -0,63   | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,75   | -0,94   | -0,22  | 0     |       |        |        |
| 1      | -1,26   | -0,66  | -0,06 | 0,3   |        | Si     |
| 1,25   | -1,58   | -1,33  | -0,22 | 0,8   |        | Si     |
| 1,5    | -1,89   | -2,21  | -0,55 | 1,6   |        | Si     |
| 1,75   | -2,21   | -3,32  | -1,11 | 3,1   |        | Si     |
| 2      | -2,53   | -3,32  | -1,93 | 5,2   |        | Si     |
| 2      | -27,34  | 21,05  | -1,93 | 9,1   |        | Si     |
| 2,25   | -27,66  | 19,51  | 3,33  | 11,8  |        | Si     |
| 2,5    | -27,98  | 17,74  | 8,2   | 24,1  |        | Si     |
| 2,75   | -28,29  | 15,75  | 12,64 | 35,4  |        | Si     |
| 3      | -28,6   | 13,53  | 16,58 | 45,3  |        | Si     |
| 3,25   | -28,92  | 11,1   | 19,96 | 53,9  |        | Si     |
| 3,5    | -29,24  | 8,44   | 22,74 | 60,9  |        | Si     |
| 3,75   | -29,55  | 5,57   | 24,85 | 66,3  |        | Si     |
| 4      | -29,87  | 2,47   | 26,24 | 69,8  |        | Si     |
| 4,25   | -30,19  | -0,84  | 26,85 | 71,4  |        | Si     |
| 4,5    | -30,5   | -4,39  | 26,64 | 70,9  |        | Si     |
| 4,75   | -30,81  | -8,14  | 25,55 | 68,2  |        | Si     |
| 5      | -31,13  | -8,14  | 23,51 | 63,1  |        | Si     |
| 5      | -75,15  | 33,46  | 23,51 | 68,6  |        | Si     |
| 5,25   | -75,47  | 29,26  | 31,88 | 89,7  |        | Si     |
| 5,5    | -75,78  | 24,83  | 39,19 | 108,2 |        | Si     |
| 5,75   | -76,09  | 20,18  | 45,4  | 123,9 |        | Si     |
| 6      | -76,41  | 15,32  | 50,44 | 136,6 |        | Si     |
| 6,25   | -76,73  | 10,23  | 54,27 | 146,3 |        | Si     |
| 6,5    | -77,04  | 4,92   | 56,83 | 152,8 |        | Si     |
| 6,75   | -77,36  | -0,61  | 58,06 | 155,9 |        | Si     |
| 7      | -77,67  | -6,36  | 57,91 | 155,6 |        | Si     |
| 7,25   | -77,99  | -12,33 | 56,32 | 151,6 |        | Si     |
| 7,5    | -78,3   | -12,33 | 53,24 | 143,9 |        | Si     |
| 7,5    | -129,77 | 34,77  | 53,24 | 150,2 |        | Si     |
| 7,75   | -130,08 | 28,35  | 61,93 | 172,2 |        | Si     |
| 8      | -130,4  | 21,72  | 69,02 | 190,1 |        | Si     |
| 8,25   | -130,72 | 14,86  | 74,45 | 203,8 |        | Si     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 79 di 190 |

|       |         |        |         |       |    |
|-------|---------|--------|---------|-------|----|
| 8,5   | -131,03 | 7,78   | 78,16   | 213,2 | Si |
| 8,75  | -131,35 | 0,48   | 80,1    | 218,2 | Si |
| 9     | -131,66 | -7,04  | 80,22   | 218,5 | Si |
| 9,25  | -131,98 | -14,78 | 78,46   | 214,1 | Si |
| 9,5   | -132,3  | -22,75 | 74,77   | 204,8 | Si |
| 9,75  | -132,61 | -30,93 | 69,08   | 190,5 | Si |
| 10    | -132,92 | -30,93 | 61,35   | 171,1 | Si |
| 10    | -176,91 | 6,21   | 61,35   | 176,5 | Si |
| 10,25 | -177,23 | -2,41  | 62,9    | 180,5 | Si |
| 10,5  | -177,55 | -11,26 | 62,3    | 179   | Si |
| 10,75 | -177,86 | -19,22 | 59,48   | 171,9 | Si |
| 11    | -178,18 | -27,38 | 54,68   | 159,8 | Si |
| 11,25 | -178,49 | -35,73 | 47,83   | 142,6 | Si |
| 11,5  | -178,81 | -44,27 | 38,9    | 120,1 | Si |
| 11,75 | -179,12 | -53,01 | 27,83   | 92,3  | Si |
| 12    | -179,44 | -53,01 | 14,58   | 58,9  | Si |
| 12    | -206,04 | -34,39 | 14,58   | 62,2  | Si |
| 12,25 | -206,35 | -43,52 | 5,98    | 40,5  | Si |
| 12,5  | -206,67 | -52,85 | -4,9    | 37,8  | Si |
| 12,75 | -206,99 | -58,93 | -18,11  | 71,2  | Si |
| 13    | -207,3  | -61,77 | -32,84  | 108,4 | Si |
| 13,25 | -207,62 | -61,39 | -48,28  | 147,3 | Si |
| 13,5  | -207,93 | -57,75 | -63,63  | 186,1 | Si |
| 13,75 | -208,25 | -50,89 | -78,07  | 222,5 | Si |
| 14    | -208,56 | -40,78 | -90,79  | 254,6 | Si |
| 14,25 | -208,88 | -27,45 | -100,99 | 280,4 | Si |
| 14,5  | -209,19 | -10,87 | -107,85 | 297,7 | Si |
| 14,75 | -209,51 | 8,95   | -110,57 | 304,6 | Si |
| 15    | -209,83 | 32     | -108,33 | 299   | Si |
| 15,25 | -210,14 | 58,29  | -100,33 | 278,9 | Si |
| 15,5  | -210,46 | 79,19  | -85,76  | 242,2 | Si |
| 15,75 | -210,77 | 83,07  | -65,96  | 192,3 | Si |
| 16    | -211,09 | 72,73  | -45,2   | 140   | Si |
| 16,25 | -211,4  | 54,92  | -27,01  | 94,2  | Si |
| 16,5  | -211,72 | 36,48  | -13,28  | 59,6  | Si |
| 16,75 | -212,04 | 20,94  | -4,16   | 36,6  | Si |
| 17    | -212,35 | 9,57   | 1,07    | 28,9  | Si |
| 17,25 | -212,66 | 2,26   | 3,47    | 35    | Si |
| 17,5  | -212,98 | -1,76  | 4,03    | 36,4  | Si |
| 17,75 | -213,3  | -3,43  | 3,59    | 35,3  | Si |
| 18    | -213,61 | -3,64  | 2,74    | 33,2  | Si |
| 18,25 | -213,93 | -3,09  | 1,83    | 31    | Si |
| 18,5  | -214,24 | -2,28  | 1,05    | 29,1  | Si |
| 18,75 | -214,56 | -1,47  | 0,48    | 27,7  | Si |
| 19    | -214,87 | -0,8   | 0,12    | 26,8  | Si |
| 19,25 | -215,19 | -0,34  | -0,09   | 26,7  | Si |
| 19,5  | -215,51 | -0,05  | -0,17   | 27    | Si |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 80 di 190 |

|       |         |      |       |      |    |
|-------|---------|------|-------|------|----|
| 19,75 | -215,82 | 0,11 | -0,18 | 27,1 | Si |
| 20    | -216,13 | 0,16 | -0,16 | 27   | Si |
| 20,25 | -216,45 | 0,16 | -0,12 | 27   | Si |
| 20,5  | -216,77 | 0,13 | -0,08 | 26,9 | Si |
| 20,75 | -217,08 | 0,09 | -0,05 | 26,9 | Si |
| 21    | -217,4  | 0,05 | -0,02 | 26,8 | Si |
| 21,25 | -217,71 | 0,03 | -0,01 | 26,9 | Si |
| 21,5  | -218,03 | 0,01 | 0     | 26,9 | Si |
| 21,75 | -218,35 | 0    | 0     |      | Si |
| 22    | -218,66 | 0    | 0     |      | Si |

**VERIFICHE S.L.U. DI TIPO GEOTECNICO E STRUTTURALE SUI TIRANTI**
**ANCORAGGIO DI ORDINE 1**

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=177,81$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 3,46

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=426,40$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 3,79

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,25$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 9,69

**ANCORAGGIO DI ORDINE 2**

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=315,37$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,95

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=756,27$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 2,14

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,44$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 5,46

**ANCORAGGIO DI ORDINE 3**

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=368,71$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,67

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=884,21$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta



coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 1,83

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\tau = 0,51 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 4,67

ANCORAGGIO DI ORDINE 4

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad} = 315,15 \text{ kN}$

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,95

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\sigma_f = 755,77 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 2,14

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\tau = 0,44 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 5,47

ANCORAGGIO DI ORDINE 5

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad} = 190,57 \text{ kN}$

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 3,23

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\sigma_f = 457,01 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 3,54

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\tau = 0,26 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 9,04

## COMB. 2 (SLU-F)

### SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA PARATIA (calcolo FEM)

#### Sovraccarichi di progetto sui terrapieni

Terreno di monte,  $q_{1d} = 23,08 \text{ kN/m}^2$

Terreno di valle,  $q_{2d} = 0,00 \text{ kN/m}^2$

#### Parametri geotecnici di progetto

##### strato 1

peso dell'unità di volume,  $g = 20,00 \text{ kN/m}^3$

angolo di resistenza al taglio,  $\varphi_{id} = 35^\circ$

coesione drenata,  $c'_{id} = 0,00 \text{ kN/m}^2$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\Delta\varphi_{ad} = 0^\circ$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\Delta\varphi_{pd} = 0^\circ$

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 82 di 190 |

strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=38$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=38$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

**Coefficienti di spinta**

strato 1

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

strato 2

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 83 di 190 |

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 3

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 4

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 5

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

strato 6

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

**Numero di iterazioni nel calcolo non lineare e sollecitazioni**

Numero di iterazione effettuate = 6

errore iterazione 0 = 0,005311

errore iterazione 1 = 0,551474

errore iterazione 2 = 0,03865

errore iterazione 3 = 0,026945

errore iterazione 4 = 0,011202

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 84 di 190 |

errore iterazione 5 = 0,002964

errore iterazione 6 = 0,000516

| sez./nodo | x ( m) | Nx ( kN/m) | Tz ( kN/m) | My ( kN*m/m) |
|-----------|--------|------------|------------|--------------|
| 1         | 0      | 0          | 0          | 0            |
| 2         | 0,25   | -0,63      | 0          | 0            |
| 3         | 0,5    | -1,26      | -1,02      | 0            |
| 4         | 0,75   | -1,88      | -3,49      | -0,25        |
| 5         | 1      | -2,51      | -6,4       | -1,13        |
| 6         | 1,25   | -3,14      | -9,76      | -2,73        |
| 7         | 1,5    | -3,77      | -13,55     | -5,17        |
| 8         | 1,75   | -4,4       | -17,78     | -8,55        |
| 9         | 2      | -5,03      | -17,78     | -13          |
| 9         | 2      | -79,74     | 54,91      | -13          |
| 10        | 2,25   | -80,37     | 49,8       | 0,73         |
| 11        | 2,5    | -81        | 44,24      | 13,18        |
| 12        | 2,75   | -81,62     | 38,24      | 24,24        |
| 13        | 3      | -82,25     | 31,81      | 33,8         |
| 14        | 3,25   | -82,88     | 24,93      | 41,75        |
| 15        | 3,5    | -83,51     | 17,61      | 47,98        |
| 16        | 3,75   | -84,14     | 9,86       | 52,39        |
| 17        | 4      | -84,76     | 1,66       | 54,85        |
| 18        | 4,25   | -85,39     | -6,98      | 55,27        |
| 19        | 4,5    | -86,02     | -16,06     | 53,52        |
| 20        | 4,75   | -86,65     | -25,57     | 49,51        |
| 21        | 5      | -87,28     | -25,57     | 43,11        |
| 21        | 5      | -196,91    | 78         | 43,11        |
| 22        | 5,25   | -197,54    | 67,6       | 62,61        |
| 23        | 5,5    | -198,17    | 56,76      | 79,51        |
| 24        | 5,75   | -198,8     | 45,48      | 93,7         |
| 25        | 6      | -199,43    | 33,76      | 105,07       |
| 26        | 6,25   | -200,05    | 21,6       | 113,51       |
| 27        | 6,5    | -200,68    | 9          | 118,91       |
| 28        | 6,75   | -201,31    | -4,04      | 121,16       |
| 29        | 7      | -201,94    | -17,52     | 120,15       |
| 30        | 7,25   | -202,57    | -31,45     | 115,77       |
| 31        | 7,5    | -203,2     | -31,45     | 107,91       |
| 31        | 7,5    | -324,55    | 79,86      | 107,91       |
| 32        | 7,75   | -325,18    | 65,06      | 127,88       |
| 33        | 8      | -325,81    | 49,81      | 144,14       |
| 34        | 8,25   | -326,44    | 34,13      | 156,59       |
| 35        | 8,5    | -327,07    | 18,01      | 165,13       |
| 36        | 8,75   | -327,69    | 1,44       | 169,63       |
| 37        | 9      | -328,32    | -15,56     | 169,99       |
| 38        | 9,25   | -328,95    | -33,01     | 166,1        |
| 39        | 9,5    | -329,58    | -50,89     | 157,85       |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 85 di 190 |

|    |       |         |         |         |
|----|-------|---------|---------|---------|
| 40 | 9,75  | -330,21 | -69,22  | 145,12  |
| 41 | 10    | -330,84 | -69,22  | 127,82  |
| 41 | 10    | -432,82 | 17,63   | 127,82  |
| 42 | 10,25 | -433,45 | -1,58   | 132,23  |
| 43 | 10,5  | -434,08 | -21,22  | 131,83  |
| 44 | 10,75 | -434,71 | -38,86  | 126,53  |
| 45 | 11    | -435,34 | -56,88  | 116,81  |
| 46 | 11,25 | -435,97 | -75,28  | 102,59  |
| 47 | 11,5  | -436,59 | -94,08  | 83,77   |
| 48 | 11,75 | -437,22 | -113,26 | 60,25   |
| 49 | 12    | -437,85 | -113,26 | 31,94   |
| 49 | 12    | -500,26 | -68,2   | 31,94   |
| 50 | 12,25 | -500,89 | -88,15  | 14,89   |
| 51 | 12,5  | -501,51 | -108,49 | -7,15   |
| 52 | 12,75 | -502,14 | -122,38 | -34,27  |
| 53 | 13    | -502,77 | -129,83 | -64,86  |
| 54 | 13,25 | -503,4  | -130,84 | -97,32  |
| 55 | 13,5  | -504,03 | -125,4  | -130,03 |
| 56 | 13,75 | -504,66 | -113,51 | -161,38 |
| 57 | 14    | -505,28 | -95,19  | -189,76 |
| 58 | 14,25 | -505,91 | -70,41  | -213,56 |
| 59 | 14,5  | -506,54 | -39,2   | -231,16 |
| 60 | 14,75 | -507,17 | -1,53   | -240,96 |
| 61 | 15    | -507,8  | 42,57   | -241,34 |
| 62 | 15,25 | -508,42 | 93,12   | -230,7  |
| 63 | 15,5  | -509,05 | 150,12  | -207,42 |
| 64 | 15,75 | -509,68 | 178,06  | -169,89 |
| 65 | 16    | -510,31 | 175,75  | -125,37 |
| 66 | 16,25 | -510,94 | 143,95  | -81,43  |
| 67 | 16,5  | -511,57 | 103,22  | -45,45  |
| 68 | 16,75 | -512,19 | 64,8    | -19,64  |
| 69 | 17    | -512,82 | 34,39   | -3,44   |
| 70 | 17,25 | -513,45 | 13,28   | 5,16    |
| 71 | 17,5  | -514,08 | 0,51    | 8,48    |
| 72 | 17,75 | -514,71 | -5,88   | 8,6     |
| 73 | 18    | -515,33 | -7,99   | 7,13    |
| 74 | 18,25 | -515,96 | -7,6    | 5,14    |
| 75 | 18,5  | -516,59 | -6,05   | 3,24    |
| 76 | 18,75 | -517,22 | -4,21   | 1,72    |
| 77 | 19    | -517,85 | -2,55   | 0,67    |
| 78 | 19,25 | -518,47 | -1,28   | 0,03    |
| 79 | 19,5  | -519,1  | -0,42   | -0,29   |
| 80 | 19,75 | -519,73 | 0,07    | -0,39   |
| 81 | 20    | -520,36 | 0,3     | -0,37   |
| 82 | 20,25 | -520,99 | 0,36    | -0,3    |
| 83 | 20,5  | -521,62 | 0,32    | -0,21   |
| 84 | 20,75 | -522,24 | 0,24    | -0,13   |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 86 di 190 |

|    |       |         |      |       |
|----|-------|---------|------|-------|
| 85 | 21    | -522,87 | 0,16 | -0,07 |
| 86 | 21,25 | -523,5  | 0,09 | -0,03 |
| 87 | 21,5  | -524,13 | 0,04 | -0,01 |
| 88 | 21,75 | -524,76 | 0,01 | 0     |
| 89 | 22    | -525,38 | 0,01 | 0     |

**REAZIONI VINCOLARI E PRESSIONI DI CONTATTO TERRENO-PARATIA (calcolo FEM)**

RvX = componente della reazione vincolare lungo X ( kN/m)

RvY = componente della reazione vincolare lungo Y ( kN/m)

RvZ = componente momento della reazione vincolare ( kN\*m/m)

pXv = pressione orizzontale del terreno (molle di valle) ( kN/mq)

pXm = pressione orizzontale del terreno (molle di monte) ( kN/mq)

| sez./nodo | x ( m) | RvX    | RvY   | RvZ | pXv | pXm   |
|-----------|--------|--------|-------|-----|-----|-------|
| 3         | 0,5    | 0,78   | 0     | 0   | 0   | 6,25  |
| 4         | 0,75   | 1,9    | 0     | 0   | 0   | 7,61  |
| 5         | 1      | 2,24   | 0     | 0   | 0   | 8,96  |
| 6         | 1,25   | 2,58   | 0     | 0   | 0   | 10,32 |
| 7         | 1,5    | 2,92   | 0     | 0   | 0   | 11,67 |
| 8         | 1,75   | 3,26   | 0     | 0   | 0   | 13,03 |
| 9         | 2      | -55,92 | 57,47 | 0   | 0   | 14,38 |
| 10        | 2,25   | 3,93   | 0     | 0   | 0   | 15,74 |
| 11        | 2,5    | 4,27   | 0     | 0   | 0   | 17,09 |
| 12        | 2,75   | 4,61   | 0     | 0   | 0   | 18,45 |
| 13        | 3      | 4,95   | 0     | 0   | 0   | 19,8  |
| 14        | 3,25   | 5,29   | 0     | 0   | 0   | 21,16 |
| 15        | 3,5    | 5,63   | 0     | 0   | 0   | 22,51 |
| 16        | 3,75   | 5,97   | 0     | 0   | 0   | 23,87 |
| 17        | 4      | 6,31   | 0     | 0   | 0   | 25,22 |
| 18        | 4,25   | 6,64   | 0     | 0   | 0   | 26,58 |
| 19        | 4,5    | 6,98   | 0     | 0   | 0   | 27,93 |
| 20        | 4,75   | 7,32   | 0     | 0   | 0   | 29,29 |
| 21        | 5      | -79,67 | 84,34 | 0   | 0   | 30,64 |
| 22        | 5,25   | 8      | 0     | 0   | 0   | 32    |
| 23        | 5,5    | 8,34   | 0     | 0   | 0   | 33,35 |
| 24        | 5,75   | 8,68   | 0     | 0   | 0   | 34,71 |
| 25        | 6      | 9,02   | 0     | 0   | 0   | 36,06 |
| 26        | 6,25   | 9,35   | 0     | 0   | 0   | 37,42 |
| 27        | 6,5    | 9,69   | 0     | 0   | 0   | 38,77 |
| 28        | 6,75   | 10,03  | 0     | 0   | 0   | 40,13 |
| 29        | 7      | 10,37  | 0     | 0   | 0   | 41,48 |
| 30        | 7,25   | 10,71  | 0     | 0   | 0   | 42,84 |
| 31        | 7,5    | -85,62 | 93,35 | 0   | 0   | 44,19 |
| 32        | 7,75   | 11,39  | 0     | 0   | 0   | 45,55 |
| 33        | 8      | 11,73  | 0     | 0   | 0   | 46,9  |
| 34        | 8,25   | 12,06  | 0     | 0   | 0   | 48,26 |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 87 di 190 |

|    |       |        |       |   |         |        |
|----|-------|--------|-------|---|---------|--------|
| 35 | 8,5   | 12,4   | 0     | 0 | 0       | 49,61  |
| 36 | 8,75  | 12,74  | 0     | 0 | 0       | 50,97  |
| 37 | 9     | 13,08  | 0     | 0 | 0       | 52,32  |
| 38 | 9,25  | 13,42  | 0     | 0 | 0       | 53,68  |
| 39 | 9,5   | 13,76  | 0     | 0 | 0       | 55,03  |
| 40 | 9,75  | 14,1   | 0     | 0 | 0       | 56,39  |
| 41 | 10    | -66,81 | 78,45 | 0 | 0       | 57,74  |
| 42 | 10,25 | 14,77  | 0     | 0 | 0       | 59,1   |
| 43 | 10,5  | 15,11  | 0     | 0 | 0       | 60,45  |
| 44 | 10,75 | 13,56  | 0     | 0 | 0       | 54,26  |
| 45 | 11    | 13,86  | 0     | 0 | 0       | 55,45  |
| 46 | 11,25 | 14,16  | 0     | 0 | 0       | 56,63  |
| 47 | 11,5  | 14,46  | 0     | 0 | 0       | 57,82  |
| 48 | 11,75 | 14,75  | 0     | 0 | 0       | 59,01  |
| 49 | 12    | -34,66 | 48,01 | 0 | 0       | 60,2   |
| 50 | 12,25 | 15,35  | 0     | 0 | 0       | 61,39  |
| 51 | 12,5  | 15,65  | 0     | 0 | 0       | 62,58  |
| 52 | 12,75 | 10,69  | 0     | 0 | -21,02  | 63,77  |
| 53 | 13    | 5,73   | 0     | 0 | -42,04  | 64,96  |
| 54 | 13,25 | 0,77   | 0     | 0 | -63,06  | 66,15  |
| 55 | 13,5  | -4,18  | 0     | 0 | -84,07  | 67,34  |
| 56 | 13,75 | -9,14  | 0     | 0 | -105,09 | 68,53  |
| 57 | 14    | -14,1  | 0     | 0 | -126,11 | 69,72  |
| 58 | 14,25 | -19,06 | 0     | 0 | -147,13 | 70,91  |
| 59 | 14,5  | -24,01 | 0     | 0 | -168,15 | 72,1   |
| 60 | 14,75 | -28,97 | 0     | 0 | -189,17 | 73,29  |
| 61 | 15    | -33,93 | 0     | 0 | -210,19 | 74,48  |
| 62 | 15,25 | -38,89 | 0     | 0 | -231,21 | 75,67  |
| 63 | 15,5  | -43,84 | 0     | 0 | -252,22 | 76,85  |
| 64 | 15,75 | -21,5  | 0     | 0 | -164,03 | 78,04  |
| 65 | 16    | 1,78   | 0     | 0 | -73,9   | 81,02  |
| 66 | 16,25 | 24,46  | 0     | 0 | -30,45  | 128,31 |
| 67 | 16,5  | 31,33  | 0     | 0 | -19,03  | 144,36 |
| 68 | 16,75 | 29,55  | 0     | 0 | -24,13  | 142,32 |
| 69 | 17    | 23,4   | 0     | 0 | -38,36  | 131,94 |
| 70 | 17,25 | 16,23  | 0     | 0 | -54,6   | 119,54 |
| 71 | 17,5  | 9,83   | 0     | 0 | -69,34  | 108,64 |
| 72 | 17,75 | 4,92   | 0     | 0 | -81,07  | 100,75 |
| 73 | 18    | 1,62   | 0     | 0 | -89,59  | 96,07  |
| 74 | 18,25 | -0,3   | 0     | 0 | -95,35  | 94,16  |
| 75 | 18,5  | -1,19  | 0     | 0 | -99,06  | 94,29  |
| 76 | 18,75 | -1,42  | 0     | 0 | -101,44 | 95,76  |
| 77 | 19    | -1,28  | 0     | 0 | -103,07 | 97,96  |
| 78 | 19,25 | -0,98  | 0     | 0 | -104,4  | 100,48 |
| 79 | 19,5  | -0,66  | 0     | 0 | -105,68 | 103,05 |
| 80 | 19,75 | -0,38  | 0     | 0 | -107,04 | 105,52 |
| 81 | 20    | -0,18  | 0     | 0 | -108,56 | 107,86 |

| RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI |       |       |         | COMMESSA | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|--|-------|-------|---------|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
|  |       |       |         | IN10     | 10      | D26CL    | IV010X001 | A    | 88 di 190 |
| 82                                       | 20,25 | -0,04 | 0       | 0        | -110,21 | 110,04   |           |      |           |
| 83                                       | 20,5  | 0,03  | 0       | 0        | -111,99 | 112,11   |           |      |           |
| 84                                       | 20,75 | 0,06  | 0       | 0        | -113,85 | 114,09   |           |      |           |
| 85                                       | 21    | 0,06  | 0       | 0        | -115,77 | 116,02   |           |      |           |
| 86                                       | 21,25 | 0,05  | 0       | 0        | -117,71 | 117,92   |           |      |           |
| 87                                       | 21,5  | 0,04  | 0       | 0        | -119,66 | 119,81   |           |      |           |
| 88                                       | 21,75 | 0,02  | 0       | 0        | -121,61 | 121,7    |           |      |           |
| 89                                       | 22    | 0     | -404,14 | 0        | -123,56 | 123,6    |           |      |           |

### **PERCENTUALI DI SPINTA PASSIVA MOBILITATA**

Spinta passiva mobilitata a monte = 9,9%

Spinta passiva mobilitata a valle = 45,9%

### **VERIFICA CONDIZIONI DI EQUILIBRIO (calcolo FEM)**

#### **Equilibrio alla traslazione orizzontale**

somma delle forze esterne orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sme=0,00$  kN/m

spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sve=0,00$  kN/m

somma delle reazioni vincolari lungo X,  $SommRvX=0,00$  kN/m

equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale:  $SF_x+Sme+Sve+SommRvX=0,00$  kN/m

#### **Equilibrio alla traslazione verticale**

peso proprio della paratia,  $Wp=42,52$  kN/m

somma delle forze verticali applicate alla paratia,  $SF_y=0,00$  kN/m

somma delle reazioni vincolari lungo Y,  $SommRvY=-42,52$  kN/m

equazione di equilibrio alla traslazione verticale:  $Wp+SF_y+SommRvY=0,00$  kN/m

#### **Equilibrio alla rotazione (attorno al primo nodo)**

momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MSme=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MSve=0,00$  kN\*m/m

momento delle reazioni vincolari lungo X,  $MRvX=0,00$  kN\*m/m

equazione di equilibrio alla rotazione:  $MF_x+MSme+MSve+MRvX=0,00$  kN\*m/m

#### **Spinte orizzontali**

spinta delle terre di monte,  $Sm=1.369,75$  kN/m

spinta delle terre di valle,  $Sv=-995,28$  kN/m

somma componenti orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $ST_x=-374,47$  kN/m

somma forze orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sme=0,00$  kN/m

spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sve=0,00$  kN/m

#### **Momenti delle spinte orizzontali rispetto al primo nodo**

momento della spinta delle terre di monte,  $MSm=19.923,31$  kN\*m/m

momento della spinta delle terre di valle,  $MSv=-17.233,65$  kN\*m/m

momento delle compon. orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $MT_x=-2.689,66$  kN\*m/m

momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MSme=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MSve=0,00$  kN\*m/m



### **SFORZI NEI TIRANTI/PUNTONI (calcolo FEM)**

TX\*=sforzo lungo l'asse globale X per metro lineare di paratia ( kN/m)

TY\*=sforzo lungo l'asse globale Y per metro lineare di paratia ( kN/m)

TX=sforzo lungo l'asse globale X nel singolo tirante/puntone ( kN)

TY=sforzo lungo l'asse globale Y nel singolo tirante/puntone ( kN)

Fa=sforzo di trazione/compressione nel singolo tirante/puntone ( kN)

Fad=gGs x Fa sforzo di trazione/compressione di progetto nel singolo tirante/puntone ( kN)

| Ordine | TX*    | TY*   | TX      | TY     | Fa     | Fad    |
|--------|--------|-------|---------|--------|--------|--------|
| 1      | -59,51 | 57,47 | -148,79 | 143,68 | 206,84 | 268,89 |
| 2      | -87,33 | 84,34 | -218,33 | 210,84 | 303,52 | 394,57 |
| 3      | -96,67 | 93,35 | -241,67 | 233,38 | 335,96 | 436,75 |
| 4      | -81,24 | 78,45 | -203,10 | 196,13 | 282,34 | 367,05 |
| 5      | -49,71 | 48,01 | -124,28 | 120,02 | 172,77 | 224,60 |

### **SPOSTAMENTI NODALI (calcolo FEM)**

w = spostamento orizzontale (lungo l'asse globale X, coincidente con l'asse locale z)

u = spostamento verticale (lungo l'asse globale Y, coincidente con l'asse locale x)

| sez./nodo | x ( m) | w (cm) | u (cm) | rot. (rad) |
|-----------|--------|--------|--------|------------|
| 1         | 0      | 4,487  | 0,113  | 0,0116     |
| 2         | 0,25   | 4,778  | 0,113  | 0,0116     |
| 3         | 0,5    | 5,068  | 0,113  | 0,0116     |
| 4         | 0,75   | 5,359  | 0,113  | 0,0116     |
| 5         | 1      | 5,65   | 0,113  | 0,0116     |
| 6         | 1,25   | 5,941  | 0,113  | 0,0117     |
| 7         | 1,5    | 6,233  | 0,113  | 0,0117     |
| 8         | 1,75   | 6,525  | 0,113  | 0,0117     |
| 9         | 2      | 6,82   | 0,113  | 0,0118     |
| 10        | 2,25   | 7,117  | 0,112  | 0,0119     |
| 11        | 2,5    | 7,414  | 0,112  | 0,0118     |
| 12        | 2,75   | 7,708  | 0,112  | 0,0117     |
| 13        | 3      | 7,997  | 0,111  | 0,0114     |
| 14        | 3,25   | 8,278  | 0,111  | 0,0111     |
| 15        | 3,5    | 8,551  | 0,111  | 0,0107     |
| 16        | 3,75   | 8,813  | 0,11   | 0,0103     |
| 17        | 4      | 9,065  | 0,11   | 0,0098     |
| 18        | 4,25   | 9,304  | 0,11   | 0,0093     |
| 19        | 4,5    | 9,532  | 0,11   | 0,0089     |
| 20        | 4,75   | 9,748  | 0,109  | 0,0084     |
| 21        | 5      | 9,954  | 0,109  | 0,008      |
| 22        | 5,25   | 10,149 | 0,108  | 0,0076     |
| 23        | 5,5    | 10,331 | 0,107  | 0,007      |
| 24        | 5,75   | 10,496 | 0,107  | 0,0062     |
| 25        | 6      | 10,642 | 0,106  | 0,0054     |
| 26        | 6,25   | 10,764 | 0,105  | 0,0044     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 90 di 190 |

|    |       |        |       |         |
|----|-------|--------|-------|---------|
| 27 | 6,5   | 10,862 | 0,104 | 0,0034  |
| 28 | 6,75  | 10,935 | 0,104 | 0,0024  |
| 29 | 7     | 10,982 | 0,103 | 0,0014  |
| 30 | 7,25  | 11,003 | 0,102 | 0,0003  |
| 31 | 7,5   | 10,999 | 0,101 | -0,0006 |
| 32 | 7,75  | 10,972 | 0,1   | -0,0016 |
| 33 | 8     | 10,916 | 0,099 | -0,0028 |
| 34 | 8,25  | 10,83  | 0,098 | -0,0041 |
| 35 | 8,5   | 10,711 | 0,097 | -0,0055 |
| 36 | 8,75  | 10,556 | 0,095 | -0,0069 |
| 37 | 9     | 10,364 | 0,094 | -0,0084 |
| 38 | 9,25  | 10,136 | 0,093 | -0,0098 |
| 39 | 9,5   | 9,873  | 0,092 | -0,0112 |
| 40 | 9,75  | 9,576  | 0,09  | -0,0125 |
| 41 | 10    | 9,248  | 0,089 | -0,0137 |
| 42 | 10,25 | 8,891  | 0,088 | -0,0148 |
| 43 | 10,5  | 8,507  | 0,086 | -0,016  |
| 44 | 10,75 | 8,094  | 0,084 | -0,0171 |
| 45 | 11    | 7,654  | 0,083 | -0,0181 |
| 46 | 11,25 | 7,189  | 0,081 | -0,0191 |
| 47 | 11,5  | 6,702  | 0,08  | -0,0199 |
| 48 | 11,75 | 6,197  | 0,078 | -0,0205 |
| 49 | 12    | 5,68   | 0,076 | -0,0209 |
| 50 | 12,25 | 5,155  | 0,074 | -0,0211 |
| 51 | 12,5  | 4,627  | 0,073 | -0,0211 |
| 52 | 12,75 | 4,101  | 0,071 | -0,0209 |
| 53 | 13    | 3,583  | 0,069 | -0,0205 |
| 54 | 13,25 | 3,078  | 0,067 | -0,0198 |
| 55 | 13,5  | 2,595  | 0,065 | -0,0188 |
| 56 | 13,75 | 2,139  | 0,063 | -0,0176 |
| 57 | 14    | 1,718  | 0,061 | -0,0161 |
| 58 | 14,25 | 1,337  | 0,059 | -0,0143 |
| 59 | 14,5  | 1,003  | 0,058 | -0,0124 |
| 60 | 14,75 | 0,717  | 0,056 | -0,0104 |
| 61 | 15    | 0,484  | 0,054 | -0,0083 |
| 62 | 15,25 | 0,301  | 0,052 | -0,0063 |
| 63 | 15,5  | 0,168  | 0,05  | -0,0044 |
| 64 | 15,75 | 0,079  | 0,048 | -0,0028 |
| 65 | 16    | 0,027  | 0,046 | -0,0015 |
| 66 | 16,25 | 0,001  | 0,044 | -0,0006 |
| 67 | 16,5  | -0,007 | 0,042 | -0,0001 |
| 68 | 16,75 | -0,005 | 0,041 | 0,0002  |
| 69 | 17    | 0,002  | 0,039 | 0,0003  |
| 70 | 17,25 | 0,01   | 0,037 | 0,0003  |
| 71 | 17,5  | 0,017  | 0,035 | 0,0002  |
| 72 | 17,75 | 0,022  | 0,033 | 0,0002  |
| 73 | 18    | 0,025  | 0,031 | 0,0001  |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 91 di 190 |

|    |       |       |       |        |
|----|-------|-------|-------|--------|
| 74 | 18,25 | 0,027 | 0,029 | 0,0001 |
| 75 | 18,5  | 0,028 | 0,027 | 0      |
| 76 | 18,75 | 0,028 | 0,025 | 0      |
| 77 | 19    | 0,028 | 0,023 | 0      |
| 78 | 19,25 | 0,027 | 0,021 | 0      |
| 79 | 19,5  | 0,027 | 0,019 | 0      |
| 80 | 19,75 | 0,026 | 0,017 | 0      |
| 81 | 20    | 0,026 | 0,016 | 0      |
| 82 | 20,25 | 0,026 | 0,014 | 0      |
| 83 | 20,5  | 0,026 | 0,012 | 0      |
| 84 | 20,75 | 0,025 | 0,01  | 0      |
| 85 | 21    | 0,025 | 0,008 | 0      |
| 86 | 21,25 | 0,025 | 0,006 | 0      |
| 87 | 21,5  | 0,025 | 0,004 | 0      |
| 88 | 21,75 | 0,025 | 0,002 | 0      |
| 89 | 22    | 0,025 | 0     | 0      |

**VERIFICA AL CARICO LIMITE VERTICALE**
**Parametri geotecnici di progetto**

coesione = 0,00 kN/mq

angolo di resistenza al taglio = 38°

**Resistenza alla punta**

fattore Nq (Berezantzev) = 131,084

fattore Nc = 166,5

tensione litostatica verticale totale alla profondità L,  $s_{VL}=460,00$  kN/mq

pressione neutra alla profondità L,  $u_L=0,00$  kN/mq

tensione litostatica verticale efficace alla profondità L,  $s'_{VL}=460,00$  kN/mq

Resistenza unitaria alla punta,  $p=60.298,45$  kN/mq

Resistenza alla punta,  $P_{max}=4.525,71$  kN

**Resistenza laterale**

Resistenza laterale,  $S_{max}=1.508,11$  kN

**Resistenza alla punta e laterale di progetto**

Resistenza alla punta (valore medio) = 4.525,71 kN

Resistenza alla punta (valore minimo) = 4.525,71 kN

Resistenza laterale (valore medio) = 1.508,11 kN

Resistenza laterale (valore minimo) = 1.508,11 kN

Fattore di correlazione,  $\alpha_3=1,7$

Fattore di correlazione,  $\alpha_4=1,7$

Resistenza alla punta (valore caratteristico) = 2.662,18 kN

Resistenza laterale (valore caratteristico) = 887,12 kN

Resistenza alla punta di progetto,  $P_{max\_d}=2.314,94$  kN

Resistenza laterale di progetto,  $S_{max\_d}=771,41$  kN

**Carico limite per carichi assiali di compressione**

$Q_{lim\_d} = P_{max\_d} + S_{max\_d} = 3.086,35$  kN

**Carico limite di sfilamento per carichi assiali di trazione**

$Q_{lim\_d} = S_{max\_d} = 771,41 \text{ kN}$

### Azione di progetto

$E_d = 525,38 \text{ kN}$

### Verifica al carico limite per carichi assiali di compressione

Verifica soddisfatta: l'azione di progetto non supera la resistenza di progetto

coeff. di sicurezza,  $Q_{lim\_d}/E_d=5,87$

## VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

### Parametri geotecnici di progetto

#### strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

#### strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

#### strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

#### strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

#### strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=32,01 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

#### strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=32,01 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

### Parametri di calcolo

n° di cerchi analizzati = 10

Metodo utilizzato: Bishop

### Cerchio critico

Coordinate centro e raggio:  $X \text{ (m)} = 0$   $Y \text{ (m)} = -0,3$   $R_c \text{ (m)} = 22,4$

*Simbologia adottata*

$W_t$  = peso del concio ( kN)

$W_q$  = forza risultante verticale dovuta al sovraccarico applicato sul concio ( kN)

$\alpha$  = angolo (minore di  $90^{\circ}$ ) che l'orizzontale forma con la base del concio (positivo se antiorario)

$u$  = pressione neutra alla base del concio ( kN/mq)

$DX$  = larghezza lungo X del concio ( m)

$F_{sh}$  = forza sismica orizzontale sul concio ( kN)

$B$  = braccio della forza sismica orizzontale rispetto al centro del cerchio di rottura ( m)

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 93 di 190 |

Fsv = forza sismica verticale sul concio ( kN)

N = risultante delle tensioni normali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

T = risultante delle tensioni tangenziali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

| concio | Wt     | Wq    | alfa (°) | u | DX   | Fsh | B    | Fsv | N      | T      |
|--------|--------|-------|----------|---|------|-----|------|-----|--------|--------|
| 1      | 35,58  | 0     | -51,69   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 54,25  | -2,49  |
| 2      | 99,46  | 0     | -45,19   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 134,88 | -6,18  |
| 3      | 150,81 | 0     | -39,37   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 188    | -8,62  |
| 4      | 192,84 | 0     | -34,01   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 225,64 | -10,35 |
| 5      | 227,37 | 0     | -28,97   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 253,44 | -11,62 |
| 6      | 255,54 | 0     | -24,16   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 274,43 | -12,58 |
| 7      | 278,12 | 0     | -19,54   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 290,39 | -13,32 |
| 8      | 295,65 | 0     | -15,04   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 302,41 | -13,87 |
| 9      | 308,49 | 0     | -10,64   | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 311,2  | -14,27 |
| 10     | 316,87 | 0     | -6,3     | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 317,19 | -14,54 |
| 11     | 320,95 | 0     | -1,99    | 0 | 1,68 | 0   | 34,8 | 0   | 724,37 | -33,22 |
| 12     | 15,6   | 0     | 0,22     | 0 | 0,05 | 0   | 34,8 | 0   | 15,6   | -0,72  |
| 13     | 686,38 | 41,37 | 2,32     | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 729,7  | -33,46 |
| 14     | 682,52 | 41,37 | 6,4      | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 732,2  | -33,57 |
| 15     | 674,97 | 41,37 | 10,52    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 734,85 | -33,7  |
| 16     | 663,63 | 41,37 | 14,7     | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 737,71 | -33,83 |
| 17     | 648,3  | 41,37 | 18,95    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 740,86 | -33,97 |
| 18     | 628,69 | 41,37 | 23,32    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 744,38 | -34,13 |
| 19     | 604,4  | 41,37 | 27,84    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 748,42 | -34,32 |
| 20     | 574,87 | 41,37 | 32,56    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 753,17 | -34,54 |
| 21     | 539,25 | 41,37 | 37,54    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 758,97 | -34,8  |
| 22     | 496,28 | 41,37 | 42,88    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 766,39 | -35,14 |
| 23     | 443,89 | 41,37 | 48,75    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 776,57 | -35,61 |
| 24     | 378,28 | 41,37 | 55,43    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 792,22 | -36,33 |
| 25     | 290,55 | 41,37 | 63,59    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 813,73 | -33,44 |
| 26     | 119,78 | 41,37 | 78,06    | 0 | 1,59 | 0   | 34,8 | 0   | 967,27 | -39,75 |

Lunghezza dell'arco di cerchio di scivolamento, L=55,95 m

Momento resistente, M\_resist=191.861,71 kN\*m

Momento instabilizzante, M\_instab=-14.075,40 kN\*m

Verifica soddisfatta

## **VERIFICHE STRUTTURALI PARATIA**

### **Verifiche di resistenza a presso-flessione e taglio**

 sid\_m: tensione ideale massima nella sezione di acciaio ( N/mm<sup>2</sup>)

Mcy\_Rd: resistenza di progetto della sezione soggetta a presso-flessione retta (asse vettore y)

Resistenza plastica della sezione lorda A, Npl\_Rd=2.743,03 kN

 Area resistente al taglio della sezione lungo z, Avz=51,65 cm<sup>2</sup>

Resistenza di progetto a taglio lungo z, Vcz\_Rd=1.008,21 kN

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y, Mely\_Rd=134,08 kN\*m

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y, Mply\_Rd=180,61 kN\*m

 tensione di snervamento di progetto, fyd=338 N/mm<sup>2</sup>

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 94 di 190 |

| x ( m ) | Nx      | Tz     | My    | sid_m | Mcy_Rd | Verif? |
|---------|---------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 0       | 0       | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,25    | -0,32   | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,5     | -0,63   | -0,51  | 0     |       |        |        |
| 0,75    | -0,94   | -1,75  | -0,13 |       |        |        |
| 1       | -1,26   | -3,21  | -0,57 | 1,6   |        | Si     |
| 1,25    | -1,58   | -4,9   | -1,37 | 3,7   |        | Si     |
| 1,5     | -1,89   | -6,81  | -2,6  | 6,8   |        | Si     |
| 1,75    | -2,21   | -8,93  | -4,29 | 11,1  |        | Si     |
| 2       | -2,53   | -8,93  | -6,53 | 16,8  |        | Si     |
| 2       | -40,06  | 27,58  | -6,53 | 21,4  |        | Si     |
| 2,25    | -40,37  | 25,02  | 0,37  | 11,2  |        | Si     |
| 2,5     | -40,69  | 22,22  | 6,62  | 21,7  |        | Si     |
| 2,75    | -41     | 19,21  | 12,18 | 35,8  |        | Si     |
| 3       | -41,32  | 15,98  | 16,98 | 47,9  |        | Si     |
| 3,25    | -41,63  | 12,52  | 20,97 | 58    |        | Si     |
| 3,5     | -41,95  | 8,85   | 24,1  | 65,9  |        | Si     |
| 3,75    | -42,27  | 4,95   | 26,32 | 71,6  |        | Si     |
| 4       | -42,58  | 0,83   | 27,55 | 74,7  |        | Si     |
| 4,25    | -42,89  | -3,51  | 27,76 | 75,3  |        | Si     |
| 4,5     | -43,21  | -8,07  | 26,88 | 73,1  |        | Si     |
| 4,75    | -43,53  | -12,84 | 24,87 | 68,1  |        | Si     |
| 5       | -43,84  | -12,84 | 21,66 | 60    |        | Si     |
| 5       | -98,91  | 39,18  | 21,66 | 66,8  |        | Si     |
| 5,25    | -99,23  | 33,96  | 31,45 | 91,5  |        | Si     |
| 5,5     | -99,55  | 28,51  | 39,94 | 113   |        | Si     |
| 5,75    | -99,86  | 22,85  | 47,07 | 131   |        | Si     |
| 6       | -100,18 | 16,96  | 52,78 | 145,4 |        | Si     |
| 6,25    | -100,49 | 10,85  | 57,02 | 156,2 |        | Si     |
| 6,5     | -100,81 | 4,52   | 59,73 | 163   |        | Si     |
| 6,75    | -101,13 | -2,03  | 60,86 | 165,9 |        | Si     |
| 7       | -101,44 | -8,8   | 60,36 | 164,7 |        | Si     |
| 7,25    | -101,76 | -15,8  | 58,16 | 159,2 |        | Si     |
| 7,5     | -102,07 | -15,8  | 54,21 | 149,3 |        | Si     |
| 7,5     | -163,03 | 40,12  | 54,21 | 156,8 |        | Si     |
| 7,75    | -163,35 | 32,68  | 64,24 | 182,1 |        | Si     |
| 8       | -163,67 | 25,02  | 72,41 | 202,7 |        | Si     |
| 8,25    | -163,98 | 17,14  | 78,66 | 218,6 |        | Si     |
| 8,5     | -164,3  | 9,05   | 82,95 | 229,4 |        | Si     |
| 8,75    | -164,61 | 0,72   | 85,21 | 235,2 |        | Si     |
| 9       | -164,93 | -7,82  | 85,39 | 235,6 |        | Si     |
| 9,25    | -165,24 | -16,58 | 83,44 | 230,8 |        | Si     |
| 9,5     | -165,56 | -25,56 | 79,29 | 220,3 |        | Si     |
| 9,75    | -165,88 | -34,77 | 72,9  | 204,3 |        | Si     |
| 10      | -166,19 | -34,77 | 64,21 | 182,4 |        | Si     |
| 10      | -217,42 | 8,86   | 64,21 | 188,7 |        | Si     |
| 10,25   | -217,74 | -0,79  | 66,42 | 194,3 |        | Si     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|-----------|------|-----------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 95 di 190 |

|       |         |        |         |       |    |
|-------|---------|--------|---------|-------|----|
| 10,5  | -218,05 | -10,66 | 66,22   | 193,9 | Si |
| 10,75 | -218,37 | -19,52 | 63,56   | 187,2 | Si |
| 11    | -218,69 | -28,57 | 58,68   | 174,9 | Si |
| 11,25 | -219    | -37,82 | 51,53   | 156,9 | Si |
| 11,5  | -219,31 | -47,26 | 42,08   | 133,1 | Si |
| 11,75 | -219,63 | -56,89 | 30,27   | 103,4 | Si |
| 12    | -219,95 | -56,89 | 16,04   | 67,6  | Si |
| 12    | -251,3  | -34,26 | 16,04   | 71,4  | Si |
| 12,25 | -251,61 | -44,28 | 7,48    | 49,9  | Si |
| 12,5  | -251,93 | -54,5  | -3,59   | 40,1  | Si |
| 12,75 | -252,24 | -61,48 | -17,22  | 74,5  | Si |
| 13    | -252,56 | -65,22 | -32,58  | 113,3 | Si |
| 13,25 | -252,88 | -65,73 | -48,89  | 154,4 | Si |
| 13,5  | -253,19 | -62,99 | -65,32  | 195,9 | Si |
| 13,75 | -253,51 | -57,02 | -81,07  | 235,7 | Si |
| 14    | -253,82 | -47,82 | -95,32  | 271,6 | Si |
| 14,25 | -254,14 | -35,37 | -107,28 | 301,8 | Si |
| 14,5  | -254,45 | -19,69 | -116,12 | 324,2 | Si |
| 14,75 | -254,77 | -0,77  | -121,04 | 336,6 | Si |
| 15    | -255,09 | 21,38  | -121,23 | 337,1 | Si |
| 15,25 | -255,4  | 46,78  | -115,89 | 323,7 | Si |
| 15,5  | -255,71 | 75,41  | -104,19 | 294,2 | Si |
| 15,75 | -256,03 | 89,45  | -85,34  | 246,7 | Si |
| 16    | -256,35 | 88,29  | -62,98  | 190,4 | Si |
| 16,25 | -256,66 | 72,31  | -40,91  | 134,8 | Si |
| 16,5  | -256,98 | 51,85  | -22,83  | 89,2  | Si |
| 16,75 | -257,29 | 32,55  | -9,87   | 56,6  | Si |
| 17    | -257,61 | 17,28  | -1,73   | 36,1  | Si |
| 17,25 | -257,92 | 6,67   | 2,59    | 38,3  | Si |
| 17,5  | -258,24 | 0,26   | 4,26    | 42,6  | Si |
| 17,75 | -258,56 | -2,95  | 4,32    | 42,8  | Si |
| 18    | -258,87 | -4,01  | 3,58    | 40,9  | Si |
| 18,25 | -259,18 | -3,82  | 2,58    | 38,5  | Si |
| 18,5  | -259,5  | -3,04  | 1,63    | 36,1  | Si |
| 18,75 | -259,82 | -2,11  | 0,86    | 34,2  | Si |
| 19    | -260,13 | -1,28  | 0,34    | 32,9  | Si |
| 19,25 | -260,45 | -0,64  | 0,02    | 32,1  | Si |
| 19,5  | -260,76 | -0,21  | -0,15   | 32,5  | Si |
| 19,75 | -261,08 | 0,04   | -0,2    | 32,7  | Si |
| 20    | -261,4  | 0,15   | -0,19   | 32,7  | Si |
| 20,25 | -261,71 | 0,18   | -0,15   | 32,6  | Si |
| 20,5  | -262,03 | 0,16   | -0,11   | 32,6  | Si |
| 20,75 | -262,34 | 0,12   | -0,07   | 32,5  | Si |
| 21    | -262,66 | 0,08   | -0,04   | 32,5  | Si |
| 21,25 | -262,97 | 0,05   | -0,02   | 32,5  | Si |
| 21,5  | -263,29 | 0,02   | -0,01   | 32,5  | Si |
| 21,75 | -263,61 | 0,01   | 0       | 32,5  | Si |

## VERIFICHE S.L.U. DI TIPO GEOTECNICO E STRUTTURALE SUI TIRANTI

### ANCORAGGIO DI ORDINE 1

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=268,89$  kN

#### **1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 2,29

#### **2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=644,81$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 2,51

#### **3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,37$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 6,41

### ANCORAGGIO DI ORDINE 2

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=394,57$  kN

#### **1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,56

#### **2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=946,21$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 1,71

#### **3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,55$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 4,37

### ANCORAGGIO DI ORDINE 3

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=436,75$  kN

#### **1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,41

#### **2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=1.047,37$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 1,54

#### **3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,60$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 3,95

### ANCORAGGIO DI ORDINE 4

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=367,05$  kN

#### **1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta



coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,68

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=880,21 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 1,84

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,51 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 4,7

ANCORAGGIO DI ORDINE 5

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $\text{Fad}=224,60 \text{ kN}$

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 2,74

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=538,61 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 3

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,31 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 7,67

## CALCOLO ARMATURE TRAVE DI CORONAMENTO

### Sollecitazioni di progetto

Momento flettente massimo,  $\text{My}=1,60 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Taglio massimo,  $\text{Tz}=3,20 \text{ kN}$

### Armatura longitudinale a flessione

armatura lembo verticale lato monte = 4 fi 14 (6,16 cmq)

armatura lembo verticale lato valle = 4 fi 14 (6,16 cmq)

armatura lembo orizzontale superiore = 1 fi 14 (1,54 cmq)

armatura lembo orizzontale inferiore = 1 fi 14 (1,54 cmq)

l'armatura rispetta i limiti fissati dalla normativa:

- armatura minima in zona tesa = 5,48 cmq

- armatura massima = 160 cmq

### Verifiche di resistenza a flessione

momento ultimo della sezione (lembo superiore maggiormente compresso)=103,3 kN\*m

momento ultimo della sezione (lembo inferiore maggiormente compresso)=-103,3 kN\*m

Verifica soddisfatta

### Armatura trasversale a taglio

passo max delle staffe prescritto dalla normativa (armatura trasv. minima regolam.re),  $\text{tc}=13,1 \text{ cm}$

Resistenza al taglio dovuta al solo cls,  $\text{Tcls}=160,52 \text{ kN}$

passo staffe nella trave = 13,1 cm

Resistenza di progetto a "taglio compressione" nel tratto  $\text{Li}=L/2$ ,  $\text{Vrcd}=3.527,78 \text{ kN}$

Resistenza di progetto a "taglio trazione" dell'armatura trasversale nel tratto Li,  $V_{rsd}=150,01$  kN

Resistenza di progetto a taglio nel tratto Li,  $V_{rd}=150,01$  kN

## **VERIFICA CORDOLI IN ACCIAIO IN CORRISPONDENZA DEI TIRANTI**

### **ORDINE DI TIRANTE N° 1**

#### **Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=46,50$  kN\*m

Taglio massimo,  $T_z=74,39$  kN

#### **Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=2.623,62$  kN

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=13,24$  cm<sup>2</sup>

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=516,89$  kN

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=148,76$  kN\*m

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=165,73$  kN\*m

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=148,8$  kN\*m

Verifica soddisfatta

### **ORDINE DI TIRANTE N° 2**

#### **Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=68,23$  kN\*m

Taglio massimo,  $T_z=109,17$  kN

#### **Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=3.063,14$  kN

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=14,52$  cm<sup>2</sup>

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=566,86$  kN

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=198,80$  kN\*m

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=219,69$  kN\*m

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=198,8$  kN\*m

Verifica soddisfatta

### **ORDINE DI TIRANTE N° 3**

#### **Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=75,52$  kN\*m

Taglio massimo,  $T_z=120,84$  kN

#### **Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=3.063,14$  kN

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=14,52$  cm<sup>2</sup>

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=566,86$  kN

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=198,80$  kN\*m

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=219,69$  kN\*m

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=198,8$  kN\*m

Verifica soddisfatta

### **ORDINE DI TIRANTE N° 4**

**Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=63,47 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Taglio massimo,  $T_z=101,55 \text{ kN}$

**Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338 \text{ N/mm}^2$

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=3.063,14 \text{ kN}$

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=14,52 \text{ cm}^2$

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=566,86 \text{ kN}$

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=198,80 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=219,69 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=198,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Verifica soddisfatta

**ORDINE DI TIRANTE N° 5**

**Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=38,84 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Taglio massimo,  $T_z=62,14 \text{ kN}$

**Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338 \text{ N/mm}^2$

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=3.063,14 \text{ kN}$

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=14,52 \text{ cm}^2$

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=566,86 \text{ kN}$

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=198,80 \text{ kN}\cdot\text{m}$

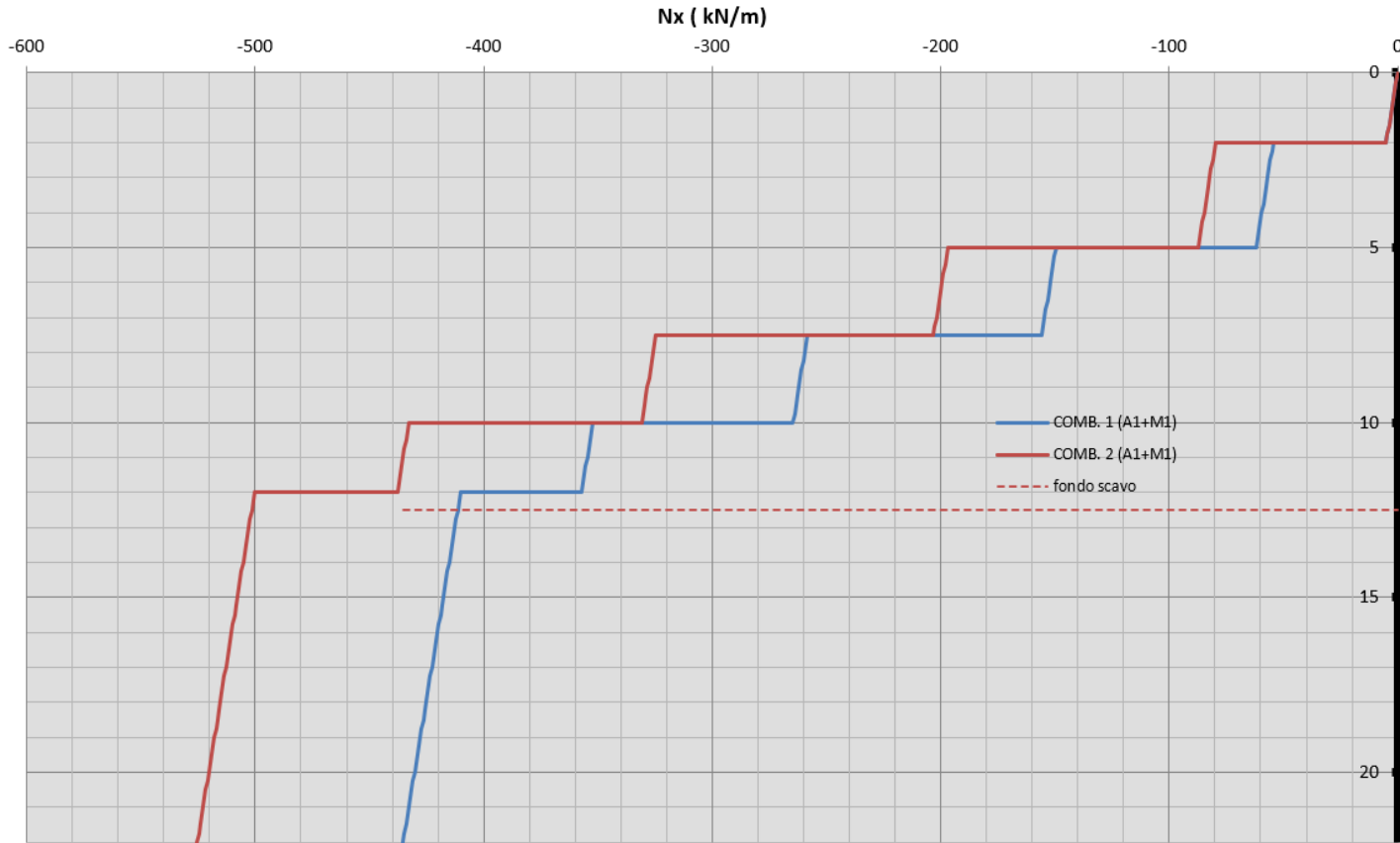
Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=219,69 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=198,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$

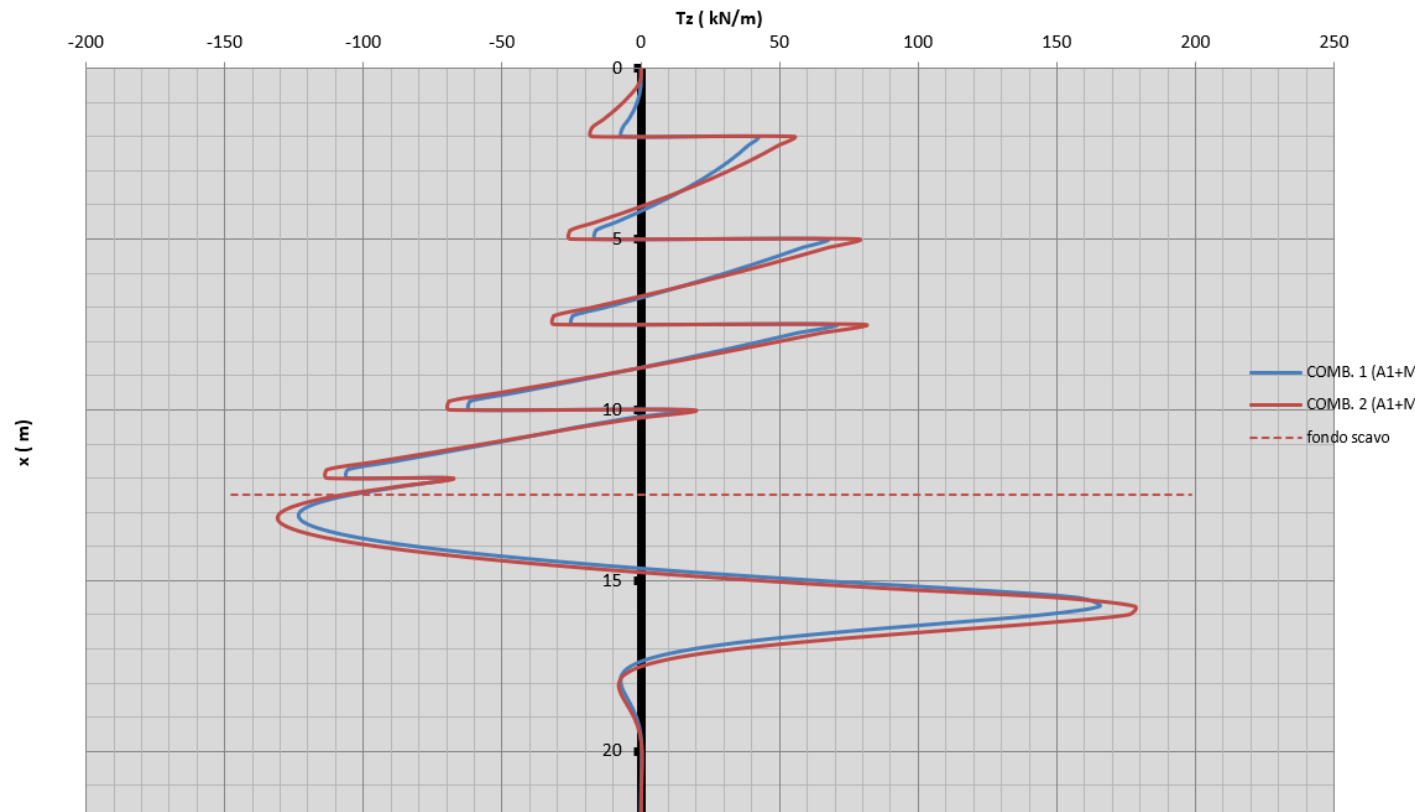
Verifica soddisfatta

**6.2.8.1 Diagrammi**

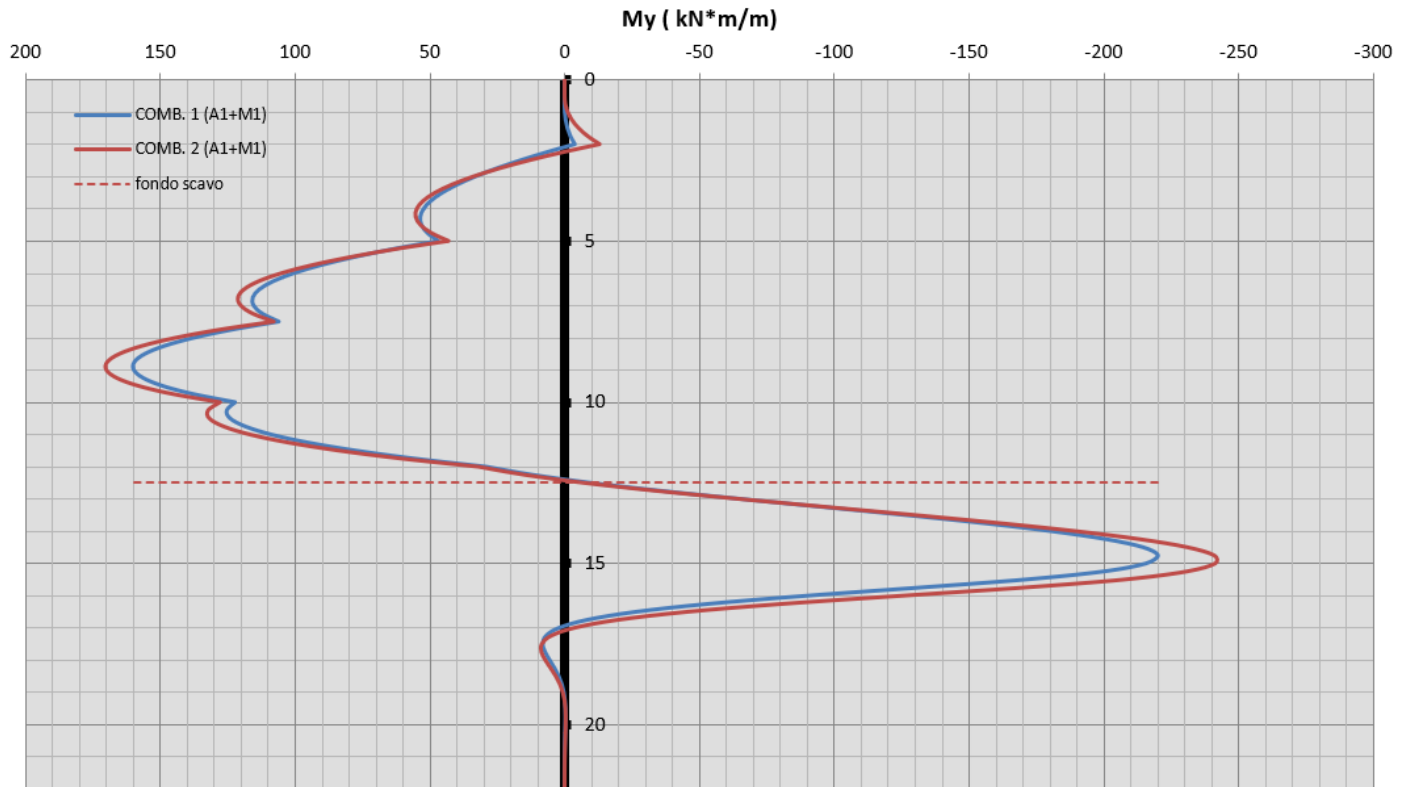
**DIAGRAMMA DELLO SFORZO NORMALE  $N_x(x)$  LUNGO LA PARATIA**



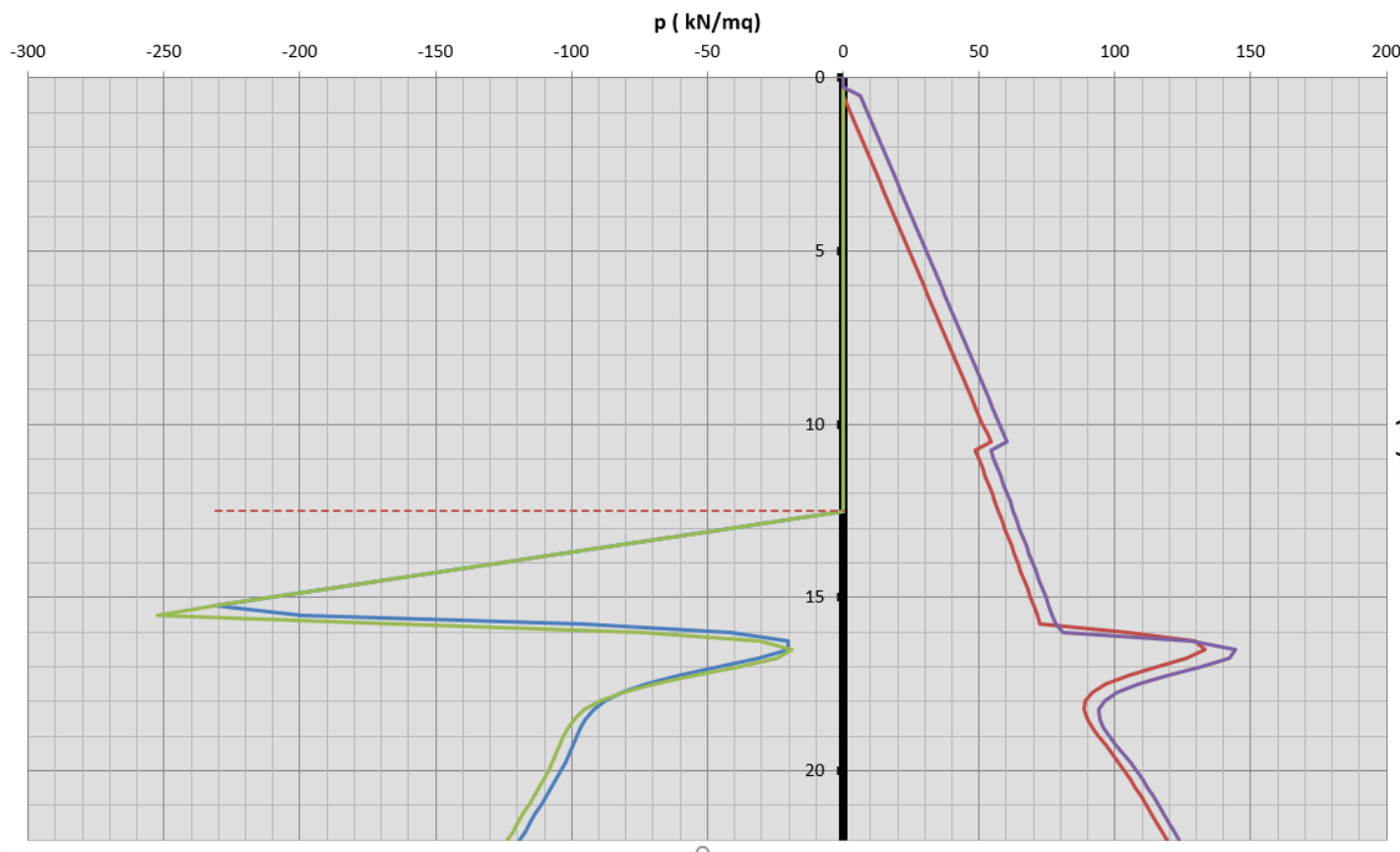
**DIAGRAMMA DEL TAGLIO  $T_z(x)$  LUNGO LA PARATIA**



### DIAGRAMMA DEL MOMENTO FLETTENTE $M_y(x)$ LUNGO LA PARATIA

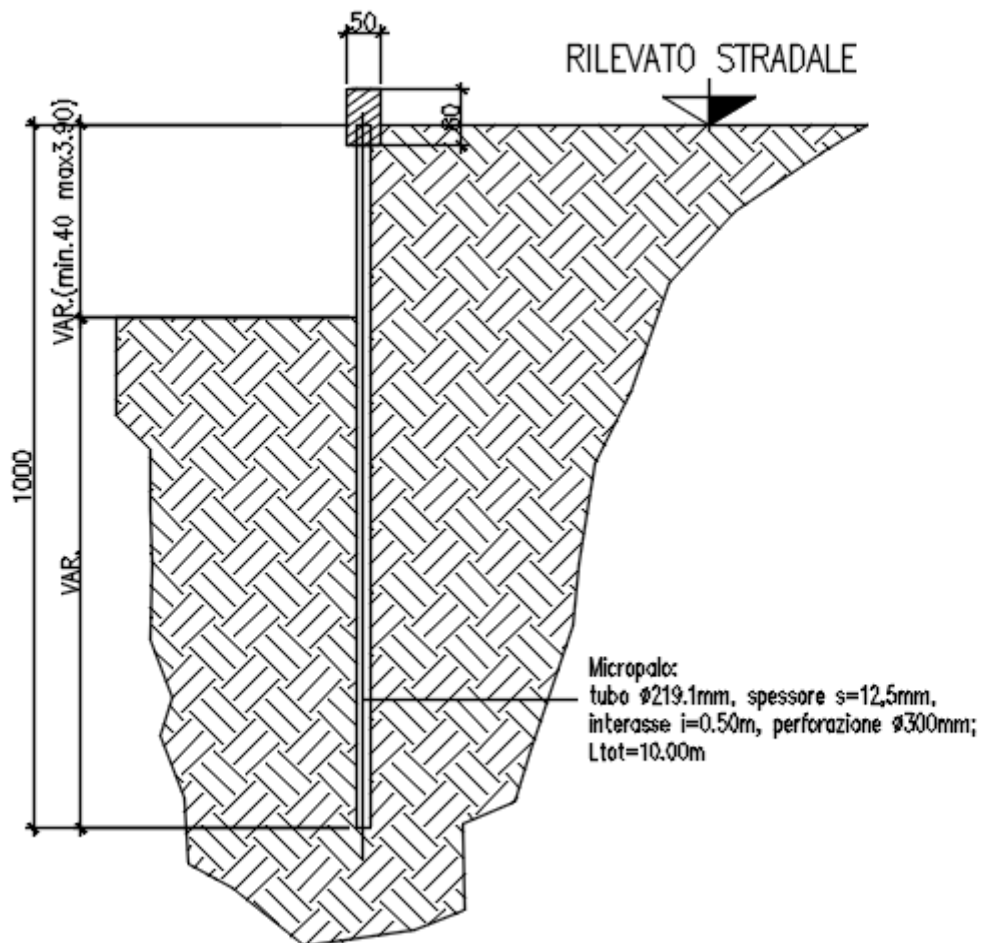


### DIAGRAMMA PRESSIONI DI CONTATTO PARETE-TERRENO



### 6.3 BERLINESE TIPO 3

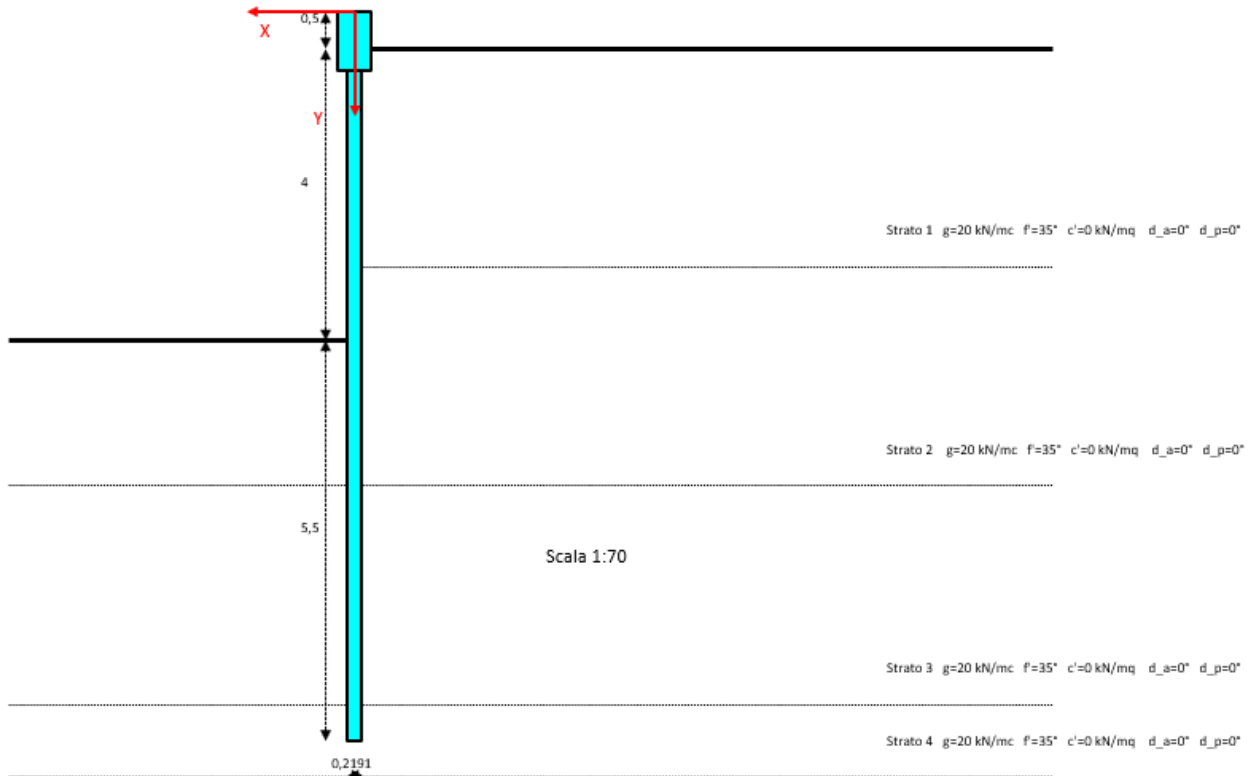
Si riportano i dati ed i relativi disegni della berlinese in oggetto:



Sezione berlinese 3

### 6.3.1 CARATTERISTICHE GENERALI

#### Berlinese tipo 3



### 6.3.2 DESCRIZIONE TERRENI

Nella modellazione agli elementi finiti dei vari tratti di paratia, anche se si è in presenza di una sola tipologia di terreno, si considerano diversi strati aventi le medesime caratteristiche geologico-geotecniche per meglio discretizzare l'entità del coefficiente di Winkler (assunto crescente con la profondità, come meglio spiegato in seguito).

#### Simbologia adottata:

|             |  |
|-------------|--|
| $n^\circ$   | numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia |
| Descrizione | Descrizione del terreno  |
| $\gamma$    | peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]                     |
| $\gamma_s$  | peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]                 |
| $\phi$      | angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]               |
| $\delta$    | angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]                   |
| c           | coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]             |

Berlinese tipo 1

| n° | Descrizione | $\gamma$ | $\gamma_s$ | $\phi$ | $\delta$ | c     |
|----|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|
| 1  | Rilevato 1  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 2  | Rilevato 2  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 3  | Rilevato 3  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 4  | In Situ     | 1900.00  | 2000.00    | 38.00  | 0.00     | 0.000 |
| 5  | Rilevato 4  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |

**6.3.3 DESCRIZIONE STRATIGRAFIA**

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)

Per la costante di Winkler si assume un andamento con la profondità definito dalla seguente espressione

$$K(z) = 0.50 + 0.50 z^{0.50}$$

dove  $K$  è la costante di Winkler espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm e  $z$  è la profondità rispetto alla testa della paratia espressa in metri.

Berlinese tipo 1

Altezza fuori terra della paratia 10.20 [m]

Profondità di infissione 8.00 [m]

Altezza totale della paratia 18.00 [m]

| n° | sp   | $\alpha$ | kw   | Terreno    |
|----|------|----------|------|------------|
| 1  | 3.00 | 0.00     | 1.11 | Rilevato1  |
| 2  | 3.00 | 0.00     | 1.56 | Rilevato2  |
| 3  | 3.00 | 0.00     | 1.87 | Rilevato3  |
| 4  | 1.00 | 0.00     | 2.04 | Rilevato 4 |
| 5  | 3.00 | 0.00     | 2.20 | In Situ    |
| 6  | 3.00 | 0.00     | 2.40 | In Situ    |
| 7  | 2.00 | 0.00     | 2.56 | In Situ    |

**6.3.4 CONDIZIONI DI CARICO**

*Simbologia e convenzioni adottate*

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia



$X_i$  ascissa del punto iniziale di applicazione del carico

$X_f$  ascissa del punto finale di applicazione del carico

$Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]

Per tutte le tipologie di berlinesi (1.1,1.2,1.3,1.4) si considera le seguente condizioni di carico:

#### Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo  $X_i = 0.00$        $X_f = 30.00$        $Q_i = 500$        $Q_f = 500$

### 6.3.5 IMPOSTAZIONI DI PROGETTO

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

| Carichi    | Effetto     |                  | A1   | A2   |
|------------|-------------|------------------|------|------|
| Permanenti | Favorevole  | $\gamma_{Gfav}$  | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti | Sfavorevole | $\gamma_{Gsfav}$ | 1.30 | 1.00 |
| Variabili  | Favorevole  | $\gamma_{Qfav}$  | 0.00 | 0.00 |
| Variabili  | Sfavorevole | $\gamma_{Qsfav}$ | 1.50 | 1.30 |

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri                            |                      | M1   | M2   |
|--------------------------------------|----------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{\tan\phi'}$ | 1.00 | 1.25 |
| Coesione efficace                    | $\gamma_{c'}$        | 1.00 | 1.25 |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$        | 1.00 | 1.40 |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$        | 1.00 | 1.60 |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_\gamma$      | 1.00 | 1.00 |

### 6.3.6 IMPOSTAZIONI DI ANALISI

#### 6.3.6.1 Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite o per spostamento limite molle pari a 1.50cm

##### Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per condizioni di esercizio

Analisi per coefficienti tipo A1-M1

Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

### 6.3.7 VERIFICHE BERLINESE TIPO 3

In seguito vengono riportati i tabulate di verifica estrapolati dal programma di calcolo:

## VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

### COMB. 1 (SLU-F)

#### VERIFICA ALLA ROTAZIONE INTORNO A UN PUNTO DELL'OPERA (atto di moto rigido)

##### Sovraccarichi di progetto sui terrapieni

Terreno di monte,  $q_{1d}=0,00$  kN/mq

Terreno di valle,  $q_{2d}=0,00$  kN/mq

##### Parametri geotecnici di progetto

###### strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

###### strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

###### strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

###### strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

###### strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=32,01$  (°)

coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=32,01$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

**Coefficienti di spinta**

strato 1

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,343442$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,511286$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=2,911702$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,343442$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,511286$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=2,911702$

strato 2

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,343442$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,511286$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=2,911702$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,343442$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,511286$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=2,911702$

strato 3

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,343442$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,511286$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=2,911702$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,343442$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,511286$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=2,911702$

strato 4

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,343442$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,511286$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=2,911702$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,343442$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,511286$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=2,911702$

strato 5

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,307176$

coeff. di spinta a riposo,  $K_0=0,469984$ 

 coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,255467$ 

lato valle:

 coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,307176$ 

 coeff. di spinta a riposo,  $K_0=0,469984$ 

 coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,255467$ 
strato 6

lato monte:

 coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,307176$ 

 coeff. di spinta a riposo,  $K_0=0,469984$ 

 coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,255467$ 

lato valle:

 coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,307176$ 

 coeff. di spinta a riposo,  $K_0=0,469984$ 

 coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,255467$ 
**Profondità punto di rotazione e profondità di infissione o coefficiente di sicurezza**

 Profondità punto di rotazione,  $D_r=4,906$  m

 Coefficiente di sicurezza,  $E_t=1,524$ 

n° iterazioni effettuate (metodo bisezione) = 21

errore equazione di equilibrio alla rotazione = 0,11 kN\*m

**Punti caratteristici e tensioni a monte della paratia**

tensioni in kN/mq

| tipo punto | z (m) | strato | sv     | u    | sa/sp/s_sup | s_inf  |
|------------|-------|--------|--------|------|-------------|--------|
| 1          | 0,00  | 1      | 0,00   | 0,00 | 0,00        |        |
| ss         | 3,00  | 1      | 60,00  | 0,00 | 20,61       | 20,61  |
| ss         | 6,00  | 2      | 120,00 | 0,00 | 41,21       | 41,21  |
| 2          | 8,91  | 3      | 178,13 | 0,00 | 61,18       | 340,44 |
| ss         | 9,00  | 3      | 180,00 | 0,00 | 344,01      | 344,01 |
| 3          | 9,50  | 4      | 190,00 | 0,00 | 363,13      |        |

**Punti caratteristici e tensioni a valle della paratia**

tensioni in kN/mq

| tipo punto | z (m) | strato | sv     | u    | sa/sp/s_sup | s_inf |
|------------|-------|--------|--------|------|-------------|-------|
| 11         | 4,00  | 2      | 0,00   | 0,00 | 0,00        |       |
| ss         | 6,00  | 2      | 40,00  | 0,00 | 76,45       | 76,45 |
| 12         | 8,91  | 3      | 98,13  | 0,00 | 187,54      | 33,70 |
| ss         | 9,00  | 3      | 100,00 | 0,00 | 34,34       | 34,34 |
| 13         | 9,50  | 4      | 110,00 | 0,00 | 37,78       |       |

**Spinte di monte e di valle (orizzontali) agenti sulla paratia**

 Spinta di monte,  $S_m=481,25$  kN/m

 Spinta di valle,  $S_v=481,29$  kN/m

braccio della spinta di monte rispetto all'estremo inferiore paratia,  $dm=2,144$  m

braccio della spinta di valle rispetto all'estremo inferiore paratia,  $dv=2,144$  m

### Esito verifica alla rotazione

Verifica soddisfatta (essendo  $Eta \geq gRot$ )

## SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA PARATIA (calcolo FEM)

### Sovraccarichi di progetto sui terrapieni

Terreno di monte,  $q1d=0,00$  kN/mq

Terreno di valle,  $q2d=0,00$  kN/mq

### Parametri geotecnici di progetto

#### strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

#### strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

#### strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

#### strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

#### strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=38$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

#### strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=38$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

### Coefficienti di spinta

#### strato 1

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

#### strato 2

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

#### strato 3

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

#### strato 4

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

#### strato 5

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,237883$

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 111 di 190 |

 coeff. di spinta a riposo,  $K_0=0,384339$ 

 coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$ 
strato 6

lato monte:

 coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$ 

 coeff. di spinta a riposo,  $K_0=0,384339$ 

 coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$ 

lato valle:

 coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$ 

 coeff. di spinta a riposo,  $K_0=0,384339$ 

 coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$ 
**Numero di iterazioni nel calcolo non lineare e sollecitazioni**

Numero di iterazione effettuate = 5

errore iterazione 0 = 0,001726

errore iterazione 1 = 0,113679

errore iterazione 2 = 0,07007

errore iterazione 3 = 0,036692

errore iterazione 4 = 0,007848

errore iterazione 5 = 0,00008

| sez./nodo | x ( m ) | Nx ( kN/m ) | Tz ( kN/m ) | My ( kN*m/m ) |
|-----------|---------|-------------|-------------|---------------|
| 1         | 0       | 0           | 0           | 0             |
| 2         | 0,25    | -0,63       | 0           | 0             |
| 3         | 0,5     | -1,26       | 0           | 0             |
| 4         | 0,75    | -1,88       | -0,44       | 0             |
| 5         | 1       | -2,51       | -1,32       | -0,11         |
| 6         | 1,25    | -3,14       | -2,64       | -0,44         |
| 7         | 1,5     | -3,77       | -4,4        | -1,1          |
| 8         | 1,75    | -4,4        | -6,61       | -2,2          |
| 9         | 2       | -5,03       | -9,25       | -3,85         |
| 10        | 2,25    | -5,65       | -12,33      | -6,17         |
| 11        | 2,5     | -6,28       | -15,85      | -9,25         |
| 12        | 2,75    | -6,91       | -19,82      | -13,21        |
| 13        | 3       | -7,54       | -24,22      | -18,16        |
| 14        | 3,25    | -8,17       | -29,06      | -24,22        |
| 15        | 3,5     | -8,79       | -34,35      | -31,49        |
| 16        | 3,75    | -9,42       | -40,07      | -40,07        |
| 17        | 4       | -10,05      | -46,24      | -50,09        |
| 18        | 4,25    | -10,68      | -52,84      | -61,65        |
| 19        | 4,5     | -11,31      | -59,89      | -74,86        |
| 20        | 4,75    | -11,94      | -61,38      | -89,83        |
| 21        | 5       | -12,56      | -57,31      | -105,18       |
| 22        | 5,25    | -13,19      | -47,69      | -119,51       |
| 23        | 5,5     | -13,82      | -32,51      | -131,43       |
| 24        | 5,75    | -14,45      | -11,77      | -139,56       |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 112 di 190 |

|    |      |        |       |         |
|----|------|--------|-------|---------|
| 25 | 6    | -15,08 | 14,52 | -142,5  |
| 26 | 6,25 | -15,7  | 46,36 | -138,87 |
| 27 | 6,5  | -16,33 | 76,83 | -127,28 |
| 28 | 6,75 | -16,96 | 90,73 | -108,07 |
| 29 | 7    | -17,59 | 93,61 | -85,39  |
| 30 | 7,25 | -18,22 | 83,91 | -61,99  |
| 31 | 7,5  | -18,85 | 67,68 | -41,01  |
| 32 | 7,75 | -19,47 | 49,87 | -24,09  |
| 33 | 8    | -20,1  | 33,12 | -11,62  |
| 34 | 8,25 | -20,73 | 19,13 | -3,34   |
| 35 | 8,5  | -21,36 | 8,47  | 1,44    |
| 36 | 8,75 | -21,99 | 1,11  | 3,56    |
| 37 | 9    | -22,61 | -3,28 | 3,83    |
| 38 | 9,25 | -23,24 | -5,11 | 3,01    |
| 39 | 9,5  | -23,87 | -4,7  | 1,74    |
| 40 | 9,75 | -24,5  | -2,24 | 0,56    |
| 41 | 10   | -25,13 | -2,24 | 0       |

**REAZIONI VINCOLARI E PRESSIONI DI CONTATTO TERRENO-PARATIA (calcolo FEM)**

RvX = componente della reazione vincolare lungo X ( kN/m)

RvY = componente della reazione vincolare lungo Y ( kN/m)

RvZ = componente momento della reazione vincolare ( kN\*m/m)

pXv = pressione orizzontale del terreno (molle di valle) ( kN/mq)

pXm = pressione orizzontale del terreno (molle di monte) ( kN/mq)

| sez./nodo | x ( m) | RvX   | RvY | RvZ | pXv    | pXm   |
|-----------|--------|-------|-----|-----|--------|-------|
| 3         | 0,5    | 0     | 0   | 0   | 0      | 0     |
| 4         | 0,75   | 0,34  | 0   | 0   | 0      | 1,35  |
| 5         | 1      | 0,68  | 0   | 0   | 0      | 2,71  |
| 6         | 1,25   | 1,02  | 0   | 0   | 0      | 4,06  |
| 7         | 1,5    | 1,36  | 0   | 0   | 0      | 5,42  |
| 8         | 1,75   | 1,69  | 0   | 0   | 0      | 6,77  |
| 9         | 2      | 2,03  | 0   | 0   | 0      | 8,13  |
| 10        | 2,25   | 2,37  | 0   | 0   | 0      | 9,48  |
| 11        | 2,5    | 2,71  | 0   | 0   | 0      | 10,84 |
| 12        | 2,75   | 3,05  | 0   | 0   | 0      | 12,19 |
| 13        | 3      | 3,39  | 0   | 0   | 0      | 13,55 |
| 14        | 3,25   | 3,73  | 0   | 0   | 0      | 14,9  |
| 15        | 3,5    | 4,06  | 0   | 0   | 0      | 16,26 |
| 16        | 3,75   | 4,4   | 0   | 0   | 0      | 17,61 |
| 17        | 4      | 4,74  | 0   | 0   | 0      | 18,97 |
| 18        | 4,25   | 5,08  | 0   | 0   | 0      | 20,32 |
| 19        | 4,5    | 5,42  | 0   | 0   | 0      | 21,68 |
| 20        | 4,75   | 1,15  | 0   | 0   | -18,45 | 23,03 |
| 21        | 5      | -3,13 | 0   | 0   | -36,9  | 24,39 |
| 22        | 5,25   | -7,4  | 0   | 0   | -55,35 | 25,74 |



**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 113 di 190 |

|    |      |        |        |   |         |       |
|----|------|--------|--------|---|---------|-------|
| 23 | 5,5  | -11,68 | 0      | 0 | -73,8   | 27,1  |
| 24 | 5,75 | -15,95 | 0      | 0 | -92,25  | 28,45 |
| 25 | 6    | -20,22 | 0      | 0 | -110,71 | 29,81 |
| 26 | 6,25 | -24,5  | 0      | 0 | -129,16 | 31,16 |
| 27 | 6,5  | -23,43 | 0      | 0 | -126,25 | 32,52 |
| 28 | 6,75 | -10,7  | 0      | 0 | -76,65  | 33,87 |
| 29 | 7    | -2,22  | 0      | 0 | -44,1   | 35,23 |
| 30 | 7,25 | 7,47   | 0      | 0 | -25,58  | 55,44 |
| 31 | 7,5  | 12,48  | 0      | 0 | -17,68  | 67,61 |
| 32 | 7,75 | 13,7   | 0      | 0 | -17,61  | 72,42 |
| 33 | 8    | 12,89  | 0      | 0 | -21,13  | 72,68 |
| 34 | 8,25 | 10,76  | 0      | 0 | -27,52  | 70,56 |
| 35 | 8,5  | 8,2    | 0      | 0 | -34,78  | 67,56 |
| 36 | 8,75 | 5,66   | 0      | 0 | -41,98  | 64,63 |
| 37 | 9    | 3,38   | 0      | 0 | -48,67  | 62,2  |
| 38 | 9,25 | 1,41   | 0      | 0 | -54,75  | 60,38 |
| 39 | 9,5  | -0,31  | 0      | 0 | -60,33  | 59,07 |
| 40 | 9,75 | -1,9   | 0      | 0 | -65,63  | 58,04 |
| 41 | 10   | -1,72  | -19,33 | 0 | -70,85  | 57,08 |

**PERCENTUALI DI SPINTA PASSIVA MOBILITATA**

Spinta passiva mobilitata a monte = 13%

Spinta passiva mobilitata a valle = 54,1%

**VERIFICA CONDIZIONI DI EQUILIBRIO (calcolo FEM)**
**Equilibrio alla traslazione orizzontale**

somma delle forze esterne orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sme=0,00$  kN/m

spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sve=0,00$  kN/m

somma delle reazioni vincolari lungo X,  $SommRvX=0,00$  kN/m

equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale:  $SF_x+Sme+Sve+SommRvX=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla traslazione verticale**

peso proprio della paratia,  $Wp=19,33$  kN/m

somma delle forze verticali applicate alla paratia,  $SF_y=0,00$  kN/m

somma delle reazioni vincolari lungo Y,  $SommRvY=-19,33$  kN/m

equazione di equilibrio alla traslazione verticale:  $Wp+SF_y+SommRvY=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla rotazione (attorno al primo nodo)**

momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MSme=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MSve=0,00$  kN\*m/m

momento delle reazioni vincolari lungo X,  $MRvX=0,00$  kN\*m/m

equazione di equilibrio alla rotazione:  $MF_x+MSme+MSve+MRvX=0,00$  kN\*m/m

**Spinte orizzontali**

spinta delle terre di monte,  $Sm=303,68$  kN/m

spinta delle terre di valle,  $Sv=-303,68$  kN/m

somma componenti orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $ST_x=0,00$  kN/m

somma forze orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $S_{me}=0,00$  kN/m

spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $S_{ve}=0,00$  kN/m

#### **Momenti delle spinte orizzontali rispetto al primo nodo**

momento della spinta delle terre di monte,  $MS_m=2.160,65$  kN\*m/m

momento della spinta delle terre di valle,  $MS_v=-2.160,65$  kN\*m/m

momento delle compon. orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $MT_x=0,00$  kN\*m/m

momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MS_{me}=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MS_{ve}=0,00$  kN\*m/m

#### **SPOSTAMENTI NODALI (calcolo FEM)**

w = spostamento orizzontale (lungo l'asse globale X, coincidente con l'asse locale z)

u = spostamento verticale (lungo l'asse globale Y, coincidente con l'asse locale x)

| sez./nodo | x ( m ) | w (cm) | u (cm) | rot.<br>(rad) |
|-----------|---------|--------|--------|---------------|
| 1         | 0       | 7,822  | 0,002  | -0,0141       |
| 2         | 0,25    | 7,469  | 0,002  | -0,0141       |
| 3         | 0,5     | 7,117  | 0,002  | -0,0141       |
| 4         | 0,75    | 6,764  | 0,002  | -0,0141       |
| 5         | 1       | 6,412  | 0,002  | -0,0141       |
| 6         | 1,25    | 6,059  | 0,002  | -0,0141       |
| 7         | 1,5     | 5,707  | 0,002  | -0,0141       |
| 8         | 1,75    | 5,355  | 0,002  | -0,0141       |
| 9         | 2       | 5,003  | 0,002  | -0,014        |
| 10        | 2,25    | 4,653  | 0,002  | -0,014        |
| 11        | 2,5     | 4,303  | 0,002  | -0,0139       |
| 12        | 2,75    | 3,956  | 0,002  | -0,0138       |
| 13        | 3       | 3,611  | 0,002  | -0,0137       |
| 14        | 3,25    | 3,271  | 0,002  | -0,0135       |
| 15        | 3,5     | 2,936  | 0,002  | -0,0133       |
| 16        | 3,75    | 2,607  | 0,002  | -0,013        |
| 17        | 4       | 2,287  | 0,002  | -0,0126       |
| 18        | 4,25    | 1,979  | 0,002  | -0,0121       |
| 19        | 4,5     | 1,683  | 0,001  | -0,0115       |
| 20        | 4,75    | 1,403  | 0,001  | -0,0108       |
| 21        | 5       | 1,143  | 0,001  | -0,01         |
| 22        | 5,25    | 0,906  | 0,001  | -0,009        |
| 23        | 5,5     | 0,694  | 0,001  | -0,0079       |
| 24        | 5,75    | 0,51   | 0,001  | -0,0068       |
| 25        | 6       | 0,356  | 0,001  | -0,0055       |
| 26        | 6,25    | 0,233  | 0,001  | -0,0043       |
| 27        | 6,5     | 0,139  | 0,001  | -0,0032       |
| 28        | 6,75    | 0,072  | 0,001  | -0,0022       |
| 29        | 7       | 0,028  | 0,001  | -0,0013       |
| 30        | 7,25    | 0,003  | 0,001  | -0,0007       |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 115 di 190 |

|    |      |        |       |         |
|----|------|--------|-------|---------|
| 31 | 7,5  | -0,009 | 0,001 | -0,0003 |
| 32 | 7,75 | -0,012 | 0,001 | 0       |
| 33 | 8    | -0,01  | 0,001 | 0,0002  |
| 34 | 8,25 | -0,005 | 0,001 | 0,0002  |
| 35 | 8,5  | 0,001  | 0,001 | 0,0002  |
| 36 | 8,75 | 0,006  | 0     | 0,0002  |
| 37 | 9    | 0,011  | 0     | 0,0002  |
| 38 | 9,25 | 0,015  | 0     | 0,0002  |
| 39 | 9,5  | 0,019  | 0     | 0,0001  |
| 40 | 9,75 | 0,022  | 0     | 0,0001  |
| 41 | 10   | 0,025  | 0     | 0,0001  |

**VERIFICA AL CARICO LIMITE VERTICALE**
**Parametri geotecnici di progetto**

coesione = 0,00 kN/mq

angolo di resistenza al taglio = 35°

**Resistenza alla punta**

fattore Nq (Berezantzev) = 46,845

fattore Nc = 65,47

tensione litostatica verticale totale alla profondità L, sVL=190,00 kN/mq

pressione neutra alla profondità L, uL=0,00 kN/mq

tensione litostatica verticale efficace alla profondità L, s'VL=190,00 kN/mq

Resistenza unitaria alla punta, p=8.900,56 kN/mq

Resistenza alla punta, Pmax=668,03 kN

**Resistenza laterale**

Resistenza laterale, Smax=284,01 kN

**Resistenza alla punta e laterale di progetto**

Resistenza alla punta (valore medio) = 668,03 kN

Resistenza alla punta (valore minimo) = 668,03 kN

Resistenza laterale (valore medio) = 284,01 kN

Resistenza laterale (valore minimo) = 284,01 kN

Fattore di correlazione, xsi3=1,7

Fattore di correlazione, xsi4=1,7

Resistenza alla punta (valore caratteristico) = 392,96 kN

Resistenza laterale (valore caratteristico) = 167,07 kN

Resistenza alla punta di progetto, Pmax\_d=341,70 kN

Resistenza laterale di progetto, Smax\_d=145,27 kN

**Carico limite per carichi assiali di compressione**

Qlim\_d = Pmax\_d + Smax\_d = 486,98 kN

**Carico limite di sfilamento per carichi assiali di trazione**

Qlimt\_d = Smax\_d = 145,27 kN

**Azione di progetto**

Ed = 25,13 kN

**Verifica al carico limite per carichi assiali di compressione**

Verifica soddisfatta: l'azione di progetto non supera la resistenza di progetto

coeff. di sicurezza,  $Q_{lim\_d}/Ed=19,38$ 

## **VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE**

### **Parametri geotecnici di progetto**

#### **strato 1**

 peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

 angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

 coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

#### **strato 2**

 peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

 angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

 coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

#### **strato 3**

 peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

 angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

 coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

#### **strato 4**

 peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

 angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

 coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

#### **strato 5**

 peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

 angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=32,01$  (°)

 coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

#### **strato 6**

 peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

 angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=32,01$  (°)

 coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

### **Parametri di calcolo**

n° di cerchi analizzati = 10

Metodo utilizzato: Bishop

### **Cerchio critico**

 Coordinate centro e raggio:  $X$  (m)= 0  $Y$  (m)= -1,94  $R_c$  (m)= 12,05

### **Simbologia adottata**

 $W_t$  = peso del concio ( kN)

 $W_q$  = forza risultante verticale dovuta al sovraccarico applicato sul concio ( kN)

 $\alpha$ =angolo (minore di 90°) che l'orizzontale forma con la base del concio (positivo se antiorario)

 $u$  = pressione neutra alla base del concio ( kN/mq)

 $DX$  = larghezza lungo  $X$  del concio ( m)

 $F_{sh}$  = forza sismica orizzontale sul concio ( kN)

 $B$  = braccio della forza sismica orizzontale rispetto al centro del cerchio di rottura ( m)

 $F_{sv}$  = forza sismica verticale sul concio ( kN)

 $N$  = risultante delle tensioni normali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

 $T$  = risultante delle tensioni tangenziali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

| concio | $W_t$ | $W_q$ | $\alpha$ (°) | $u$ | $DX$ | $F_{sh}$ | $B$   | $F_{sv}$ | $N$   | $T$  |
|--------|-------|-------|--------------|-----|------|----------|-------|----------|-------|------|
| 1      | 10,08 | 0     | -54,19       | 0   | 0,85 | 0        | 16,44 | 0        | 21,56 | 3,12 |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 117 di 190 |

|    |        |   |        |   |      |   |       |   |        |       |
|----|--------|---|--------|---|------|---|-------|---|--------|-------|
| 2  | 28,16  | 0 | -47,7  | 0 | 0,85 | 0 | 16,44 | 0 | 49,77  | 7,2   |
| 3  | 42,7   | 0 | -41,96 | 0 | 0,85 | 0 | 16,44 | 0 | 66,01  | 9,56  |
| 4  | 54,67  | 0 | -36,7  | 0 | 0,85 | 0 | 16,44 | 0 | 76,42  | 11,06 |
| 5  | 64,6   | 0 | -31,78 | 0 | 0,85 | 0 | 16,44 | 0 | 83,48  | 12,08 |
| 6  | 72,83  | 0 | -27,11 | 0 | 0,85 | 0 | 16,44 | 0 | 88,37  | 12,79 |
| 7  | 79,59  | 0 | -22,63 | 0 | 0,85 | 0 | 16,44 | 0 | 91,77  | 13,29 |
| 8  | 85,03  | 0 | -18,3  | 0 | 0,85 | 0 | 16,44 | 0 | 94,06  | 13,62 |
| 9  | 89,26  | 0 | -14,07 | 0 | 0,85 | 0 | 16,44 | 0 | 95,48  | 13,82 |
| 10 | 92,35  | 0 | -9,92  | 0 | 0,85 | 0 | 16,44 | 0 | 96,19  | 13,93 |
| 11 | 94,37  | 0 | -5,82  | 0 | 0,85 | 0 | 16,44 | 0 | 96,28  | 13,94 |
| 12 | 95,33  | 0 | -1,75  | 0 | 0,85 | 0 | 16,44 | 0 | 115,22 | 16,68 |
| 13 | 7,6    | 0 | 0,4    | 0 | 0,05 | 0 | 16,44 | 0 | 7,59   | 1,1   |
| 14 | 172,22 | 0 | 2,66   | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 171,25 | 24,79 |
| 15 | 170,86 | 0 | 6,96   | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 169,14 | 24,49 |
| 16 | 168,26 | 0 | 11,29  | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 166,76 | 24,14 |
| 17 | 164,37 | 0 | 15,69  | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 164,07 | 23,75 |
| 18 | 159,13 | 0 | 20,19  | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 160,98 | 23,31 |
| 19 | 152,42 | 0 | 24,83  | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 157,4  | 22,79 |
| 20 | 144,09 | 0 | 29,64  | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 153,17 | 22,17 |
| 21 | 133,89 | 0 | 34,71  | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 148,03 | 21,43 |
| 22 | 121,49 | 0 | 40,1   | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 141,58 | 20,5  |
| 23 | 106,33 | 0 | 45,98  | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 133,07 | 19,27 |
| 24 | 87,41  | 0 | 52,57  | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 120,95 | 17,51 |
| 25 | 62,61  | 0 | 60,43  | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 101,09 | 14,64 |
| 26 | 24,19  | 0 | 71,53  | 0 | 0,9  | 0 | 16,44 | 0 | 53,26  | 7,71  |

Lunghezza dell'arco di cerchio di scivolamento,  $L=28,58$  m

Momento resistente,  $M_{resist}=19.047,77$  kN\*m

Momento instabilizzante,  $M_{instab}=4.922,83$  kN\*m

Coefficiente di sicurezza del pendio =  $M_{resist}/M_{instab} = 3,869$

Verifica soddisfatta

## **VERIFICHE STRUTTURALI PARATIA**

### **Verifiche di resistenza a presso-flessione e taglio**

sid\_m: tensione ideale massima nella sezione di acciaio ( N/mm<sup>2</sup>)

Mcy\_Rd: resistenza di progetto della sezione soggetta a presso-flessione retta (asse vettore y)

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=2.743,03$  kN

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $Avz=51,65$  cm<sup>2</sup>

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=1.008,21$  kN

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=134,08$  kN\*m

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=180,61$  kN\*m

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338$  N/mm<sup>2</sup>

| x (m) | Nx    | Tz | My | sid_m | Mcy_Rd | Verif? |
|-------|-------|----|----|-------|--------|--------|
| 0     | 0     | 0  | 0  |       |        |        |
| 0,25  | -0,32 | 0  | 0  |       |        |        |
| 0,5   | -0,63 | 0  | 0  |       |        |        |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 118 di 190 |

|      |        |        |        |       |    |
|------|--------|--------|--------|-------|----|
| 0,75 | -0,94  | -0,22  | 0      |       |    |
| 1    | -1,26  | -0,66  | -0,06  | 0,3   | Si |
| 1,25 | -1,58  | -1,33  | -0,22  | 0,8   | Si |
| 1,5  | -1,89  | -2,21  | -0,55  | 1,6   | Si |
| 1,75 | -2,21  | -3,32  | -1,11  | 3,1   | Si |
| 2    | -2,53  | -4,65  | -1,93  | 5,2   | Si |
| 2,25 | -2,84  | -6,19  | -3,1   | 8,2   | Si |
| 2,5  | -3,15  | -7,96  | -4,65  | 12,1  | Si |
| 2,75 | -3,47  | -9,96  | -6,64  | 17,2  | Si |
| 3    | -3,79  | -12,17 | -9,12  | 23,5  | Si |
| 3,25 | -4,1   | -14,6  | -12,17 | 31,2  | Si |
| 3,5  | -4,42  | -17,26 | -15,82 | 40,4  | Si |
| 3,75 | -4,73  | -20,13 | -20,13 | 51,3  | Si |
| 4    | -5,05  | -23,23 | -25,16 | 64,1  | Si |
| 4,25 | -5,36  | -26,54 | -30,97 | 78,8  | Si |
| 4,5  | -5,68  | -30,08 | -37,6  | 95,5  | Si |
| 4,75 | -6     | -30,83 | -45,12 | 114,5 | Si |
| 5    | -6,31  | -28,79 | -52,84 | 134   | Si |
| 5,25 | -6,63  | -23,96 | -60,03 | 152,2 | Si |
| 5,5  | -6,94  | -16,33 | -66,02 | 167,3 | Si |
| 5,75 | -7,26  | -5,91  | -70,11 | 177,7 | Si |
| 6    | -7,58  | 7,29   | -71,58 | 181,4 | Si |
| 6,25 | -7,89  | 23,29  | -69,76 | 176,9 | Si |
| 6,5  | -8,2   | 38,59  | -63,94 | 162,2 | Si |
| 6,75 | -8,52  | 45,58  | -54,29 | 137,9 | Si |
| 7    | -8,84  | 47,02  | -42,89 | 109,2 | Si |
| 7,25 | -9,15  | 42,15  | -31,14 | 79,6  | Si |
| 7,5  | -9,47  | 34     | -20,6  | 53,1  | Si |
| 7,75 | -9,78  | 25,05  | -12,1  | 31,7  | Si |
| 8    | -10,1  | 16,64  | -5,84  | 16    | Si |
| 8,25 | -10,41 | 9,61   | -1,68  | 5,5   | Si |
| 8,5  | -10,73 | 4,25   | 0,72   | 3,1   | Si |
| 8,75 | -11,05 | 0,56   | 1,79   | 5,9   | Si |
| 9    | -11,36 | -1,65  | 1,92   | 6,3   | Si |
| 9,25 | -11,67 | -2,57  | 1,51   | 5,3   | Si |
| 9,5  | -11,99 | -2,36  | 0,87   | 3,7   | Si |
| 9,75 | -12,31 | -1,13  | 0,28   | 2,2   | Si |
| 10   | -12,62 | -1,13  | 0      | 1,6   | Si |

**COMB. 2 (SLU-F)**
**VERIFICA ALLA ROTAZIONE INTORNO A UN PUNTO DELL'OPERA (atto di moto rigido)**
**Sovraccarichi di progetto sui terrapieni**

 Terreno di monte,  $q_{1d}=26,00$  kN/mq

 Terreno di valle,  $q_{2d}=0,00$  kN/mq

**Parametri geotecnici di progetto**

strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=32,01$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=32,01$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

**Coefficienti di spinta**

strato 1

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,343442$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,511286$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=2,911702$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,343442$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,511286$

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 120 di 190 |

coeff. di spinta passiva,  $K_p=2,911702$   
strato 2

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,343442$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,511286$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=2,911702$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,343442$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,511286$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=2,911702$

strato 3

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,343442$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,511286$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=2,911702$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,343442$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,511286$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=2,911702$

strato 4

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,343442$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,511286$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=2,911702$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,343442$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,511286$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=2,911702$

strato 5

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,307176$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,469984$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,255467$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,307176$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,469984$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,255467$

strato 6

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,307176$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,469984$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,255467$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,307176$   
coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,469984$   
coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,255467$



**Profondità punto di rotazione e profondità di infissione o coefficiente di sicurezza**

 Profondità punto di rotazione,  $D_r=4,929$  m

 Coefficiente di sicurezza,  $E_t=1,073$ 

n° iterazioni effettuate (metodo bisezione) = 21

errore equazione di equilibrio alla rotazione = 0,28 kN\*m

**Punti caratteristici e tensioni a monte della paratia**

tensioni in kN/mq

| tipo punto | z (m) | strato | sv     | u    | sa/sp/s_sup | s_inf  |
|------------|-------|--------|--------|------|-------------|--------|
| 1          | 0,00  | 1      | 26,00  | 0,00 | 8,93        |        |
| ss         | 3,00  | 1      | 86,00  | 0,00 | 29,54       | 29,54  |
| ss         | 6,00  | 2      | 146,00 | 0,00 | 50,14       | 50,14  |
| 2          | 8,93  | 3      | 204,57 | 0,00 | 70,26       | 554,93 |
| ss         | 9,00  | 3      | 206,00 | 0,00 | 558,81      | 558,81 |
| 3          | 9,50  | 4      | 216,00 | 0,00 | 585,94      |        |

**Punti caratteristici e tensioni a valle della paratia**

tensioni in kN/mq

| tipo punto | z (m) | strato | sv     | u    | sa/sp/s_sup | s_inf  |
|------------|-------|--------|--------|------|-------------|--------|
| 11         | 4,00  | 2      | 0,00   | 0,00 | 0,00        |        |
| ss         | 6,00  | 2      | 40,00  | 0,00 | 108,51      | 108,51 |
| 12         | 8,93  | 3      | 98,57  | 0,00 | 267,39      | 33,85  |
| ss         | 9,00  | 3      | 100,00 | 0,00 | 34,34       | 34,34  |
| 13         | 9,50  | 4      | 110,00 | 0,00 | 37,78       |        |

**Spinte di monte e di valle (orizzontali) agenti sulla paratia**

 Spinta di monte,  $S_m=679,49$  kN/m

 Spinta di valle,  $S_v=679,39$  kN/m

 braccio della spinta di monte rispetto all'estremo inferiore paratia,  $d_m=2,156$  m

 braccio della spinta di valle rispetto all'estremo inferiore paratia,  $d_v=2,156$  m

**Esito verifica alla rotazione**

 Verifica soddisfatta (essendo  $E_t \geq g_{Rot}$ )

**SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA PARATIA (calcolo FEM)**
**Sovraccarichi di progetto sui terrapieni**

 Terreno di monte,  $q_{1d}=23,08$  kN/mq

 Terreno di valle,  $q_{2d}=0,00$  kN/mq

**Parametri geotecnici di progetto**
**strato 1**

 peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

 angolo di resistenza al taglio,  $F_{i,d}=35$  (°)

 coesione drenata,  $c'_{d}=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)  
strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc  
angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)  
coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)  
strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc  
angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)  
coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)  
strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc  
angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=35$  (°)  
coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)  
strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc  
angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=38$  (°)  
coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)  
strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc  
angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=38$  (°)  
coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)  
angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

### Coefficienti di spinta

#### strato 1

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$   
coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$   
coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$   
coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$   
coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

#### strato 2

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$   
coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 123 di 190 |

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 3

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 4

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 5

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

strato 6

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

**Numero di iterazioni nel calcolo non lineare e sollecitazioni**

Numero di iterazione effettuate = 6

errore iterazione 0 = 0,002593

errore iterazione 1 = 0,206693

errore iterazione 2 = 0,134914

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 124 di 190 |

errore iterazione 3 = 0,13667

errore iterazione 4 = 0,067629

errore iterazione 5 = 0,015527

errore iterazione 6 = -0,000351

| sez./nodo | x ( m) | Nx ( kN/m) | Tz ( kN/m) | My ( kN*m/m) |
|-----------|--------|------------|------------|--------------|
| 1         | 0      | 0          | 0          | 0            |
| 2         | 0,25   | -0,63      | 0          | 0            |
| 3         | 0,5    | -1,26      | -1,02      | 0            |
| 4         | 0,75   | -1,88      | -3,49      | -0,25        |
| 5         | 1      | -2,51      | -6,4       | -1,13        |
| 6         | 1,25   | -3,14      | -9,76      | -2,73        |
| 7         | 1,5    | -3,77      | -13,55     | -5,17        |
| 8         | 1,75   | -4,4       | -17,78     | -8,55        |
| 9         | 2      | -5,03      | -22,46     | -13          |
| 10        | 2,25   | -5,65      | -27,57     | -18,61       |
| 11        | 2,5    | -6,28      | -33,13     | -25,51       |
| 12        | 2,75   | -6,91      | -39,12     | -33,79       |
| 13        | 3      | -7,54      | -45,56     | -43,57       |
| 14        | 3,25   | -8,17      | -52,44     | -54,96       |
| 15        | 3,5    | -8,79      | -59,75     | -68,07       |
| 16        | 3,75   | -9,42      | -67,51     | -83,01       |
| 17        | 4      | -10,05     | -75,71     | -99,89       |
| 18        | 4,25   | -10,68     | -84,35     | -118,81      |
| 19        | 4,5    | -11,31     | -93,42     | -139,9       |
| 20        | 4,75   | -11,94     | -96,95     | -163,25      |
| 21        | 5      | -12,56     | -94,91     | -187,49      |
| 22        | 5,25   | -13,19     | -87,32     | -211,22      |
| 23        | 5,5    | -13,82     | -74,17     | -233,05      |
| 24        | 5,75   | -14,45     | -55,47     | -251,59      |
| 25        | 6      | -15,08     | -31,21     | -265,46      |
| 26        | 6,25   | -15,7      | -1,4       | -273,26      |
| 27        | 6,5    | -16,33     | 33,97      | -273,61      |
| 28        | 6,75   | -16,96     | 74,9       | -265,12      |
| 29        | 7      | -17,59     | 121,38     | -246,4       |
| 30        | 7,25   | -18,22     | 159,3      | -216,05      |
| 31        | 7,5    | -18,85     | 171,06     | -176,22      |
| 32        | 7,75   | -19,47     | 158,93     | -133,46      |
| 33        | 8      | -20,1      | 133,05     | -93,73       |
| 34        | 8,25   | -20,73     | 103,35     | -60,46       |
| 35        | 8,5    | -21,36     | 73,56      | -34,63       |
| 36        | 8,75   | -21,99     | 45,97      | -16,24       |
| 37        | 9      | -22,61     | 21,74      | -4,75        |
| 38        | 9,25   | -23,24     | 4,83       | 0,69         |
| 39        | 9,5    | -23,87     | -3,71      | 1,9          |
| 40        | 9,75   | -24,5      | -3,88      | 0,97         |

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 125 di 190 |

|    |    |        |       |   |
|----|----|--------|-------|---|
| 41 | 10 | -25,13 | -3,88 | 0 |
|----|----|--------|-------|---|

**REAZIONI VINCOLARI E PRESSIONI DI CONTATTO TERRENO-PARATIA (calcolo FEM)**

RvX = componente della reazione vincolare lungo X ( kN/m)

RvY = componente della reazione vincolare lungo Y ( kN/m)

RvZ = componente momento della reazione vincolare ( kN\*m/m)

pXv = pressione orizzontale del terreno (molle di valle) ( kN/mq)

pXm = pressione orizzontale del terreno (molle di monte) ( kN/mq)

| sez./nodo | x ( m) | RvX    | RvY | RvZ | pXv     | pXm    |
|-----------|--------|--------|-----|-----|---------|--------|
| 3         | 0,5    | 0,78   | 0   | 0   | 0       | 6,25   |
| 4         | 0,75   | 1,9    | 0   | 0   | 0       | 7,61   |
| 5         | 1      | 2,24   | 0   | 0   | 0       | 8,96   |
| 6         | 1,25   | 2,58   | 0   | 0   | 0       | 10,32  |
| 7         | 1,5    | 2,92   | 0   | 0   | 0       | 11,67  |
| 8         | 1,75   | 3,26   | 0   | 0   | 0       | 13,03  |
| 9         | 2      | 3,6    | 0   | 0   | 0       | 14,38  |
| 10        | 2,25   | 3,93   | 0   | 0   | 0       | 15,74  |
| 11        | 2,5    | 4,27   | 0   | 0   | 0       | 17,09  |
| 12        | 2,75   | 4,61   | 0   | 0   | 0       | 18,45  |
| 13        | 3      | 4,95   | 0   | 0   | 0       | 19,8   |
| 14        | 3,25   | 5,29   | 0   | 0   | 0       | 21,16  |
| 15        | 3,5    | 5,63   | 0   | 0   | 0       | 22,51  |
| 16        | 3,75   | 5,97   | 0   | 0   | 0       | 23,87  |
| 17        | 4      | 6,31   | 0   | 0   | 0       | 25,22  |
| 18        | 4,25   | 6,64   | 0   | 0   | 0       | 26,58  |
| 19        | 4,5    | 6,98   | 0   | 0   | 0       | 27,93  |
| 20        | 4,75   | 2,71   | 0   | 0   | -18,45  | 29,29  |
| 21        | 5      | -1,56  | 0   | 0   | -36,9   | 30,64  |
| 22        | 5,25   | -5,84  | 0   | 0   | -55,35  | 32     |
| 23        | 5,5    | -10,11 | 0   | 0   | -73,8   | 33,35  |
| 24        | 5,75   | -14,39 | 0   | 0   | -92,25  | 34,71  |
| 25        | 6      | -18,66 | 0   | 0   | -110,71 | 36,06  |
| 26        | 6,25   | -22,93 | 0   | 0   | -129,16 | 37,42  |
| 27        | 6,5    | -27,21 | 0   | 0   | -147,61 | 38,77  |
| 28        | 6,75   | -31,48 | 0   | 0   | -166,06 | 40,13  |
| 29        | 7      | -35,76 | 0   | 0   | -184,51 | 41,48  |
| 30        | 7,25   | -29,17 | 0   | 0   | -159,5  | 42,84  |
| 31        | 7,5    | -9,05  | 0   | 0   | -80,39  | 44,19  |
| 32        | 7,75   | 9,34   | 0   | 0   | -31,02  | 68,37  |
| 33        | 8      | 19,91  | 0   | 0   | -18,97  | 98,59  |
| 34        | 8,25   | 22,85  | 0   | 0   | -20,32  | 111,72 |
| 35        | 8,5    | 22,91  | 0   | 0   | -21,68  | 113,32 |
| 36        | 8,75   | 21,23  | 0   | 0   | -23,03  | 107,94 |
| 37        | 9      | 18,64  | 0   | 0   | -24,39  | 98,94  |
| 38        | 9,25   | 13,01  | 0   | 0   | -36,47  | 88,5   |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 126 di 190 |

|    |      |       |        |   |        |       |
|----|------|-------|--------|---|--------|-------|
| 39 | 9,5  | 6,57  | 0      | 0 | -51,49 | 77,75 |
| 40 | 9,75 | 0,13  | 0      | 0 | -66,49 | 67,01 |
| 41 | 10   | -2,98 | -19,33 | 0 | -81,6  | 57,74 |

**PERCENTUALI DI SPINTA PASSIVA MOBILITATA**

Spinta passiva mobilitata a monte = 15,1%

Spinta passiva mobilitata a valle = 73,7%

**VERIFICA CONDIZIONI DI EQUILIBRIO (calcolo FEM)**
**Equilibrio alla traslazione orizzontale**

 somma delle forze esterne orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

 spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sme=0,00$  kN/m

 spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sve=0,00$  kN/m

 somma delle reazioni vincolari lungo X,  $SommRvX=0,00$  kN/m

 equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale:  $SF_x+Sme+Sve+SommRvX=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla traslazione verticale**

 peso proprio della paratia,  $Wp=19,33$  kN/m

 somma delle forze verticali applicate alla paratia,  $SF_y=0,00$  kN/m

 somma delle reazioni vincolari lungo Y,  $SommRvY=-19,33$  kN/m

 equazione di equilibrio alla traslazione verticale:  $Wp+SF_y+SommRvY=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla rotazione (attorno al primo nodo)**

 momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00$  kN\*m/m

 momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MSme=0,00$  kN\*m/m

 momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MSve=0,00$  kN\*m/m

 momento delle reazioni vincolari lungo X,  $MRvX=0,00$  kN\*m/m

 equazione di equilibrio alla rotazione:  $MF_x+MSme+MSve+MRvX=0,00$  kN\*m/m

**Spinte orizzontali**

 spinta delle terre di monte,  $Sm=397,34$  kN/m

 spinta delle terre di valle,  $Sv=-397,34$  kN/m

 somma componenti orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $ST_x=0,00$  kN/m

 somma forze orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

 spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sme=0,00$  kN/m

 spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sve=0,00$  kN/m

**Momenti delle spinte orizzontali rispetto al primo nodo**

 momento della spinta delle terre di monte,  $MSm=2.787,44$  kN\*m/m

 momento della spinta delle terre di valle,  $MSv=-2.787,44$  kN\*m/m

 momento delle compon. orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $MT_x=0,00$  kN\*m/m

 momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00$  kN\*m/m

 momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MSme=0,00$  kN\*m/m

 momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MSve=0,00$  kN\*m/m

**SPOSTAMENTI NODALI (calcolo FEM)**

w = spostamento orizzontale (lungo l'asse globale X, coincidente con l'asse locale z)

u = spostamento verticale (lungo l'asse globale Y, coincidente con l'asse locale x)

| sez./nodo | x (m) | w (cm) | u (cm) | rot.<br>(rad) |
|-----------|-------|--------|--------|---------------|
|-----------|-------|--------|--------|---------------|

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 127 di 190 |

|    |      |        |       |         |
|----|------|--------|-------|---------|
| 1  | 0    | 18,783 | 0,002 | -0,0323 |
| 2  | 0,25 | 17,975 | 0,002 | -0,0323 |
| 3  | 0,5  | 17,166 | 0,002 | -0,0323 |
| 4  | 0,75 | 16,358 | 0,002 | -0,0323 |
| 5  | 1    | 15,55  | 0,002 | -0,0323 |
| 6  | 1,25 | 14,742 | 0,002 | -0,0323 |
| 7  | 1,5  | 13,935 | 0,002 | -0,0323 |
| 8  | 1,75 | 13,128 | 0,002 | -0,0322 |
| 9  | 2    | 12,324 | 0,002 | -0,0321 |
| 10 | 2,25 | 11,523 | 0,002 | -0,032  |
| 11 | 2,5  | 10,725 | 0,002 | -0,0318 |
| 12 | 2,75 | 9,933  | 0,002 | -0,0315 |
| 13 | 3    | 9,149  | 0,002 | -0,0312 |
| 14 | 3,25 | 8,374  | 0,002 | -0,0308 |
| 15 | 3,5  | 7,611  | 0,002 | -0,0303 |
| 16 | 3,75 | 6,862  | 0,002 | -0,0296 |
| 17 | 4    | 6,131  | 0,002 | -0,0288 |
| 18 | 4,25 | 5,422  | 0,002 | -0,0279 |
| 19 | 4,5  | 4,739  | 0,001 | -0,0268 |
| 20 | 4,75 | 4,086  | 0,001 | -0,0255 |
| 21 | 5    | 3,468  | 0,001 | -0,024  |
| 22 | 5,25 | 2,89   | 0,001 | -0,0222 |
| 23 | 5,5  | 2,357  | 0,001 | -0,0203 |
| 24 | 5,75 | 1,875  | 0,001 | -0,0182 |
| 25 | 6    | 1,447  | 0,001 | -0,016  |
| 26 | 6,25 | 1,075  | 0,001 | -0,0137 |
| 27 | 6,5  | 0,762  | 0,001 | -0,0113 |
| 28 | 6,75 | 0,507  | 0,001 | -0,009  |
| 29 | 7    | 0,31   | 0,001 | -0,0068 |
| 30 | 7,25 | 0,164  | 0,001 | -0,0048 |
| 31 | 7,5  | 0,065  | 0,001 | -0,0032 |
| 32 | 7,75 | 0,004  | 0,001 | -0,0018 |
| 33 | 8    | -0,029 | 0,001 | -0,0008 |
| 34 | 8,25 | -0,041 | 0,001 | -0,0002 |
| 35 | 8,5  | -0,04  | 0,001 | 0,0002  |
| 36 | 8,75 | -0,031 | 0     | 0,0005  |
| 37 | 9    | -0,018 | 0     | 0,0005  |
| 38 | 9,25 | -0,004 | 0     | 0,0006  |
| 39 | 9,5  | 0,009  | 0     | 0,0005  |
| 40 | 9,75 | 0,023  | 0     | 0,0005  |
| 41 | 10   | 0,036  | 0     | 0,0005  |

**VERIFICA AL CARICO LIMITE VERTICALE**
**Parametri geotecnici di progetto**

coesione = 0,00 kN/mq

angolo di resistenza al taglio =  $35^\circ$

**Resistenza alla punta**

fattore  $N_q$  (Berezantzev) = 46,845

fattore  $N_c$  = 65,47

tensione litostatica verticale totale alla profondità  $L$ ,  $sVL=220,00$  kN/mq

pressione neutra alla profondità  $L$ ,  $uL=0,00$  kN/mq

tensione litostatica verticale efficace alla profondità  $L$ ,  $s'VL=220,00$  kN/mq

Resistenza unitaria alla punta,  $p=10.305,91$  kN/mq

Resistenza alla punta,  $P_{max}=773,51$  kN

**Resistenza laterale**

Resistenza laterale,  $S_{max}=361,70$  kN

**Resistenza alla punta e laterale di progetto**

Resistenza alla punta (valore medio) = 773,51 kN

Resistenza alla punta (valore minimo) = 773,51 kN

Resistenza laterale (valore medio) = 361,70 kN

Resistenza laterale (valore minimo) = 361,70 kN

Fattore di correlazione,  $\alpha_3=1,7$

Fattore di correlazione,  $\alpha_4=1,7$

Resistenza alla punta (valore caratteristico) = 455,01 kN

Resistenza laterale (valore caratteristico) = 212,77 kN

Resistenza alla punta di progetto,  $P_{max\_d}=395,66$  kN

Resistenza laterale di progetto,  $S_{max\_d}=185,01$  kN

**Carico limite per carichi assiali di compressione**

$Q_{lim\_d} = P_{max\_d} + S_{max\_d} = 580,67$  kN

**Carico limite di sfilamento per carichi assiali di trazione**

$Q_{limt\_d} = S_{max\_d} = 185,01$  kN

**Azione di progetto**

$E_d = 25,13$  kN

**Verifica al carico limite per carichi assiali di compressione**

Verifica soddisfatta: l'azione di progetto non supera la resistenza di progetto

coeff. di sicurezza,  $Q_{lim\_d}/E_d=23,11$

**VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE**

**Parametri geotecnici di progetto**

strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26$  ( $^\circ$ )

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq

strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26$  ( $^\circ$ )

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq

strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26$  ( $^\circ$ )

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq



**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 129 di 190 |

**strato 4**

 peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

 angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=29,26$  (°)

 coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

**strato 5**

 peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

 angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=32,01$  (°)

 coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

**strato 6**

 peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

 angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=32,01$  (°)

 coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

**Parametri di calcolo**

n° di cerchi analizzati = 10

Metodo utilizzato: Bishop

**Cerchio critico**

Coordinate centro e raggio: X (m)= 0 Y (m)= -1,94 Rc (m)= 12,05

**Simbologia adottata**

Wt = peso del concio ( kN)

Wq = forza risultante verticale dovuta al sovraccarico applicato sul concio ( kN)

alfa=angolo (minore di 90°) che l'orizzontale forma con la base del concio (positivo se antiorario)

u = pressione neutra alla base del concio ( kN/mq)

DX = larghezza lungo X del concio ( m)

Fsh = forza sismica orizzontale sul concio ( kN)

B = braccio della forza sismica orizzontale rispetto al centro del cerchio di rottura ( m)

Fsv = forza sismica verticale sul concio ( kN)

N = risultante delle tensioni normali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

T = risultante delle tensioni tangenziali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

| concio | Wt     | Wq    | alfa (°) | u | DX   | Fsh | B     | Fsv | N      | T     |
|--------|--------|-------|----------|---|------|-----|-------|-----|--------|-------|
| 1      | 10,08  | 0     | -54,19   | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 22,82  | 4,03  |
| 2      | 28,16  | 0     | -47,7    | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 51,93  | 9,17  |
| 3      | 42,7   | 0     | -41,96   | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 68,26  | 12,05 |
| 4      | 54,67  | 0     | -36,7    | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 78,51  | 13,86 |
| 5      | 64,6   | 0     | -31,78   | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 85,32  | 15,06 |
| 6      | 72,83  | 0     | -27,11   | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 89,95  | 15,88 |
| 7      | 79,59  | 0     | -22,63   | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 93,08  | 16,44 |
| 8      | 85,03  | 0     | -18,3    | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 95,11  | 16,79 |
| 9      | 89,26  | 0     | -14,07   | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 96,28  | 17    |
| 10     | 92,35  | 0     | -9,92    | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 96,74  | 17,08 |
| 11     | 94,37  | 0     | -5,82    | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 96,59  | 17,05 |
| 12     | 95,33  | 0     | -1,75    | 0 | 0,85 | 0   | 16,44 | 0   | 115,33 | 20,36 |
| 13     | 7,6    | 0     | 0,4      | 0 | 0,05 | 0   | 16,44 | 0   | 7,59   | 1,34  |
| 14     | 172,22 | 23,37 | 2,66     | 0 | 0,9  | 0   | 16,44 | 0   | 194,21 | 34,29 |
| 15     | 170,86 | 23,37 | 6,96     | 0 | 0,9  | 0   | 16,44 | 0   | 191,54 | 33,82 |
| 16     | 168,26 | 23,37 | 11,29    | 0 | 0,9  | 0   | 16,44 | 0   | 188,76 | 33,33 |
| 17     | 164,37 | 23,37 | 15,69    | 0 | 0,9  | 0   | 16,44 | 0   | 185,8  | 32,8  |
| 18     | 159,13 | 23,37 | 20,19    | 0 | 0,9  | 0   | 16,44 | 0   | 182,6  | 32,24 |

| RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI |        |       |       | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |       |
|--|--------|-------|-------|----------|-------|----------|-----------|------|------------|-------|
|  |        |       |       | IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 130 di 190 |       |
| 19                                       | 152,42 | 23,37 | 24,83 | 0        | 0,9   | 0        | 16,44     | 0    | 179,07     | 31,62 |
| 20                                       | 144,09 | 23,37 | 29,64 | 0        | 0,9   | 0        | 16,44     | 0    | 175,08     | 30,91 |
| 21                                       | 133,89 | 23,37 | 34,71 | 0        | 0,9   | 0        | 16,44     | 0    | 170,45     | 30,1  |
| 22                                       | 121,49 | 23,37 | 40,1  | 0        | 0,9   | 0        | 16,44     | 0    | 164,87     | 29,11 |
| 23                                       | 106,33 | 23,37 | 45,98 | 0        | 0,9   | 0        | 16,44     | 0    | 157,8      | 27,86 |
| 24                                       | 87,41  | 23,37 | 52,57 | 0        | 0,9   | 0        | 16,44     | 0    | 148,11     | 26,15 |
| 25                                       | 62,61  | 23,37 | 60,43 | 0        | 0,9   | 0        | 16,44     | 0    | 132,88     | 23,46 |
| 26                                       | 24,19  | 23,37 | 71,53 | 0        | 0,9   | 0        | 16,44     | 0    | 98,2       | 17,34 |

Lunghezza dell'arco di cerchio di scivolamento,  $L=28,58$  m

Momento resistente,  $M_{resist}=21.368,53$  kN\*m

Momento instabilizzante,  $M_{instab}=6.735,31$  kN\*m

Coefficiente di sicurezza del pendio =  $M_{resist}/M_{instab} = 3,173$

Verifica soddisfatta

## **VERIFICHE STRUTTURALI PARATIA**

### **Verifiche di resistenza a presso-flessione e taglio**

sid\_m: tensione ideale massima nella sezione di acciaio ( N/mm<sup>2</sup>)

Mcy\_Rd: resistenza di progetto della sezione soggetta a presso-flessione retta (asse vettore y)

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=2.743,03$  kN

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $Avz=51,65$  cm<sup>2</sup>

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=1.008,21$  kN

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=134,08$  kN\*m

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=180,61$  kN\*m

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338$  N/mm<sup>2</sup>

| x ( m) | Nx    | Tz     | My     | sid_m | Mcy_Rd | Verif? |
|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 0      | 0     | 0      | 0      |       |        |        |
| 0,25   | -0,32 | 0      | 0      |       |        |        |
| 0,5    | -0,63 | -0,51  | 0      |       |        |        |
| 0,75   | -0,94 | -1,75  | -0,13  |       |        |        |
| 1      | -1,26 | -3,21  | -0,57  | 1,6   |        | Si     |
| 1,25   | -1,58 | -4,9   | -1,37  | 3,7   |        | Si     |
| 1,5    | -1,89 | -6,81  | -2,6   | 6,8   |        | Si     |
| 1,75   | -2,21 | -8,93  | -4,29  | 11,1  |        | Si     |
| 2      | -2,53 | -11,28 | -6,53  | 16,8  |        | Si     |
| 2,25   | -2,84 | -13,85 | -9,35  | 23,9  |        | Si     |
| 2,5    | -3,15 | -16,64 | -12,81 | 32,7  |        | Si     |
| 2,75   | -3,47 | -19,65 | -16,97 | 43,2  |        | Si     |
| 3      | -3,79 | -22,89 | -21,89 | 55,7  |        | Si     |
| 3,25   | -4,1  | -26,34 | -27,61 | 70,1  |        | Si     |
| 3,5    | -4,42 | -30,01 | -34,19 | 86,8  |        | Si     |
| 3,75   | -4,73 | -33,91 | -41,7  | 105,7 |        | Si     |
| 4      | -5,05 | -38,03 | -50,18 | 127,1 |        | Si     |
| 4,25   | -5,36 | -42,37 | -59,68 | 151,2 |        | Si     |
| 4,5    | -5,68 | -46,93 | -70,28 | 177,9 |        | Si     |
| 4,75   | -6    | -48,7  | -82,01 | 207,5 |        | Si     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 131 di 190 |

|      |        |        |         |       |    |
|------|--------|--------|---------|-------|----|
| 5    | -6,31  | -47,68 | -94,18  | 238,3 | Si |
| 5,25 | -6,63  | -43,86 | -106,1  | 268,4 | Si |
| 5,5  | -6,94  | -37,26 | -117,07 | 296   | Si |
| 5,75 | -7,26  | -27,86 | -126,38 | 319,6 | Si |
| 6    | -7,58  | -15,68 | -133,35 | 337,2 | Si |
| 6,25 | -7,89  | -0,7   | -137,27 | 347,1 | Si |
| 6,5  | -8,2   | 17,06  | -137,44 | 347,6 | Si |
| 6,75 | -8,52  | 37,62  | -133,18 | 336,9 | Si |
| 7    | -8,84  | 60,97  | -123,78 | 313,2 | Si |
| 7,25 | -9,15  | 80,02  | -108,53 | 274,8 | Si |
| 7,5  | -9,47  | 85,93  | -88,52  | 224,4 | Si |
| 7,75 | -9,78  | 79,84  | -67,04  | 170,3 | Si |
| 8    | -10,1  | 66,84  | -47,08  | 120   | Si |
| 8,25 | -10,41 | 51,92  | -30,37  | 77,9  | Si |
| 8,5  | -10,73 | 36,95  | -17,4   | 45,2  | Si |
| 8,75 | -11,05 | 23,09  | -8,16   | 21,9  | Si |
| 9    | -11,36 | 10,92  | -2,39   | 7,4   | Si |
| 9,25 | -11,67 | 2,43   | 0,35    | 2,3   | Si |
| 9,5  | -11,99 | -1,86  | 0,95    | 3,9   | Si |
| 9,75 | -12,31 | -1,95  | 0,49    | 2,7   | Si |
| 10   | -12,62 | -1,95  | 0       | 1,7   | Si |

## **CALCOLO ARMATURE TRAVE DI CORONAMENTO**

### **Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=1,60 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Taglio massimo,  $T_z=3,20 \text{ kN}$

### **Armatura longitudinale a flessione**

armatura lembo verticale lato monte = 4 fi 14 (6,16 cmq)

armatura lembo verticale lato valle = 4 fi 14 (6,16 cmq)

armatura lembo orizzontale superiore = 1 fi 14 (1,54 cmq)

armatura lembo orizzontale inferiore = 1 fi 14 (1,54 cmq)

l'armatura rispetta i limiti fissati dalla normativa:

- armatura minima in zona tesa = 5,48 cmq
- armatura massima = 160 cmq

### **Verifiche di resistenza a flessione**

momento ultimo della sezione (lembo superiore maggiormente compresso)=103,3 kN\*m

momento ultimo della sezione (lembo inferiore maggiormente compresso)=-103,3 kN\*m

Verifica soddisfatta

### **Armatura trasversale a taglio**

passo max delle staffe prescritto dalla normativa (armatura trasv. minima regolam.re),  $t_c=13,1 \text{ cm}$

Resistenza al taglio dovuta al solo cls,  $T_{cls}=160,52 \text{ kN}$

passo staffe nella trave = 13,1 cm

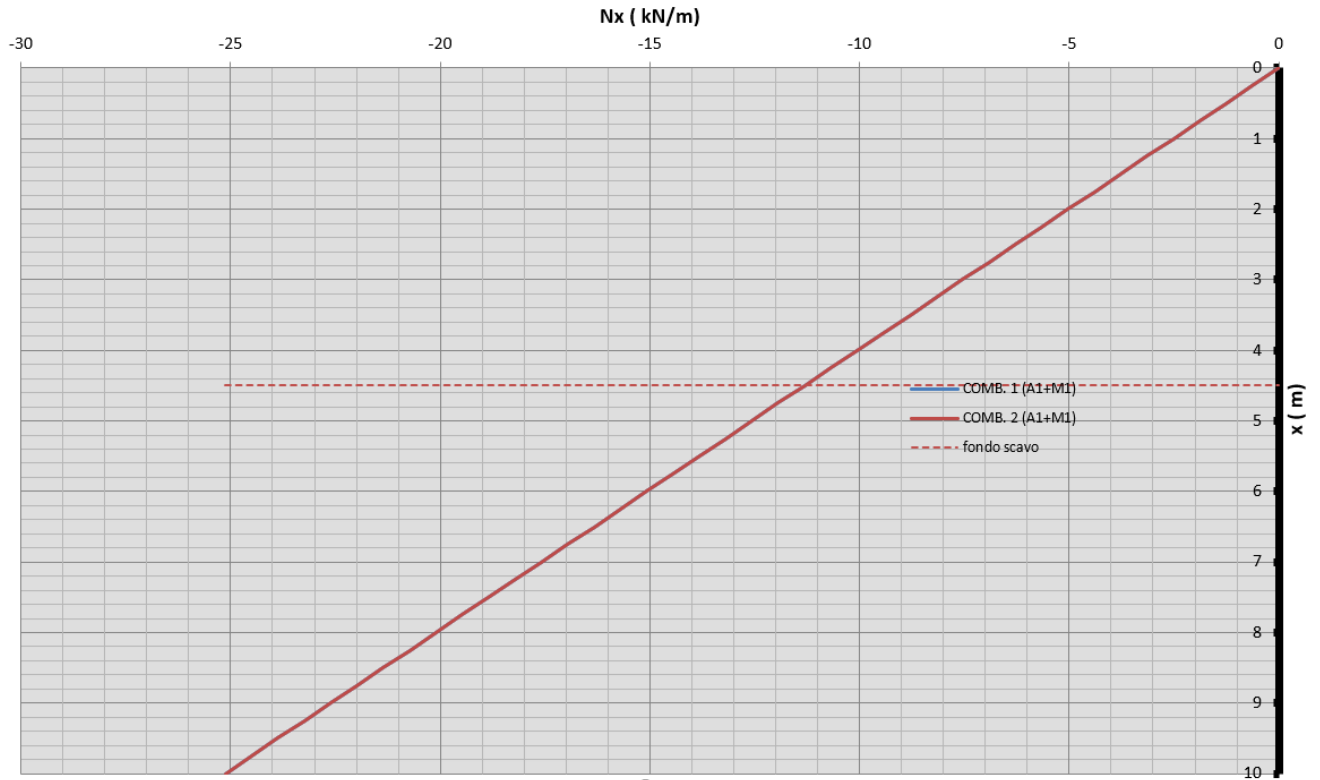
Resistenza di progetto a "taglio compressione" nel tratto  $L_i=L/2$ ,  $V_{rzd}=3.527,78 \text{ kN}$

Resistenza di progetto a "taglio trazione" dell'armatura trasversale nel tratto  $L_i$ ,  $V_{rsd}=150,01 \text{ kN}$

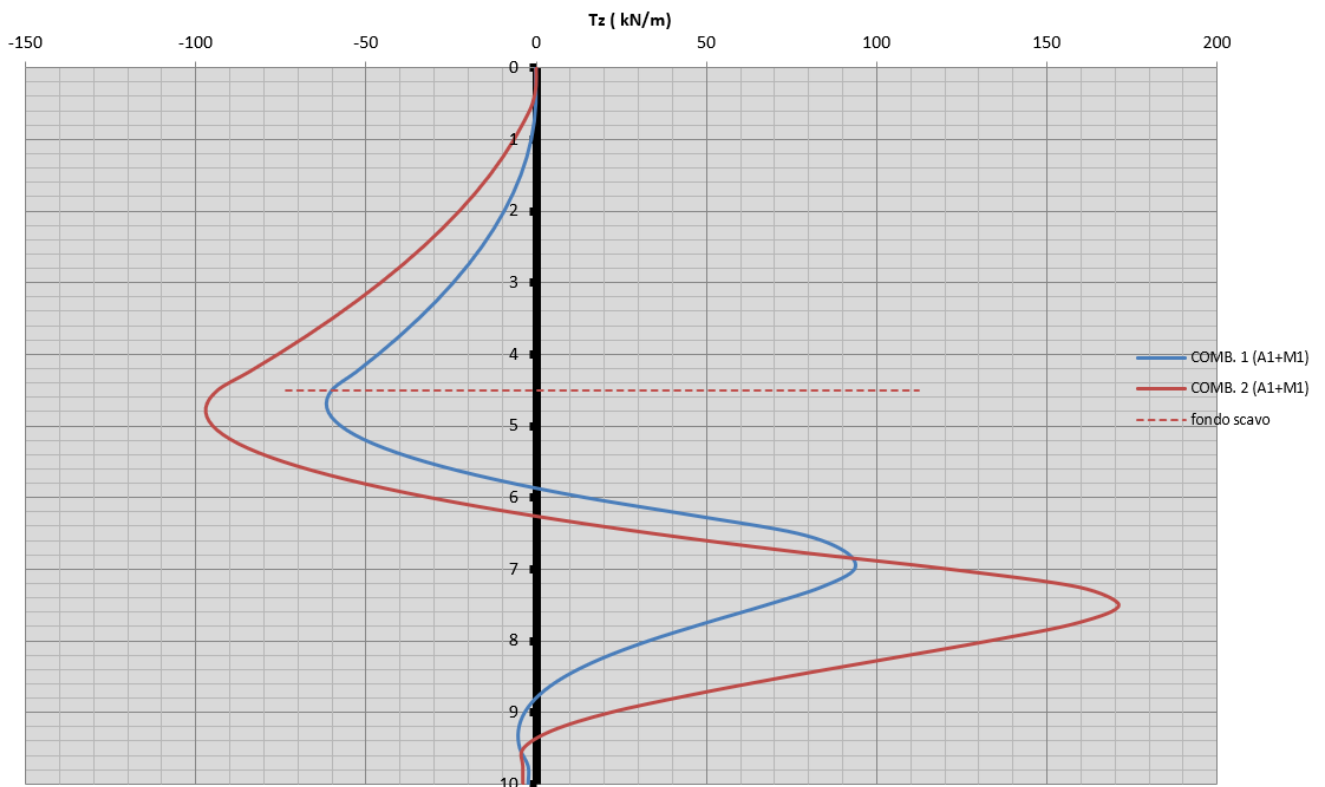
Resistenza di progetto a taglio nel tratto Li,  $V_{rd}=150,01$  kN

### 6.3.7.1 Diagrammi

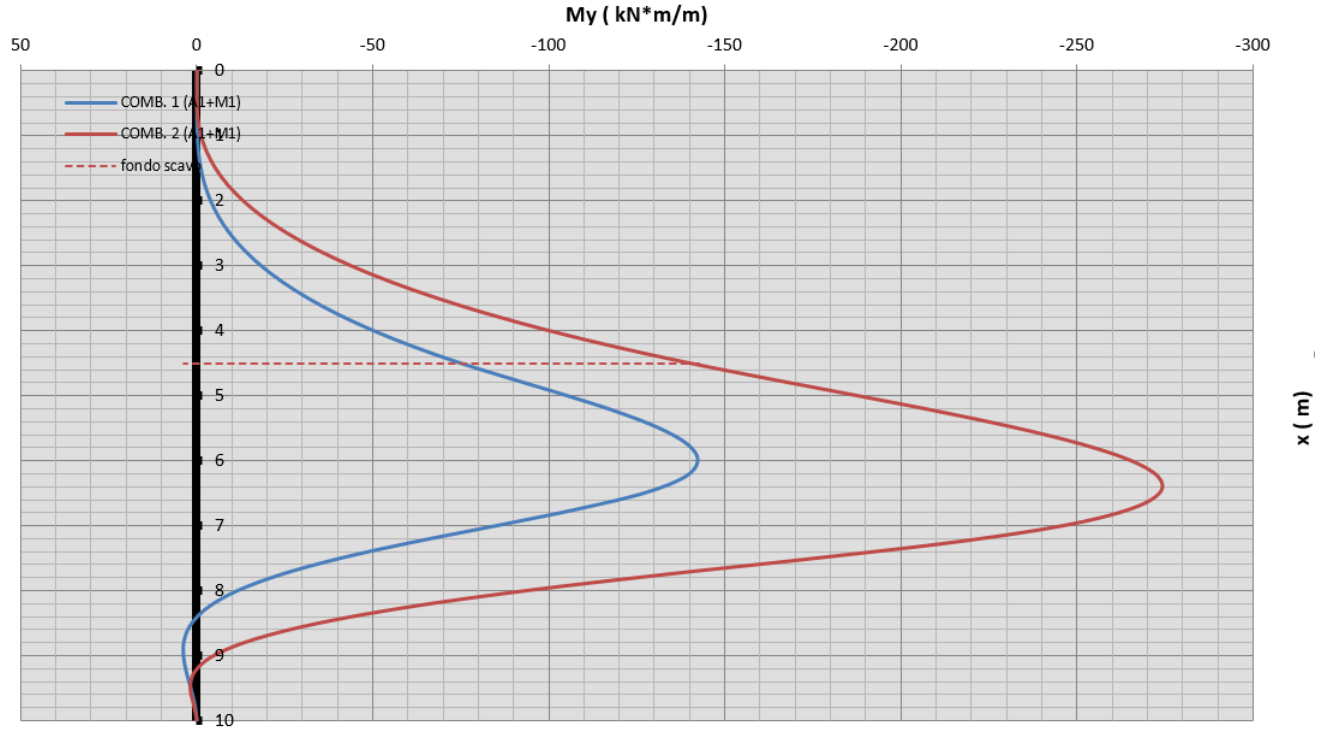
#### DIAGRAMMA DELLO SFORZO NORMALE $N_x(x)$ LUNGO LA PARATIA



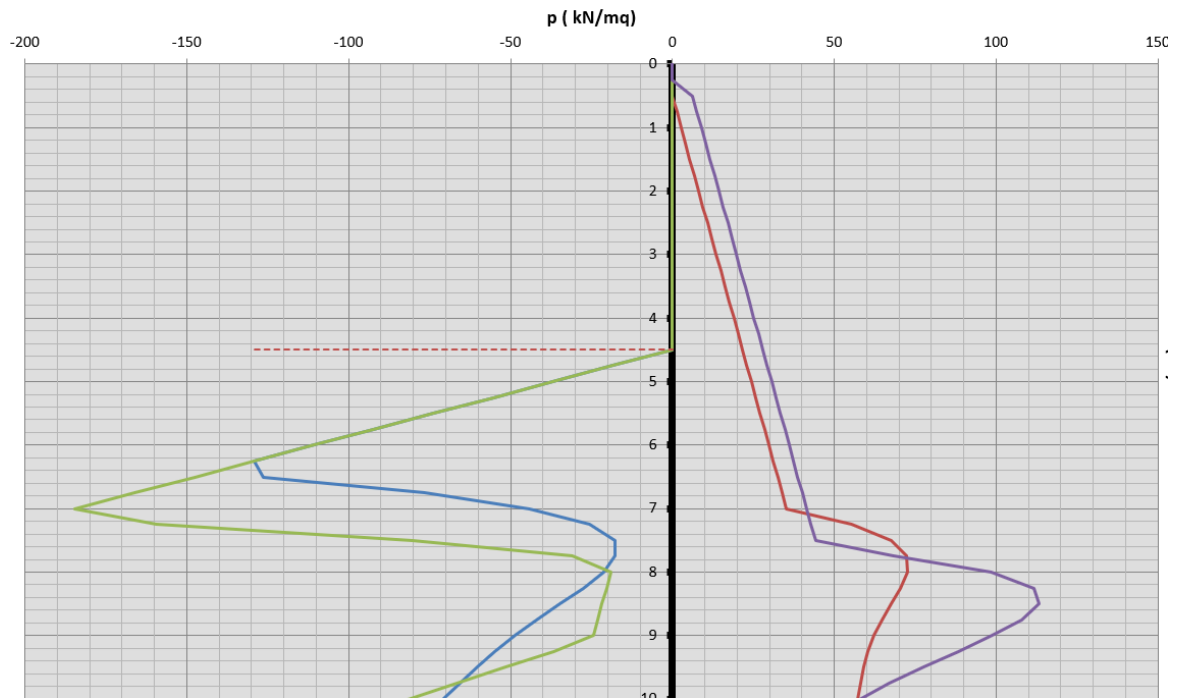
#### DIAGRAMMA DEL TAGLIO $T_z(x)$ LUNGO LA PARATIA



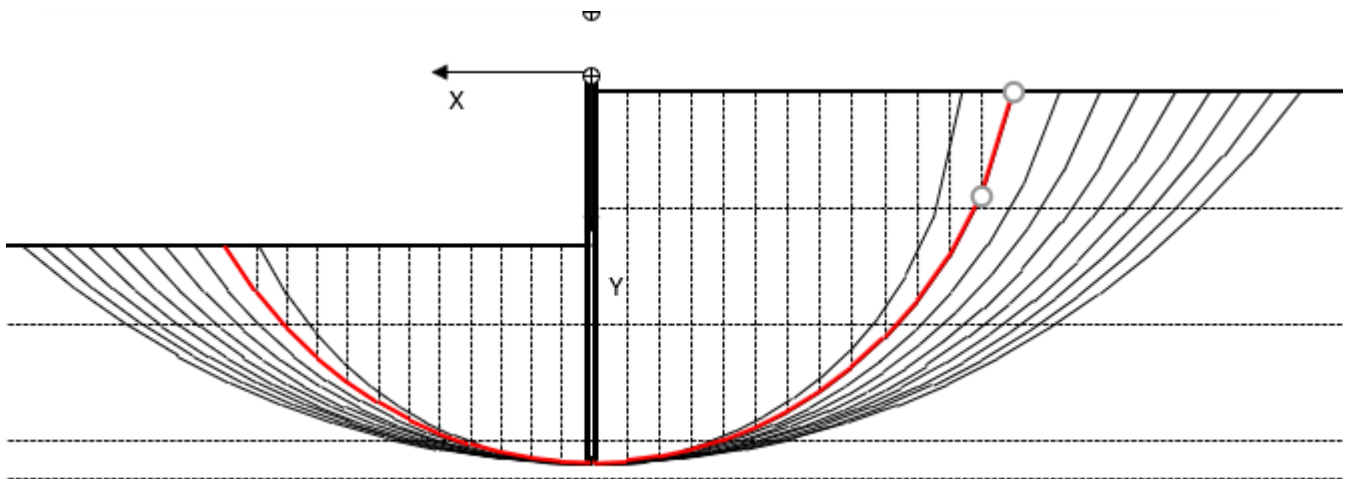
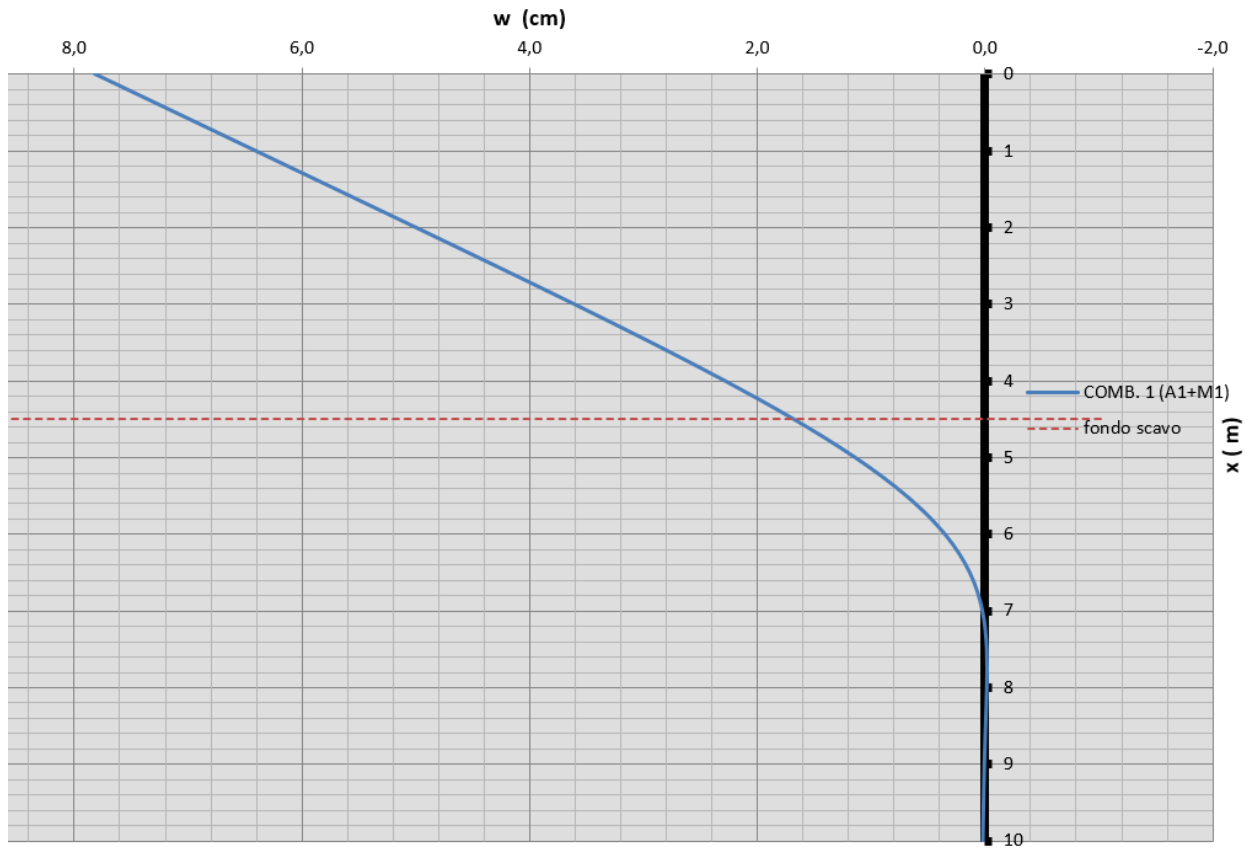
**DIAGRAMMA DEL MOMENTO FLETTENTE  $M_y(x)$  LUNGO LA PARATIA**



**DIAGRAMMA PRESSIONI DI CONTATTO PARETE-TERRENO**

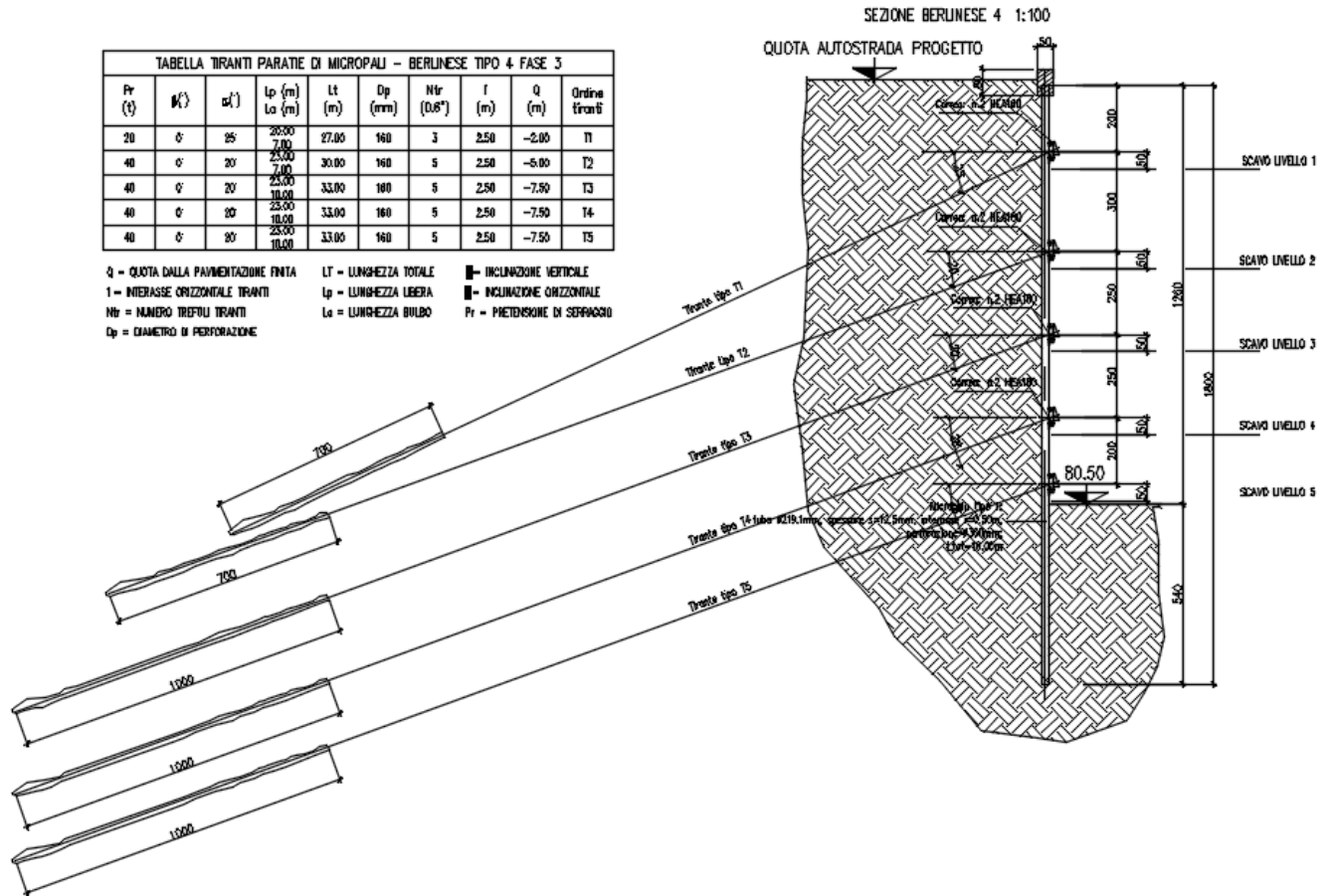


**SPOSTAMENTI ORIZZONTALI DELLA PARATIA**



## 6.4 BERLINESE TIPO 4

Si riportano i dati ed i relativi disegni della berlinese in oggetto:



Sezione berlinese 1

### 6.4.1 CARATTERISTICHE GENERALI

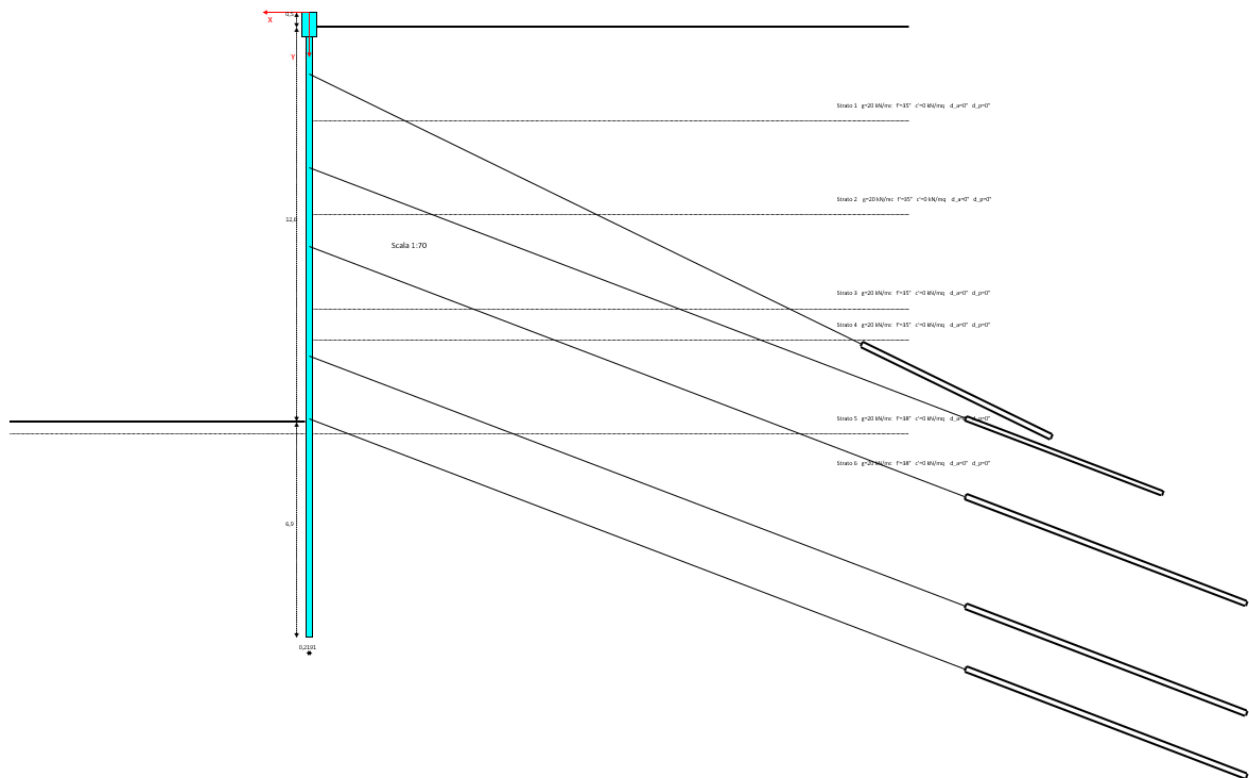
L'inclinazione verticale dei tiranti è pari a  $65^\circ$  per i tiranti del primo ordine e a  $70^\circ$  per gli altri tiranti.

Anche il precarico è uguale per tutti gli ordini di tiranti e pari a 200kN.

Il bulbo dei tiranti verrà eseguito ad iniezioni ripetute e selettive con una valvola al metro lineare di fondazione.

In sommità della paratia è previsto un cordolo di calcestruzzo armato avente sezione pari a 50 cm x 80 cm. Si riportano di seguito i 4 modelli agli elementi finiti implementati:

#### Berlinese tipo 4



### 6.4.2 GEOMETRIA CORDOLI

Si riportano le geometrie delle travi:

|                       | 1° ordine | 2° ordine | 3° ordine | 4° ordine | 5° ordine |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| base orizz.le b (m)   |           |           |           |           |           |
| altezza vertic. h (m) |           |           |           |           |           |
| forma sezione         | HEA       | HEA       | HEA       | HEA       | HEA       |
| Profilato             | HEA 160   | HEA 180   | HEA 180   | HEA 180   | HEA 180   |
| n° elementi           | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         |



### 6.4.3 DESCRIZIONE TERRENI

Nella modellazione agli elementi finiti dei vari tratti di paratia, anche se si è in presenza di una sola tipologia di terreno, si considerano diversi strati aventi le medesime caratteristiche geologico-geotecniche per meglio discretizzare l'entità del coefficiente di Winkler (assunto crescente con la profondità, come meglio spiegato in seguito).

*Simbologia adottata:*

|             |  |
|-------------|--|
| n°          | numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia |
| Descrizione | Descrizione del terreno  |
| $\gamma$    | peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]                     |
| $\gamma_s$  | peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]                 |
| $\phi$      | angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]               |
| $\delta$    | angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]                   |
| c           | coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]             |

#### Berlinese tipo 1

| n° | Descrizione |  | $\gamma$ | $\gamma_s$ | $\phi$ | $\delta$ | c     |
|----|-------------|--|----------|------------|--------|----------|-------|
| 1  | Rilevato 1  |  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 2  | Rilevato 2  |  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 3  | Rilevato 3  |  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |
| 4  | In Situ     |  | 1900.00  | 2000.00    | 38.00  | 0.00     | 0.000 |
| 5  | Rilevato 4  |  | 2000.00  | 2000.00    | 35.00  | 0.00     | 0.000 |

### 6.4.4 DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

Simbologia adottata

|          |   |
|----------|---|
| n°       | numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia              |
| sp       | spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m] |
| kw       | costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm              |
| $\alpha$ | inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)                                  |

Per la costante di Winkler si assume un andamento con la profondità definito dalla seguente espressione

$$K(z) = 0.50 + 0.50 z^{0.50}$$

dove  $K$  è la costante di Winkler espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm e  $z$  è la profondità rispetto alla testa della paratia espressa in metri.

#### Berlinese tipo 1

Altezza fuori terra della paratia      10.20 [m]

Profondità di infissione 8.00 [m]

Altezza totale della paratia 18.00 [m]

| n° | sp   | $\alpha$ | kw   | Terreno    |
|----|------|----------|------|------------|
| 1  | 3.00 | 0.00     | 1.11 | Rilevato1  |
| 2  | 3.00 | 0.00     | 1.56 | Rilevato2  |
| 3  | 3.00 | 0.00     | 1.87 | Rilevato3  |
| 4  | 1.00 | 0.00     | 2.04 | Rilevato 4 |
| 5  | 3.00 | 0.00     | 2.20 | In Situ    |
| 6  | 3.00 | 0.00     | 2.40 | In Situ    |
| 7  | 2.00 | 0.00     | 2.56 | In Situ    |

#### 6.4.5 CONDIZIONI DI CARICO

*Simbologia e convenzioni adottate*

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

$X_i$  ascissa del punto iniziale di applicazione del carico

$X_f$  ascissa del punto finale di applicazione del carico

$Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]

Per tutte le tipologie di berlinesi (1.1,1.2,1.3,1.4) si considera le seguente condizioni di carico:

##### Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo  $X_i = 0.00$        $X_f = 30.00$        $Q_i = 500$        $Q_f = 500$

#### 6.4.6 IMPOSTAZIONI DI PROGETTO

##### **Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche**

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

| Carichi    | Effetto     |                  | A1   | A2   |
|------------|-------------|------------------|------|------|
| Permanenti | Favorevole  | $\gamma_{Gfav}$  | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti | Sfavorevole | $\gamma_{Gsfav}$ | 1.30 | 1.00 |
| Variabili  | Favorevole  | $\gamma_{Qfav}$  | 0.00 | 0.00 |
| Variabili  | Sfavorevole | $\gamma_{Qsfav}$ | 1.50 | 1.30 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri                       |                     | M1   | M2   |
|---------------------------------|---------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{\tan\phi}$ | 1.00 | 1.25 |

## RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 139 di 190 |

|                                      |               |      |      |
|--------------------------------------|---------------|------|------|
| Coesione efficace                    | $\gamma_c$    | 1.00 | 1.25 |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$ | 1.00 | 1.40 |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$ | 1.00 | 1.60 |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_Y$    | 1.00 | 1.00 |

## 6.4.7 IMPOSTAZIONI DI ANALISI

### 6.4.7.1 Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite o per spostamento limite molle pari a 1.50cm

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per condizioni di esercizio

Analisi per coefficienti tipo A1-M1

Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

## 6.4.8 VERIFICHE BERLINESE TIPO4

In seguito vengono riportati I tabulate di verifica estrapolati dall programma di calcolo:

### VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

#### COMB. 1 (SLU-F)

#### SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA PARATIA (calcolo FEM)

##### Sovraccarichi di progetto sui terrapieni

Terreno di monte,  $q_{1d}=0,00$  kN/mq

Terreno di valle,  $q_{2d}=0,00$  kN/mq

##### Parametri geotecnici di progetto

###### strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'\_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt\_ad=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt\_pd=0$  (°)

###### strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi\_d=35$  (°)

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 140 di 190 |

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\text{Delt}_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\text{Delt}_{pd}=0$  (°)

strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $\text{Fi}_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\text{Delt}_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\text{Delt}_{pd}=0$  (°)

strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $\text{Fi}_d=35$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\text{Delt}_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\text{Delt}_{pd}=0$  (°)

strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $\text{Fi}_d=38$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\text{Delt}_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\text{Delt}_{pd}=0$  (°)

strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $\text{Fi}_d=38$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\text{Delt}_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\text{Delt}_{pd}=0$  (°)

**Coefficienti di spinta**

strato 1

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 2

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 3

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 4

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=3,690172$

strato 5

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

strato 6

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$

coeff. di spinta a riposo,  $K_o=0,384339$

coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$

**Numero di iterazioni nel calcolo non lineare e sollecitazioni**

Numero di iterazione effettuate = 6

errore iterazione 0 = 0,004482

errore iterazione 1 = 0,385971

errore iterazione 2 = 0,033394

errore iterazione 3 = 0,018698

errore iterazione 4 = 0,003524

errore iterazione 5 = 0,00121

errore iterazione 6 = 0

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 142 di 190 |

| sez./nodo | x ( m) | Nx ( kN/m) | Tz ( kN/m) | My ( kN*m/m) |
|-----------|--------|------------|------------|--------------|
| 1         | 0      | 0          | 0          | 0            |
| 2         | 0,25   | -0,63      | 0          | 0            |
| 3         | 0,5    | -1,26      | 0          | 0            |
| 4         | 0,75   | -1,88      | -0,44      | 0            |
| 5         | 1      | -2,51      | -1,32      | -0,11        |
| 6         | 1,25   | -3,14      | -2,64      | -0,44        |
| 7         | 1,5    | -3,77      | -4,4       | -1,1         |
| 8         | 1,75   | -4,4       | -6,61      | -2,2         |
| 9         | 2      | -5,03      | -6,61      | -3,85        |
| 9         | 2      | -24,09     | 31,63      | -3,85        |
| 10        | 2,25   | -24,71     | 28,54      | 4,05         |
| 11        | 2,5    | -25,34     | 25,02      | 11,19        |
| 12        | 2,75   | -25,97     | 21,06      | 17,44        |
| 13        | 3      | -26,6      | 16,65      | 22,71        |
| 14        | 3,25   | -27,23     | 11,81      | 26,87        |
| 15        | 3,5    | -27,85     | 6,53       | 29,82        |
| 16        | 3,75   | -28,48     | 0,8        | 31,46        |
| 17        | 4      | -29,11     | -5,36      | 31,66        |
| 18        | 4,25   | -29,74     | -11,97     | 30,32        |
| 19        | 4,5    | -30,37     | -19,02     | 27,32        |
| 20        | 4,75   | -30,99     | -26,5      | 22,57        |
| 21        | 5      | -31,62     | -26,5      | 15,94        |
| 21        | 5      | -68,48     | 66,83      | 15,94        |
| 22        | 5,25   | -69,11     | 58,47      | 32,65        |
| 23        | 5,5    | -69,74     | 49,66      | 47,27        |
| 24        | 5,75   | -70,36     | 40,41      | 59,69        |
| 25        | 6      | -70,99     | 30,73      | 69,79        |
| 26        | 6,25   | -71,62     | 20,6       | 77,47        |
| 27        | 6,5    | -72,25     | 10,03      | 82,62        |
| 28        | 6,75   | -72,88     | -0,98      | 85,13        |
| 29        | 7      | -73,5      | -12,43     | 84,88        |
| 30        | 7,25   | -74,13     | -24,32     | 81,77        |
| 31        | 7,5    | -74,76     | -24,32     | 75,69        |
| 31        | 7,5    | -124,83    | 100,92     | 75,69        |
| 32        | 7,75   | -125,46    | 88,15      | 100,92       |
| 33        | 8      | -126,09    | 74,94      | 122,96       |
| 34        | 8,25   | -126,72    | 61,29      | 141,69       |
| 35        | 8,5    | -127,34    | 47,19      | 157,02       |
| 36        | 8,75   | -127,97    | 32,66      | 168,81       |
| 37        | 9      | -128,6     | 17,69      | 176,98       |
| 38        | 9,25   | -129,23    | 2,28       | 181,4        |
| 39        | 9,5    | -129,86    | -13,58     | 181,97       |
| 40        | 9,75   | -130,49    | -29,87     | 178,58       |
| 41        | 10     | -131,11    | -46,6      | 171,11       |
| 42        | 10,25  | -131,74    | -63,78     | 159,46       |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 143 di 190 |

|    |       |         |         |         |
|----|-------|---------|---------|---------|
| 43 | 10,5  | -132,37 | -81,39  | 143,51  |
| 44 | 10,75 | -133    | -97,24  | 123,17  |
| 45 | 11    | -133,63 | -97,24  | 98,86   |
| 45 | 11    | -175,87 | 2,59    | 98,86   |
| 46 | 11,25 | -176,5  | -14,04  | 99,5    |
| 47 | 11,5  | -177,13 | -31,04  | 96      |
| 48 | 11,75 | -177,75 | -48,44  | 88,23   |
| 49 | 12    | -178,38 | -66,22  | 76,12   |
| 50 | 12,25 | -179,01 | -84,39  | 59,57   |
| 51 | 12,5  | -179,64 | -102,94 | 38,47   |
| 52 | 12,75 | -180,27 | -121,89 | 12,74   |
| 53 | 13    | -180,89 | -121,89 | -17,74  |
| 53 | 13    | -203,49 | -73,34  | -17,74  |
| 54 | 13,1  | -203,74 | -85,03  | -25,07  |
| 55 | 13,3  | -204,24 | -96,5   | -42,08  |
| 56 | 13,5  | -204,74 | -104,75 | -61,38  |
| 57 | 13,75 | -205,37 | -107,48 | -87,56  |
| 58 | 14    | -206    | -103,76 | -114,43 |
| 59 | 14,25 | -206,63 | -93,6   | -140,37 |
| 60 | 14,5  | -207,26 | -76,99  | -163,77 |
| 61 | 14,75 | -207,88 | -53,94  | -183,02 |
| 62 | 15    | -208,51 | -24,44  | -196,5  |
| 63 | 15,25 | -209,14 | 11,5    | -202,62 |
| 64 | 15,5  | -209,77 | 53,88   | -199,74 |
| 65 | 15,75 | -210,4  | 102,71  | -186,27 |
| 66 | 16    | -211,02 | 144,71  | -160,59 |
| 67 | 16,25 | -211,65 | 153,61  | -124,42 |
| 68 | 16,5  | -212,28 | 136,35  | -86,01  |
| 69 | 16,75 | -212,91 | 103,9   | -51,93  |
| 70 | 17    | -213,54 | 69,56   | -25,95  |
| 71 | 17,25 | -214,17 | 40,32   | -8,56   |
| 72 | 17,5  | -214,79 | 18,74   | 1,52    |
| 73 | 17,75 | -215,42 | 4,77    | 6,2     |
| 74 | 18    | -216,05 | -2,96   | 7,39    |
| 75 | 18,25 | -216,68 | -6,22   | 6,66    |
| 76 | 18,5  | -217,31 | -6,69   | 5,1     |
| 77 | 18,75 | -217,93 | -5,68   | 3,43    |
| 78 | 19    | -218,56 | -4,1    | 2,01    |
| 79 | 19,25 | -219,19 | -2,5    | 0,98    |
| 80 | 19,5  | -219,82 | -1,18   | 0,36    |
| 81 | 19,75 | -220,45 | -0,25   | 0,06    |
| 82 | 20    | -221,07 | -0,25   | 0       |

**REAZIONI VINCOLARI E PRESSIONI DI CONTATTO TERRENO-PARATIA (calcolo FEM)**

RvX = componente della reazione vincolare lungo X ( kN/m)

RvY = componente della reazione vincolare lungo Y ( kN/m)

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 144 di 190 |

RvZ = componente momento della reazione vincolare ( kN\*m/m)

pXv = pressione orizzontale del terreno (molle di valle) ( kN/mq)

pXm = pressione orizzontale del terreno (molle di monte) ( kN/mq)

| sez./nodo | x ( m) | RvX    | RvY   | RvZ | pXv | pXm   |
|-----------|--------|--------|-------|-----|-----|-------|
| 3         | 0,5    | 0      | 0     | 0   | 0   | 0     |
| 4         | 0,75   | 0,34   | 0     | 0   | 0   | 1,35  |
| 5         | 1      | 0,68   | 0     | 0   | 0   | 2,71  |
| 6         | 1,25   | 1,02   | 0     | 0   | 0   | 4,06  |
| 7         | 1,5    | 1,36   | 0     | 0   | 0   | 5,42  |
| 8         | 1,75   | 1,69   | 0     | 0   | 0   | 6,77  |
| 9         | 2      | -29,41 | 14,66 | 0   | 0   | 8,13  |
| 10        | 2,25   | 2,37   | 0     | 0   | 0   | 9,48  |
| 11        | 2,5    | 2,71   | 0     | 0   | 0   | 10,84 |
| 12        | 2,75   | 3,05   | 0     | 0   | 0   | 12,19 |
| 13        | 3      | 3,39   | 0     | 0   | 0   | 13,55 |
| 14        | 3,25   | 3,73   | 0     | 0   | 0   | 14,9  |
| 15        | 3,5    | 4,06   | 0     | 0   | 0   | 16,26 |
| 16        | 3,75   | 4,4    | 0     | 0   | 0   | 17,61 |
| 17        | 4      | 4,74   | 0     | 0   | 0   | 18,97 |
| 18        | 4,25   | 5,08   | 0     | 0   | 0   | 20,32 |
| 19        | 4,5    | 5,42   | 0     | 0   | 0   | 21,68 |
| 20        | 4,75   | 5,76   | 0     | 0   | 0   | 23,03 |
| 21        | 5      | -71,8  | 28,35 | 0   | 0   | 24,39 |
| 22        | 5,25   | 6,44   | 0     | 0   | 0   | 25,74 |
| 23        | 5,5    | 6,77   | 0     | 0   | 0   | 27,1  |
| 24        | 5,75   | 7,11   | 0     | 0   | 0   | 28,45 |
| 25        | 6      | 7,45   | 0     | 0   | 0   | 29,81 |
| 26        | 6,25   | 7,79   | 0     | 0   | 0   | 31,16 |
| 27        | 6,5    | 8,13   | 0     | 0   | 0   | 32,52 |
| 28        | 6,75   | 8,47   | 0     | 0   | 0   | 33,87 |
| 29        | 7      | 8,81   | 0     | 0   | 0   | 35,23 |
| 30        | 7,25   | 9,15   | 0     | 0   | 0   | 36,58 |
| 31        | 7,5    | -96,34 | 38,52 | 0   | 0   | 37,94 |
| 32        | 7,75   | 9,82   | 0     | 0   | 0   | 39,29 |
| 33        | 8      | 10,16  | 0     | 0   | 0   | 40,65 |
| 34        | 8,25   | 10,5   | 0     | 0   | 0   | 42    |
| 35        | 8,5    | 10,84  | 0     | 0   | 0   | 43,36 |
| 36        | 8,75   | 11,18  | 0     | 0   | 0   | 44,71 |
| 37        | 9      | 11,52  | 0     | 0   | 0   | 46,07 |
| 38        | 9,25   | 11,86  | 0     | 0   | 0   | 47,42 |
| 39        | 9,5    | 12,19  | 0     | 0   | 0   | 48,78 |
| 40        | 9,75   | 12,53  | 0     | 0   | 0   | 50,13 |
| 41        | 10     | 12,87  | 0     | 0   | 0   | 51,49 |
| 42        | 10,25  | 13,21  | 0     | 0   | 0   | 52,84 |
| 43        | 10,5   | 13,55  | 0     | 0   | 0   | 54,2  |
| 44        | 10,75  | 12,19  | 0     | 0   | 0   | 48,77 |



**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 145 di 190 |

|    |       |        |         |   |         |        |
|----|-------|--------|---------|---|---------|--------|
| 45 | 11    | -76,79 | 32,49   | 0 | 0       | 49,96  |
| 46 | 11,25 | 12,79  | 0       | 0 | 0       | 51,14  |
| 47 | 11,5  | 13,08  | 0       | 0 | 0       | 52,33  |
| 48 | 11,75 | 13,38  | 0       | 0 | 0       | 53,52  |
| 49 | 12    | 13,68  | 0       | 0 | 0       | 54,71  |
| 50 | 12,25 | 13,98  | 0       | 0 | 0       | 55,9   |
| 51 | 12,5  | 14,27  | 0       | 0 | 0       | 57,09  |
| 52 | 12,75 | 14,57  | 0       | 0 | 0       | 58,28  |
| 53 | 13    | -37,34 | 17,38   | 0 | 0       | 59,47  |
| 54 | 13,1  | 8,99   | 0       | 0 | 0       | 59,95  |
| 55 | 13,3  | 8,82   | 0       | 0 | -16,81  | 60,9   |
| 56 | 13,5  | 6,35   | 0       | 0 | -33,63  | 61,85  |
| 57 | 13,75 | 2,1    | 0       | 0 | -54,65  | 63,04  |
| 58 | 14    | -2,86  | 0       | 0 | -75,67  | 64,23  |
| 59 | 14,25 | -7,82  | 0       | 0 | -96,69  | 65,42  |
| 60 | 14,5  | -12,77 | 0       | 0 | -117,7  | 66,61  |
| 61 | 14,75 | -17,73 | 0       | 0 | -138,72 | 67,8   |
| 62 | 15    | -22,69 | 0       | 0 | -159,74 | 68,99  |
| 63 | 15,25 | -27,65 | 0       | 0 | -180,76 | 70,18  |
| 64 | 15,5  | -32,6  | 0       | 0 | -201,78 | 71,36  |
| 65 | 15,75 | -37,56 | 0       | 0 | -222,8  | 72,55  |
| 66 | 16    | -32,3  | 0       | 0 | -202,96 | 73,74  |
| 67 | 16,25 | -6,85  | 0       | 0 | -102,32 | 74,93  |
| 68 | 16,5  | 13,28  | 0       | 0 | -48,01  | 101,11 |
| 69 | 16,75 | 24,96  | 0       | 0 | -26,56  | 126,41 |
| 70 | 17    | 26,41  | 0       | 0 | -25,58  | 131,23 |
| 71 | 17,25 | 22,5   | 0       | 0 | -35,33  | 125,32 |
| 72 | 17,5  | 16,6   | 0       | 0 | -49,05  | 115,44 |
| 73 | 17,75 | 10,74  | 0       | 0 | -62,68  | 105,66 |
| 74 | 18    | 5,94   | 0       | 0 | -74,2   | 97,98  |
| 75 | 18,25 | 2,51   | 0       | 0 | -82,99  | 93,04  |
| 76 | 18,5  | 0,36   | 0       | 0 | -89,21  | 90,66  |
| 77 | 18,75 | -0,78  | 0       | 0 | -93,41  | 90,3   |
| 78 | 19    | -1,22  | 0       | 0 | -96,21  | 91,35  |
| 79 | 19,25 | -1,23  | 0       | 0 | -98,15  | 93,25  |
| 80 | 19,5  | -1,02  | 0       | 0 | -99,66  | 95,59  |
| 81 | 19,75 | -0,72  | 0       | 0 | -100,97 | 98,11  |
| 82 | 20    | -0,19  | -170,06 | 0 | -102,24 | 100,69 |

**PERCENTUALI DI SPINTA PASSIVA MOBILITATA**

Spinta passiva mobilitata a monte = 9,4%

Spinta passiva mobilitata a valle = 55,7%

**VERIFICA CONDIZIONI DI EQUILIBRIO (calcolo FEM)**
**Equilibrio alla traslazione orizzontale**

 somma delle forze esterne orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $S_{me}=0,00$  kN/m

spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $S_{ve}=0,00$  kN/m

somma delle reazioni vincolari lungo X,  $SommRvX=0,00$  kN/m

equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale:  $S_{Fx}+S_{me}+S_{ve}+SommRvX=0,00$  kN/m

#### **Equilibrio alla traslazione verticale**

peso proprio della paratia,  $W_p=38,66$  kN/m

somma delle forze verticali applicate alla paratia,  $S_{Fy}=0,00$  kN/m

somma delle reazioni vincolari lungo Y,  $SommRvY=-38,66$  kN/m

equazione di equilibrio alla traslazione verticale:  $W_p+S_{Fy}+SommRvY=0,00$  kN/m

#### **Equilibrio alla rotazione (attorno al primo nodo)**

momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $M_{Fx}=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $M_{Sme}=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $M_{Sve}=0,00$  kN\*m/m

momento delle reazioni vincolari lungo X,  $M_{RvX}=0,00$  kN\*m/m

equazione di equilibrio alla rotazione:  $M_{Fx}+M_{Sme}+M_{Sve}+M_{RvX}=0,00$  kN\*m/m

#### **Spinte orizzontali**

spinta delle terre di monte,  $S_m=1.009,85$  kN/m

spinta delle terre di valle,  $S_v=-657,67$  kN/m

somma componenti orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $S_{Tx}=-352,18$  kN/m

somma forze orizzontali applicate alla paratia,  $S_{Fx}=0,00$  kN/m

spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $S_{me}=0,00$  kN/m

spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $S_{ve}=0,00$  kN/m

#### **Momenti delle spinte orizzontali rispetto al primo nodo**

momento della spinta delle terre di monte,  $M_{Sm}=13.701,38$  kN\*m/m

momento della spinta delle terre di valle,  $M_{Sv}=-10.852,60$  kN\*m/m

momento delle compon. orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $M_{Tx}=-2.848,78$  kN\*m/m

momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $M_{Fx}=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $M_{Sme}=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $M_{Sve}=0,00$  kN\*m/m

### **SFORZI NEI TIRANTI/PUNTONI (calcolo**

#### **FEM)**

$TX^*$ =sforzo lungo l'asse globale X per metro lineare di paratia ( kN/m)

$TY^*$ =sforzo lungo l'asse globale Y per metro lineare di paratia ( kN/m)

$TX$ =sforzo lungo l'asse globale X nel singolo tirante/puntone ( kN)

$TY$ =sforzo lungo l'asse globale Y nel singolo tirante/puntone ( kN)

$F_a$ =sforzo di trazione/compressione nel singolo tirante/puntone ( kN)

$F_{ad}=gGs \times F_a$  sforzo di trazione/compressione di progetto nel singolo tirante/puntone ( kN)

| Ordine | $TX^*$  | $TY^*$ | $TX$    | $TY$  | $F_a$  | $F_{ad}$ |
|--------|---------|--------|---------|-------|--------|----------|
| 1      | -31,44  | 14,66  | -78,60  | 36,65 | 86,73  | 112,75   |
| 2      | -77,89  | 28,35  | -194,74 | 70,88 | 207,23 | 269,40   |
| 3      | -105,82 | 38,52  | -264,55 | 96,29 | 281,53 | 365,99   |
| 4      | -89,28  | 32,49  | -223,20 | 81,24 | 237,52 | 308,78   |
| 5      | -47,75  | 17,38  | -119,37 | 43,45 | 127,03 | 165,13   |

### **SPOSTAMENTI NODALI (calcolo FEM)**

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 147 di 190 |

w = spostamento orizzontale (lungo l'asse globale X, coincidente con l'asse locale z)

u = spostamento verticale (lungo l'asse globale Y, coincidente con l'asse locale x)

| sez./nodo | x ( m ) | w (cm) | u (cm) | rot.<br>(rad) |
|-----------|---------|--------|--------|---------------|
| 1         | 0       | -0,367 | 0,038  | 0,0131        |
| 2         | 0,25    | -0,04  | 0,038  | 0,0131        |
| 3         | 0,5     | 0,287  | 0,038  | 0,0131        |
| 4         | 0,75    | 0,614  | 0,038  | 0,0131        |
| 5         | 1       | 0,941  | 0,038  | 0,0131        |
| 6         | 1,25    | 1,268  | 0,038  | 0,0131        |
| 7         | 1,5     | 1,596  | 0,038  | 0,0131        |
| 8         | 1,75    | 1,923  | 0,038  | 0,0131        |
| 9         | 2       | 2,251  | 0,038  | 0,0131        |
| 10        | 2,25    | 2,58   | 0,038  | 0,0131        |
| 11        | 2,5     | 2,908  | 0,038  | 0,0131        |
| 12        | 2,75    | 3,233  | 0,038  | 0,0129        |
| 13        | 3       | 3,555  | 0,038  | 0,0128        |
| 14        | 3,25    | 3,871  | 0,038  | 0,0126        |
| 15        | 3,5     | 4,182  | 0,037  | 0,0123        |
| 16        | 3,75    | 4,487  | 0,037  | 0,0121        |
| 17        | 4       | 4,785  | 0,037  | 0,0118        |
| 18        | 4,25    | 5,076  | 0,037  | 0,0115        |
| 19        | 4,5     | 5,361  | 0,037  | 0,0113        |
| 20        | 4,75    | 5,64   | 0,037  | 0,0111        |
| 21        | 5       | 5,914  | 0,037  | 0,0109        |
| 22        | 5,25    | 6,184  | 0,037  | 0,0107        |
| 23        | 5,5     | 6,447  | 0,036  | 0,0103        |
| 24        | 5,75    | 6,699  | 0,036  | 0,0099        |
| 25        | 6       | 6,94   | 0,036  | 0,0093        |
| 26        | 6,25    | 7,165  | 0,036  | 0,0087        |
| 27        | 6,5     | 7,373  | 0,035  | 0,008         |
| 28        | 6,75    | 7,564  | 0,035  | 0,0073        |
| 29        | 7       | 7,737  | 0,035  | 0,0065        |
| 30        | 7,25    | 7,891  | 0,034  | 0,0058        |
| 31        | 7,5     | 8,028  | 0,034  | 0,0051        |
| 32        | 7,75    | 8,148  | 0,034  | 0,0044        |
| 33        | 8       | 8,246  | 0,033  | 0,0034        |
| 34        | 8,25    | 8,318  | 0,033  | 0,0023        |
| 35        | 8,5     | 8,359  | 0,032  | 0,001         |
| 36        | 8,75    | 8,367  | 0,032  | -0,0004       |
| 37        | 9       | 8,338  | 0,031  | -0,0019       |
| 38        | 9,25    | 8,272  | 0,031  | -0,0034       |
| 39        | 9,5     | 8,167  | 0,03   | -0,005        |
| 40        | 9,75    | 8,022  | 0,03   | -0,0065       |
| 41        | 10      | 7,84   | 0,029  | -0,008        |
| 42        | 10,25   | 7,621  | 0,029  | -0,0095       |
| 43        | 10,5    | 7,367  | 0,028  | -0,0108       |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 148 di 190 |

|    |       |        |       |         |
|----|-------|--------|-------|---------|
| 44 | 10,75 | 7,083  | 0,028 | -0,0119 |
| 45 | 11    | 6,773  | 0,027 | -0,0129 |
| 46 | 11,25 | 6,44   | 0,027 | -0,0137 |
| 47 | 11,5  | 6,086  | 0,026 | -0,0146 |
| 48 | 11,75 | 5,712  | 0,025 | -0,0154 |
| 49 | 12    | 5,319  | 0,025 | -0,0161 |
| 50 | 12,25 | 4,91   | 0,024 | -0,0167 |
| 51 | 12,5  | 4,488  | 0,023 | -0,0171 |
| 52 | 12,75 | 4,058  | 0,023 | -0,0173 |
| 53 | 13    | 3,625  | 0,022 | -0,0173 |
| 54 | 13,1  | 3,452  | 0,022 | -0,0172 |
| 55 | 13,3  | 3,111  | 0,021 | -0,017  |
| 56 | 13,5  | 2,774  | 0,021 | -0,0166 |
| 57 | 13,75 | 2,367  | 0,02  | -0,016  |
| 58 | 14    | 1,978  | 0,019 | -0,0151 |
| 59 | 14,25 | 1,613  | 0,018 | -0,014  |
| 60 | 14,5  | 1,279  | 0,018 | -0,0127 |
| 61 | 14,75 | 0,98   | 0,017 | -0,0112 |
| 62 | 15    | 0,72   | 0,016 | -0,0096 |
| 63 | 15,25 | 0,502  | 0,015 | -0,0079 |
| 64 | 15,5  | 0,327  | 0,014 | -0,0061 |
| 65 | 15,75 | 0,195  | 0,014 | -0,0045 |
| 66 | 16    | 0,102  | 0,013 | -0,003  |
| 67 | 16,25 | 0,044  | 0,012 | -0,0017 |
| 68 | 16,5  | 0,012  | 0,011 | -0,0008 |
| 69 | 16,75 | -0,001 | 0,01  | -0,0002 |
| 70 | 17    | -0,002 | 0,01  | 0,0001  |
| 71 | 17,25 | 0,002  | 0,009 | 0,0002  |
| 72 | 17,5  | 0,008  | 0,008 | 0,0003  |
| 73 | 17,75 | 0,015  | 0,007 | 0,0002  |
| 74 | 18    | 0,02   | 0,007 | 0,0002  |
| 75 | 18,25 | 0,023  | 0,006 | 0,0001  |
| 76 | 18,5  | 0,025  | 0,005 | 0,0001  |
| 77 | 18,75 | 0,026  | 0,004 | 0       |
| 78 | 19    | 0,027  | 0,003 | 0       |
| 79 | 19,25 | 0,027  | 0,002 | 0       |
| 80 | 19,5  | 0,026  | 0,002 | 0       |
| 81 | 19,75 | 0,026  | 0,001 | 0       |
| 82 | 20    | 0,025  | 0     | 0       |

**VERIFICA AL CARICO LIMITE VERTICALE**
**Parametri geotecnici di progetto**

coesione = 0,00 kN/mq

angolo di resistenza al taglio = 38°

**Resistenza alla punta**

fattore  $N_q$  (Berezantzev) = 118,83

fattore  $N_c$  = 150,82

tensione litostatica verticale totale alla profondità  $L$ ,  $s_{VL}=390,00$  kN/mq

pressione neutra alla profondità  $L$ ,  $u_L=0,00$  kN/mq

tensione litostatica verticale efficace alla profondità  $L$ ,  $s'_{VL}=390,00$  kN/mq

Resistenza unitaria alla punta,  $p=46.343,61$  kN/mq

Resistenza alla punta,  $P_{max}=3.478,33$  kN

#### **Resistenza laterale**

Resistenza laterale,  $S_{max}=1.038,91$  kN

#### **Resistenza alla punta e laterale di progetto**

Resistenza alla punta (valore medio) = 3.478,33 kN

Resistenza alla punta (valore minimo) = 3.478,33 kN

Resistenza laterale (valore medio) = 1.038,91 kN

Resistenza laterale (valore minimo) = 1.038,91 kN

Fattore di correlazione,  $\alpha_3=1,7$

Fattore di correlazione,  $\alpha_4=1,7$

Resistenza alla punta (valore caratteristico) = 2.046,08 kN

Resistenza laterale (valore caratteristico) = 611,12 kN

Resistenza alla punta di progetto,  $P_{max\_d}=1.779,20$  kN

Resistenza laterale di progetto,  $S_{max\_d}=531,41$  kN

#### **Carico limite per carichi assiali di compressione**

$Q_{lim\_d} = P_{max\_d} + S_{max\_d} = 2.310,61$  kN

#### **Carico limite di sfilamento per carichi assiali di trazione**

$Q_{limt\_d} = S_{max\_d} = 531,41$  kN

#### **Azione di progetto**

$E_d = 221,07$  kN

#### **Verifica al carico limite per carichi assiali di compressione**

Verifica soddisfatta: l'azione di progetto non supera la resistenza di progetto

coeff. di sicurezza,  $Q_{lim\_d}/E_d=10,45$

### **VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE**

#### **Parametri geotecnici di progetto**

##### strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq

##### strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq

##### strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00$  kN/mq

##### strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 150 di 190 |

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i_d}=29,26$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i_d}=32,01$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i_d}=32,01$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

**Parametri di calcolo**

n° di cerchi analizzati = 10

Metodo utilizzato: Bishop

**Cerchio critico**

Coordinate centro e raggio: X (m)= 0 Y (m)= -0,3 Rc (m)= 20,4

*Simbologia adottata*

Wt = peso del concio ( kN)

Wq = forza risultante verticale dovuta al sovraccarico applicato sul concio ( kN)

alfa=angolo (minore di 90°) che l'orizzontale forma con la base del concio (positivo se antiorario)

u = pressione neutra alla base del concio ( kN/mq)

DX = larghezza lungo X del concio ( m)

Fsh = forza sismica orizzontale sul concio ( kN)

B = braccio della forza sismica orizzontale rispetto al centro del cerchio di rottura ( m)

Fsv = forza sismica verticale sul concio ( kN)

N = risultante delle tensioni normali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

T = risultante delle tensioni tangenziali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

| concio | Wt     | Wq | alfa (°) | u | DX   | Fsh | B    | Fsv | N      | T     |
|--------|--------|----|----------|---|------|-----|------|-----|--------|-------|
| 1      | 20,48  | 0  | -46,1    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 25,58  | -3,8  |
| 2      | 57,88  | 0  | -40,65   | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 67,66  | 10,04 |
| 3      | 88,92  | 0  | -35,63   | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 98,88  | 14,68 |
| 4      | 114,84 | 0  | -30,9    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 122,92 | 18,24 |
| 5      | 136,42 | 0  | -26,4    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 141,86 | 21,05 |
| 6      | 154,2  | 0  | -22,07   | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 156,95 | 23,29 |
| 7      | 168,55 | 0  | -17,88   | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 169,01 | 25,08 |
| 8      | 179,74 | 0  | -13,77   | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 178,56 | -26,5 |
| 9      | 187,95 | 0  | -9,74    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 185,96 | -27,6 |
| 10     | 193,32 | 0  | -5,76    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 191,44 | 28,41 |
| 11     | 195,93 | 0  | -1,81    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 364,46 | 54,09 |
| 12     | 13,3   | 0  | 0,24     | 0 | 0,05 | 0   | 33,4 | 0   | 13,31  | -1,98 |
| 13     | 566,86 | 0  | 2,34     | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 570,8  | -     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 151 di 190 |

84,72

|    |        |   |       |   |      |   |      |   |        |       |
|----|--------|---|-------|---|------|---|------|---|--------|-------|
| 14 | 563,64 | 0 | 6,43  | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 576,85 | 85,62 |
| 15 | 557,38 | 0 | 10,54 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 583,05 | 86,54 |
| 16 | 547,96 | 0 | 14,71 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 589,53 | -87,5 |
| 17 | 535,25 | 0 | 18,97 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 596,42 | 88,52 |
| 18 | 518,99 | 0 | 23,34 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 603,9  | 89,63 |
| 19 | 498,86 | 0 | 27,85 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 612,24 | 90,87 |
| 20 | 474,38 | 0 | 32,57 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 621,84 | -92,3 |
| 21 | 444,86 | 0 | 37,55 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 633,35 | -94   |
| 22 | 409,26 | 0 | 42,89 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 647,93 | 96,17 |
| 23 | 365,86 | 0 | 48,75 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 667,98 | 99,14 |
| 24 | 311,51 | 0 | 55,42 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 699,6  | 103,8 |
| 25 | 238,86 | 0 | 63,59 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 733,37 | 97,55 |
| 26 | 98,32  | 0 | 77,96 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 1252,2 | 166,6 |

Lunghezza dell'arco di cerchio di scivolamento,  $L=48,67$  mMomento resistente,  $M_{resist}=138.979,90$  kN\*mMomento instabilizzante,  $M_{instab}=-33.002,93$  kN\*m

Verifica soddisfatta

**VERIFICHE STRUTTURALI PARATIA**
**Verifiche di resistenza a presso-flessione e taglio**
sid\_m: tensione ideale massima nella sezione di acciaio ( N/mm<sup>2</sup>)

Mcy\_Rd: resistenza di progetto della sezione soggetta a presso-flessione retta (asse vettore y)

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=2.743,03$  kNArea resistente al taglio della sezione lungo z,  $Avz=51,65$  cm<sup>2</sup>Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $Vcz\_Rd=1.008,21$  kNMomento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=134,08$  kN\*mMomento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=180,61$  kN\*mtensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338$  N/mm<sup>2</sup>

| x ( m ) | Nx    | Tz    | My    | sid_m | Mcy_Rd | Verif? |
|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 0       | 0     | 0     | 0     |       |        |        |
| 0,25    | -0,32 | 0     | 0     |       |        |        |
| 0,5     | -0,63 | 0     | 0     |       |        |        |
| 0,75    | -0,94 | -0,22 | 0     |       |        |        |
| 1       | -1,26 | -0,66 | -0,06 | 0,3   |        | Si     |
| 1,25    | -1,58 | -1,33 | -0,22 | 0,8   |        | Si     |
| 1,5     | -1,89 | -2,21 | -0,55 | 1,6   |        | Si     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 152 di 190 |

|       |        |        |       |       |    |
|-------|--------|--------|-------|-------|----|
| 1,75  | -2,21  | -3,32  | -1,11 | 3,1   | Si |
| 2     | -2,53  | -3,32  | -1,93 | 5,2   | Si |
| 2     | -12,1  | 15,89  | -1,93 | 6,6   | Si |
| 2,25  | -12,41 | 14,34  | 2,03  | 6,7   | Si |
| 2,5   | -12,73 | 12,57  | 5,62  | 15,7  | Si |
| 2,75  | -13,05 | 10,58  | 8,76  | 23,7  | Si |
| 3     | -13,36 | 8,36   | 11,41 | 30,4  | Si |
| 3,25  | -13,68 | 5,93   | 13,5  | 35,7  | Si |
| 3,5   | -13,99 | 3,28   | 14,98 | 39,5  | Si |
| 3,75  | -14,31 | 0,4    | 15,8  | 41,6  | Si |
| 4     | -14,62 | -2,69  | 15,9  | 41,9  | Si |
| 4,25  | -14,94 | -6,01  | 15,23 | 40,2  | Si |
| 4,5   | -15,26 | -9,55  | 13,72 | 36,5  | Si |
| 4,75  | -15,57 | -13,31 | 11,34 | 30,5  | Si |
| 5     | -15,88 | -13,31 | 8,01  | 22,1  | Si |
| 5     | -34,4  | 33,57  | 8,01  | 24,4  | Si |
| 5,25  | -34,72 | 29,37  | 16,4  | 45,6  | Si |
| 5,5   | -35,03 | 24,95  | 23,75 | 64,2  | Si |
| 5,75  | -35,34 | 20,3   | 29,98 | 80    | Si |
| 6     | -35,66 | 15,44  | 35,06 | 92,8  | Si |
| 6,25  | -35,98 | 10,35  | 38,92 | 102,6 | Si |
| 6,5   | -36,29 | 5,04   | 41,5  | 109,1 | Si |
| 6,75  | -36,61 | -0,49  | 42,76 | 112,3 | Si |
| 7     | -36,92 | -6,24  | 42,64 | 112,1 | Si |
| 7,25  | -37,24 | -12,22 | 41,08 | 108,2 | Si |
| 7,5   | -37,55 | -12,22 | 38,02 | 100,5 | Si |
| 7,5   | -62,71 | 50,7   | 38,02 | 103,6 | Si |
| 7,75  | -63,02 | 44,28  | 50,7  | 135,6 | Si |
| 8     | -63,34 | 37,65  | 61,77 | 163,6 | Si |
| 8,25  | -63,66 | 30,79  | 71,18 | 187,3 | Si |
| 8,5   | -63,97 | 23,71  | 78,88 | 206,8 | Si |
| 8,75  | -64,28 | 16,41  | 84,8  | 221,7 | Si |
| 9     | -64,6  | 8,89   | 88,9  | 232,1 | Si |
| 9,25  | -64,92 | 1,15   | 91,12 | 237,8 | Si |
| 9,5   | -65,23 | -6,82  | 91,41 | 238,5 | Si |
| 9,75  | -65,55 | -15    | 89,71 | 234,3 | Si |
| 10    | -65,86 | -23,41 | 85,95 | 224,9 | Si |
| 10,25 | -66,18 | -32,04 | 80,1  | 210,1 | Si |
| 10,5  | -66,49 | -40,89 | 72,09 | 190   | Si |
| 10,75 | -66,81 | -48,85 | 61,87 | 164,2 | Si |
| 11    | -67,13 | -48,85 | 49,66 | 133,5 | Si |
| 11    | -88,35 | 1,3    | 49,66 | 136,1 | Si |
| 11,25 | -88,66 | -7,05  | 49,98 | 137   | Si |
| 11,5  | -88,98 | -15,59 | 48,22 | 132,6 | Si |
| 11,75 | -89,29 | -24,33 | 44,32 | 122,8 | Si |
| 12    | -89,61 | -33,26 | 38,24 | 107,5 | Si |
| 12,25 | -89,92 | -42,39 | 29,92 | 86,5  | Si |



**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 153 di 190 |

|       |         |        |         |       |    |
|-------|---------|--------|---------|-------|----|
| 12,5  | -90,24  | -51,71 | 19,32   | 59,9  | Si |
| 12,75 | -90,56  | -61,23 | 6,4     | 27,3  | Si |
| 13    | -90,87  | -61,23 | -8,91   | 33,7  | Si |
| 13    | -102,22 | -36,84 | -8,91   | 35,1  | Si |
| 13,1  | -102,35 | -42,71 | -12,59  | 44,4  | Si |
| 13,3  | -102,6  | -48,48 | -21,14  | 65,9  | Si |
| 13,5  | -102,85 | -52,62 | -30,83  | 90,4  | Si |
| 13,75 | -103,16 | -53,99 | -43,98  | 123,6 | Si |
| 14    | -103,48 | -52,12 | -57,48  | 157,7 | Si |
| 14,25 | -103,8  | -47,02 | -70,51  | 190,6 | Si |
| 14,5  | -104,11 | -38,67 | -82,27  | 220,3 | Si |
| 14,75 | -104,43 | -27,1  | -91,94  | 244,7 | Si |
| 15    | -104,74 | -12,28 | -98,71  | 261,8 | Si |
| 15,25 | -105,06 | 5,78   | -101,78 | 269,6 | Si |
| 15,5  | -105,37 | 27,07  | -100,34 | 266   | Si |
| 15,75 | -105,69 | 51,59  | -93,57  | 249   | Si |
| 16    | -106    | 72,69  | -80,67  | 216,5 | Si |
| 16,25 | -106,32 | 77,16  | -62,5   | 170,7 | Si |
| 16,5  | -106,64 | 68,49  | -43,21  | 122,1 | Si |
| 16,75 | -106,95 | 52,19  | -26,09  | 79    | Si |
| 17    | -107,27 | 34,94  | -13,04  | 46,1  | Si |
| 17,25 | -107,59 | 20,25  | -4,3    | 24,1  | Si |
| 17,5  | -107,9  | 9,41   | 0,76    | 15,2  | Si |
| 17,75 | -108,21 | 2,4    | 3,11    | 21,2  | Si |
| 18    | -108,53 | -1,49  | 3,71    | 22,7  | Si |
| 18,25 | -108,85 | -3,12  | 3,35    | 21,9  | Si |
| 18,5  | -109,16 | -3,36  | 2,56    | 19,9  | Si |
| 18,75 | -109,47 | -2,85  | 1,72    | 17,8  | Si |
| 19    | -109,79 | -2,06  | 1,01    | 16,1  | Si |
| 19,25 | -110,11 | -1,26  | 0,49    | 14,8  | Si |
| 19,5  | -110,42 | -0,59  | 0,18    | 14,1  | Si |
| 19,75 | -110,74 | -0,13  | 0,03    | 13,7  | Si |
| 20    | -111,05 | -0,13  | 0       | 13,7  | Si |

**VERIFICHE S.L.U. DI TIPO GEOTECNICO E STRUTTURALE SUI TIRANTI**
**ANCORAGGIO DI ORDINE 1**

 forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=112,75$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 3,82

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

 tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=270,38$  N/mmq

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 5,98

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

 tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,22$  N/mmq

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 10,7

**ANCORAGGIO DI ORDINE 2**

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=269,40$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,6

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=646,05$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 2,5

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,53$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 4,48

**ANCORAGGIO DI ORDINE 3**

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=365,99$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,68

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=877,67$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 1,84

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,51$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 4,71

**ANCORAGGIO DI ORDINE 4**

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=308,78$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,99

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=740,47$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 2,18

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,43$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 5,58

**ANCORAGGIO DI ORDINE 5**

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=165,13$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 3,73

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=396,01 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 4,08

### 3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,23 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 10,44

## COMB. 2 (SLU-F)

### SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA PARATIA (calcolo FEM)

#### Sovraccarichi di progetto sui terrapieni

Terreno di monte,  $q_{1d}=23,08 \text{ kN/m}^2$

Terreno di valle,  $q_{2d}=0,00 \text{ kN/m}^2$

#### Parametri geotecnici di progetto

##### strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/m}^3$

angolo di resistenza al taglio,  $\text{Fi}_d=35^\circ$

coesione drenata,  $c'_d=0,00 \text{ kN/m}^2$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\text{Delt}_{ad}=0^\circ$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\text{Delt}_{pd}=0^\circ$

##### strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/m}^3$

angolo di resistenza al taglio,  $\text{Fi}_d=35^\circ$

coesione drenata,  $c'_d=0,00 \text{ kN/m}^2$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\text{Delt}_{ad}=0^\circ$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\text{Delt}_{pd}=0^\circ$

##### strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/m}^3$

angolo di resistenza al taglio,  $\text{Fi}_d=35^\circ$

coesione drenata,  $c'_d=0,00 \text{ kN/m}^2$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\text{Delt}_{ad}=0^\circ$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\text{Delt}_{pd}=0^\circ$

##### strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/m}^3$

angolo di resistenza al taglio,  $\text{Fi}_d=35^\circ$

coesione drenata,  $c'_d=0,00 \text{ kN/m}^2$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\text{Delt}_{ad}=0^\circ$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\text{Delt}_{pd}=0^\circ$

##### strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/m}^3$

angolo di resistenza al taglio,  $\text{Fi}_d=38^\circ$

coesione drenata,  $c'_d=0,00 \text{ kN/m}^2$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $\text{Delt}_{ad}=0^\circ$

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $\text{Delt}_{pd}=0^\circ$

strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00$  kN/mc

angolo di resistenza al taglio,  $Fi_d=38$  (°)

coesione drenata,  $c'_d=0,00$  kN/mq

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta attiva),  $Delt_{ad}=0$  (°)

angolo di attrito terreno-paratia (lato spinta passiva),  $Delt_{pd}=0$  (°)

**Coefficienti di spinta**

strato 1

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

strato 2

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

strato 3

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

strato 4

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

lato valle:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,27099$

coeff. di spinta a riposo,  $Ko=0,426424$

coeff. di spinta passiva,  $Kp=3,690172$

strato 5

lato monte:

coeff. di spinta attiva,  $Ka=0,237883$

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 157 di 190 |

 coeff. di spinta a riposo,  $K_0=0,384339$ 

 coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$ 

lato valle:

 coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$ 

 coeff. di spinta a riposo,  $K_0=0,384339$ 

 coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$ 
strato 6

lato monte:

 coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$ 

 coeff. di spinta a riposo,  $K_0=0,384339$ 

 coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$ 

lato valle:

 coeff. di spinta attiva,  $K_a=0,237883$ 

 coeff. di spinta a riposo,  $K_0=0,384339$ 

 coeff. di spinta passiva,  $K_p=4,203746$ 
**Numero di iterazioni nel calcolo non lineare e sollecitazioni**

Numero di iterazione effettuate = 5

errore iterazione 0 = 0,005338

errore iterazione 1 = 0,460813

errore iterazione 2 = 0,035793

errore iterazione 3 = 0,021367

errore iterazione 4 = 0,006694

errore iterazione 5 = 0,000654

| sez./nodo | x ( m ) | Nx ( kN/m ) | Tz ( kN/m ) | My ( kN*m/m ) |
|-----------|---------|-------------|-------------|---------------|
| 1         | 0       | 0           | 0           | 0             |
| 2         | 0,25    | -0,63       | 0           | 0             |
| 3         | 0,5     | -1,26       | -1,02       | 0             |
| 4         | 0,75    | -1,88       | -3,49       | -0,25         |
| 5         | 1       | -2,51       | -6,4        | -1,13         |
| 6         | 1,25    | -3,14       | -9,76       | -2,73         |
| 7         | 1,5     | -3,77       | -13,55      | -5,17         |
| 8         | 1,75    | -4,4        | -17,78      | -8,55         |
| 9         | 2       | -5,03       | -17,78      | -13           |
| 9         | 2       | -36,1       | 44,18       | -13           |
| 10        | 2,25    | -36,73      | 39,06       | -1,95         |
| 11        | 2,5     | -37,35      | 33,51       | 7,81          |
| 12        | 2,75    | -37,98      | 27,51       | 16,19         |
| 13        | 3       | -38,61      | 21,07       | 23,06         |
| 14        | 3,25    | -39,24      | 14,2        | 28,33         |
| 15        | 3,5     | -39,87      | 6,88        | 31,88         |
| 16        | 3,75    | -40,49      | -0,88       | 33,6          |
| 17        | 4       | -41,12      | -9,07       | 33,38         |
| 18        | 4,25    | -41,75      | -17,71      | 31,12         |
| 19        | 4,5     | -42,38      | -26,79      | 26,69         |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 158 di 190 |

|    |       |         |         |         |
|----|-------|---------|---------|---------|
| 20 | 4,75  | -43,01  | -36,31  | 19,99   |
| 21 | 5     | -43,64  | -36,31  | 10,91   |
| 21 | 5     | -89,08  | 78,59   | 10,91   |
| 22 | 5,25  | -89,71  | 68,19   | 30,56   |
| 23 | 5,5   | -90,34  | 57,35   | 47,61   |
| 24 | 5,75  | -90,96  | 46,07   | 61,95   |
| 25 | 6     | -91,59  | 34,35   | 73,46   |
| 26 | 6,25  | -92,22  | 22,19   | 82,05   |
| 27 | 6,5   | -92,85  | 9,59    | 87,6    |
| 28 | 6,75  | -93,48  | -3,45   | 90      |
| 29 | 7     | -94,1   | -16,93  | 89,13   |
| 30 | 7,25  | -94,73  | -30,86  | 84,9    |
| 31 | 7,5   | -95,36  | -30,86  | 77,18   |
| 31 | 7,5   | -153,78 | 115,29  | 77,18   |
| 32 | 7,75  | -154,41 | 100,49  | 106,01  |
| 33 | 8     | -155,04 | 85,24   | 131,13  |
| 34 | 8,25  | -155,67 | 69,56   | 152,44  |
| 35 | 8,5   | -156,29 | 53,44   | 169,83  |
| 36 | 8,75  | -156,92 | 36,87   | 183,19  |
| 37 | 9     | -157,55 | 19,87   | 192,41  |
| 38 | 9,25  | -158,18 | 2,42    | 197,37  |
| 39 | 9,5   | -158,81 | -15,46  | 197,98  |
| 40 | 9,75  | -159,44 | -33,79  | 194,11  |
| 41 | 10    | -160,06 | -52,55  | 185,67  |
| 42 | 10,25 | -160,69 | -71,76  | 172,53  |
| 43 | 10,5  | -161,32 | -91,41  | 154,59  |
| 44 | 10,75 | -161,95 | -109,04 | 131,74  |
| 45 | 11    | -162,58 | -109,04 | 104,48  |
| 45 | 11    | -211,05 | 6,11    | 104,48  |
| 46 | 11,25 | -211,68 | -12,29  | 106,01  |
| 47 | 11,5  | -212,3  | -31,09  | 102,93  |
| 48 | 11,75 | -212,93 | -50,26  | 95,16   |
| 49 | 12    | -213,56 | -69,83  | 82,6    |
| 50 | 12,25 | -214,19 | -89,78  | 65,14   |
| 51 | 12,5  | -214,82 | -110,12 | 42,69   |
| 52 | 12,75 | -215,44 | -130,85 | 15,16   |
| 53 | 13    | -216,07 | -130,85 | -17,55  |
| 53 | 13    | -242,48 | -73,08  | -17,55  |
| 54 | 13,1  | -242,73 | -85,84  | -24,86  |
| 55 | 13,3  | -243,23 | -98,73  | -42,03  |
| 56 | 13,5  | -243,73 | -108,59 | -61,77  |
| 57 | 13,75 | -244,36 | -113,1  | -88,92  |
| 58 | 14    | -244,99 | -111,17 | -117,19 |
| 59 | 14,25 | -245,62 | -102,79 | -144,98 |
| 60 | 14,5  | -246,25 | -87,96  | -170,68 |
| 61 | 14,75 | -246,87 | -66,7   | -192,67 |
| 62 | 15    | -247,5  | -38,99  | -209,35 |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 159 di 190 |

|    |       |         |        |         |
|----|-------|---------|--------|---------|
| 63 | 15,25 | -248,13 | -4,83  | -219,09 |
| 64 | 15,5  | -248,76 | 35,77  | -220,3  |
| 65 | 15,75 | -249,39 | 82,82  | -211,36 |
| 66 | 16    | -250,02 | 136,31 | -190,65 |
| 67 | 16,25 | -250,64 | 162,88 | -156,58 |
| 68 | 16,5  | -251,27 | 161,89 | -115,86 |
| 69 | 16,75 | -251,9  | 133,03 | -75,39  |
| 70 | 17    | -252,53 | 95,36  | -42,13  |
| 71 | 17,25 | -253,16 | 59,91  | -18,29  |
| 72 | 17,5  | -253,78 | 31,81  | -3,31   |
| 73 | 17,75 | -254,41 | 12,29  | 4,64    |
| 74 | 18    | -255,04 | 0,48   | 7,71    |
| 75 | 18,25 | -255,67 | -5,43  | 7,83    |
| 76 | 18,5  | -256,3  | -7,36  | 6,48    |
| 77 | 18,75 | -256,93 | -6,97  | 4,64    |
| 78 | 19    | -257,55 | -5,47  | 2,89    |
| 79 | 19,25 | -258,18 | -3,65  | 1,53    |
| 80 | 19,5  | -258,81 | -1,94  | 0,61    |
| 81 | 19,75 | -259,44 | -0,52  | 0,13    |
| 82 | 20    | -260,07 | -0,52  | 0       |

**REAZIONI VINCOLARI E PRESSIONI DI CONTATTO TERRENO-PARATIA (calcolo FEM)**

RvX = componente della reazione vincolare lungo X ( kN/m)

RvY = componente della reazione vincolare lungo Y ( kN/m)

RvZ = componente momento della reazione vincolare ( kN\*m/m)

pXv = pressione orizzontale del terreno (molle di valle) ( kN/mq)

pXm = pressione orizzontale del terreno (molle di monte) ( kN/mq)

| sez./nodo | x ( m) | RvX    | RvY  | RvZ | pXv | pXm   |
|-----------|--------|--------|------|-----|-----|-------|
| 3         | 0,5    | 0,78   | 0    | 0   | 0   | 6,25  |
| 4         | 0,75   | 1,9    | 0    | 0   | 0   | 7,61  |
| 5         | 1      | 2,24   | 0    | 0   | 0   | 8,96  |
| 6         | 1,25   | 2,58   | 0    | 0   | 0   | 10,32 |
| 7         | 1,5    | 2,92   | 0    | 0   | 0   | 11,67 |
| 8         | 1,75   | 3,26   | 0    | 0   | 0   | 13,03 |
| 9         | 2      | -47,66 | 23,9 | 0   | 0   | 14,38 |
| 10        | 2,25   | 3,93   | 0    | 0   | 0   | 15,74 |
| 11        | 2,5    | 4,27   | 0    | 0   | 0   | 17,09 |
| 12        | 2,75   | 4,61   | 0    | 0   | 0   | 18,45 |
| 13        | 3      | 4,95   | 0    | 0   | 0   | 19,8  |
| 14        | 3,25   | 5,29   | 0    | 0   | 0   | 21,16 |
| 15        | 3,5    | 5,63   | 0    | 0   | 0   | 22,51 |
| 16        | 3,75   | 5,97   | 0    | 0   | 0   | 23,87 |
| 17        | 4      | 6,31   | 0    | 0   | 0   | 25,22 |
| 18        | 4,25   | 6,64   | 0    | 0   | 0   | 26,58 |
| 19        | 4,5    | 6,98   | 0    | 0   | 0   | 27,93 |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 160 di 190 |

|    |       |         |       |   |         |       |
|----|-------|---------|-------|---|---------|-------|
| 20 | 4,75  | 7,32    | 0     | 0 | 0       | 29,29 |
| 21 | 5     | -88,38  | 34,96 | 0 | 0       | 30,64 |
| 22 | 5,25  | 8       | 0     | 0 | 0       | 32    |
| 23 | 5,5   | 8,34    | 0     | 0 | 0       | 33,35 |
| 24 | 5,75  | 8,68    | 0     | 0 | 0       | 34,71 |
| 25 | 6     | 9,02    | 0     | 0 | 0       | 36,06 |
| 26 | 6,25  | 9,35    | 0     | 0 | 0       | 37,42 |
| 27 | 6,5   | 9,69    | 0     | 0 | 0       | 38,77 |
| 28 | 6,75  | 10,03   | 0     | 0 | 0       | 40,13 |
| 29 | 7     | 10,37   | 0     | 0 | 0       | 41,48 |
| 30 | 7,25  | 10,71   | 0     | 0 | 0       | 42,84 |
| 31 | 7,5   | -112,42 | 44,94 | 0 | 0       | 44,19 |
| 32 | 7,75  | 11,39   | 0     | 0 | 0       | 45,55 |
| 33 | 8     | 11,73   | 0     | 0 | 0       | 46,9  |
| 34 | 8,25  | 12,06   | 0     | 0 | 0       | 48,26 |
| 35 | 8,5   | 12,4    | 0     | 0 | 0       | 49,61 |
| 36 | 8,75  | 12,74   | 0     | 0 | 0       | 50,97 |
| 37 | 9     | 13,08   | 0     | 0 | 0       | 52,32 |
| 38 | 9,25  | 13,42   | 0     | 0 | 0       | 53,68 |
| 39 | 9,5   | 13,76   | 0     | 0 | 0       | 55,03 |
| 40 | 9,75  | 14,1    | 0     | 0 | 0       | 56,39 |
| 41 | 10    | 14,44   | 0     | 0 | 0       | 57,74 |
| 42 | 10,25 | 14,77   | 0     | 0 | 0       | 59,1  |
| 43 | 10,5  | 15,11   | 0     | 0 | 0       | 60,45 |
| 44 | 10,75 | 13,56   | 0     | 0 | 0       | 54,26 |
| 45 | 11    | -88,58  | 37,29 | 0 | 0       | 55,45 |
| 46 | 11,25 | 14,16   | 0     | 0 | 0       | 56,63 |
| 47 | 11,5  | 14,46   | 0     | 0 | 0       | 57,82 |
| 48 | 11,75 | 14,75   | 0     | 0 | 0       | 59,01 |
| 49 | 12    | 15,05   | 0     | 0 | 0       | 60,2  |
| 50 | 12,25 | 15,35   | 0     | 0 | 0       | 61,39 |
| 51 | 12,5  | 15,65   | 0     | 0 | 0       | 62,58 |
| 52 | 12,75 | 15,94   | 0     | 0 | 0       | 63,77 |
| 53 | 13    | -44,44  | 20,31 | 0 | 0       | 64,96 |
| 54 | 13,1  | 9,82    | 0     | 0 | 0       | 65,44 |
| 55 | 13,3  | 9,91    | 0     | 0 | -16,81  | 66,39 |
| 56 | 13,5  | 7,58    | 0     | 0 | -33,63  | 67,34 |
| 57 | 13,75 | 3,47    | 0     | 0 | -54,65  | 68,53 |
| 58 | 14    | -1,49   | 0     | 0 | -75,67  | 69,72 |
| 59 | 14,25 | -6,44   | 0     | 0 | -96,69  | 70,91 |
| 60 | 14,5  | -11,4   | 0     | 0 | -117,7  | 72,1  |
| 61 | 14,75 | -16,36  | 0     | 0 | -138,72 | 73,29 |
| 62 | 15    | -21,32  | 0     | 0 | -159,74 | 74,48 |
| 63 | 15,25 | -26,27  | 0     | 0 | -180,76 | 75,67 |
| 64 | 15,5  | -31,23  | 0     | 0 | -201,78 | 76,85 |
| 65 | 15,75 | -36,19  | 0     | 0 | -222,8  | 78,04 |
| 66 | 16    | -41,15  | 0     | 0 | -243,82 | 79,23 |



**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 161 di 190 |

|    |       |        |         |   |         |        |
|----|-------|--------|---------|---|---------|--------|
| 67 | 16,25 | -20,44 | 0       | 0 | -162,18 | 80,42  |
| 68 | 16,5  | 0,76   | 0       | 0 | -77,48  | 81,61  |
| 69 | 16,75 | 22,2   | 0       | 0 | -36,52  | 125,31 |
| 70 | 17    | 28,98  | 0       | 0 | -24,88  | 140,8  |
| 71 | 17,25 | 27,27  | 0       | 0 | -30,23  | 139,29 |
| 72 | 17,5  | 21,62  | 0       | 0 | -43,44  | 129,93 |
| 73 | 17,75 | 15,01  | 0       | 0 | -58,58  | 118,63 |
| 74 | 18    | 9,09   | 0       | 0 | -72,35  | 108,7  |
| 75 | 18,25 | 4,54   | 0       | 0 | -83,36  | 101,54 |
| 76 | 18,5  | 1,49   | 0       | 0 | -91,4   | 97,34  |
| 77 | 18,75 | -0,3   | 0       | 0 | -96,9   | 95,69  |
| 78 | 19    | -1,15  | 0       | 0 | -100,52 | 95,91  |
| 79 | 19,25 | -1,4   | 0       | 0 | -102,94 | 97,33  |
| 80 | 19,5  | -1,32  | 0       | 0 | -104,69 | 99,42  |
| 81 | 19,75 | -1,08  | 0       | 0 | -106,15 | 101,81 |
| 82 | 20    | -0,4   | -200,05 | 0 | -107,51 | 104,29 |

**PERCENTUALI DI SPINTA PASSIVA MOBILITATA**

Spinta passiva mobilitata a monte = 9,4%

Spinta passiva mobilitata a valle = 57,7%

**VERIFICA CONDIZIONI DI EQUILIBRIO (calcolo FEM)**
**Equilibrio alla traslazione orizzontale**

somma delle forze esterne orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sme=0,00$  kN/m

spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sve=0,00$  kN/m

somma delle reazioni vincolari lungo X,  $SommRvX=0,00$  kN/m

equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale:  $SF_x+Sme+Sve+SommRvX=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla traslazione verticale**

peso proprio della paratia,  $Wp=38,66$  kN/m

somma delle forze verticali applicate alla paratia,  $SF_y=0,00$  kN/m

somma delle reazioni vincolari lungo Y,  $SommRvY=-38,66$  kN/m

equazione di equilibrio alla traslazione verticale:  $Wp+SF_y+SommRvY=0,00$  kN/m

**Equilibrio alla rotazione (attorno al primo nodo)**

momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MF_x=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MSme=0,00$  kN\*m/m

momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MSve=0,00$  kN\*m/m

momento delle reazioni vincolari lungo X,  $MRvX=0,00$  kN\*m/m

equazione di equilibrio alla rotazione:  $MF_x+MSme+MSve+MRvX=0,00$  kN\*m/m

**Spinte orizzontali**

spinta delle terre di monte,  $Sm=1.124,65$  kN/m

spinta delle terre di valle,  $Sv=-695,36$  kN/m

somma componenti orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $ST_x=-429,02$  kN/m

somma forze orizzontali applicate alla paratia,  $SF_x=0,00$  kN/m

spinte di monte dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sme=0,00$  kN/m

spinte di valle dovute a carichi distribuiti esterni,  $Sve=0,00$  kN/m

**Momenti delle spinte orizzontali rispetto al primo nodo**

 momento della spinta delle terre di monte,  $MSm=14.846,91 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ 

 momento della spinta delle terre di valle,  $MSv=-11.481,31 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ 

 momento delle compon. orizz. delle forze che i tiranti/puntoni esercitano sull'opera,  $MTx=-3.361,07 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ 

 momento delle forze orizzontali applicate alla paratia,  $MFx=0,00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ 

 momento dei carichi distribuiti esterni di monte,  $MSme=0,00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ 

 momento dei carichi distribuiti esterni di valle,  $MSve=0,00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ 
**SFORZI NEI TIRANTI/PUNTONI (calcolo**
**FEM)**
 $TX^*$ =sforzo lungo l'asse globale X per metro lineare di paratia ( kN/m)

 $TY^*$ =sforzo lungo l'asse globale Y per metro lineare di paratia ( kN/m)

 $TX$ =sforzo lungo l'asse globale X nel singolo tirante/puntone ( kN)

 $TY$ =sforzo lungo l'asse globale Y nel singolo tirante/puntone ( kN)

 $Fa$ =sforzo di trazione/compressione nel singolo tirante/puntone ( kN)

 $Fad=gGs \times Fa$  sforzo di trazione/compressione di progetto nel singolo tirante/puntone ( kN)

| Ordine | $TX^*$  | $TY^*$ | $TX$    | $TY$   | $Fa$   | $Fad$  |
|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 1      | -51,26  | 23,90  | -128,14 | 59,75  | 141,39 | 183,81 |
| 2      | -96,04  | 34,96  | -240,11 | 87,39  | 255,52 | 332,17 |
| 3      | -123,47 | 44,94  | -308,67 | 112,35 | 328,48 | 427,03 |
| 4      | -102,44 | 37,29  | -256,10 | 93,21  | 272,54 | 354,30 |
| 5      | -55,81  | 20,31  | -139,51 | 50,78  | 148,47 | 193,01 |

**SPOSTAMENTI NODALI (calcolo FEM)**
 $w$  = spostamento orizzontale (lungo l'asse globale X, coincidente con l'asse locale z)

 $u$  = spostamento verticale (lungo l'asse globale Y, coincidente con l'asse locale x)

| sez./nodo | x ( m) | w (cm) | u (cm) | rot. (rad) |
|-----------|--------|--------|--------|------------|
| 1         | 0      | 1,11   | 0,046  | 0,0127     |
| 2         | 0,25   | 1,428  | 0,046  | 0,0127     |
| 3         | 0,5    | 1,747  | 0,046  | 0,0127     |
| 4         | 0,75   | 2,065  | 0,046  | 0,0127     |
| 5         | 1      | 2,383  | 0,046  | 0,0127     |
| 6         | 1,25   | 2,701  | 0,046  | 0,0127     |
| 7         | 1,5    | 3,02   | 0,046  | 0,0128     |
| 8         | 1,75   | 3,341  | 0,046  | 0,0128     |
| 9         | 2      | 3,663  | 0,046  | 0,0129     |
| 10        | 2,25   | 3,987  | 0,046  | 0,013      |
| 11        | 2,5    | 4,312  | 0,046  | 0,013      |
| 12        | 2,75   | 4,635  | 0,046  | 0,0129     |
| 13        | 3      | 4,955  | 0,045  | 0,0127     |
| 14        | 3,25   | 5,27   | 0,045  | 0,0125     |
| 15        | 3,5    | 5,579  | 0,045  | 0,0122     |
| 16        | 3,75   | 5,881  | 0,045  | 0,0119     |
| 17        | 4      | 6,176  | 0,045  | 0,0117     |
| 18        | 4,25   | 6,463  | 0,045  | 0,0114     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 163 di 190 |

|    |       |       |       |         |
|----|-------|-------|-------|---------|
| 19 | 4,5   | 6,745 | 0,045 | 0,0111  |
| 20 | 4,75  | 7,02  | 0,044 | 0,0109  |
| 21 | 5     | 7,291 | 0,044 | 0,0108  |
| 22 | 5,25  | 7,559 | 0,044 | 0,0106  |
| 23 | 5,5   | 7,821 | 0,044 | 0,0103  |
| 24 | 5,75  | 8,072 | 0,043 | 0,0098  |
| 25 | 6     | 8,31  | 0,043 | 0,0092  |
| 26 | 6,25  | 8,532 | 0,043 | 0,0086  |
| 27 | 6,5   | 8,737 | 0,042 | 0,0078  |
| 28 | 6,75  | 8,923 | 0,042 | 0,0071  |
| 29 | 7     | 9,09  | 0,041 | 0,0063  |
| 30 | 7,25  | 9,238 | 0,041 | 0,0055  |
| 31 | 7,5   | 9,368 | 0,041 | 0,0048  |
| 32 | 7,75  | 9,479 | 0,04  | 0,0041  |
| 33 | 8     | 9,569 | 0,04  | 0,003   |
| 34 | 8,25  | 9,63  | 0,039 | 0,0018  |
| 35 | 8,5   | 9,658 | 0,038 | 0,0004  |
| 36 | 8,75  | 9,65  | 0,038 | -0,0011 |
| 37 | 9     | 9,603 | 0,037 | -0,0027 |
| 38 | 9,25  | 9,514 | 0,037 | -0,0044 |
| 39 | 9,5   | 9,383 | 0,036 | -0,0061 |
| 40 | 9,75  | 9,21  | 0,036 | -0,0078 |
| 41 | 10    | 8,995 | 0,035 | -0,0094 |
| 42 | 10,25 | 8,741 | 0,034 | -0,0109 |
| 43 | 10,5  | 8,449 | 0,034 | -0,0124 |
| 44 | 10,75 | 8,125 | 0,033 | -0,0136 |
| 45 | 11    | 7,772 | 0,033 | -0,0146 |
| 46 | 11,25 | 7,396 | 0,032 | -0,0155 |
| 47 | 11,5  | 6,997 | 0,031 | -0,0164 |
| 48 | 11,75 | 6,576 | 0,03  | -0,0173 |
| 49 | 12    | 6,135 | 0,029 | -0,018  |
| 50 | 12,25 | 5,676 | 0,029 | -0,0187 |
| 51 | 12,5  | 5,203 | 0,028 | -0,0191 |
| 52 | 12,75 | 4,722 | 0,027 | -0,0194 |
| 53 | 13    | 4,237 | 0,026 | -0,0194 |
| 54 | 13,1  | 4,044 | 0,026 | -0,0193 |
| 55 | 13,3  | 3,66  | 0,025 | -0,0191 |
| 56 | 13,5  | 3,282 | 0,024 | -0,0187 |
| 57 | 13,75 | 2,822 | 0,023 | -0,0181 |
| 58 | 14    | 2,382 | 0,023 | -0,0172 |
| 59 | 14,25 | 1,966 | 0,022 | -0,016  |
| 60 | 14,5  | 1,582 | 0,021 | -0,0147 |
| 61 | 14,75 | 1,234 | 0,02  | -0,0131 |
| 62 | 15    | 0,927 | 0,019 | -0,0114 |
| 63 | 15,25 | 0,666 | 0,018 | -0,0095 |
| 64 | 15,5  | 0,451 | 0,017 | -0,0077 |
| 65 | 15,75 | 0,283 | 0,016 | -0,0058 |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 164 di 190 |

|    |       |        |       |         |
|----|-------|--------|-------|---------|
| 66 | 16    | 0,16   | 0,015 | -0,0041 |
| 67 | 16,25 | 0,078  | 0,014 | -0,0026 |
| 68 | 16,5  | 0,029  | 0,013 | -0,0014 |
| 69 | 16,75 | 0,005  | 0,012 | -0,0006 |
| 70 | 17    | -0,003 | 0,011 | -0,0001 |
| 71 | 17,25 | -0,001 | 0,01  | 0,0002  |
| 72 | 17,5  | 0,005  | 0,01  | 0,0003  |
| 73 | 17,75 | 0,012  | 0,009 | 0,0003  |
| 74 | 18    | 0,019  | 0,008 | 0,0002  |
| 75 | 18,25 | 0,023  | 0,007 | 0,0002  |
| 76 | 18,5  | 0,026  | 0,006 | 0,0001  |
| 77 | 18,75 | 0,028  | 0,005 | 0       |
| 78 | 19    | 0,029  | 0,004 | 0       |
| 79 | 19,25 | 0,029  | 0,003 | 0       |
| 80 | 19,5  | 0,029  | 0,002 | 0       |
| 81 | 19,75 | 0,028  | 0,001 | 0       |
| 82 | 20    | 0,028  | 0     | 0       |

**VERIFICA AL CARICO LIMITE VERTICALE**
**Parametri geotecnici di progetto**

coesione = 0,00 kN/mq

angolo di resistenza al taglio = 38°

**Resistenza alla punta**

fattore Nq (Berezantzev) = 118,83

fattore Nc = 150,82

tensione litostatica verticale totale alla profondità L, sVL=420,00 kN/mq

pressione neutra alla profondità L, uL=0,00 kN/mq

tensione litostatica verticale efficace alla profondità L, s'VL=420,00 kN/mq

Resistenza unitaria alla punta, p=49.908,50 kN/mq

Resistenza alla punta, Pmax=3.745,89 kN

**Resistenza laterale**

Resistenza laterale, Smax=1.175,65 kN

**Resistenza alla punta e laterale di progetto**

Resistenza alla punta (valore medio) = 3.745,89 kN

Resistenza alla punta (valore minimo) = 3.745,89 kN

Resistenza laterale (valore medio) = 1.175,65 kN

Resistenza laterale (valore minimo) = 1.175,65 kN

Fattore di correlazione, xsi3=1,7

Fattore di correlazione, xsi4=1,7

Resistenza alla punta (valore caratteristico) = 2.203,47 kN

Resistenza laterale (valore caratteristico) = 691,56 kN

Resistenza alla punta di progetto, Pmax\_d=1.916,06 kN

Resistenza laterale di progetto, Smax\_d=601,36 kN

**Carico limite per carichi assiali di compressione**

Qlim\_d = Pmax\_d + Smax\_d = 2.517,41 kN

**Carico limite di sfilamento per carichi assiali di trazione**

$Q_{limt\_d} = S_{max\_d} = 601,36 \text{ kN}$

**Azione di progetto**

$E_d = 260,07 \text{ kN}$

**Verifica al carico limite per carichi assiali di compressione**

Verifica soddisfatta: l'azione di progetto non supera la resistenza di progetto  
coeff. di sicurezza,  $Q_{lim\_d}/E_d=9,68$

**VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE**

**Parametri geotecnici di progetto**

strato 1

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

strato 2

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

strato 3

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

strato 4

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=29,26 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

strato 5

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=32,01 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

strato 6

peso dell'unità di volume,  $g=20,00 \text{ kN/mc}$

angolo di resistenza al taglio,  $F_{i\_d}=32,01 (^{\circ})$

coesione drenata,  $c'_{\_d}=0,00 \text{ kN/mq}$

**Parametri di calcolo**

n° di cerchi analizzati = 10

Metodo utilizzato: Bishop

**Cerchio critico**

Coordinate centro e raggio:  $X \text{ (m)} = 0$   $Y \text{ (m)} = -0,3$   $R_c \text{ (m)} = 20,4$

*Simbologia adottata*

$W_t$  = peso del concio ( kN)

$W_q$  = forza risultante verticale dovuta al sovraccarico applicato sul concio ( kN)

$\alpha$  = angolo (minore di  $90^{\circ}$ ) che l'orizzontale forma con la base del concio (positivo se antiorario)

$u$  = pressione neutra alla base del concio ( kN/mq)

$DX$  = larghezza lungo X del concio ( m)

$F_{sh}$  = forza sismica orizzontale sul concio ( kN)

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 166 di 190 |

B = braccio della forza sismica orizzontale rispetto al centro del cerchio di rottura ( m )

Fsv = forza sismica verticale sul concio ( kN)

N = risultante delle tensioni normali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

T = risultante delle tensioni tangenziali di reazione del terreno alla base del concio ( kN)

| concio | Wt     | Wq    | alfa (°) | u | DX   | Fsh | B    | Fsv | N      | T     |
|--------|--------|-------|----------|---|------|-----|------|-----|--------|-------|
| 1      | 20,48  | 0     | -46,1    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 25,25  | -4,12 |
| 2      | 57,88  | 0     | -40,65   | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 66,91  | 10,92 |
| 3      | 88,92  | 0     | -35,63   | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 97,95  | 15,98 |
| 4      | 114,84 | 0     | -30,9    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 121,94 | 19,89 |
| 5      | 136,42 | 0     | -26,4    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 140,9  | 22,99 |
| 6      | 154,2  | 0     | -22,07   | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 156,07 | 25,46 |
| 7      | 168,55 | 0     | -17,88   | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 168,25 | 27,45 |
| 8      | 179,74 | 0     | -13,77   | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 177,94 | 29,03 |
| 9      | 187,95 | 0     | -9,74    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 185,5  | 30,26 |
| 10     | 193,32 | 0     | -5,76    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 191,16 | 31,18 |
| 11     | 195,93 | 0     | -1,81    | 0 | 1,4  | 0   | 33,4 | 0   | 394,15 | -64,3 |
| 12     | 13,3   | 0     | 0,24     | 0 | 0,05 | 0   | 33,4 | 0   | 13,31  | -2,17 |
| 13     | 566,86 | 37,65 | 2,34     | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 609,09 | 99,36 |
| 14     | 563,64 | 37,65 | 6,43     | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 616,43 | 100,6 |
| 15     | 557,38 | 37,65 | 10,54    | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 624,2  | 101,8 |
| 16     | 547,96 | 37,65 | 14,71    | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 632,58 | 103,2 |
| 17     | 535,25 | 37,65 | 18,97    | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 641,79 | 104,7 |
| 18     | 518,99 | 37,65 | 23,34    | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 652,13 | 106,4 |
| 19     | 498,86 | 37,65 | 27,85    | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 664,05 | 108,3 |
| 20     | 474,38 | 37,65 | 32,57    | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 678,23 | 110,6 |
| 21     | 444,86 | 37,65 | 37,55    | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 695,83 | 113,5 |
| 22     | 409,26 | 37,65 | 42,89    | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 718,92 | 117,3 |
| 23     | 365,86 | 37,65 | 48,75    | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 751,9  | 122,7 |
| 24     | 311,51 | 37,65 | 55,42    | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 806,06 | 131,5 |
| 25     | 238,86 | 37,65 | 63,59    | 0 | 1,45 | 0   | 33,4 | 0   | 880,88 | -     |

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 167 di 190 |

128,8

|    |       |       |       |   |      |   |      |   |        |       |
|----|-------|-------|-------|---|------|---|------|---|--------|-------|
| 26 | 98,32 | 37,65 | 77,96 | 0 | 1,45 | 0 | 33,4 | 0 | 2071,5 | 302,9 |
|----|-------|-------|-------|---|------|---|------|---|--------|-------|

 Lunghezza dell'arco di cerchio di scivolamento,  $L=48,67$  m

 Momento resistente,  $M_{resist}=159.088,34$  kN\*m

 Momento instabilizzante,  $M_{instab}=-41.521,57$  kN\*m

Verifica soddisfatta

## **VERIFICHE STRUTTURALI PARATIA**

### **Verifiche di resistenza a presso-flessione e taglio**

 sid\_m: tensione ideale massima nella sezione di acciaio ( N/mm<sup>2</sup>)

Mcy\_Rd: resistenza di progetto della sezione soggetta a presso-flessione retta (asse vettore y)

 Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=2.743,03$  kN

 Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $Avz=51,65$  cm<sup>2</sup>

 Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=1.008,21$  kN

 Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=134,08$  kN\*m

 Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=180,61$  kN\*m

 tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338$  N/mm<sup>2</sup>

| x ( m ) | Nx     | Tz     | My    | sid_m | Mcy_Rd | Verif? |
|---------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 0       | 0      | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,25    | -0,32  | 0      | 0     |       |        |        |
| 0,5     | -0,63  | -0,51  | 0     |       |        |        |
| 0,75    | -0,94  | -1,75  | -0,13 |       |        |        |
| 1       | -1,26  | -3,21  | -0,57 | 1,6   |        | Si     |
| 1,25    | -1,58  | -4,9   | -1,37 | 3,7   |        | Si     |
| 1,5     | -1,89  | -6,81  | -2,6  | 6,8   |        | Si     |
| 1,75    | -2,21  | -8,93  | -4,29 | 11,1  |        | Si     |
| 2       | -2,53  | -8,93  | -6,53 | 16,8  |        | Si     |
| 2       | -18,13 | 22,19  | -6,53 | 18,7  |        | Si     |
| 2,25    | -18,45 | 19,62  | -0,98 | 8,2   |        | Si     |
| 2,5     | -18,76 | 16,83  | 3,92  | 12,2  |        | Si     |
| 2,75    | -19,08 | 13,82  | 8,13  | 22,9  |        | Si     |
| 3       | -19,4  | 10,58  | 11,58 | 31,6  |        | Si     |
| 3,25    | -19,71 | 7,13   | 14,23 | 38,3  |        | Si     |
| 3,5     | -20,03 | 3,46   | 16,01 | 42,8  |        | Si     |
| 3,75    | -20,34 | -0,44  | 16,88 | 45,1  |        | Si     |
| 4       | -20,66 | -4,56  | 16,77 | 44,8  |        | Si     |
| 4,25    | -20,97 | -8,9   | 15,63 | 42    |        | Si     |
| 4,5     | -21,29 | -13,46 | 13,41 | 36,4  |        | Si     |
| 4,75    | -21,61 | -18,24 | 10,04 | 28    |        | Si     |
| 5       | -21,92 | -18,24 | 5,48  | 16,5  |        | Si     |
| 5       | -44,75 | 39,48  | 5,48  | 19,3  |        | Si     |
| 5,25    | -45,06 | 34,25  | 15,35 | 44,3  |        | Si     |
| 5,5     | -45,38 | 28,81  | 23,92 | 65,9  |        | Si     |
| 5,75    | -45,69 | 23,14  | 31,12 | 84,1  |        | Si     |
| 6       | -46,01 | 17,26  | 36,9  | 98,7  |        | Si     |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 168 di 190 |

|       |         |        |         |       |    |
|-------|---------|--------|---------|-------|----|
| 6,25  | -46,33  | 11,15  | 41,22   | 109,6 | Si |
| 6,5   | -46,64  | 4,82   | 44      | 116,7 | Si |
| 6,75  | -46,96  | -1,73  | 45,21   | 119,8 | Si |
| 7     | -47,27  | -8,5   | 44,77   | 118,7 | Si |
| 7,25  | -47,59  | -15,5  | 42,65   | 113,4 | Si |
| 7,5   | -47,9   | -15,5  | 38,77   | 103,7 | Si |
| 7,5   | -77,25  | 57,91  | 38,77   | 107,3 | Si |
| 7,75  | -77,57  | 50,48  | 53,25   | 143,8 | Si |
| 8     | -77,88  | 42,82  | 65,87   | 175,7 | Si |
| 8,25  | -78,2   | 34,94  | 76,58   | 202,7 | Si |
| 8,5   | -78,51  | 26,84  | 85,31   | 224,8 | Si |
| 8,75  | -78,83  | 18,52  | 92,02   | 241,8 | Si |
| 9     | -79,14  | 9,98   | 96,65   | 253,5 | Si |
| 9,25  | -79,46  | 1,22   | 99,15   | 259,8 | Si |
| 9,5   | -79,78  | -7,77  | 99,45   | 260,6 | Si |
| 9,75  | -80,09  | -16,97 | 97,51   | 255,7 | Si |
| 10    | -80,4   | -26,4  | 93,27   | 245,1 | Si |
| 10,25 | -80,72  | -36,05 | 86,67   | 228,5 | Si |
| 10,5  | -81,04  | -45,92 | 77,66   | 205,8 | Si |
| 10,75 | -81,35  | -54,77 | 66,18   | 176,9 | Si |
| 11    | -81,67  | -54,77 | 52,48   | 142,4 | Si |
| 11    | -106,02 | 3,07   | 52,48   | 145,4 | Si |
| 11,25 | -106,33 | -6,17  | 53,25   | 147,4 | Si |
| 11,5  | -106,65 | -15,62 | 51,71   | 143,5 | Si |
| 11,75 | -106,96 | -25,25 | 47,8    | 133,7 | Si |
| 12    | -107,28 | -35,08 | 41,49   | 117,8 | Si |
| 12,25 | -107,6  | -45,1  | 32,72   | 95,8  | Si |
| 12,5  | -107,91 | -55,32 | 21,44   | 67,4  | Si |
| 12,75 | -108,22 | -65,73 | 7,62    | 32,5  | Si |
| 13    | -108,54 | -65,73 | -8,82   | 35,6  | Si |
| 13    | -121,81 | -36,71 | -8,82   | 37,2  | Si |
| 13,1  | -121,93 | -43,12 | -12,49  | 46,5  | Si |
| 13,3  | -122,18 | -49,6  | -21,11  | 68,3  | Si |
| 13,5  | -122,43 | -54,55 | -31,03  | 93,3  | Si |
| 13,75 | -122,75 | -56,81 | -44,67  | 127,8 | Si |
| 14    | -123,07 | -55,84 | -58,87  | 163,6 | Si |
| 14,25 | -123,38 | -51,64 | -72,83  | 198,8 | Si |
| 14,5  | -123,7  | -44,19 | -85,74  | 231,4 | Si |
| 14,75 | -124,01 | -33,51 | -96,78  | 259,3 | Si |
| 15    | -124,33 | -19,59 | -105,16 | 280,5 | Si |
| 15,25 | -124,64 | -2,43  | -110,06 | 292,9 | Si |
| 15,5  | -124,96 | 17,97  | -110,66 | 294,4 | Si |
| 15,75 | -125,28 | 41,6   | -106,17 | 283,2 | Si |
| 16    | -125,59 | 68,47  | -95,77  | 257   | Si |
| 16,25 | -125,91 | 81,82  | -78,66  | 213,9 | Si |
| 16,5  | -126,22 | 81,32  | -58,2   | 162,3 | Si |
| 16,75 | -126,54 | 66,83  | -37,87  | 111,1 | Si |



**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 169 di 190 |

|       |         |       |        |      |    |
|-------|---------|-------|--------|------|----|
| 17    | -126,85 | 47,9  | -21,16 | 69   | Si |
| 17,25 | -127,17 | 30,09 | -9,19  | 38,8 | Si |
| 17,5  | -127,48 | 15,98 | -1,66  | 19,9 | Si |
| 17,75 | -127,8  | 6,17  | 2,33   | 21,6 | Si |
| 18    | -128,12 | 0,24  | 3,87   | 25,6 | Si |
| 18,25 | -128,43 | -2,73 | 3,93   | 25,7 | Si |
| 18,5  | -128,75 | -3,7  | 3,26   | 24,1 | Si |
| 18,75 | -129,07 | -3,5  | 2,33   | 21,8 | Si |
| 19    | -129,38 | -2,75 | 1,45   | 19,6 | Si |
| 19,25 | -129,69 | -1,83 | 0,77   | 17,9 | Si |
| 19,5  | -130,01 | -0,97 | 0,31   | 16,8 | Si |
| 19,75 | -130,33 | -0,26 | 0,07   | 16,2 | Si |
| 20    | -130,64 | -0,26 | 0      | 16,1 | Si |

**VERIFICHE S.L.U. DI TIPO GEOTECNICO E STRUTTURALE SUI TIRANTI**
**ANCORAGGIO DI ORDINE 1**

 forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=183,81$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 2,34

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

 tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=440,79$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 3,67

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

 tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,36$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 6,56

**ANCORAGGIO DI ORDINE 2**

 forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=332,17$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,3

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

 tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=796,57$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 2,03

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

 tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,66$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 3,63

**ANCORAGGIO DI ORDINE 3**

 forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $F_{ad}=427,03$  kN

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,44

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=1.024,05 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 1,58

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,59 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 4,04

ANCORAGGIO DI ORDINE 4

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $\text{Fad}=354,30 \text{ kN}$

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 1,74

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=849,64 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 1,9

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,49 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 4,86

ANCORAGGIO DI ORDINE 5

forza di progetto di trazione agente sul tirante,  $\text{Fad}=193,01 \text{ kN}$

**1) Verifica allo sfilamento dell'intero tirante, compresa la fondazione (GEO)**

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1,2) = 3,19

**2) Verifica alla rottura del tirante di acciaio (STR)**

tensione normale nell'acciaio del tirante,  $\text{Sigf}=462,85 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 3,49

**3) Verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo (STR)**

tensione tangenziale al contatto calcestruzzo-acciaio,  $\text{Tau}=0,27 \text{ N/mm}^2$

Verifica soddisfatta

coefficiente di sicurezza (non minore di 1) = 8,93

## CALCOLO ARMATURE TRAVE DI CORONAMENTO

### Sollecitazioni di progetto

Momento flettente massimo,  $\text{My}=1,60 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Taglio massimo,  $\text{Tz}=3,20 \text{ kN}$

### Armatura longitudinale a flessione

armatura lembo verticale lato monte = 4 fi 14 (6,16 cmq)

armatura lembo verticale lato valle = 4 fi 14 (6,16 cmq)

armatura lembo orizzontale superiore = 1 fi 14 (1,54 cmq)

armatura lembo orizzontale inferiore = 1 fi 14 (1,54 cmq)

l'armatura rispetta i limiti fissati dalla normativa:

- armatura minima in zona tesa = 5,48 cmq
- armatura massima = 160 cmq

#### **Verifiche di resistenza a flessione**

momento ultimo della sezione (lembo superiore maggiormente compresso)=103,3 kN\*m

momento ultimo della sezione (lembo inferiore maggiormente compresso)=-103,3 kN\*m

Verifica soddisfatta

#### **Armatura trasversale a taglio**

passo max delle staffe prescritto dalla normativa (armatura trasv. minima regolam.re),  $t_c=13,1$  cm

Resistenza al taglio dovuta al solo cls,  $T_{cls}=160,52$  kN

passo staffe nella trave = 13,1 cm

Resistenza di progetto a "taglio compressione" nel tratto  $L_i=L/2$ ,  $V_{rcd}=3.527,78$  kN

Resistenza di progetto a "taglio trazione" dell'armatura trasversale nel tratto  $L_i$ ,  $V_{rsd}=150,01$  kN

Resistenza di progetto a taglio nel tratto  $L_i$ ,  $V_{rd}=150,01$  kN

## **VERIFICA CORDOLI IN ACCIAIO IN CORRISPONDENZA DEI TIRANTI**

### **ORDINE DI TIRANTE N° 1**

#### **Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=40,04$  kN\*m

Taglio massimo,  $T_z=64,07$  kN

#### **Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338$  N/mmq

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=2.623,62$  kN

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=13,24$  cmq

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=516,89$  kN

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=148,76$  kN\*m

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=165,73$  kN\*m

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=148,8$  kN\*m

Verifica soddisfatta

### **ORDINE DI TIRANTE N° 2**

#### **Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=75,03$  kN\*m

Taglio massimo,  $T_z=120,05$  kN

#### **Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338$  N/mmq

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=3.063,14$  kN

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=14,52$  cmq

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=566,86$  kN

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=198,80$  kN\*m

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=219,69$  kN\*m

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=198,8$  kN\*m

Verifica soddisfatta

### **ORDINE DI TIRANTE N° 3**

#### **Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=96,46 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Taglio massimo,  $T_z=154,34 \text{ kN}$

**Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338 \text{ N/mm}^2$

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=3.063,14 \text{ kN}$

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=14,52 \text{ cm}^2$

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=566,86 \text{ kN}$

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=198,80 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=219,69 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=198,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Verifica soddisfatta

**ORDINE DI TIRANTE N° 4**

**Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=80,03 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Taglio massimo,  $T_z=128,05 \text{ kN}$

**Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338 \text{ N/mm}^2$

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=3.063,14 \text{ kN}$

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=14,52 \text{ cm}^2$

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=566,86 \text{ kN}$

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=198,80 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=219,69 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=198,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Verifica soddisfatta

**ORDINE DI TIRANTE N° 5**

**Sollecitazioni di progetto**

Momento flettente massimo,  $M_y=43,60 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Taglio massimo,  $T_z=69,76 \text{ kN}$

**Verifiche di resistenza a flessione e taglio**

tensione di snervamento di progetto,  $f_{yd}=338 \text{ N/mm}^2$

Resistenza plastica della sezione lorda A,  $N_{pl\_Rd}=3.063,14 \text{ kN}$

Area resistente al taglio della sezione lungo z,  $A_{vz}=14,52 \text{ cm}^2$

Resistenza di progetto a taglio lungo z,  $V_{cz\_Rd}=566,86 \text{ kN}$

Momento resistente elastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ely\_Rd}=198,80 \text{ kN}\cdot\text{m}$

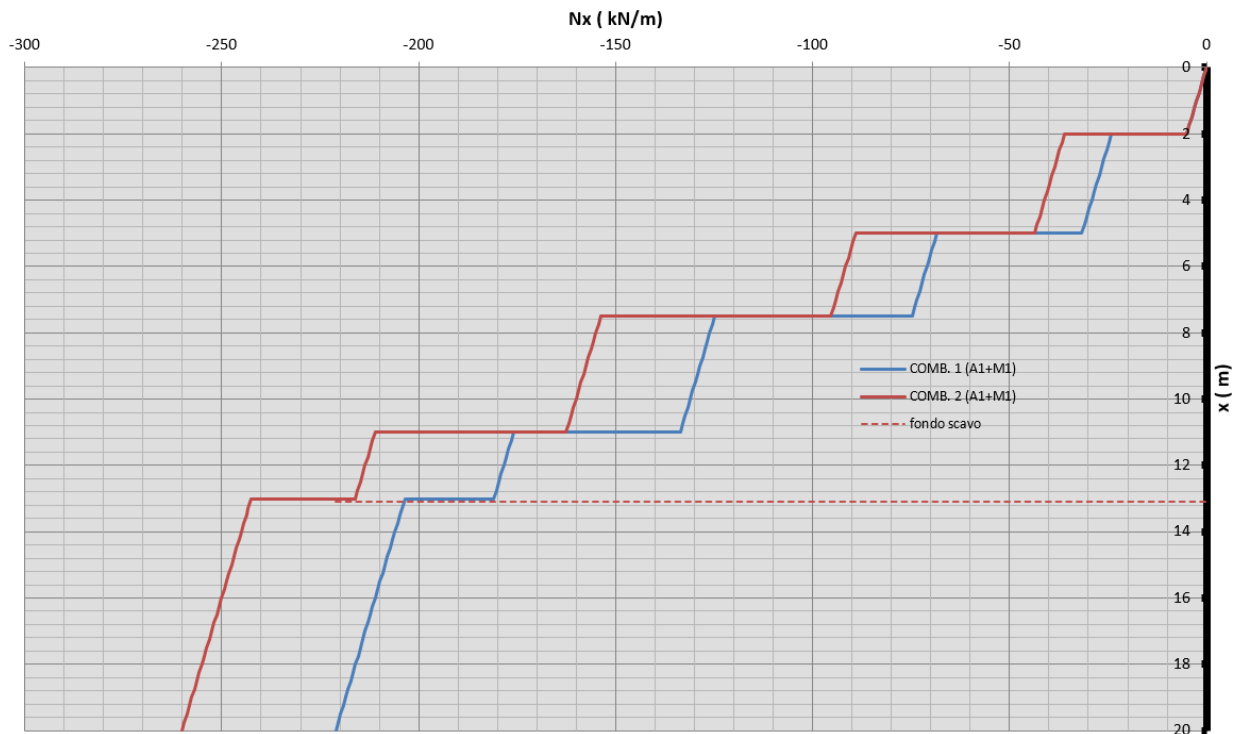
Momento resistente plastico lungo l'asse vettore y,  $M_{ply\_Rd}=219,69 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistenza di progetto della sezione soggetta a flessione retta,  $M_{cy\_Rd}=198,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$

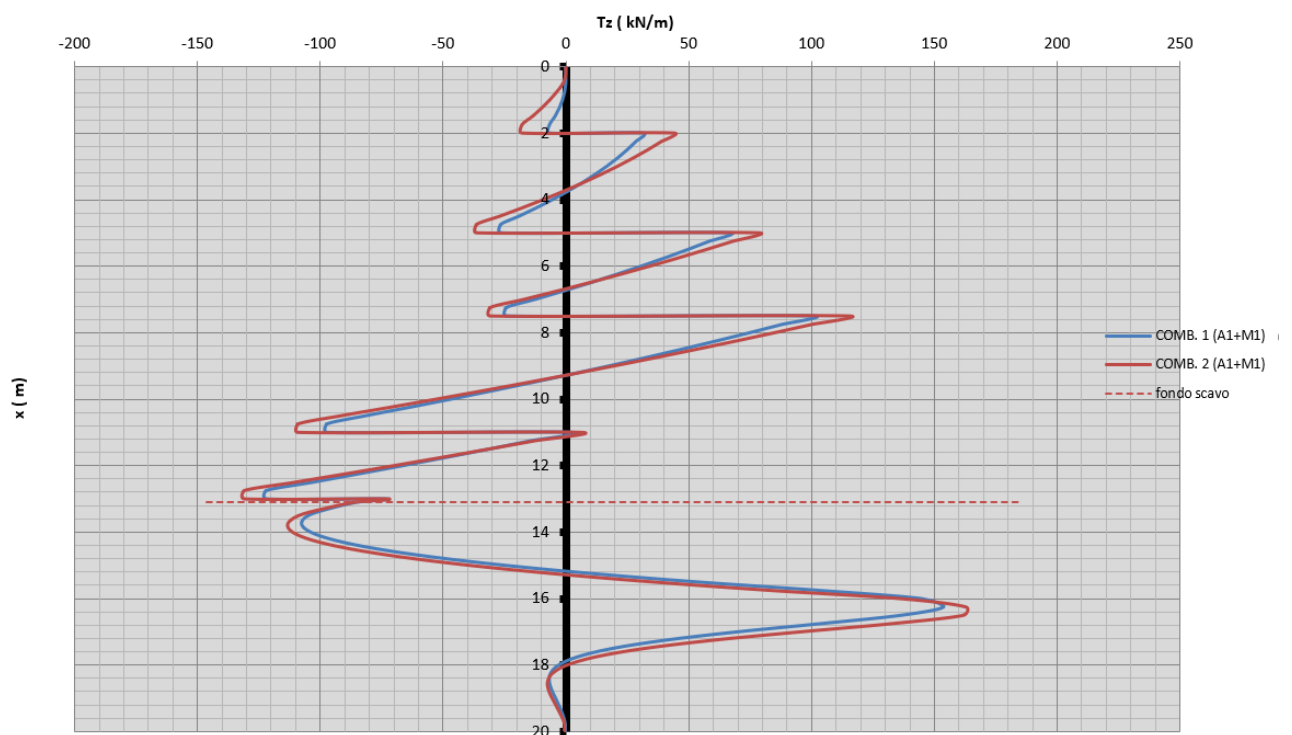
Verifica soddisfatta

### 6.4.8.1 Diagrammi

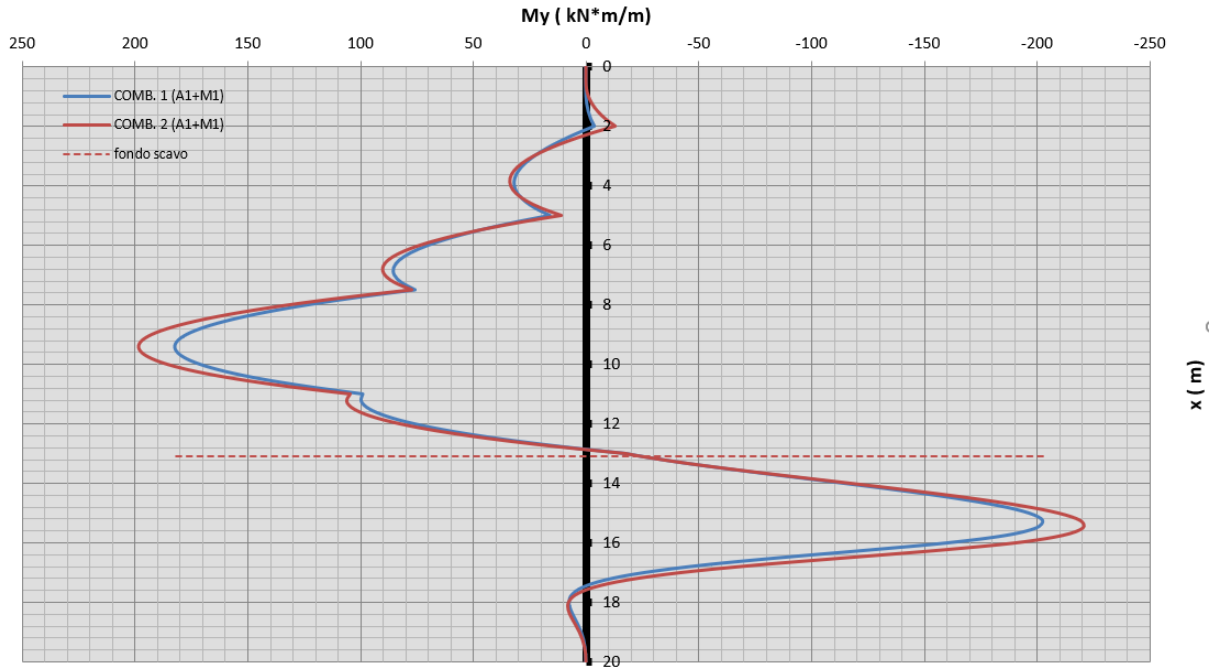
#### DIAGRAMMA DELLO SFORZO NORMALE $N_x(x)$ LUNGO LA PARATIA



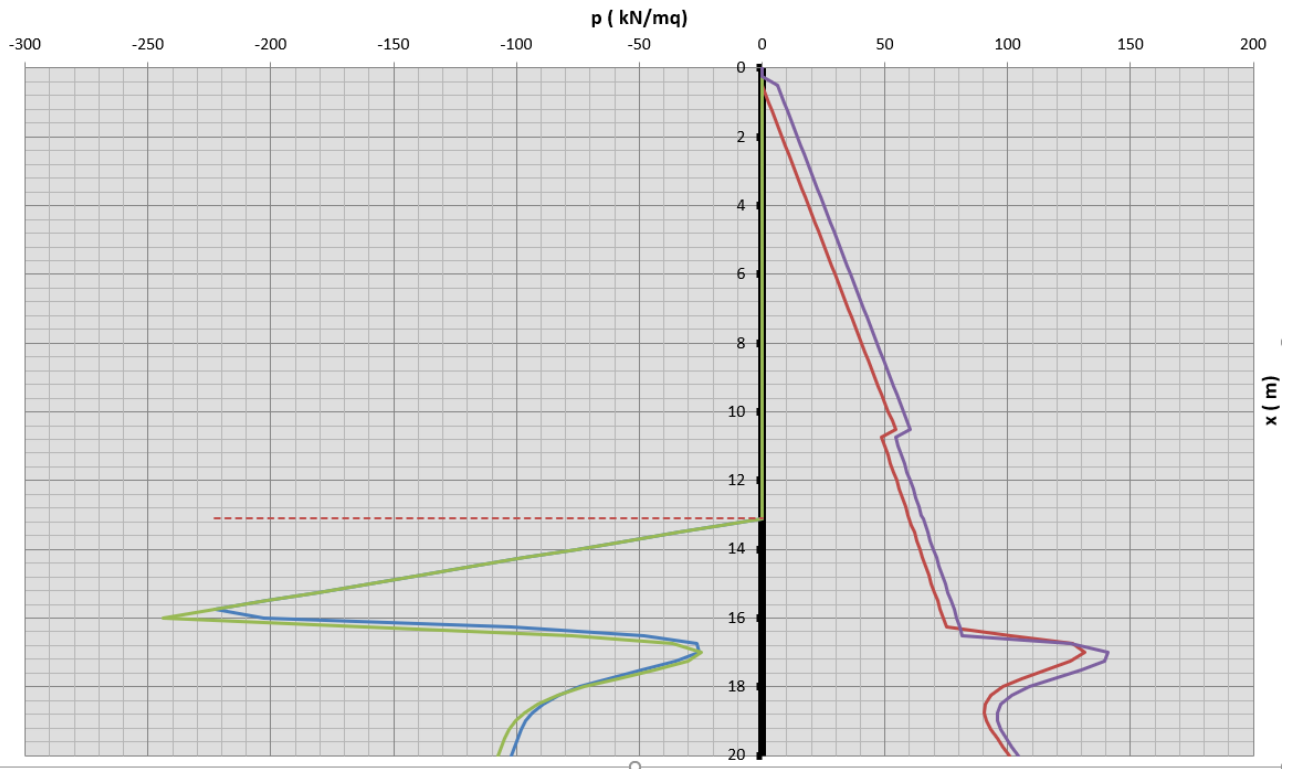
#### DIAGRAMMA DEL TAGLIO $T_z(x)$ LUNGO LA PARATIA



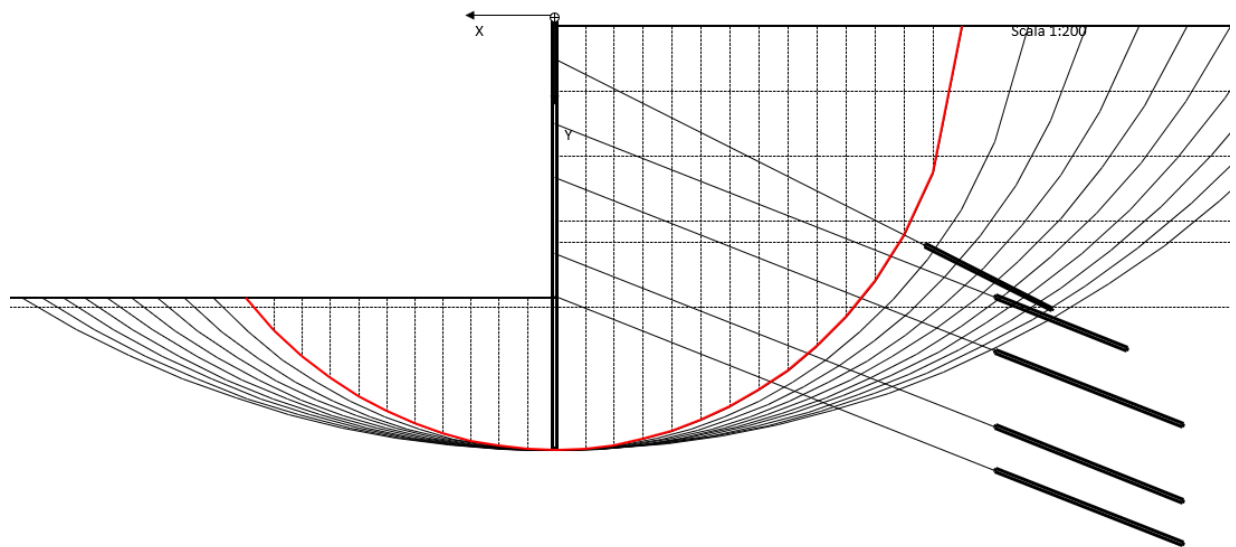
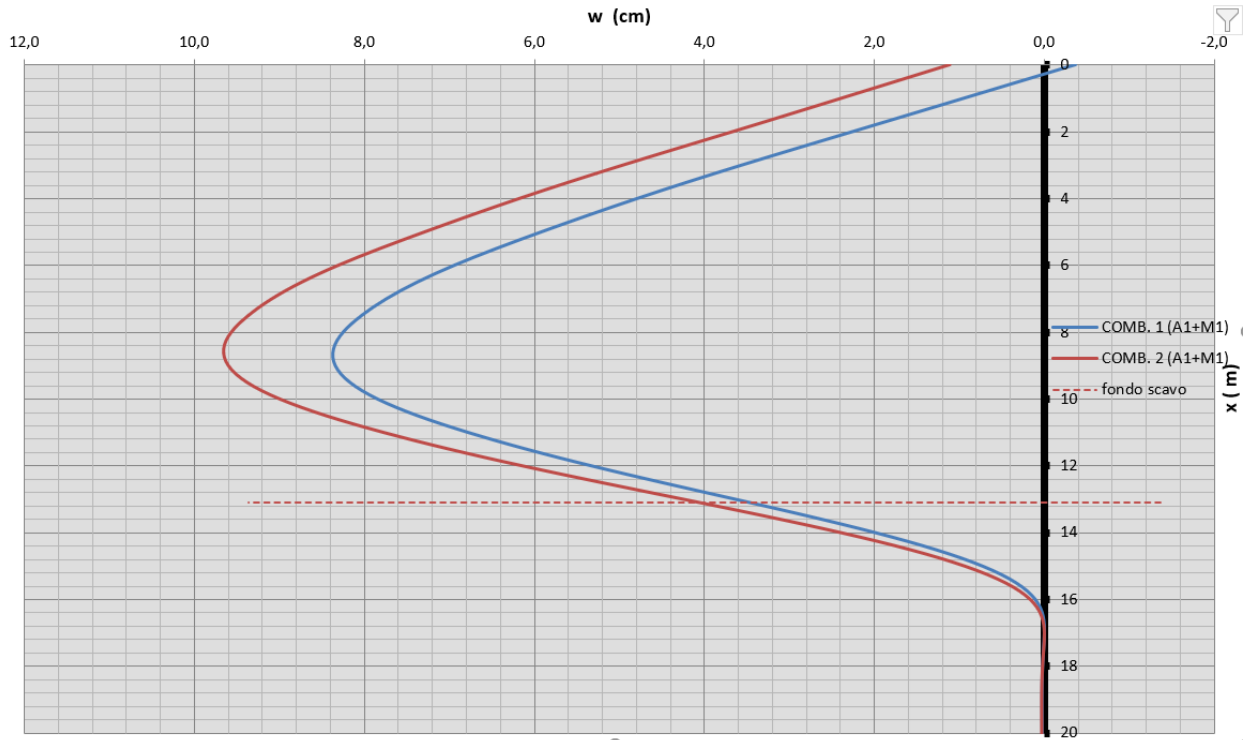
**DIAGRAMMA DEL MOMENTO FLETTENTE  $M_y(x)$  LUNGO LA PARATIA**



**DIAGRAMMA PRESSIONI DI CONTATTO PARETE-TERRENO**



**SPOSTAMENTI ORIZZONTALI DELLA PARATIA**



## 7 DIMENSIONAMENTO PALANCOLE

### 7.1 PALANCOLATO A SBALZO PRESSO PILE (FS)

Si prevede l'impiego di palancole tipo PU18 con le seguenti caratteristiche a metro lineare:

Area: 163 cm<sup>2</sup>/m

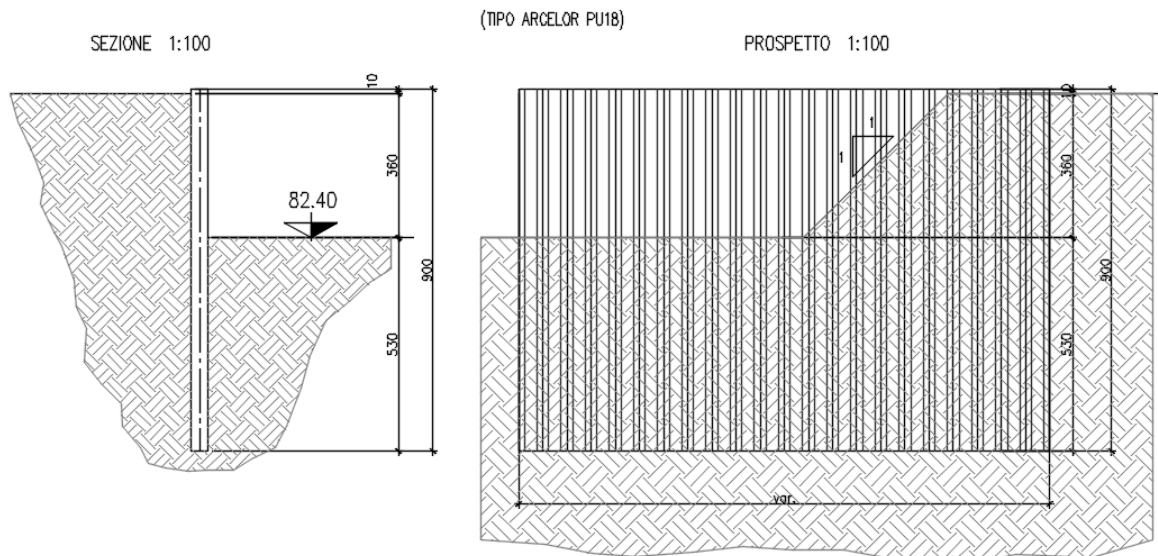
Massa: 128 kg/m<sup>2</sup>

Momento d'inerzia: 38650 cm<sup>4</sup>/m

Modulo di resistenza elastico: 1800 cm<sup>3</sup>/m

Modulo di resistenza plastico: 2134 cm<sup>3</sup>/m

#### SEZIONE TIPICA PALANCOLA H=9.00m



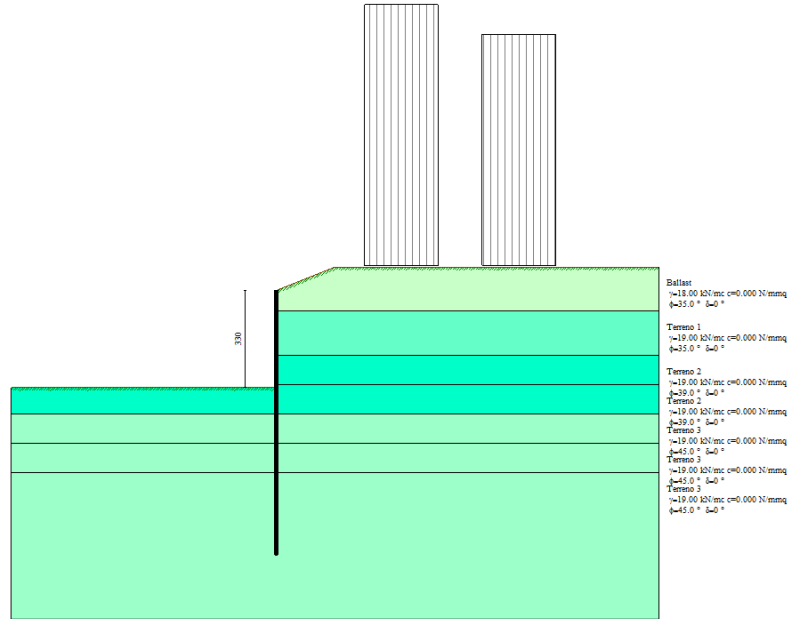
#### 7.1.1 GEOMETRIA PARATIA

Tipo paratia: Paratia in acciaio con parametri definiti a metro di paratia

|   |          |                    |
|---|----------|--------------------|
| Altezza fuori terra   | 3.30     | [m]                |
| Profondità di infissione                                    | 5.70     | [m]                |
| Altezza totale della paratia                                | 9.00     | [m]                |
| Lunghezza paratia   | 1.00     | [m]                |
| Area per metro lineare di larghezza                         | 163.00   | [cmq]              |
| Inerzia per metro lineare di larghezza                      | 38650.00 | [cm <sup>4</sup> ] |
| Modulo di resistenza per metro lineare di larghezza         | 1800.00  | [cm <sup>3</sup> ] |
| Momento ultimo della sezione per metro lineare di larghezza | 608.5710 | [kNm]              |
| Fattore di taglio   | 1.20     |                    |

Si riporta di seguito il modello agli elementi finiti implementato:





### 7.1.2 GEOMETRIA PROFILO TERRENO

*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

#### Profilo di monte

| N | X     | Y    | A    |
|---|-------|------|------|
| 2 | 2.00  | 0.20 | 5.71 |
| 3 | 10.00 | 0.20 | 0.00 |

#### Profilo di valle

| N | X     | Y     | A    |
|---|-------|-------|------|
| 1 | -9.00 | -3.30 | 0.00 |
| 2 | 0.00  | -3.30 | 0.00 |

### 7.1.3 DESCRIZIONE TERRENI

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

Descrizione Descrizione del terreno

$\gamma$  peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]

|            |   |
|------------|---|
| $\gamma_s$ | peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]    |
| $\phi$     | angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]  |
| $\delta$   | angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]      |
| c          | coesione del terreno espressa in [N/mm <sup>2</sup> ] |

| n° | Descrizione | $\gamma$ | $\gamma_s$ | $\phi$ | $\delta$ | c      |
|----|-------------|----------|------------|--------|----------|--------|
| 1  | Ballast     | 18.0000  | 19.6136    | 35.00  | 0.00     | 0.0000 |
| 2  | Terreno 1   | 19.0000  | 19.0000    | 35.00  | 0.00     | 0.0000 |
| 3  | Terreno 2   | 19.0000  | 19.0000    | 39.00  | 0.00     | 0.0000 |
| 4  | Terreno 3   | 19.0000  | 19.0000    | 45.00  | 0.00     | 0.0000 |

#### 7.1.4 DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

##### Simbologia adottata

|          |   |
|----------|---|
| n°       | numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia              |
| sp       | spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m] |
| kw       | costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm              |
| $\alpha$ | inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)                                  |
| Terreno  | Terreno associato allo strato   |

| n° | sp   | $\alpha$ | kw   | Terreno   |
|----|------|----------|------|-----------|
| 1  | 0.70 | 0.00     | 0.15 | Ballast   |
| 2  | 1.50 | 0.00     | 0.62 | Terreno 1 |
| 3  | 1.00 | 0.00     | 1.43 | Terreno 2 |
| 4  | 1.00 | 0.00     | 1.97 | Terreno 2 |
| 5  | 1.00 | 0.00     | 3.41 | Terreno 3 |
| 6  | 1.00 | 0.00     | 4.14 | Terreno 3 |
| 7  | 5.00 | 0.00     | 6.33 | Terreno 3 |

#### 7.1.5 CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

##### Calcestruzzo

|   |        |                      |
|---|--------|----------------------|
| Peso specifico                                    | 24.52  | [kN/mc]              |
| Classe di Resistenza                              | C25/30 |                      |
| Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$ | 30.0   | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$    | 9.7    | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$      | 0.60   | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$      | 1.81   | [N/mm <sup>2</sup> ] |

##### Acciaio

|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| Tipo                               | Fe 510                     |
| Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$ | 235.4 [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione di snervamento $f_{yk}$   | 353.0 [N/mm <sup>2</sup> ] |

### 7.1.6 CONDIZIONI DI CARICO

Il carico considerato è quello imposto dalla normativa NTC2018.

In dettaglio si sono considerate i due binari: sul primo, distante 3.00m dalla berlinese, è stato applicato il treno SW2 (150 kN/m diffusi sulla larghezza del binario di 2.5m per un contributo di 60kN/mq) mentre sul secondo, distante 7.00m dalla berlinese, è stato applicato il treno SW0 (133 kN/m diffuse sulla larghezza del binario di 2.5m per un contributo di 53.2kN/mq).

#### *Simbologia e convenzioni adottate*

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

$F_x$  Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle

$F_y$  Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso

$M$  Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante

$Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]

$V_i, V_s$  Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle

$R$  Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

#### Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo  $X_i = 2.00$   $X_f = 4.50$   $Q_i = 60.00$   $Q_f = 60.00$

Carico distribuito sul profilo  $X_i = 7.00$   $X_f = 9.50$   $Q_i = 53.20$   $Q_f = 53.20$

### 7.1.7 COMBINAZIONI DI CARICO

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

#### Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Condizione 1 (Treni) x 1.00

#### Combinazione n° 2 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Condizione 1 (Treni) x 1.00

#### Combinazione n° 3

Spinta terreno

#### Combinazione n° 4

Spinta terreno

Condizione 1 (Treni) x 0.50

#### Combinazione n° 5

Spinta terreno

Condizione 1 (Treni) x 1.00

### 7.1.8 IMPOSTAZIONI DI PROGETTO

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

#### **Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche**

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

| <i>Carichi</i> | <i>Effetto</i> |                  | <i>A1</i> | <i>A2</i> |
|----------------|----------------|------------------|-----------|-----------|
| Permanenti     | Favorevole     | $\gamma_{Gfav}$  | 1.00      | 1.00      |
| Permanenti     | Sfavorevole    | $\gamma_{Gsfav}$ | 1.35      | 1.00      |
| Variabili      | Favorevole     | $\gamma_{Qfav}$  | 0.00      | 0.00      |
| Variabili      | Sfavorevole    | $\gamma_{Qsfav}$ | 1.45      | 1.25      |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| <i>Parametri</i>                     | <i>M1</i>            | <i>M2</i>     |           |
|--------------------------------------|----------------------|---------------|-----------|
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{\tan\phi'}$ | 1.00          | 1.25      |
| Coesione efficace                    |                      | $\gamma_{c'}$ | 1.00 1.25 |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$        | 1.00          | 1.40      |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$        | 1.00          | 1.60      |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_{\gamma}$    | 1.00          | 1.00      |

### 7.1.9 IMPOSTAZIONI DI ANALISI

#### **Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

### 7.1.10 ANALISI DELLA PARATIA

**La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.**

Essa è discretizzata in 66 elementi fuori terra e 114 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva oppure lo spostamento limite di 1.50 [cm] non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

|                                   |      |     |
|-----------------------------------|------|-----|
| Altezza fuori terra della paratia | 3.30 | [m] |
| Profondità di infissione          | 5.70 | [m] |
| Altezza totale della paratia      | 9.00 | [m] |

### Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

#### Simbologia adottata

|      |   |
|------|---|
| n°   | Indice della Combinazione/Fase                    |
| Tipo | Tipo della Combinazione/Fase                      |
| Pa   | Spinta attiva, espressa in [kN]                   |
| Is   | Incremento sismico della spinta, espressa in [kN] |
| Pw   | Spinta della falda, espressa in [kN]              |
| Pp   | Resistenza passiva, espressa in [kN]              |
| Pc   | Controspinta, espressa in [kN]                    |

| n° | Tipo    | Pa        | Y <sub>Pa</sub> | Is | Y <sub>Is</sub> | Pw | Y <sub>Pw</sub> | Pp      | Y <sub>Pp</sub> | Pc    | Y <sub>Pc</sub> |
|----|---------|-----------|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|---------|-----------------|-------|-----------------|
| 1  | [A1-M1] | 55.902.44 | --              | -- | --              | -- | --              | -97.30  | 4.65            | 41.41 | 7.63            |
| 2  | [A2-M2] | 70.752.51 | --              | -- | --              | -- | --              | -136.70 | 5.14            | 65.95 | 7.96            |
| 3  | [SLEQ]  | 27.762.21 | --              | -- | --              | -- | --              | -48.43  | 4.47            | 20.68 | 7.50            |
| 4  | [SLEF]  | 32.282.33 | --              | -- | --              | -- | --              | -56.01  | 4.55            | 23.74 | 7.56            |
| 5  | [SLER]  | 40.172.43 | --              | -- | --              | -- | --              | -69.85  | 4.63            | 29.68 | 7.62            |

#### Simbologia adottata

|      |  |
|------|--|
| n°   | Indice della Combinazione/Fase   |
| Tipo | Tipo della Combinazione/Fase   |
| Rc   | Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]                           |
| Rt   | Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN] |
| Rv   | Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]                          |
| Rp   | Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]                          |

| n° | Tipo    | Rc       | Y <sub>Rc</sub> | Rt | Y <sub>Rt</sub> | Rv | Y <sub>Rv</sub> | Rp | Y <sub>Rp</sub> |
|----|---------|----------|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|
| 1  | [A1-M1] | 0.000.00 | --              | -- | --              | -- | --              | -- | --              |
| 2  | [A2-M2] | 0.000.00 | --              | -- | --              | -- | --              | -- | --              |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 182 di 190 |

|   |        |          |    |    |    |    |    |    |
|---|--------|----------|----|----|----|----|----|----|
| 3 | [SLEQ] | 0.000.00 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4 | [SLEF] | 0.000.00 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5 | [SLER] | 0.000.00 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

**Simbologia adottata**

|                    |  |
|--------------------|--|
| n°                 | Indice della Combinazione/Fase   |
| Tipo               | Tipo della Combinazione/Fase   |
| P <sub>NUL</sub>   | Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]  |
| P <sub>INV</sub>   | Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]   |
| C <sub>ROT</sub>   | Punto Centro di rotazione, espresso in [m]   |
| MP                 | Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]   |
| R/R <sub>MAX</sub> | Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%] |

|   |         |          |      |       |       |
|---|---------|----------|------|-------|-------|
| 1 | [A1-M1] | 3.634.25 | 6.13 | 16.52 | 3.61  |
| 2 | [A2-M2] | 3.955.05 | 6.55 | 31.30 | 10.60 |
| 3 | [SLEQ]  | 3.494.25 | 5.98 | 11.30 | 2.42  |
| 4 | [SLEF]  | 3.564.25 | 6.05 | 13.04 | 2.79  |
| 5 | [SLER]  | 3.624.25 | 6.12 | 15.65 | 3.51  |

**7.1.11 VALORI MASSIMI E MINIMI SOLLECITAZIONI PER METRO DI PARATIA**
**Simbologia adottata**

|      |   |
|------|---|
| n°   | Indice della combinazione/fase  |
| Tipo | Tipo della combinazione/fase  |
| Y    | ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]                  |
| M    | momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]                        |
| N    | sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione) |
| T    | taglio massimo e minimo espresso in [kN]                                    |

| n° | Tipo    | M      | Y <sub>M</sub> | T      | Y <sub>T</sub> | N     | Y <sub>N</sub> |     |
|----|---------|--------|----------------|--------|----------------|-------|----------------|-----|
| 1  | [A1-M1] | 89.67  | 4.55           | 45.89  | 3.50           | 11.29 | 9.00           | MAX |
| -- | --      | 0.00   | 9.00           | -35.38 | 6.00           | 0.00  | 0.00           | MIN |
| 2  | [A1-M1] | 66.43  | 4.55           | 34.00  | 3.50           | 11.29 | 9.00           | MAX |
| -- | --      | 0.00   | 9.00           | -26.21 | 6.00           | 0.00  | 0.00           | MIN |
| 3  | [A2-M2] | 100.76 | 4.75           | 46.45  | 3.65           | 11.29 | 9.00           | MAX |
| -- | --      | 0.00   | 0.00           | -40.53 | 6.20           | 0.00  | 0.00           | MIN |
| 4  | [A2-M2] | 100.76 | 4.75           | 46.45  | 3.65           | 11.29 | 9.00           | MAX |
| -- | --      | 0.00   | 0.00           | -40.53 | 6.20           | 0.00  | 0.00           | MIN |
| 5  | [A1-M1] | 102.70 | 4.65           | 53.16  | 3.60           | 11.29 | 9.00           | MAX |
| -- | --      | 0.00   | 0.00           | -40.87 | 6.10           | 0.00  | 0.00           | MIN |
| 6  | [A2-M2] | 157.97 | 5.15           | 70.28  | 3.95           | 11.29 | 9.00           | MAX |
| -- | --      | 0.00   | 9.00           | -66.40 | 6.55           | 0.00  | 0.00           | MIN |
| 7  | [SLEQ]  | 66.43  | 4.55           | 34.00  | 3.50           | 11.29 | 9.00           | MAX |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 183 di 190 |

|    |        |       |      |        |      |       |      |     |
|----|--------|-------|------|--------|------|-------|------|-----|
| -- | --     | 0.00  | 9.00 | -26.21 | 6.00 | 0.00  | 0.00 | MIN |
| 8  | [SLEF] | 67.76 | 4.55 | 34.04  | 3.50 | 11.29 | 9.00 | MAX |
| -- | --     | 0.00  | 0.00 | -26.79 | 6.00 | 0.00  | 0.00 | MIN |
| 9  | [SLER] | 74.71 | 4.65 | 38.57  | 3.60 | 11.29 | 9.00 | MAX |
| -- | --     | 0.00  | 0.00 | -29.71 | 6.10 | 0.00  | 0.00 | MIN |

**7.1.12 SPOSTAMENTI MASSIMI E MINIMI DELLA PARATIA**
*Simbologia adottata*

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]

U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle

V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

| n° | Tipo    | U       | Y <sub>U</sub> | V      | Y <sub>V</sub> |     |
|----|---------|---------|----------------|--------|----------------|-----|
| 1  | [A1-M1] | 1.6483  | 0.00           | 0.0015 | 0.00           | MAX |
| -- | --      | -0.0259 | 7.25           | 0.0000 | 0.00           | MIN |
| 2  | [A1-M1] | 1.2210  | 0.00           | 0.0015 | 0.00           | MAX |
| -- | --      | -0.0192 | 7.25           | 0.0000 | 0.00           | MIN |
| 3  | [A2-M2] | 1.9638  | 0.00           | 0.0015 | 0.00           | MAX |
| -- | --      | -0.0300 | 7.50           | 0.0000 | 0.00           | MIN |
| 4  | [A2-M2] | 1.9638  | 0.00           | 0.0015 | 0.00           | MAX |
| -- | --      | -0.0300 | 7.50           | 0.0000 | 0.00           | MIN |
| 5  | [A1-M1] | 1.9197  | 0.00           | 0.0015 | 0.00           | MAX |
| -- | --      | -0.0299 | 7.35           | 0.0000 | 0.00           | MIN |
| 6  | [A2-M2] | 3.3333  | 0.00           | 0.0015 | 0.00           | MAX |
| -- | --      | -0.0536 | 8.15           | 0.0000 | 0.00           | MIN |
| 7  | [SLEQ]  | 1.2210  | 0.00           | 0.0015 | 0.00           | MAX |
| -- | --      | -0.0192 | 7.25           | 0.0000 | 0.00           | MIN |
| 8  | [SLEF]  | 1.2528  | 0.00           | 0.0015 | 0.00           | MAX |
| -- | --      | -0.0196 | 7.25           | 0.0000 | 0.00           | MIN |
| 9  | [SLER]  | 1.3950  | 0.00           | 0.0015 | 0.00           | MAX |
| -- | --      | -0.0218 | 7.35           | 0.0000 | 0.00           | MIN |

**7.1.13 STABILITÀ GLOBALE**

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 100

*Simbologia adottata*

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

(X<sub>c</sub>; Y<sub>c</sub>) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]

R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X<sub>v</sub>; Y<sub>v</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]

(X<sub>m</sub>; Y<sub>m</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

FS Coefficiente di sicurezza

| n° | Tipo    | (X <sub>C</sub> , Y <sub>C</sub> ) | R    | (X <sub>V</sub> , Y <sub>V</sub> ) | (X <sub>M</sub> , Y <sub>M</sub> ) | FS   |
|----|---------|------------------------------------|------|------------------------------------|------------------------------------|------|
| 3  | [A2-M2] | (-0.90; 0.00)                      | 9.04 | (-9.33; -3.28)                     | (8.11; -0.74)                      | 4.03 |
| 4  | [A2-M2] | (-0.90; 0.00)                      | 9.04 | (-9.33; -3.28)                     | (8.11; -0.74)                      | 4.03 |
| 6  | [A2-M2] | (-0.90; 0.90)                      | 9.94 | (-9.92; -3.28)                     | (9.04; 0.80)                       | 2.78 |

### Combinazione n° 6

Numero di strisce      50

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°      numero d'ordine della striscia

W      peso della striscia espresso in [kN]

$\alpha$       angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)

$\phi$       angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c      coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

b      larghezza della striscia espressa in [m]

L      sviluppo della base della striscia espressa in [m] ( $L=b/\cos\alpha$ )

u      pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

C<sub>tn</sub>, C<sub>tt</sub>      contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

#### Caratteristiche delle strisce

| N° | W       | $\alpha(^{\circ})$ | $W\sin\alpha$ | L    | $\phi$ | c      | u(C <sub>tn</sub> ; C <sub>tt</sub> ) |
|----|---------|--------------------|---------------|------|--------|--------|---------------------------------------|
| 1  | 2.5169  | -62.75             | -228.17       | 0.83 | 32.94  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 2  | 7.4389  | -58.26             | -645.09       | 0.73 | 35.80  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 3  | 11.5987 | -54.29             | -960.29       | 0.65 | 38.66  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 4  | 15.2103 | -50.67             | -1199.64      | 0.60 | 38.66  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 5  | 18.3975 | -47.31             | -1378.89      | 0.56 | 38.66  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 6  | 21.2398 | -44.15             | -1508.69      | 0.53 | 38.66  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 7  | 23.7919 | -41.16             | -1596.76      | 0.51 | 38.66  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 8  | 26.0934 | -38.30             | -1649.01      | 0.49 | 38.66  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 9  | 28.1739 | -35.55             | -1670.15      | 0.47 | 38.66  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 10 | 30.0564 | -32.88             | -1664.05      | 0.45 | 38.66  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 11 | 31.7590 | -30.30             | -1633.95      | 0.44 | 38.66  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 12 | 33.2961 | -27.78             | -1582.65      | 0.43 | 38.66  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |
| 13 | 34.6794 | -25.32             | -1512.62      | 0.42 | 38.66  | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00)                    |



**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 185 di 190 |

|    |         |                    |       |        |                    |
|----|---------|--------------------|-------|--------|--------------------|
| 14 | 35.9186 | -22.91-1426.040.41 | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 15 | 37.0217 | -20.55-1324.890.41 | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 16 | 37.9952 | -18.21-1210.980.40 | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 17 | 38.8446 | -15.91-1085.980.40 | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 18 | 39.5746 | -13.64-951.45 0.39 | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 19 | 40.1886 | -11.38-808.88 0.39 | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 20 | 40.6899 | -9.15-659.68 0.39  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 21 | 41.0806 | -6.93-505.19 0.38  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 22 | 41.3628 | -4.72-346.73 0.38  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 23 | 41.5375 | -2.51-185.59 0.38  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 24 | 41.6057 | -0.31-23.02 0.38   | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 25 | 41.5676 | 1.89139.73 0.38    | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 26 | 41.4230 | 4.09301.40 0.38    | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 27 | 64.5145 | 6.29720.37 0.38    | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 28 | 65.1868 | 8.48979.81 0.38    | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 29 | 65.7534 | 10.681242.45 0.38  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 30 | 66.2122 | 12.901507.03 0.39  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 31 | 66.5606 | 15.141772.20 0.39  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 32 | 66.5515 | 17.402029.18 0.39  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 33 | 65.6955 | 19.692257.00 0.40  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 34 | 65.6887 | 22.012510.66 0.41  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 35 | 91.7648 | 24.383861.99 0.41  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 36 | 90.4734 | 26.784157.35 0.42  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 37 | 89.0381 | 29.244435.58 0.43  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 38 | 87.4486 | 31.774694.44 0.44  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 39 | 85.6922 | 34.364931.43 0.46  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 40 | 83.7535 | 37.035143.67 0.47  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 41 | 70.3243 | 39.814590.85 0.49  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 42 | 50.9931 | 42.703526.09 0.51  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 43 | 48.3664 | 45.733531.53 0.54  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 44 | 45.4361 | 48.943493.38 0.57  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 45 | 52.6019 | 52.374247.94 0.62  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 46 | 63.4364 | 56.095368.65 0.68  | 38.66 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 47 | 59.0742 | 60.235228.67 0.76  | 32.94 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 48 | 53.8292 | 64.984973.95 0.89  | 32.94 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 49 | 47.0556 | 70.864533.10 1.15  | 31.10 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |
| 50 | 33.9905 | 81.793430.48 2.64  | 29.26 | 0.0000 | 0.0000(0.00; 0.00) |

Resistenza a taglio paratia= 0.0000 [kN]

$$\Sigma W_i = 2382.5043 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 567.3290 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 1578.1215 \text{ [kN]}$$

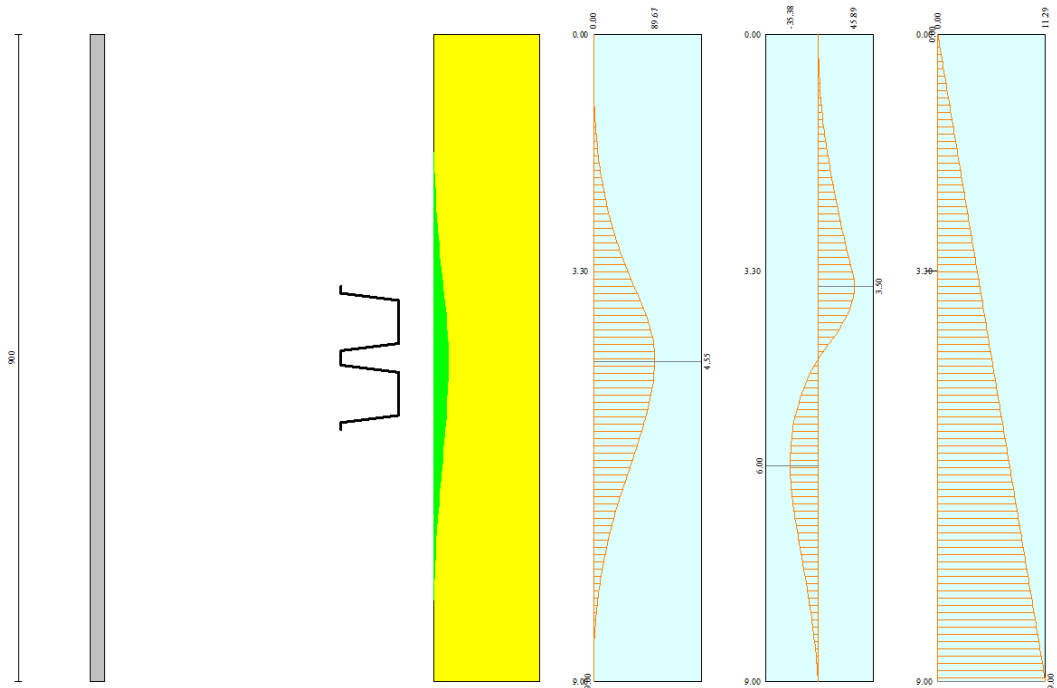
$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0.0000 \text{ [kN]}$$

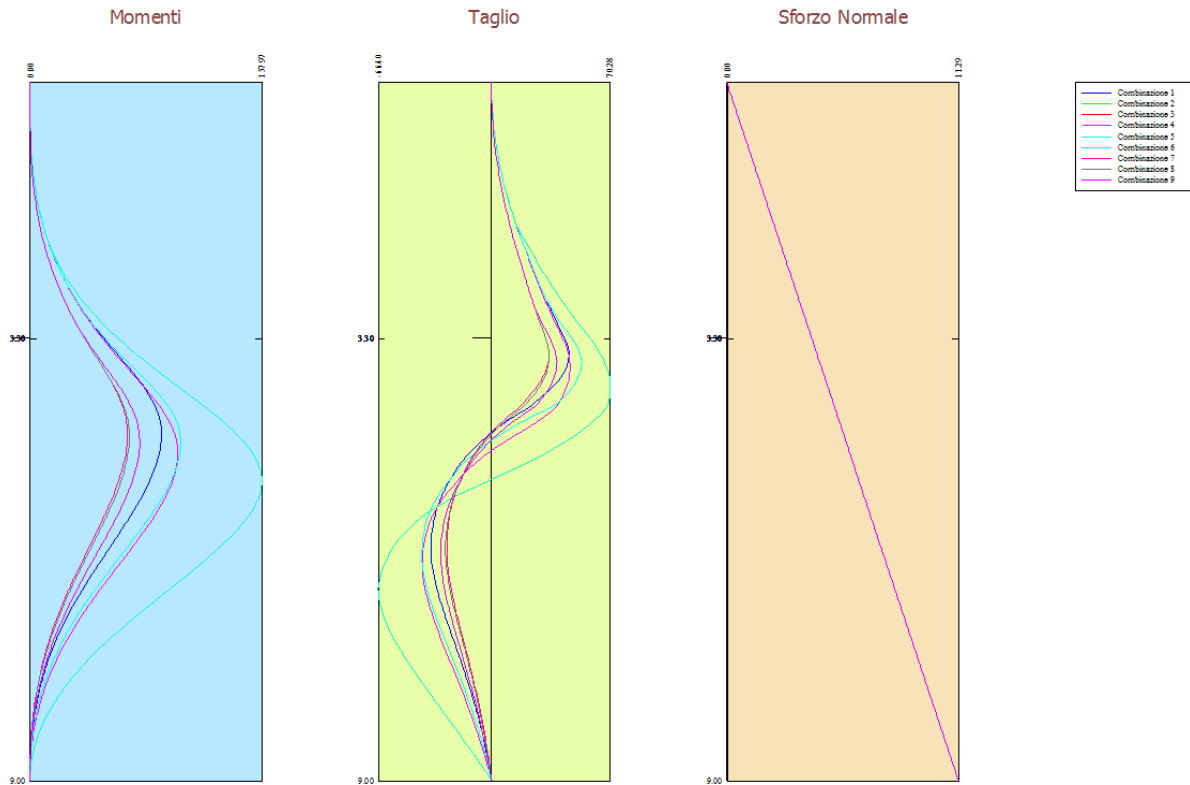
### 7.1.14 DESCRIZIONE ARMATURA CARATTERISTICHE SEZIONE

|                       |          |                 |
|-----------------------|----------|-----------------|
| Area della sezione    | 163.00   | cmq             |
| Inerzia della sezione | 38650.00 | cm <sup>4</sup> |
| Modulo di resistenza  | 1800.00  | cm <sup>3</sup> |
| Fattore di taglio     | 1.20     |                 |

### 7.1.15 VERIFICA ARMATURA PARATIA (SEZIONI CRITICHE)

Si riporta lo schema grafico delle sollecitazioni e di seguito i valori numerici:





### Simbologia adottata

|                 |   |
|-----------------|---|
| n°              | Indice della combinazione/fase  |
| Tipo            | Tipo della Combinazione/Fase  |
| Y               | ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]                      |
| M               | momento flettente espresso in [kNm]   |
| N               | sfuerzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)                                   |
| Mu              | momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]   |
| Nu              | sfuerzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]  |
| FS              | fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio) |
| T               | taglio espresso in [kN]   |
| Tr              | taglio resistente espresso in [kN]  |
| FS <sub>T</sub> | fattore di sicurezza a taglio   |

| n° | Tipo    | Y         | M      | Mu     | FS   |
|----|---------|-----------|--------|--------|------|
| 1  | [A1-M1] | 4.5537.61 | 608.57 | 608.57 | 6.79 |
| 2  | [A1-M1] | 4.5527.86 | 608.57 | 608.57 | 9.16 |
| 3  | [A2-M2] | 4.7542.25 | 608.57 | 608.57 | 6.04 |
| 4  | [A2-M2] | 4.7542.25 | 608.57 | 608.57 | 6.04 |
| 5  | [A1-M1] | 4.6543.07 | 608.57 | 608.57 | 5.93 |
| 6  | [A2-M2] | 5.1566.24 | 608.57 | 608.57 | 3.85 |

**Simbologia adottata**

|               |  |
|---------------|--|
| n°            | Indice della combinazione/fase   |
| Tipo          | Tipo della Combinazione/Fase   |
| Y             | ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]   |
| $\sigma_f$    | tensione normale nell'armatura, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]   |
| $\tau_f$      | tensione tangenziale nell'armatura, espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]   |
| $\sigma_{id}$ | tensione ideale ( $\sigma_{id} = (\sigma_f^2 + 3 \tau_f^2)^{0.5}$ ) nella sezione del tubolare, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ] |

| n°Tipo   | $\sigma_{fc}$ Y( $\sigma_{fc}$ ) | $\sigma_{ft}$ Y( $\sigma_{ft}$ ) | $\sigma_{id}$ Y( $\sigma_{id}$ ) | $\tau_f$ Y( $\tau_f$ ) |
|----------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| 7 [SLEQ] | 37.2534.55 0.685                 | 8.95                             | 37.254 4.55                      | 2.503 3.50             |
| 8 [SLEF] | 37.9974.55 0.685                 | 8.95                             | 37.997 4.55                      | 2.506 3.50             |
| 9 [SLER] | 41.8654.65 0.684                 | 8.95                             | 41.866 4.65                      | 2.839 3.60             |

**7.1.16 VERIFICA ARMATURA PARATIA (INVILUPPO)**
**Simbologia adottata**

|                 |   |
|-----------------|---|
| n°              | Indice della Combinazione/Fase  |
| Tipo            | Tipo della Combinazione/Fase  |
| Y               | ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo, espressa in [m]                       |
| M               | momento flettente, espresso in [kNm]  |
| N               | sforzo normale, espresso in [kN] (positivo di compressione)                                   |
| Mu              | momento ultimo di riferimento, espresso in [kNm]  |
| Nu              | sforzo normale ultimo di riferimento, espresso in [kN]  |
| FS              | fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio) |
| T               | taglio, espresso in [kN]  |
| Tr              | Taglio resistente, espresso in [kN]   |
| FS <sub>T</sub> | fattore di sicurezza a taglio   |

| n° | Tipo    | Y    | M    | Mu     | FS       |
|----|---------|------|------|--------|----------|
| 1  | [A1-M1] | 0.00 | 0.00 | 608.57 | 1000.00  |
| 1  | [A1-M1] | 0.25 | 0.01 | 608.57 | 26589.90 |
| 1  | [A1-M1] | 0.50 | 0.08 | 608.57 | 3373.16  |
| 1  | [A1-M1] | 0.75 | 0.25 | 608.57 | 1004.08  |
| 1  | [A1-M1] | 1.00 | 0.60 | 608.57 | 423.13   |
| 1  | [A1-M1] | 1.25 | 1.18 | 608.57 | 216.12   |
| 1  | [A1-M1] | 1.50 | 2.05 | 608.57 | 124.74   |
| 1  | [A1-M1] | 1.75 | 3.26 | 608.57 | 78.35    |
| 6  | [A2-M2] | 2.00 | 4.91 | 608.57 | 52.02    |
| 6  | [A2-M2] | 2.25 | 7.21 | 608.57 | 35.39    |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 189 di 190 |

|   |         |      |       |        |        |
|---|---------|------|-------|--------|--------|
| 6 | [A2-M2] | 2.50 | 10.22 | 608.57 | 24.97  |
| 6 | [A2-M2] | 2.75 | 13.98 | 608.57 | 18.25  |
| 6 | [A2-M2] | 3.00 | 18.56 | 608.57 | 13.75  |
| 6 | [A2-M2] | 3.25 | 24.02 | 608.57 | 10.63  |
| 6 | [A2-M2] | 3.50 | 30.39 | 608.57 | 8.40   |
| 6 | [A2-M2] | 3.75 | 37.42 | 608.57 | 6.82   |
| 6 | [A2-M2] | 4.00 | 44.75 | 608.57 | 5.70   |
| 6 | [A2-M2] | 4.25 | 52.01 | 608.57 | 4.91   |
| 6 | [A2-M2] | 4.50 | 58.37 | 608.57 | 4.37   |
| 6 | [A2-M2] | 4.75 | 63.14 | 608.57 | 4.04   |
| 6 | [A2-M2] | 5.00 | 65.83 | 608.57 | 3.88   |
| 6 | [A2-M2] | 5.25 | 66.00 | 608.57 | 3.87   |
| 6 | [A2-M2] | 5.50 | 63.67 | 608.57 | 4.01   |
| 6 | [A2-M2] | 5.75 | 59.40 | 608.57 | 4.30   |
| 6 | [A2-M2] | 6.00 | 53.83 | 608.57 | 4.74   |
| 6 | [A2-M2] | 6.25 | 47.48 | 608.57 | 5.38   |
| 6 | [A2-M2] | 6.50 | 40.64 | 608.57 | 6.28   |
| 6 | [A2-M2] | 6.75 | 33.71 | 608.57 | 7.57   |
| 6 | [A2-M2] | 7.00 | 27.03 | 608.57 | 9.44   |
| 6 | [A2-M2] | 7.25 | 20.87 | 608.57 | 12.23  |
| 6 | [A2-M2] | 7.50 | 15.38 | 608.57 | 16.59  |
| 6 | [A2-M2] | 7.75 | 10.67 | 608.57 | 23.91  |
| 6 | [A2-M2] | 8.00 | 6.81  | 608.57 | 37.47  |
| 6 | [A2-M2] | 8.25 | 3.81  | 608.57 | 66.93  |
| 6 | [A2-M2] | 8.50 | 1.68  | 608.57 | 151.47 |
| 6 | [A2-M2] | 8.75 | 0.42  | 608.57 | 609.68 |

**Simbologia adottata**

|               |  |
|---------------|--|
| $n^{\circ}$   | Indice della combinazione/fase                                 |
| Tipo          | Tipo della Combinazione/Fase                                   |
| Y             | ordinata della sezione, espressa in [m]                        |
| $\sigma_{id}$ | tensione ideale nell'acciaio, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ] |
| $\sigma_f$    | tensione normale in [N/mm <sup>2</sup> ]                       |
| $\tau_f$      | tensione tangenziale in [N/mm <sup>2</sup> ]                   |

| Y    | $\sigma_{fc} n^{\circ}$ - Tipo | $\sigma_{ft} n^{\circ}$ - Tipo | $\sigma_{id} n^{\circ}$ - Tipo | $\tau_f n^{\circ}$ - Tipo |
|------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 0.00 | 0.0009 - [SLER]                | 0.0001 - [A1-M1]               | 0.0009 - [SLER]                | 0.0009 - [SLER]           |
| 0.25 | 0.0297 - [SLEQ]                | 0.0109 - [SLER]                | 0.0387 - [SLEQ]                | 0.0157 - [SLEQ]           |
| 0.50 | 0.1137 - [SLEQ]                | 0.0001 - [A1-M1]               | 0.1527 - [SLEQ]                | 0.0597 - [SLEQ]           |

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|-----------|------|------------|
| IN10     | 10    | D26CL    | IV010X001 | A    | 190 di 190 |

|      |                                   |                  |                 |
|------|-----------------------------------|------------------|-----------------|
| 0.75 | 0.3077 - [SLEQ] 0.0001 - [A1-M1]  | 0.3837 - [SLEQ]  | 0.1327 - [SLEQ] |
| 1.00 | 0.6697 - [SLEQ] 0.0001 - [A1-M1]  | 0.7847 - [SLEQ]  | 0.2367 - [SLEQ] |
| 1.25 | 1.2557 - [SLEQ] 0.0001 - [A1-M1]  | 1.4097 - [SLEQ]  | 0.3707 - [SLEQ] |
| 1.50 | 2.1237 - [SLEQ] 0.0001 - [A1-M1]  | 2.3167 - [SLEQ]  | 0.5357 - [SLEQ] |
| 1.75 | 3.3317 - [SLEQ] 0.0001 - [A1-M1]  | 3.5637 - [SLEQ]  | 0.7307 - [SLEQ] |
| 2.00 | 4.9367 - [SLEQ] 0.0001 - [A1-M1]  | 5.2077 - [SLEQ]  | 0.9567 - [SLEQ] |
| 2.25 | 6.9947 - [SLEQ] 0.0001 - [A1-M1]  | 7.2997 - [SLEQ]  | 1.2047 - [SLEQ] |
| 2.50 | 9.5127 - [SLEQ] 0.0001 - [A1-M1]  | 9.8377 - [SLEQ]  | 1.4477 - [SLEQ] |
| 2.75 | 12.5077 - [SLEQ] 0.0001 - [A1-M1] | 12.8537 - [SLEQ] | 1.7117 - [SLEQ] |
| 3.00 | 16.0379 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 16.4199 - [SLER] | 2.0329 - [SLER] |
| 3.25 | 20.2849 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 20.7269 - [SLER] | 2.4589 - [SLER] |
| 3.50 | 25.3099 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 25.7699 - [SLER] | 2.7999 - [SLER] |
| 3.75 | 30.6589 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 31.0329 - [SLER] | 2.7739 - [SLER] |
| 4.00 | 35.6669 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 35.9039 - [SLER] | 2.3809 - [SLER] |
| 4.25 | 39.6509 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 39.7369 - [SLER] | 1.5079 - [SLER] |
| 4.50 | 41.6269 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 41.6329 - [SLER] | 0.3899 - [SLER] |
| 4.75 | 41.6959 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 41.7039 - [SLER] | 0.6467 - [SLEQ] |
| 5.00 | 40.3239 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 40.3689 - [SLER] | 1.1457 - [SLEQ] |
| 5.25 | 37.9039 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 38.0009 - [SLER] | 1.5679 - [SLER] |
| 5.50 | 34.6789 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 34.8369 - [SLER] | 1.9149 - [SLER] |
| 5.75 | 30.9199 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 31.1349 - [SLER] | 2.1089 - [SLER] |
| 6.00 | 26.8899 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 27.1549 - [SLER] | 2.1839 - [SLER] |
| 6.25 | 22.7899 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 23.0959 - [SLER] | 2.1639 - [SLER] |
| 6.50 | 18.8059 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 19.1359 - [SLER] | 2.0449 - [SLER] |
| 6.75 | 15.0999 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 15.4399 - [SLER] | 1.8599 - [SLER] |
| 7.00 | 11.7769 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1] | 12.1119 - [SLER] | 1.6359 - [SLER] |
| 7.25 | 8.8939 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1]  | 9.2149 - [SLER]  | 1.3919 - [SLER] |
| 7.50 | 6.4769 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1]  | 6.7729 - [SLER]  | 1.1439 - [SLER] |
| 7.75 | 4.5229 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1]  | 4.7849 - [SLER]  | 0.9029 - [SLER] |
| 8.00 | 3.0139 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1]  | 3.2329 - [SLER]  | 0.6769 - [SLER] |
| 8.25 | 1.9179 - [SLER] 0.0001 - [A1-M1]  | 2.0829 - [SLER]  | 0.4699 - [SLER] |
| 8.50 | 1.1939 - [SLER] 0.2457 - [SLEQ]   | 1.2919 - [SLER]  | 0.2859 - [SLER] |
| 8.75 | 0.8019 - [SLER] 0.5797 - [SLEQ]   | 0.8299 - [SLER]  | 0.1249 - [SLER] |