

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 MURI D'ALA

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 D 0 0 1 A

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

File: IN1010D26CLIV010D001A

n. Elab.:

## INDICE

<b>1</b>	<b>RELAZIONE ILLUSTRATIVA</b>	<b>5</b>
1.1	<b>ASPETTI GENERALI</b>	<b>5</b>
1.2	<b>METODO DI CALCOLO</b>	<b>7</b>
1.2.1	<b>CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA</b>	<b>7</b>
<b>1.3</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE</b>	<b>11</b>
1.3.1	<b>COMBINAZIONI PER LA VERIFICA AGLI SLU</b>	<b>11</b>
1.3.2	<b>COMBINAZIONI PER LA VERIFICA AGLI SLE</b>	<b>12</b>
1.3.3	<b>COMBINAZIONI PER LA CONDIZIONE SISMICA</b>	<b>13</b>
1.4	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>15</b>
3.1	<b>TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1</b>	<b>15</b>
3.2	<b>PARAMETRI DI IDENTIFICAZIONE PER LA VERIFICA A FESSURAZIONE</b>	<b>16</b>
3.3	<b>CALCESTRUZZO PER MAGRONE</b>	<b>17</b>
3.4	<b>CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE ED ELEVAZIONE MURI</b>	<b>17</b>
3.5	<b>ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO</b>	<b>17</b>
3.6	<b>COPRIFERRI</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>STRATIGRAFIA DI PROGETTO</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>CODICI DI CALCOLO</b>	<b>20</b>
5.1	<b>VCASLU</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>METODOLOGIA DI CALCOLO</b>	<b>21</b>
6.1	<b>IMPOSTAZIONI PER LE VERIFICHE DI TIPO GEOTECNICO E DI EQUILIBRIO</b>	<b>21</b>
6.2	<b>SPINTA IN PRESENZA DI FALDA</b>	<b>22</b>

<b>6.3</b>	<b>SPINTA IN PRESENZA DI SISMA</b>	<b>22</b>
<b>6.4</b>	<b>VERIFICA A RIBALTAMENTO</b>	<b>23</b>
<b>6.5</b>	<b>VERIFICA A SCORRIMENTO</b>	<b>24</b>
<b>6.6</b>	<b>VERIFICA AL CARICO LIMITE</b>	<b>25</b>
<b>6.7</b>	<b>VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>30</b>
<b>7.1</b>	<b>GEOMETRIA MURO E FONDAZIONE</b>	<b>30</b>
<b>7.2</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO</b>	<b>30</b>
<b>7.3</b>	<b>CARICHI PERMANENTI</b>	<b>31</b>
<b>7.3.1</b>	<b>PESI PROPRI</b>	<b>31</b>
<b>7.3.2</b>	<b>SPINTA DEL TERRENO</b>	<b>31</b>
<b>7.4</b>	<b>CARICHI ACCIDENTALI</b>	<b>32</b>
<b>7.5</b>	<b>AZIONI SISMICHE</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI</b>	<b>33</b>
<b>8.1</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO PRESE IN CONSIDERAZIONE</b>	<b>33</b>
<b>8.2</b>	<b>IMPOSTAZIONI DI ANALISI</b>	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>CALCOLO E VERIFICA DEL MURO (H=3.85 M)</b>	<b>37</b>
<b>9.1</b>	<b>DATI GEOMETRICI DEL MURO</b>	<b>37</b>
<b>9.2</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI E PROFILO DEL TERRENO</b>	<b>38</b>
<b>9.3</b>	<b>VERIFICHE SLU DI TIPO GEOTECNICO (GEO) E DI EQUILIBRIO DI CORPO RIGIDO (EQU)</b>	<b>39</b>
<b>9.3.1</b>	<b>COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE-TERRENO</b>	<b>40</b>
<b>9.3.2</b>	<b>RIBALTAMENTO</b>	<b>43</b>
<b>9.3.3</b>	<b>STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO-TERRENO</b>	<b>44</b>
<b>9.4</b>	<b>RIEPILOGO SOLLECITAZIONI MASSIME PER VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE (STR)</b>	<b>47</b>
<b>9.5</b>	<b>VERIFICHE SLU DI TIPO STRUTTURALE (STR)</b>	<b>48</b>
<b>9.5.1</b>	<b>VERIFICHE SLU DI TIPO STRUTTURALE (STR) PARETE IN ELEVAZIONE</b>	<b>48</b>
<b>9.5.1.1</b>	<b>Verifica a Pressoflessione e Taglio. Sezione di base</b>	<b>48</b>

<b>9.5.2</b>	<b>VERIFICHE SLU DI TIPO STRUTTURALE (STR) IN FONDAZIONE</b>	<b>50</b>
<b>9.5.2.1</b>	<b>Verifica A Pressoflessione e Taglio. Sbalzo Anteriore, Sezione Di Attacco Parete</b>	<b>50</b>
<b>9.5.2.2</b>	<b>Verifica A Pressoflessione e Taglio. Sbalzo Posteriore, Sezione Di Attacco Parete</b>	<b>54</b>
<b>9.6</b>	<b>VERIFICHE SLE DI TIPO STRUTTURALE (STR)</b>	<b>57</b>
<b>9.6.1</b>	<b>VERIFICHE SLE DI TIPO STRUTTURALE (STR) PARETE IN ELEVAZIONE COMBINAZIONE DI CARICO FREQUENTE/RARA</b>	<b>57</b>
<b>9.6.2</b>	<b>VERIFICHE SLE DI TIPO STRUTTURALE (STR) IN FONDAZIONE, SBALZO ANTERIORE, COMBINAZIONE DI CARICO FREQUENTE/RARA</b>	<b>58</b>
<b>9.6.3</b>	<b>VERIFICHE SLE DI TIPO STRUTTURALE (STR) IN FONDAZIONE, SBALZO POSTERIORE COMBINAZIONE DI CARICO FREQUENTE/RARA</b>	<b>59</b>
<b>10</b>	<b>ALLEGATI</b>	<b>61</b>

## 1 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

### 1.1 ASPETTI GENERALI

La presente relazione fa riferimento alla progettazione definitiva dell'Ingresso Ovest al Nodo AV/AC di Verona Porta Nuova della Tratta AV/AC Brescia-Verona. L'intervento prevede la realizzazione delle nuove linee, prevalentemente in affiancamento al sedime della attuale Linea Storica Milano-Venezia, nel tratto compreso tra l'intersezione con l'Autostrada del Brennero A22 e la radice est della Stazione Ferroviaria di Verona Porta Nuova, per una estensione di circa 10km. Tali interventi sono funzionali al progetto di linea della Tratta Brescia Est – Verona.

Nel presente elaborato si riportano il dimensionamento e verifica di pile e fondazioni del cavalcaferrovia dell'Autostrada del Brennero A22 alla pk 141+708 della Linea Milano-Venezia.

Per il Ponte è in previsione un significativo ampliamento con la realizzazione di due campate per raccordi laterali alla linea nell'ambito dei progetti per l'Alta Velocità; tale circostanza ha imposto la sostituzione delle attuali spalle con pile e la realizzazione di nuove spalle per le campate laterali.

Presso il risvolto della carreggiata Sud della spalla lato Trento, è previsto un prolungamento del fusto con un muro d'ala a pianta circolare la cui funzione è il sostegno del rilevato a protezione della futura linea ferroviaria.

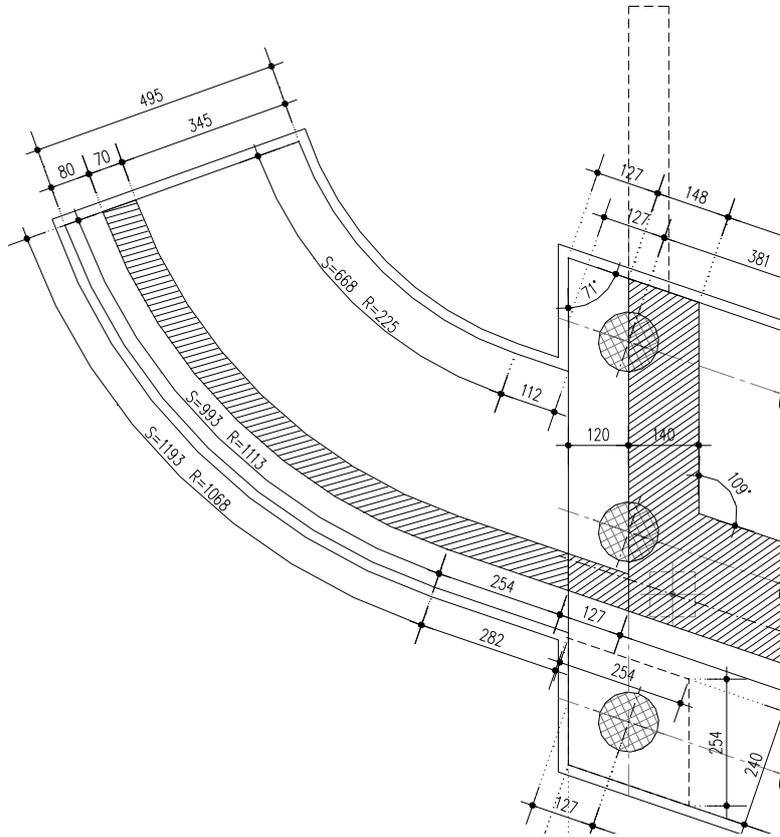
Il muro è previsto su fondazione diretta e viene dimensionato in funzione dell'altezza massima in elevazione (pari a circa 3.80m), del terreno da rilevato e da quello presente in fondazione, nonché dei carichi permanenti ed accidentali tipici delle strutture contro terra.

Il paramento interno dei muri è verticale.

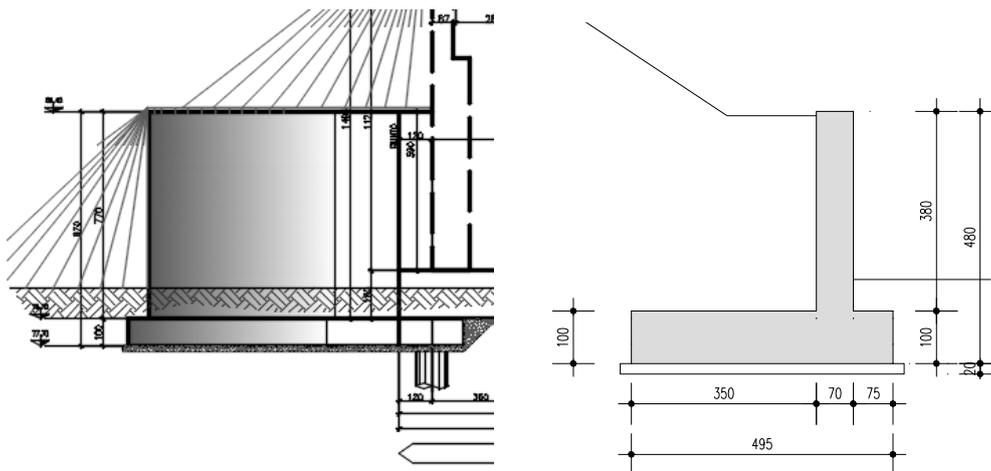
Dal punto di vista sismico, l'opera oggetto della presente relazione ricade in zona sismica 2; la vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni, la classe d'uso assunta è la IV ( $C_u = 2.0$ ). Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:  $V_R = V_N \cdot C_u = 200$  anni. Il tipo di terreno individuato dalle indagini geologiche risulta di tipo B.

All'opera verranno applicate le azioni di rito indicate dal D.M. 17.01.2018 "Norme tecniche per le costruzioni". Il dimensionamento verrà eseguito facendo riferimento ad una striscia di larghezza unitaria.

Le caratteristiche geometriche sono riportate nelle figure seguenti.



**Figura 1-1 Pianta**



**Figura 1-2 Prospetto-Sezione**

	<b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IV010D001	REV. A

## 1.2 METODO DI CALCOLO

La sicurezza strutturale è verificata tramite il metodo semiprobabilistico agli stati limite, applicando il DM17/01/2018 “Norme Tecniche per le costruzioni” e relative Istruzioni.

In particolare viene verificata la sicurezza sia nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) sia nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE).

### 1.2.1 CRITERI E DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA

L’effetto dell’azione sismica di progetto sull’opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s’intende che l’opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, come riportato al § 4.1.2.2.5.

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l’opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidità) nei confronti delle azioni verticali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l’opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l’opera

	<b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IV010D001	REV. A

deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

### DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'opera oggetto della presente relazione ricade in zona sismica 2.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni.

La classe d'uso assunta è la IV ( $C_u = 2.0$ )

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 200 \text{ anni}$$

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(\text{SLV}) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  espresso in anni, vale:

$$T_R(\text{SLV}) = -\frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1898 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma, è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ .

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di **categoria B**, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_c$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ );

L'opera ricade all'incirca alla Latitudine di 45°25,38'4" N e Longitudine 10°54,34"24" E, ad una quota di circa 84 m.s.m..

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ ) per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita sono riportati di seguito:

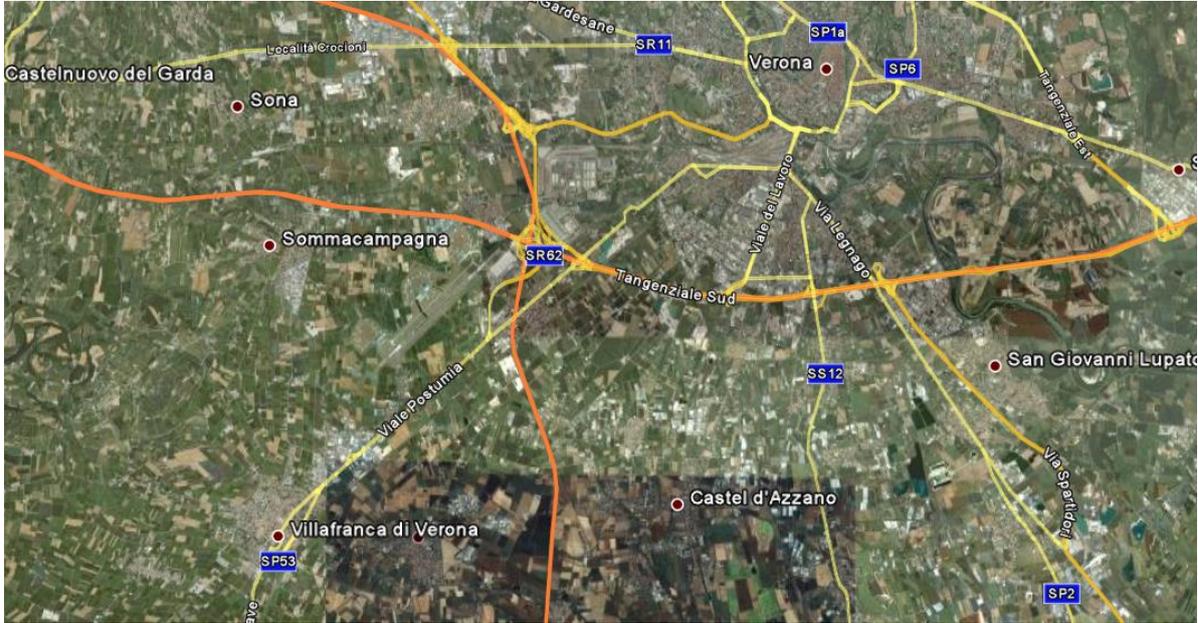


Figura 1.3 Tratto adeguamento del tracciato A22

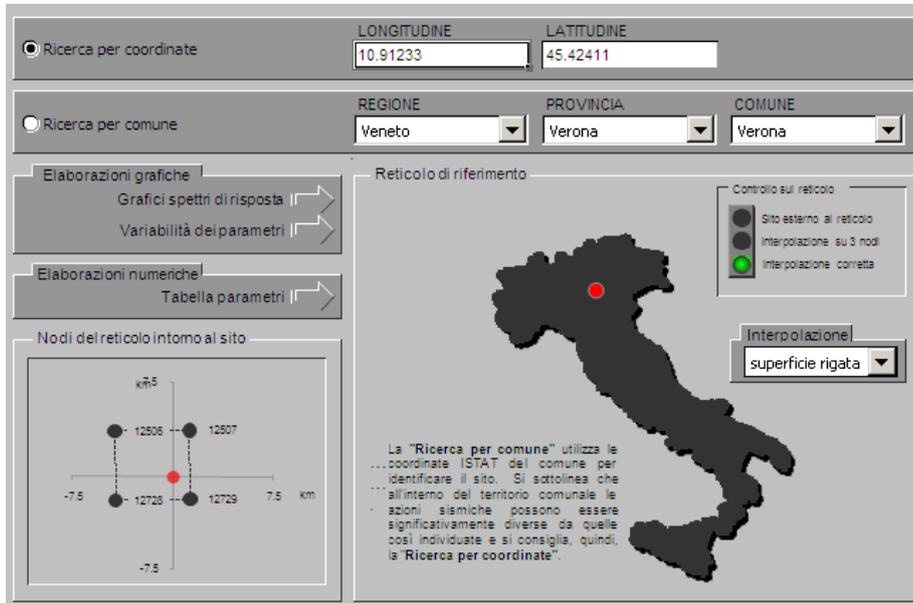


Figura 1.4 Individuazione coordinate Verona – STP FS VE-MI

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL sono:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	120	0.087	2.443	0.262
SLD	201	0.111	2.408	0.271
SLV	1898	0.259	2.406	0.287

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	10 di 95

SLC	2475	0.286	2.381	0.289
-----	------	-------	-------	-------

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria "B".

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafico risulta:

$$S_s \text{ (SLV)} \Rightarrow 1.150$$

$$S_T \text{ (SLV)} \Rightarrow 1.000$$

L'accelerazione massima è valutata con la relazione

$$a_{\max}(\text{SLV}) = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1.150 \cdot 0.259 = 0.298g$$

### 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 i muri di sostegno § 6.5.3.1.1 (NTC) devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti Stati Limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
  - Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
  - Scorrimento sul piano di posa;
  - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
  - Ribaltamento.
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali, accertando che la condizione (6.2.1 delle NTC) sia soddisfatta per ogni stato limite preso in considerazione.

In accordo al § 6.5.3.1.1 la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'approccio progettuale "Approccio 1 e Combinazione 2". I coefficienti parziali utilizzati sono riportati nelle seguenti Tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.5.I, rispettivamente per le azioni e i parametri geotecnici.

**APPROCCIO 1 → Combinazione 2 → (A2+M2+R2)**

*Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.*

CARICHI	EFFETTO	SIMBOLO $\gamma_F$	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
<i>Permanenti</i>	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.3	1.0
<i>Permanenti non strutturali</i>	favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
<i>Variabili</i>	favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
<i>Variabili da traffico</i> <small>(da Tab. 5.1.V NTC)</small>	favorevole	$\gamma_Q$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.35	1.35	1.15

*Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri del terreno.*

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFF. PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	M1	M2
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1	1.25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1	1.25

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA	COMMESSA <b>IN10</b>	LOTTO <b>10</b>	CODIFICA <b>D26CL</b>	DOCUMENTO <b>IV010D001</b>	REV. <b>A</b>

<i>Resistenza non drenata</i>	$c'_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1	1.4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1	1

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE R1	COEFFICIENTE PARZIALE R2	COEFFICIENTE PARZIALE R3
<i>Capacità portante della fondazione</i>	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.4$
<i>Scorrimento</i>	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$
<i>Resistenza del terreno a valle</i>	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.4$

Le rimanenti verifiche sono state effettuate tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I, seguendo l'Approccio 1 a doppia combinazione:

- APPROCCIO 1 :      Combinazione 1:  $\rightarrow (A1+M1+R1)$
- Combinazione 2:  $\rightarrow (A2+M2+R2)$

Le NTC al § 6.5.3.1.1 recitano: *“lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della Tab.2.6.I e adoperando coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte”.*

Ai fini della verifica alla traslazione sul piano di posa di muri di sostegno con fondazioni superficiali, non si deve in generale considerare il contributo della resistenza passiva del terreno antistante il muro.

Ai fini delle verifiche degli Stati Limite Ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

Combinazione fondamentale SLU:

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

Combinazione eccezionale, impiegata per gli SLU connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$ :

$$G_1 + G_2 + A_d + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

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

	<b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IV010D001	REV. A

### 1.3.3 COMBINAZIONI PER LA CONDIZIONE SISMICA

Per la condizione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e gli stati limite di esercizio connessi all'azione sismica  $E$ :

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Le verifiche agli SLU devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel capitolo 6 delle NTC.

### 1.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

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

- Relazione Tecnica Descrittiva
- 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 Opere Provvisionali

## **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 e 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 9858	W/C massimo	Contenuto minimo di cemento kg/m <sup>3</sup>	Rck minima N/mm <sup>2</sup>	Contenuto minimo di aria %	Copriferro 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 Corrosione delle armature per effetto della carbonatazione</b>								
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Cis per interni di edifici con umidità relativa bassa e immerso in acqua	2a	0,65	280	C20/25	-	20
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici in dis a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni	2a	0,60	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	Occasionalmente 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 Corrosione 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: dis esposte ad acque industriali contenenti cloruri	4a, 5b	0,55	300	C30/37	-	30
XD3	Occasionalmente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggio	5c	0,45	320	C35/45	-	40
<b>4 Corrosione 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/degelo 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 cis di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti	3, 4b	0,55	300	C25/30	4,0 e aggregati resistenti al gelodisgelo	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 e aggregati resistenti al gelodisgelo	30
XF4	Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare	Strade e impalcati da ponti esposti ai sali disgelanti. Superfici in dis esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti	3, 4b	0,45	340	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelodisgelo	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	380 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)
FONDAZIONE ED ELEVAZIONE	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 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

**Tabella 4.1.IV – 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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IV010D001	REV. A

Scheda riassuntiva parametri di fessurazione secondo DM2008:

ELEMENTO	Classe di esposizione	Gruppo di esigenza	Combinazione	w <sub>d</sub>
FONDAZIONE ED ELEVAZIONE	XC2	a	frequente	0.4
			quasi permanente	0.3

Le verifiche saranno comunque condotte secondo quanto prescritto **dall'Istruzione 44A di RFI**, in cui i valori limite di apertura delle fessure, per la **combinazione frequente** e per armature poco sensibili, sono i seguenti:

- $\delta_f \leq w_1$  per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per tutte le zone non ispezionabili;
- b)  $\delta_f \leq w_2$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

In ogni caso devono essere condotte le verifiche a fessurazione mediante calcolo diretto, ai sensi del D.M. 17.01.2018, p.to 4.1.2.2.4.6.

### 3.3 CALCESTRUZZO PER MAGRONE

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

### 3.4 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE ED ELEVAZIONE MURI

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)	→ $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	24.90 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 =$	14.16 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→ $\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} =$	15.00 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.56 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	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	→ $\tau_c = 0.50 \cdot f_{ctk} =$	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	→ $\sigma_c = 0.80 \cdot f_{yk} =$	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 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]
<b>FONDAZIONI</b>	
Fondazione ed Elevazione	40

## 4 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

Basandosi sui risultati delle indagini geotecniche ai fini del calcolo della capacità portante del palo e dei manufatti a contatto con il terreno è stata considerata la seguente stratigrafia:

- Strato n.1 in ghiaia sabbiosa umida presente da quota 0.00m a quota -9.00m  
cu=0.0  
 $\phi'=40^\circ$   
 $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$
- Strato n.2 in ghiaia sabbiosa nocciola presente da quota -9.00m a quota -35.00m  
cu=0.0  
 $\phi'=40^\circ$   
 $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$

## 5 CODICI DI CALCOLO

### 5.1 VCASLU

Per le verifiche di resistenza si utilizzerà il programma **VcaSlu**, che consente la verifica di sezioni in cemento armato normale e precompresso, soggette a presso-flessione o tenso-flessione retta o deviata sia allo stato limite ultimo che con il metodo n.

	<b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IV010D001	REV. A

## 6 METODOLOGIA DI CALCOLO

La sicurezza strutturale è verificata tramite il metodo semiprobabilistico agli stati limite, applicando il DM17/01/2018 “Norme Tecniche per le costruzioni” e relative Istruzioni.

In particolare viene verificata la sicurezza sia nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) sia nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE).

Per i muri di sostegno, secondo quanto previsto dalla normativa di riferimento, devono essere effettuate le verifiche in rapporto ai seguenti Stati Limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
  - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
  - Ribaltamento;
  - Scorrimento sul piano di posa;
  - Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali,

Per le verifiche di sicurezza la normativa prevede due diverse approcci: Approccio 1 ed Approccio 2.

Nel caso specifico si adotterà L'APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 1 e COMBINAZIONE 2.

### 6.1 IMPOSTAZIONI PER LE VERIFICHE DI TIPO GEOTECNICO E DI EQUILIBRIO

Visto l'andamento di tipo “a spezzata” della superficie del terreno, per il calcolo delle spinte si utilizza il metodo di Cullman, il quale adotta le stesse ipotesi della teoria di Coulomb.

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\alpha$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;

- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb. Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

## 6.2 SPINTA IN PRESENZA DI FALDA

Nel caso in cui a monte del muro sia presente la falda il diagramma delle pressioni sul muro risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$\gamma_a = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

## 6.3 SPINTA IN PRESENZA DI SISMA

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

## 6.4 VERIFICA A RIBALTAMENTO

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

## 6.5 VERIFICA A SCORRIMENTO

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere

	<b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IV010D001	REV. A

aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Nel caso in oggetto verrà assunto un angolo  $\delta_f$  un po' inferiore a  $\phi$ .

## 6.6 VERIFICA AL CARICO LIMITE

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_q \geq 1.0$

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a seconda se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ( $\phi=0$ ) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

$$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi=0$

$$q_u = 5.14 \cdot c \cdot (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

in cui  $d_c, d_q, d_\gamma$ , sono i fattori di profondità;  $s_c, s_q, s_\gamma$ , sono i fattori di forma;  $i_c, i_q, i_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del carico;  $b_c, b_q, b_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa;  $g_c, g_q, g_\gamma$ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori  $N_c, N_q, N_\gamma$  sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi$$

$$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) \cdot \tan \phi$$

Vediamo ora come si esprimono i vari fattori che compaiono nella espressione del carico ultimo.

Fattori di forma

$$\text{per } \phi=0 \quad s_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \text{tg}\phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Fattori di profondità

Si definisce il parametro  $k$  come

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \text{arctg} \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come

$$\text{per } \phi=0 \quad d_c = 0.4k$$

$$\text{per } \phi>0 \quad d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2\text{tg}\phi(1 - \sin\phi)^2 k$$

$$d_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

Indichiamo con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B \cdot L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione  $B$ ,  $L$  e all'eccentricità del carico  $e_B$ ,  $e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$   $L' = L - 2e_L$ ) e con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta = 0$  per fondazione orizzontale).

*I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:*

$$\text{per } \phi = 0 \quad i_c = 1/2(1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}})$$

$$\text{per } \phi > 0 \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \text{ctg} \phi}\right)^5$$

$$\text{per } \eta = 0 \quad i_y = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \text{ctg} \phi}\right)^5$$

$$\text{per } \eta > 0 \quad i_y = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ/45^\circ)H}{V + A_f c_a \text{ctg} \phi}\right)^5$$

*Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione*

$$\text{per } \phi = 0 \quad b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi > 0 \quad b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = e^{-2\eta\text{tg}\phi}$$

$$b_\gamma = e^{-2.7\eta\text{tg}\phi}$$

### *Fattori di inclinazione del terreno*

Indicando con  $\beta$  la pendenza del pendio i fattori  $g$  si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$\text{per } \phi=0 \quad g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.05\text{tg}\beta)^\delta$$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < \sqrt{\text{tg}\delta} + A_f c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

## **6.7 VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE**

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di

sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro.

Il numero di strisce è pari a 50.

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

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

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 lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## 7 ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 GEOMETRIA MURO E FONDAZIONE

Descrizione **Muro a mensola in c.a.**

Altezza del paramento	3.80 [m]
Spessore in sommità	0.70 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.70 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	20.00 [m]

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.80 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	3.50 [m]
Lunghezza totale fondazione	5.00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	1.00 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

### 7.2 PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Nei successivi calcoli saranno definite due diverse tipologie di terreno aventi caratteristiche geotecniche desunte a partire dalle stratigrafie indicate nella Relazione Geotecnica inerente al viadotto in oggetto. I parametri geotecnici di calcolo sono riassunti nelle seguenti tabelle:

Terreno tipo 1 (relativo alla parte in elevazione):

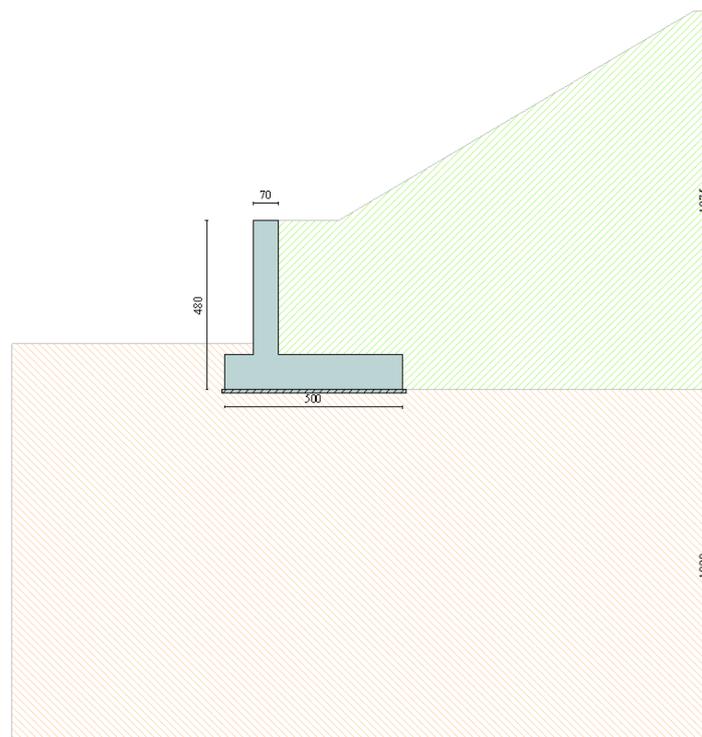
spessore dello strato (m)	Variabile in funzione della tipologia di muro analizzato
angolo di resistenza al taglio	40°
angolo di attrito terreno-muro	12°
coesione N/mmq	0.00
Peso dell'unità di volume naturale del terreno kN/mc	19.00
Peso dell'unità di volume in condizioni sature del terreno kN/mc	20.00

Terreno tipo 2 (al di sotto del piano di fondazione):

spessore dello strato (m)	10.00
angolo di resistenza al taglio	40°
angolo di attrito terreno-fondazione	26°

coesione	N/mm <sup>2</sup>	0.00
Peso dell'unità di volume naturale del terreno	kN/m <sup>3</sup>	19.00
Peso dell'unità di volume in condizioni sature del terreno	kN/m <sup>3</sup>	20.00

Non siamo in presenza di falda.



## 7.3 CARICHI PERMANENTI

### 7.3.1 PESI PROPRI

Vengono messi in conto i seguenti pesi propri:

- opera di sostegno: peso specifico del c.a. = 25.0 kN/m<sup>3</sup>

### 7.3.2 SPINTA DEL TERRENO

Come già illustrato in precedenza, vista la conformazione "a spezzata" della superficie del terreno, per il calcolo della spinta si utilizzerà il metodo di Culmann.

## 7.4 CARICHI ACCIDENTALI

Vista la configurazione del terreno e la tipologia di muro, non vengono presi in considerazione carichi accidentali.

## 7.5 AZIONI SISMICHE

Vale quanto riportato in precedenza.

In particolare, essendo il muro in oggetto posto in zona sismica di Classe 2, non viene preso in considerazione il sisma verticale (così come indicato dal D.M. 17.01.2018 al paragrafo 7.2.1).

*La dicitura "sisma verticale positivo", che può comparire negli estratti dei tabulati di seguito riportati, è solo una scritta ricorrente adottata dal programma per indicare genericamente la presenza di sisma (nel caso in oggetto, però, privo di componente verticale, sia positiva che negativa). Inoltre si sono, per brevità, stralciate le condizioni con dicitura "sisma verticale negativo" perché, appunto, coincidenti con quelle con "sisma verticale positivo".*

## 8 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Sono trattati gli stati limite SLU ed SLE dedotti dalle combinazioni di carico e prendendo in considerazione i coefficienti parziali delle azioni così come indicato dal D.M. del 17/01/2018: Norme tecniche per le costruzioni.

Metodologia adottata: **APPROCCIO 1**

- ✓ Combinazione 1: → (A1+M1+R1)
- ✓ Combinazione 2: → (A2+M2+R2)

Coeff. di combinazione  $\Psi_0 = 0.70$        $\Psi_1 = 0.50$        $\Psi_2 = 0.20$

### 8.1 COMBINAZIONI DI CARICO PRESE IN CONSIDERAZIONE

Di seguito si riportano le combinazioni dei carichi generati prese in considerazione nel calcolo.

#### Simbologia adottata

$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\Psi$	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

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

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	1.30	1.00	1.30

#### Combinazione n° 2 SLU (Caso A2-M2)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

#### Combinazione n° 3 EQU

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.10	1.00	1.10
Spinta terreno	1.10	1.00	1.10

#### Combinazione n° 4 STAB

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00

Spinta terreno 1.00 1.00 1.00

Combinazione n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 EQU - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 EQU - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 STAB - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 STAB - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 SLE (Quasi Permanente)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 SLE (Rara)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

## 8.2 IMPOSTAZIONI DI ANALISI

Metodo verifica sezioni **Stato limite**

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

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

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

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

Condizioni ambientali Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$$w_2 = 0.30$$

$$w_3 = 0.40$$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

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

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

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

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

***Impostazioni avanzate***

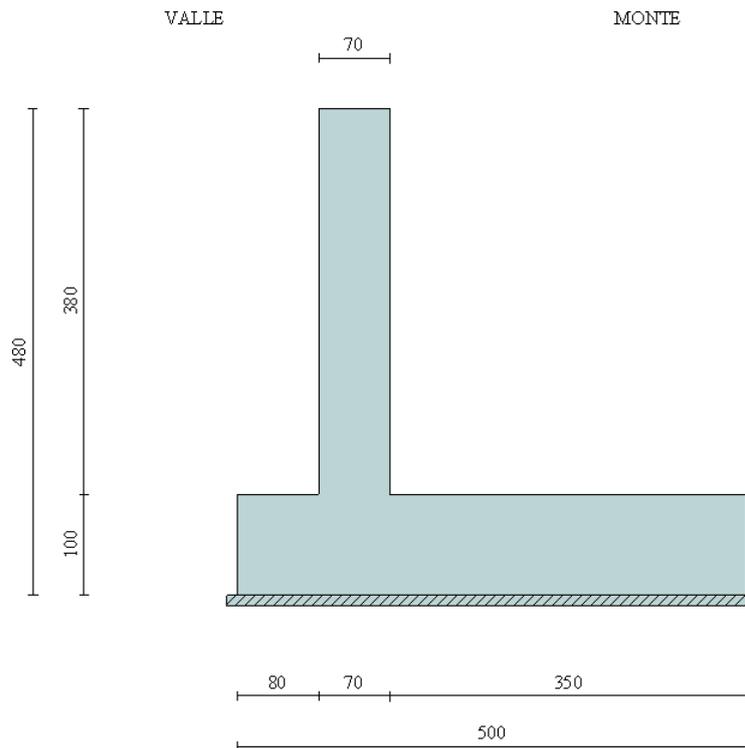
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni.

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni.

Terreno a monte a elevata permeabilità.

## 9 CALCOLO E VERIFICA DEL MURO (H=3.85 M)

### 9.1 DATI GEOMETRICI DEL MURO



Descrizione **Muro a mensola in c.a.**

Altezza del paramento	3.80 [m]
Spessore in sommità	0.70 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.70 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	1.00 [m]

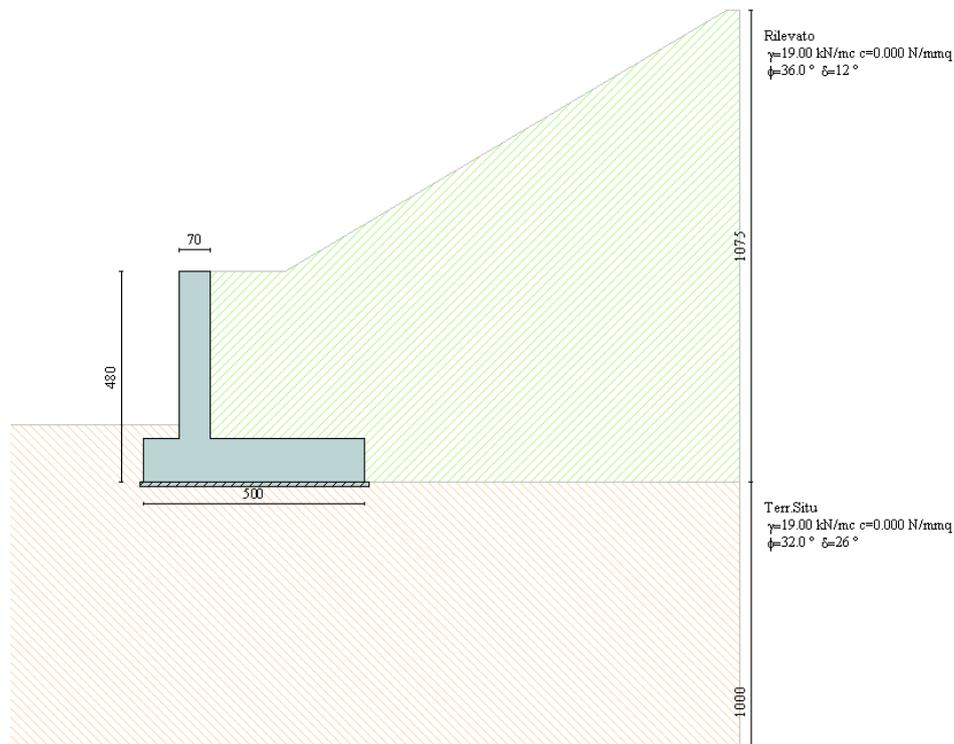
#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.80 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	3.50 [m]
Lunghezza totale fondazione	5.05 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]

Spessore fondazione 1.00 [m]  
Spessore magrone 0.10 [m]

## 9.2 PARAMETRI GEOTECNICI E PROFILO DEL TERRENO

I parametri geotecnici adottati ed il profilo del terreno sono riassunti nella seguente figura:



### Geometria profilo terreno a monte del muro

*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	1.70	0.00	0.00
2	11.70	5.95	30.75
3	12.00	5.95	0.00

### Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]

Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.30 [m]

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno

Descrizione Descrizione terreno

 $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]

 $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]

 $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]

 $\delta$  Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]

 $hc$  Coesione espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

 $c_a$  Adesione terra-muro espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	$c$	$c_a$
Rilevato	19.00	20.00	36.00	12.00	0.0000	0.0000
Terr.Situ	19.00	20.00	32.00	26.00	0.0000	0.0000

### Stratigrafia

#### Simbologia adottata

N Indice dello strato

H Spessore dello strato espresso in [m]

a Inclinazione espressa in [°]

 Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

Ks Coefficiente di spinta

Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	4.80	0.00	0.00	0.00	Rilevato
2	10.00	0.00	6.52	0.00	Terr.Situ

## 9.3 VERIFICHE SLU DI TIPO GEOTECNICO (GEO) E DI EQUILIBRIO DI CORPO RIGIDO (EQU)

Le verifiche eseguite sono le seguenti:

- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- Ribaltamento;
- Scorrimento sul piano di posa;
- Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

Per la definizione del carico del terreno di fondazione è stata adottato il metodo di Brinch-Hansen.

Di seguito si riporta un quadro riassuntivo delle verifiche eseguite, e per ciascuna di esse sarà esplicitata quella con il coefficiente di sicurezza minore.

#### Simbologia adottata

<i>C</i>	<i>Identificativo della combinazione</i>
<i>Tipo</i>	<i>Tipo combinazione</i>
<i>Sisma</i>	<i>Combinazione sismica</i>
<i>C<sub>SSCO</sub></i>	<i>Coeff. di sicurezza allo scorrimento</i>
<i>C<sub>SRIB</sub></i>	<i>Coeff. di sicurezza al ribaltamento</i>
<i>C<sub>SQLIM</sub></i>	<i>Coeff. di sicurezza a carico limite</i>
<i>C<sub>SSTAB</sub></i>	<i>Coeff. di sicurezza a stabilità globale</i>

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>C<sub>Sco</sub></b>	<b>C<sub>Rib</sub></b>	<b>C<sub>qlim</sub></b>	<b>C<sub>Stab</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	--	1.68	--	5.03	--
2	A2-M2 - [1]	--	1.04	--	1.81	--
3	EQU - [1]	--	--	3.63	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1.29
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.78	--	6.15	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.78	--	6.11	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.01	--	1.70	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.01	--	1.71	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3.56	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3.58	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.28
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.28
13	SLEQ - [1]	--	1.85	--	6.45	--
14	SLEF - [1]	--	1.85	--	6.45	--
15	SLER - [1]	--	1.85	--	6.45	--

### 9.3.1 COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE-TERRENO

La combinazione di carico che presenta il coefficiente di sicurezza minore è la n. 7

#### Simbologia adottata

$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\psi$	Coefficiente di combinazione della condizione

**C** Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	188.0458	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	185.3847	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	31.5238	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.50	[m]	Y = -2.70 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	9.65	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	47.91	[°]	
Incremento sismico della spinta	3.8757	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta		X = 3.50 [m]	Y = -1.86 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	47.72	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	271.0141	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte		X = 1.83 [m]	Y = -1.75 [m]
Inerzia del muro	1.0921	[kN]	
Inerzia verticale del muro	0.5460	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5455	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0.7728	[kN]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	191.8432	[kN]	
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	496.0064	[kN]	
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	496.0064	[kN]	
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	191.8432	[kN]	
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.39	[m]	
Risultante in fondazione	531.8140	[kN]	

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21.15	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	191.5626	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	844.3312	[kN]

Tensioni sul terreno

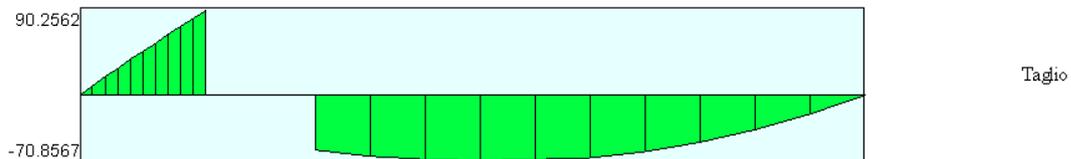
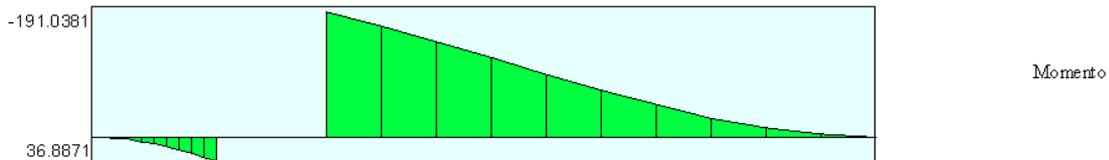
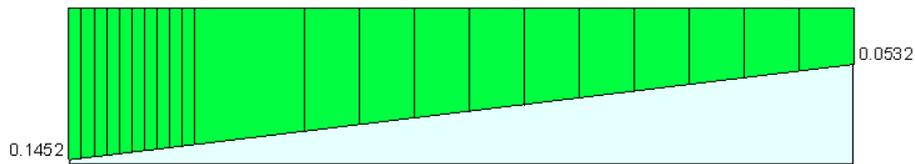
Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.14518	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.05323	[N/mm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 23.18$	$N'_c = 7.28$
$N_q = 12.59$	$N'_q = 4.64$
$N_\gamma = 8.69$	$N'_\gamma = 1.79$

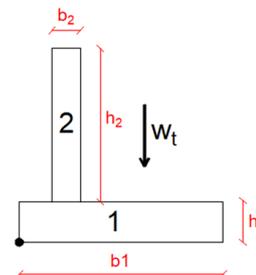
**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.01
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.70



### 9.3.2 RIBALTAMENTO

$$\begin{aligned}
 \gamma_t &:= 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} & \gamma_c &:= 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} & b_1 &:= 5 \text{ m} \\
 b_t &:= 3,45 \text{ m} & & & b_2 &:= 0,7 \text{ m} \\
 h &:= 4 \text{ m} & & & h_1 &:= 1 \text{ m} \\
 & & & & h_2 &:= 3,8 \text{ m} \\
 w_t &:= \gamma_t \cdot b_t \cdot h = 262,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \\
 w_1 &:= \gamma_c \cdot b_1 \cdot h_1 = 125 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \\
 w_2 &:= \gamma_c \cdot b_2 \cdot h_2 = 66,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}
 \end{aligned}$$



$$e_t := 3,27 \text{ m} \quad e_1 := 2,5 \text{ m} \quad e_2 := 1,15 \text{ m}$$

Momento stabilizzante

$$M_w := w_t \cdot e_t + w_1 \cdot e_1 + w_2 \cdot e_2$$

Momento ribaltante

$$\text{spinta orizzontale } S := 185 \text{ kN} \quad e_s := 227 \text{ cm}$$

$$M_x := S \cdot e_s$$

	<b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IV010D001	REV. A

Effettuando il rapporto tra il momento stabilizzante e il ribaltante otteniamo un coefficiente di sicurezza pari a 2.7 per cui la verifica risulta soddisfatta.

### 9.3.3 STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO-TERRENO

La combinazione di carico che presenta il coefficiente di sicurezza minore è la n. 11

#### *Simbologia adottata*

$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\psi$	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

#### Combinazione n° 11 STAB - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

#### Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]

#### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

#### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 4.31

Raggio del cerchio R[m]= 9.75

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.86

Ascissa a monte del cerchio  $X_s[m]= 9.74$

Larghezza della striscia  $dx[m]= 0.62$

Coefficiente di sicurezza  $C= 1.28$

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	2717.71	78.31	2661.38	3.08	30.17	0.000	0.000
2	4900.26	64.90	4437.40	1.47	30.17	0.000	0.000
3	5842.59	57.18	4910.24	1.15	30.17	0.000	0.000
4	6443.39	50.89	4999.73	0.99	30.17	0.000	0.000
5	6841.12	45.37	4868.68	0.89	30.17	0.000	0.000
6	7095.18	40.35	4594.15	0.82	30.17	0.000	0.000
7	7237.91	35.69	4222.43	0.77	30.17	0.000	0.000
8	7289.23	31.28	3785.16	0.73	30.17	0.000	0.000
9	7262.37	27.08	3305.85	0.70	30.17	0.000	0.000
10	7166.53	23.03	2803.10	0.68	30.17	0.000	0.000
11	7389.77	19.09	2417.05	0.66	26.57	0.000	0.000
12	7174.61	15.25	1887.14	0.65	26.56	0.000	0.000
13	6907.85	11.48	1374.55	0.64	26.56	0.000	0.000
14	6860.21	7.76	925.72	0.63	26.56	0.000	0.000
15	6938.49	4.07	491.93	0.63	26.56	0.000	0.000
16	7538.28	0.39	51.70	0.62	26.56	0.000	0.000
17	6855.20	-3.28	-392.00	0.63	26.56	0.000	0.000
18	2647.21	-6.96	-320.91	0.63	26.56	0.000	0.000
19	2151.51	-10.68	-398.60	0.64	26.56	0.000	0.000
20	1979.46	-14.44	-493.51	0.64	26.56	0.000	0.000
21	1757.62	-18.26	-550.77	0.66	26.56	0.000	0.000
22	1479.09	-22.17	-558.23	0.67	29.46	0.000	0.000
23	1139.36	-26.20	-503.00	0.70	30.17	0.000	0.000
24	732.26	-30.37	-370.20	0.72	30.17	0.000	0.000
25	249.22	-34.73	-141.97	0.76	30.17	0.000	0.000

$$\Sigma W_i = 1221.8930 \text{ [kN]}$$

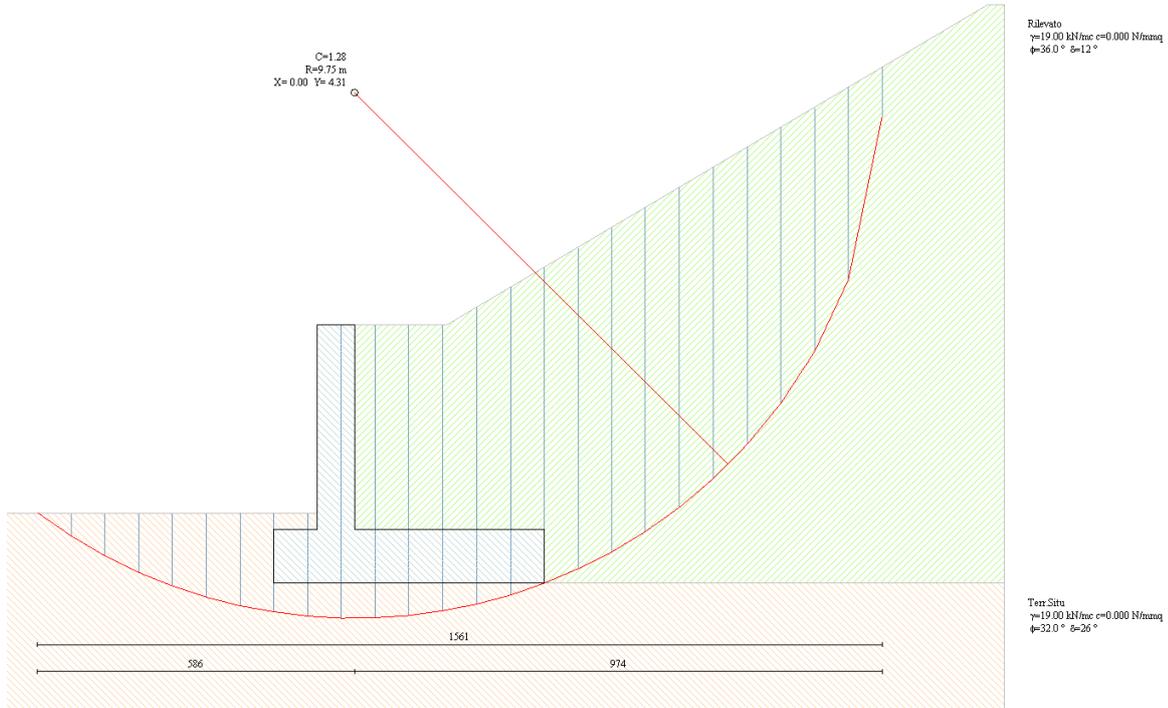
$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 431.5684 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 556.0229 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0.0000 \text{ [kN]}$$

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	46 di 95



## 9.4 RIEPILOGO SOLLECITAZIONI MASSIME PER VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE (STR)

Di seguito si riporta un quadro riassuntivo delle sollecitazioni massime a base fusto ed in fondazione per le varie condizioni di carico.

C	Tipo	ELEVAZIONE			FONDAZIONE					
		Sezione z=0			Sbalzo anteriore			Sbalzo anteriore		
		N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
1	A1-M1	<b>95.8</b>	50.4	43.8	/	31.8	79.0	/	-117.9	-44.1
2	A2-M2	75.7	56.7	54.1	/	35.7	87.5	/	-181.4	-57.1
5	A1+M1+Sis neg.	93.7	40.6	34.7	/	27.6	68.4	/	-98.6	-32.0
6	A1+M1+Sis pos.	93.8	40.9	34.9	/	27.9	69.0	/	-96.0	-30.3
7	A2+M2+Sis neg.	76.1	<b>61.4</b>	<b>56.7</b>	/	<b>36.9</b>	<b>90.3</b>	/	-191.0	-59.6
8	A2+M2+Sis pos.	76.0	60.8	56.4	/	36.6	89.5	/	<b>-193.0</b>	<b>-61.1</b>
13-14-15	SLE Q.P., Fr., R.	73.7	38.8	33.7	/	26.9	66.6	/	-88.2	-28.4

C= Identificativo della combinazione

Tipo = Tipo di combinazione

## 9.5 VERIFICHE SLU DI TIPO STRUTTURALE (STR)

### 9.5.1 VERIFICHE SLU DI TIPO STRUTTURALE (STR) PARETE IN ELEVAZIONE

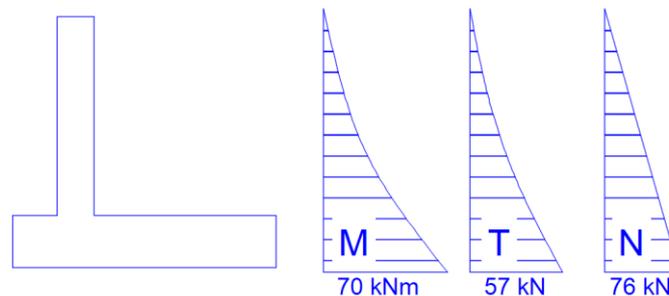
Di seguito si riportano le sollecitazioni massime relativamente alla combinazione di carico più gravosa che risulta essere la n.7 (A2+M2+Sis neg.).

#### Simbologia adottata

$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\Psi$	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

#### Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00



#### 9.5.1.1 Verifica a Pressoflessione e Taglio. Sezione di base

Le sollecitazioni (SLU) nella sezione d'attacco della parete verticale alla fondazione risultano:

$$M_{Sd} = 70 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 76 \text{ kN}$$

$$T = 57 \text{ kN}$$

L'armatura sarà realizzata con  $1\phi 16/25\text{cm}$  lato monte e  $1\phi 14/25\text{cm}$  lato valle, copriferro  $C=(4+1.4+1.6/2)=6.2\text{cm}$ ; con tale armatura sarà eseguita la verifica di pressoflessione.

### Verifica a Pressoflessione

N\* figure elementari  Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	70

N\* strati barre  Zoom

N*	As [cm <sup>2</sup> ]	d [cm]
1	6.16	6.2
2	8.04	63.8

**Sollecitazioni**

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN

M<sub>xEd</sub>  kNm

M<sub>yEd</sub>

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls

Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

**B450C**

$\epsilon_{su}$   ‰

$f_{yd}$   N/mm<sup>2</sup>

$E_s$   N/mm<sup>2</sup>

$E_s/E_c$

$\epsilon_{syd}$   ‰

$\sigma_{s,adm}$   N/mm<sup>2</sup>

**C25/30**

$\epsilon_{c2}$   ‰

$\epsilon_{cu}$   ‰

$f_{cd}$   N/mm<sup>2</sup>

$f_{cc}/f_{cd}$   ?

$\sigma_{c,adm}$   N/mm<sup>2</sup>

$\tau_{co}$   N/mm<sup>2</sup>

$\tau_{c1}$   N/mm<sup>2</sup>

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_c$   ‰

$\epsilon_s$   ‰

d  cm

x  x/d

$\delta$

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+  S.L.U.-

Metodo n

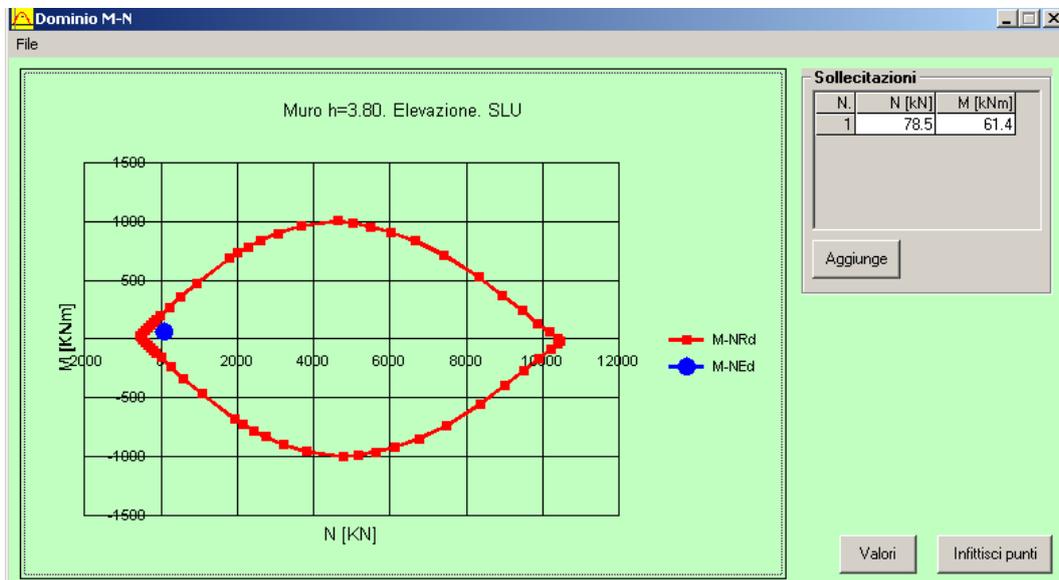
**Tipo flessione**

Retta  Devia

N\* rett.

L<sub>0</sub>  cm

Precompresso



Verifica soddisfatta.

## Verifica a Taglio

Nel caso di elementi privi di armature trasversali resistenti a Taglio:

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resist

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min}$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq$

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq$

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

Inserire dati in rosso

$V_{Ed}$	<b>56.70</b>	kN	taglio sollecitante
$N_{Ed}$	<b>76.1</b>	kN	sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio)
CLS	<b>C25/30</b>		
$f_{ck}$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$\gamma_c$	<b>1.5</b>		
$f_{cd}$	14.1		
$b_w$	<b>1000</b>	mm	larghezza della sezione resistente
$h$	<b>700</b>	mm	
$d$	<b>638</b>	mm	altezza utile della sezione resistente
$A_{sl}$	<b>804</b>	mm <sup>2</sup>	sola armatura tesa ? Si
$\rho_l$	0.001		<0.02
$\sigma_{cp}$	0.1	N/mm <sup>2</sup>	<0.2f <sub>cd</sub>
$k$	1.5599		<2
$v_{min}$	0.3403		
	185.24	kN	
	227.49	kN	
$V_{Rd}$	<b>227.49</b>	kN	Verificata

Verifica soddisfatta.

## 9.5.2 VERIFICHE SLU DI TIPO STRUTTURALE (STR) IN FONDAZIONE

### 9.5.2.1 Verifica A Pressoflessione e Taglio. Sbalzo Anteriore, Sezione Di Attacco Parete

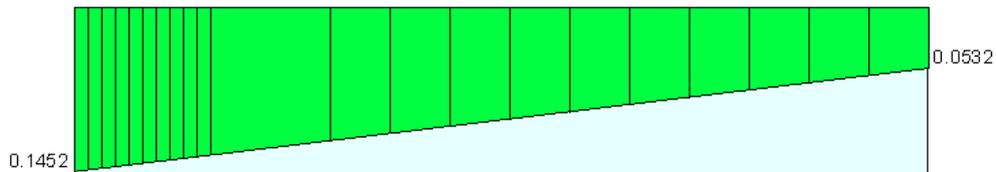
Di seguito si riportano le sollecitazioni massime relativamente alla combinazione di carico più gravosa che risulta essere la n.7 (A2+M2+Sis neg.).

*Simbologia adottata*

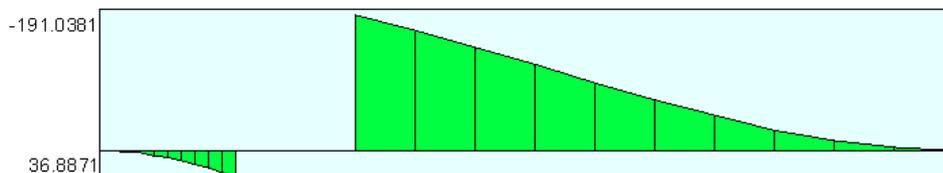
$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\Psi$	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

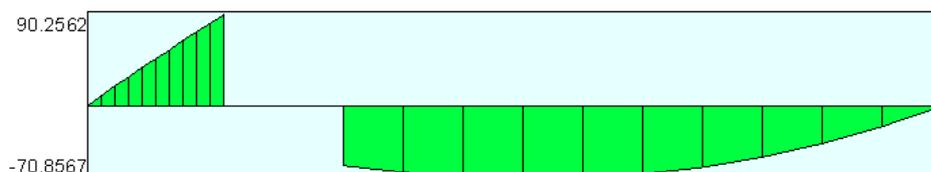
	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00



Pressioni sul terreno



Momento



Taglio

Le sollecitazioni (SLU) nella sezione d'attacco della parete verticale alla fondazione risultano:

$$M_{Sd} = 36.9 \text{ kNm/m}$$



**LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA**  
**LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA**  
**NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST**

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	52 di 95

$T = 90.3 \text{ kN/m}$

L'armatura sarà realizzata con  $1\phi 16/25\text{cm}$  inferiori e  $1\phi 20/25\text{cm}$  superiori, copriferro  $C=(4+1.4+1.6/2)=6.2\text{cm}$ ; con tale armatura sarà eseguita la verifica di pressoflessione.

### Verifica a Pressoflessione

**Titolo:** Muro h=3.80. Fondazione. Sbalzo anteriore. SLU

N° figure elementari  Zoom      N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	12.57	6.2
2	8.04	93.8

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

**Sezione C.A.**  
 File  


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

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

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

**Tipo flessione**  
 Retta     Deviata

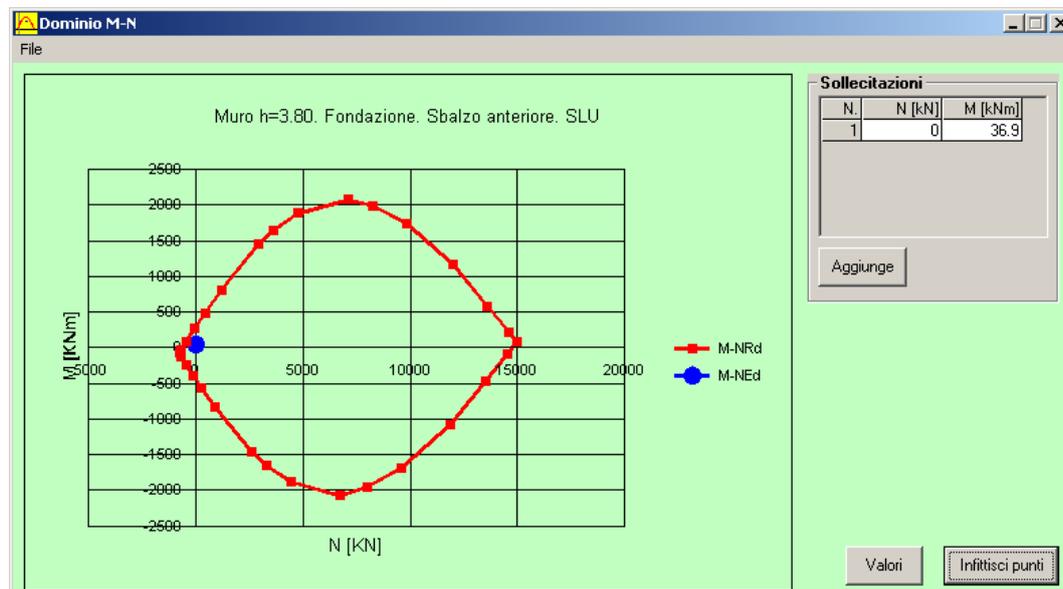
**Materiali**  
 B450C     C25/30

$\epsilon_{su}$	67.5 %	$\epsilon_{c2}$	2 %
$f_{yd}$	391.3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3.5 %
$E_s$	200 000 N/mm²	$f_{cd}$	14.17
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0.8
$\epsilon_{syd}$	1.957 %	$\sigma_{c,adm}$	9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$	0.6
		$\tau_{c1}$	1.829

**M**  $\times R_d$   kN m

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 %  
 $\epsilon_s$  64.22 %  
 d 93.8 cm  
 x 4.848    x/d 0.05168  
 $\delta$  0.7

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



Verifica soddisfatta.

### Verifica a Taglio

Nel caso di elementi privi di armature trasversali resistenti a Taglio:

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente,  $k$

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

Inserire dati in rosso

$V_{Ed}$	<b>90.30</b>	kN	taglio sollecitante
$N_{Ed}$	<b>0</b>	kN	sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio)
CLS	<b>C25/30</b>		
$f_{ck}$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$\gamma_c$	<b>1.5</b>		
$f_{cd}$	14.1		
$b_w$	<b>1000</b>	mm	larghezza della sezione resistente
$h$	<b>1000</b>	mm	
$d$	<b>938</b>	mm	altezza utile della sezione resistente
$A_{sl}$	<b>800</b>	mm <sup>2</sup>	sola armatura tesa ? Si
$\rho_l$	0.001		<0.02
$\sigma_{cp}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	<0.2fcd
$k$	1.4618		<2
$v_{min}$	0.3087		
	211.49	kN	
	289.52	kN	
$V_{Rd}$	<b>289.52</b>	kN	<b>Verificata</b>

**Verifica soddisfatta.**

#### 9.5.2.2 Verifica A Pressoflessione e Taglio. Sbalzo Posteriore, Sezione Di Attacco Parete

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime relativamente alla combinazione di carico più gravosa che risulta essere la n.8 (A2+M2+Sis pos.).

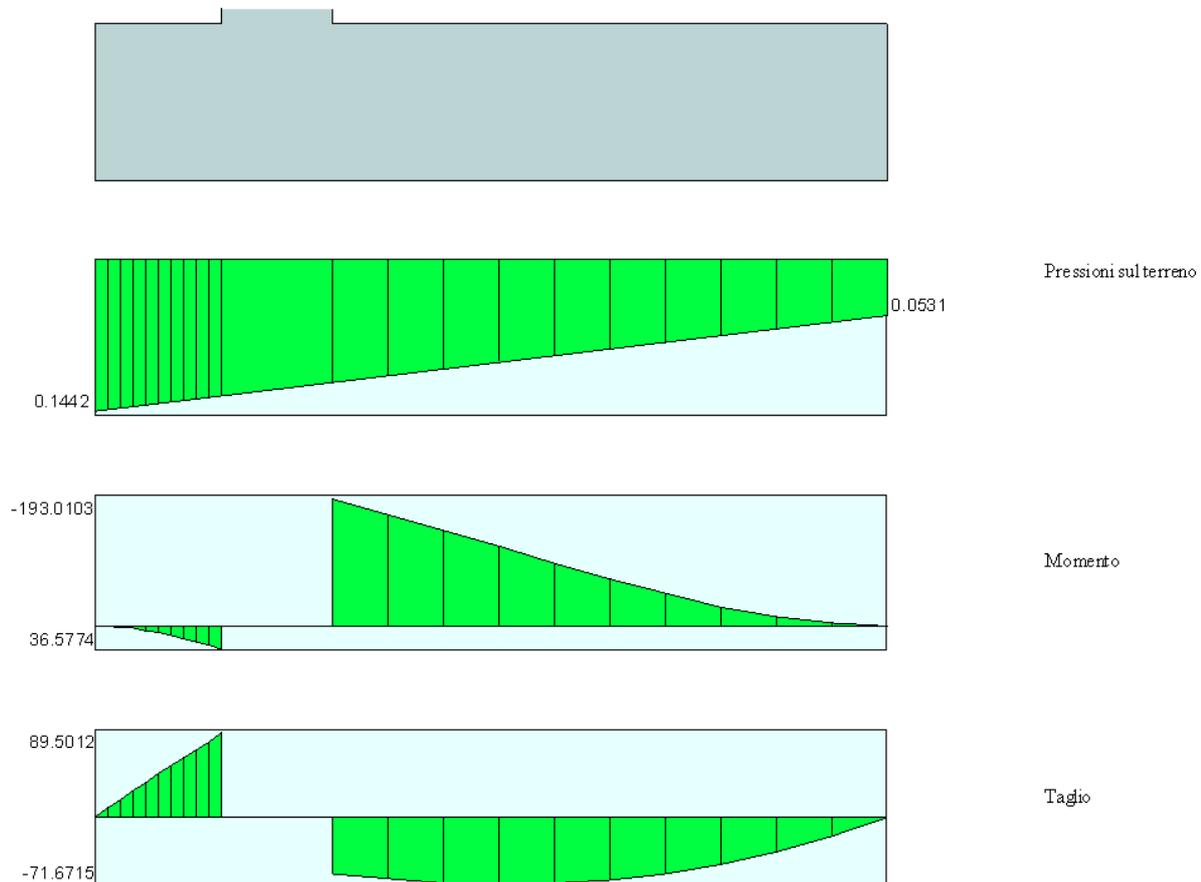
*Simbologia adottata*

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione  
C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00



Le sollecitazioni (SLU) nella sezione d'attacco della parete verticale alla fondazione risultano:

$$M_{Sd} = -193.0 \text{ kNm/m}$$

$$N_{Sd} = / \text{ kN/m}$$

$$T = 61.1 \text{ kN/m}$$

L'armatura sarà realizzata con  $1\phi 16/25\text{cm}$  inferiori e  $1\phi 20/25\text{cm}$  superiori, copriferro  $C=(4+1.4+1.6/2)=6.2\text{cm}$ ; con tale armatura sarà eseguita la verifica di pressoflessione.



## Verifica a Taglio

Nel caso di elementi privi di armature trasversali resistenti a Taglio:

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente,  $l$ :

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

Inserire dati in rosso

$V_{Ed}$	<b>61.10</b>	kN	taglio sollecitante
$N_{Ed}$	<b>0</b>	kN	sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio)
CLS	<b>C25/30</b>		
$f_{ck}$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$\gamma_c$	<b>1.5</b>		
$f_{cd}$	14.1		
$b_w$	<b>1000</b>	mm	larghezza della sezione resistente
$h$	<b>1000</b>	mm	
$d$	<b>936</b>	mm	altezza utile della sezione resistente
$A_{sl}$	<b>1256</b>	mm <sup>2</sup>	sola armatura tesa ? Si
$\rho_l$	0.001		<0.02
$\sigma_{cp}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	<0.2fcd
$k$	1.4623		<2
$v_{min}$	0.3088		
	245.54	kN	
	289.05	kN	
$V_{Rd}$	<b>289.05</b>	kN	Verificata

Verifica soddisfatta.

## 9.6 VERIFICHE SLE DI TIPO STRUTTURALE (STR)

### 9.6.1 VERIFICHE SLE DI TIPO STRUTTURALE (STR) PARETE IN ELEVAZIONE COMBINAZIONE DI CARICO FREQUENTE/RARA

Le ipotesi alla base delle verifiche per lo stato limite di esercizio sono:

- Condizioni ambientali aggressive;
- Armature poco sensibili

La combinazione di carico frequente è la n.14, la rara è la n°15 mentre la quasi permanente è la n°13; le loro sollecitazioni in assenza di carichi accidentali coincidono, pertanto verrà svolta la verifica a fessurazione per la combinazione n°15, ossia la rara.

<b>Caratteristiche dei materiali</b>				
Coefficiente di omogeneizzazione	n =	15		
Classe cls	R <sub>ck</sub> =	30	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico acciaio	E <sub>s</sub> =	2.1E+05	N/mm <sup>2</sup>	
<b>Caratteristiche geometriche della sezione</b>				
Altezza	H =	70	cm	
Larghezza	B =	100	cm	
Area acciaio teso	A <sub>s</sub> =	8.04	cm <sup>2</sup>	
Copriferro baricentro acciaio teso	c <sub>s</sub> =	6.2	cm	
Area acciaio compresso	A' <sub>s</sub> =	6.16	cm <sup>2</sup>	
Copriferro baricentro acciaio compresso	c' <sub>s</sub> =	6.2	cm	
Ricoprimento barre più esterne tese	c =	5.4	cm	
Ricoprimento barre più interne tese	c+S =	5.4	cm	
Diametro massimo barre tese	Φ =	1.6	cm	
<b>Sezione non fessurata: formazione fessure</b>				
Momento flettente in condizioni di esercizio	M <sub>es</sub> =	38.80	kNm	
Sforzo assiale in condizioni di esercizio	N <sub>es</sub> =	-73.70	kN	
Rapporto sforzo normale/momento	r <sub>es</sub> =	-0.0190	cm <sup>-1</sup>	
Resistenza media a trazione semplice del cls	f <sub>ctm</sub> =	2.56	N/mm <sup>2</sup>	
Resistenza limite per formazione fessure	σ <sub>t</sub> =	2.13	N/mm <sup>2</sup>	
Distanza baricentro da lembo compresso	x <sub>g</sub> =	35.11	cm	
Modulo di resistenza non fessurato	W <sub>sr</sub> =	86992	cm <sup>3</sup>	
Momento di formazione delle fessure	M <sub>ff</sub> =	185.45	kNm	
Trazione nel cls prodotta da M <sub>es</sub> ed N <sub>es</sub>	σ <sub>ct</sub> =	0.34	N/mm <sup>2</sup>	< σ <sub>mat</sub>

La tensione nel calcestruzzo teso risulta pari  $\sigma_{ct}=0.34\text{N/mm}^2 < f_{ctm}/1.2=2.56/1.2 = 2.13\text{N/mm}^2$ , quindi non si formano fessure pertanto la verifica risulta essere soddisfatta.

### 9.6.2 VERIFICHE SLE DI TIPO STRUTTURALE (STR) IN FONDAZIONE, SBALZO ANTERIORE, COMBINAZIONE DI CARICO FREQUENTE/RARA

Viste le bassissime sollecitazioni presenti, la verifica viene omessa in quanto palesemente

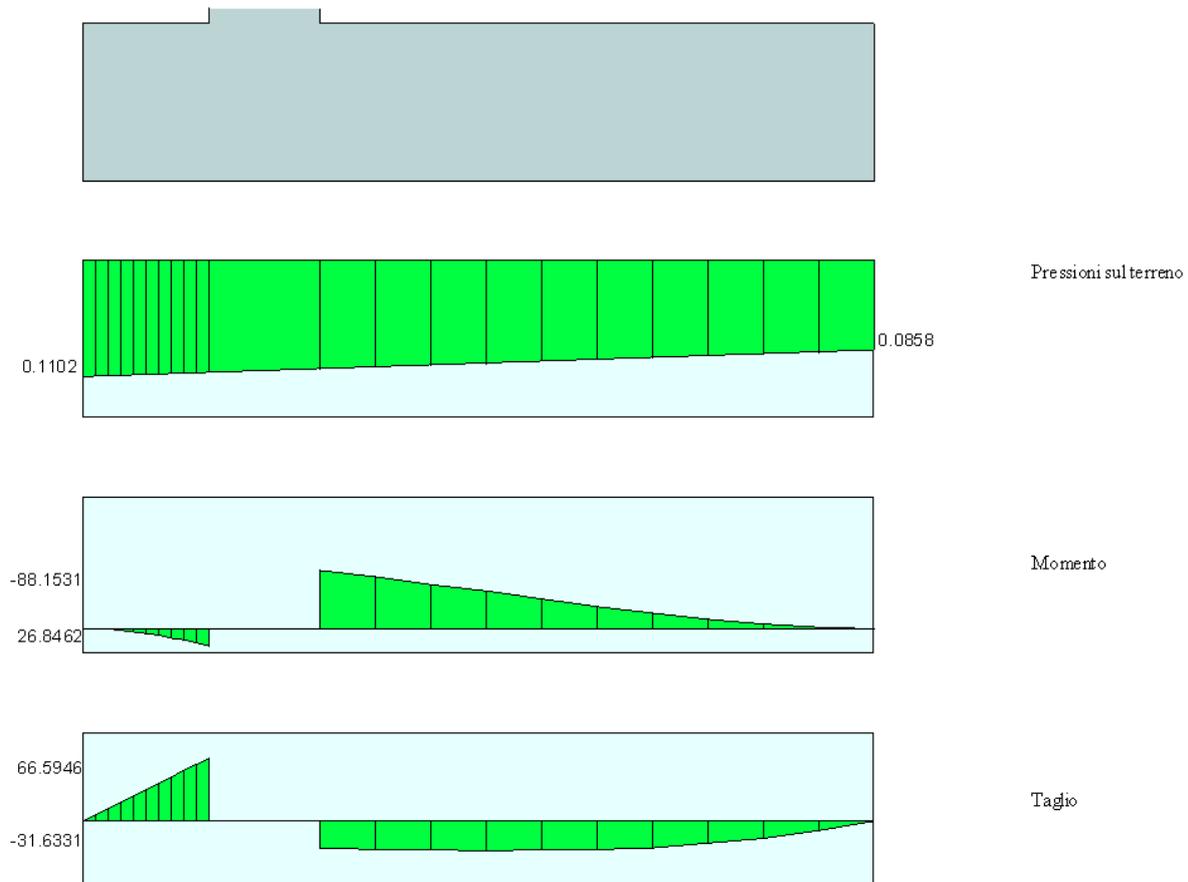
soddisfatta.

### 9.6.3 VERIFICHE SLE DI TIPO STRUTTURALE (STR) IN FONDAZIONE, SBALZO POSTERIORE COMBINAZIONE DI CARICO FREQUENTE/RARA

Le ipotesi alla base delle verifiche per lo stato limite di esercizio sono:

- Condizioni ambientali aggressive;
- Armature poco sensibili

La combinazione di carico frequente è la n.14, la rara è la n°15 mentre la quasi permanente è la n°13; le loro sollecitazioni in assenza di carichi accidentali coincidono, pertanto verrà svolta la verifica a fessurazione per la combinazione n°15, ossia la rara.



<b>Caratteristiche dei materiali</b>				
Coefficiente di omogeneizzazione	n =	15		
Classe cls	R <sub>ck</sub> =	30	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico acciaio	E <sub>s</sub> =	2.1E+05	N/mm <sup>2</sup>	
<b>Caratteristiche geometriche della sezione</b>				
Altezza	H =	100	cm	
Larghezza	B =	100	cm	
Area acciaio teso	A <sub>s</sub> =	12.56	cm <sup>2</sup>	
Copriferro baricentro acciaio teso	c <sub>s</sub> =	6.2	cm	
Area acciaio compresso	A' <sub>s</sub> =	8.04	cm <sup>2</sup>	
Copriferro baricentro acciaio compresso	c' <sub>s</sub> =	6.2	cm	
Ricoprimento barre più esterne tese	c =	5.4	cm	
Ricoprimento barre più interne tese	c+S =	5.4	cm	
Diametro massimo barre tese	Φ =	2.0	cm	
<b>Sezione non fessurata: formazione fessure</b>				
Momento flettente in condizioni di esercizio	M <sub>es</sub> =	88.20	kNm	
Sforzo assiale in condizioni di esercizio	N <sub>es</sub> =	0.00	kN	
Rapporto sforzo normale/momento	r <sub>es</sub> =	0.0000	cm <sup>-1</sup>	
Resistenza media a trazione semplice del cls	f <sub>ctm</sub> =	2.56	N/mm <sup>2</sup>	
Resistenza limite per formazione fessure	σ <sub>t</sub> =	2.13	N/mm <sup>2</sup>	
Distanza baricentro da lembo compresso	x <sub>g</sub> =	50.29	cm	
Modulo di resistenza non fessurato	W <sub>sr</sub> =	179540	cm <sup>3</sup>	
Momento di formazione delle fessure	M <sub>ff</sub> =	382.74	kNm	
Trazione nel cls prodotta da M <sub>es</sub> ed N <sub>es</sub>	σ <sub>ct</sub> =	0.49	N/mm <sup>2</sup>	< σ <sub>mat</sub>

La tensione nel calcestruzzo teso risulta pari  $\sigma_{ct}=0.49\text{N/mm}^2 < f_{ctm}/1.2=2.56/1.2= 2.13 \text{ N/mm}^2$ , quindi non si formano fessure pertanto la verifica risulta essere soddisfatta.

## 10 ALLEGATI

### Normativa

N.T.C. 2008

#### Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	0.90	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.10	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	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

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	Effetto		EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.00	1.00	1.00

#### 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

#### FONDAZIONE SUPERFICIALE

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

Verifica		Coefficienti parziali		
		R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione		1.00	1.00	1.40
Scorrimento		1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle		1.00	1.00	1.40

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	62 di 95

Stabilità globale 1.10

Coeff. di combinazione  $\Psi_0= 0.70$   $\Psi_1= 0.50$   $\Psi_2= 0.20$

**Geometria muro e fondazione**

Descrizione Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento 3.80 [m]  
Spessore in sommità 0.70 [m]  
Spessore all'attacco con la fondazione 0.70 [m]  
Inclinazione paramento esterno 0.00 [°]  
Inclinazione paramento interno 0.00 [°]  
Lunghezza del muro 20.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle 0.80 [m]  
Lunghezza mensola fondazione di monte 3.50 [m]  
Lunghezza totale fondazione 5.00 [m]  
Inclinazione piano di posa della fondazione 0.00 [°]  
Spessore fondazione 1.00 [m]  
Spessore magrone 0.10 [m]

**Materiali utilizzati per la struttura**

*Calcestruzzo*

Peso specifico 25.000 [kN/mc]  
Classe di Resistenza C25/30  
Resistenza caratteristica a compressione  $R_{ck}$  30.00 [N/mm<sup>2</sup>]  
Modulo elastico E 31447.048 [N/mm<sup>2</sup>]

*Acciaio*

Tipo B450C  
Tensione ammissibile  $\sigma_{fa}$  449.94 [N/mm<sup>2</sup>]  
Tensione di snervamento  $\sigma_{fa}$  449.94 [N/mm<sup>2</sup>]

Geometria profilo terreno a monte del muro

*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	1.70	0.00	0.00
2	11.70	5.95	30.75
3	12.00	5.95	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]  
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.30 [m]

Descrizione terreni

*Simbologia adottata*

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

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	63 di 95

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	Ca
Rilevato	19.00	20.00	36.00	12.00	0.0000	0.0000
Terr.Situ	19.00	20.00	32.00	26.00	0.0000	0.0000

Stratigrafia

*Simbologia adottata*

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	4.80	0.00	0.00	0.00	Rilevato
2	10.00	0.00	6.52	0.00	Terr.Situ

Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\Psi$	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 SLU (Caso A2-M2)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 EQU

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.10	1.00	1.10
Spinta terreno	1.10	1.00	1.10

Combinazione n° 4 STAB

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
--	----------	--------	---

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	64 di 95

Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 EQU - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 EQU - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 STAB - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 STAB - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 SLE (Quasi Permanente)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 SLE (Rara)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni      Stato limite

*Impostazioni verifiche SLU*

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

*Impostazioni verifiche SLE*

Condizioni ambientali      Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature      Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure       $w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure      E.C. 2

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico      Rara  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  -  $\sigma_t < 0.80 f_{yk}$

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

*Impostazioni avanzate*

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

*Simbologia adottata*

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

C	Tipo	Sisma	CS <sub>sco</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>qlim</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	A1-M1 - [1]	--	1.68	--	5.03	--
2	A2-M2 - [1]	--	1.04	--	1.81	--
3	EQU - [1]	--	--	3.63	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1.29
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.78	--	6.15	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.78	--	6.11	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.01	--	1.70	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.01	--	1.71	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3.56	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3.58	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.28
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.28
13	SLEQ - [1]	--	1.85	--	6.45	--
14	SLEF - [1]	--	1.85	--	6.45	--
15	SLER - [1]	--	1.85	--	6.45	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

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

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

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

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Hansen
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

**Sisma**

**Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo  $a_g$  0.26 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.20

Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.00

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ ) 0.18

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)  $k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 0.57$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)  $k_v = 0.50 * k_h = 0.29$

**Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo  $a_g$  0.26 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.20

Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.00

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	66 di 95

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ ) 0.18  
 Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50  
 Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)  $k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.57$   
 Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)  $k_v=0.50 * k_h = 0.29$

Forma diagramma incremento sismico Rettangolare

Partecipazione spinta passiva (percento) 0.0  
 Lunghezza del muro 20.00 [m]

Peso muro 191.5000 [kN]  
 Baricentro del muro X=0.53 Y=-3.47

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta X = 3.50 Y = -4.80  
 Punto superiore superficie di spinta X = 3.50 Y = 1.07  
 Altezza della superficie di spinta 5.87 [m]  
 Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale) 0.00 [°]

COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	171.5254	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	167.7771	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	35.6621	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.50	[m]	Y = -2.83	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	12.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.57	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	352.3183	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.83	[m]	Y = -1.75	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	167.7771	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	579.4805	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	579.4805	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	167.7771	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.07	[m]
Risultante in fondazione	603.2800	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16.15	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	39.1895	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	2913.5050	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.12530	[N/mmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.10649	[N/mmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.49$	$N'_c = 16.97$
$N_q = 23.18$	$N'_q = 11.37$
$N_\gamma = 20.79$	$N'_\gamma = 6.70$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.68
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	5.03

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.76	17.6466	0.3002	1.6776
3	1.52	36.0063	2.9007	6.7103
4	2.28	55.0792	10.3514	15.0982
5	3.04	74.8683	25.2020	26.8555
6	3.80	95.7549	50.3686	43.7759

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.16	1.2813	16.0001
2	0.48	11.4854	47.7114
3	0.80	31.7755	79.0374

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.70	-8.4564	-22.6538
2	2.10	-57.1801	-41.4884
3	3.50	-	-44.0578
		117.9227	

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 1

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

V<sub>cd</sub> Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls

V<sub>wd</sub> Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.00	100.00	70.00	10.05	7.70	0.00	0.00	1000.00	466.38	0.00
2	0.76	100.00	70.00	10.05	7.70	8462.47	-143.95	479.55	466.38	0.00
3	1.52	100.00	70.00	10.05	7.70	7920.37	-638.07	219.97	466.38	0.00
4	2.28	100.00	70.00	10.05	7.70	5330.92	-1001.88		96.79	466.38 0.00
5	3.04	100.00	70.00	10.05	7.70	2627.66	-884.51	35.10	466.38	0.00
6	3.80	100.00	70.00	10.05	7.70	1036.36	-545.14	10.82	466.38	0.00

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 1

Simbologia adottata

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

**RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	68 di 95

$A_{fi}$	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
$A_{fs}$	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
$N_u$	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
$M_u$	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B	H	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$N_u$	$M_u$	CS	Vcd	Vwd
1	0.16	100.00	100.00	10.05	0.00	0.00	361.41	282.07	683.29	0.00
2	0.48	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	31.39	683.29	0.00
3	0.80	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	11.35	683.29	0.00

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B	H	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$N_u$	$M_u$	CS	Vcd	Vwd
1	0.70	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	66.19	683.29	0.00
2	2.10	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	9.79	683.29	0.00
3	3.50	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	4.75	683.29	0.00

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	188.0458	[kN]
Componente orizzontale della spinta statica	185.3847	[kN]
Componente verticale della spinta statica	31.5238	[kN]
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.50 [m]	Y = -2.70 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	9.65	[°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	47.91	[°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	271.0141	[kN]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.83 [m]	Y = -1.75 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	185.3847	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	494.0379	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	494.0379	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	185.3847	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.36	[m]
Risultante in fondazione	527.6750	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20.57	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	176.1804	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	894.6119	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.14109	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.05652	[N/mm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 23.18$	$N'_c = 7.63$
$N_q = 12.59$	$N'_q = 4.81$
$N_\gamma = 8.69$	$N'_\gamma = 1.89$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.04
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.81

Sollecitazioni paramento

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	69 di 95

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.76	13.5825	0.3220	1.6612
3	1.52	27.7299	2.9712	6.6448
4	2.28	42.4423	10.4728	14.9508
5	3.04	58.4271	26.1609	30.7393
6	3.80	75.7061	56.6630	54.1389

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.16	1.4744	18.3580
2	0.48	13.0619	53.7752
3	0.80	35.7058	87.4604

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.70	-13.3379	-35.8038
2	2.10	-91.0554	-66.4392
3	3.50	-181.3899	-57.0850

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

V<sub>cd</sub> Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls

V<sub>wd</sub> Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.00	100.00	70.00	10.05	7.70	0.00	0.00	1000.00	466.38	0.00
2	0.76	100.00	70.00	10.05	7.70	8411.03	-199.38	619.26	466.38	0.00
3	1.52	100.00	70.00	10.05	7.70	7209.93	-772.54	260.01	466.38	0.00
4	2.28	100.00	70.00	10.05	7.70	4187.18	-1033.20		98.66	466.38
5	3.04	100.00	70.00	10.05	7.70	1464.95	-655.94	25.07	466.38	0.00
6	3.80	100.00	70.00	10.05	7.70	533.56	-399.35	7.05	466.38	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	70 di 95

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 2

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>cd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls
V <sub>wd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.16	100.00	100.00	10.05	0.00	0.00	361.41	245.12	683.29	0.00
2	0.48	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	27.60	683.29	0.00
3	0.80	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	10.10	683.29	0.00

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.70	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	41.97	683.29	0.00
2	2.10	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	6.15	683.29	0.00
3	3.50	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	3.09	683.29	0.00

COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	206.8504	[kN]
Componente orizzontale della spinta statica	203.9232	[kN]
Componente verticale della spinta statica	34.6762	[kN]
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.50 [m]	Y = -2.70 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	9.65	[°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	47.91	[°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	298.1155	[kN]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.83 [m]	Y = -1.75 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	203.9232	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	524.2917	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	428.4903	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1554.3986	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	524.2917	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	203.9232	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.35	[m]
Risultante in fondazione	562.5535	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21.25	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	184.8209	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.63
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 4

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	71 di 95

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 4.31

Raggio del cerchio R[m]= 9.75

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.86

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 9.74

Larghezza della striscia dx[m]= 0.62

Coefficiente di sicurezza C= 1.29

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	2717.71	78.31	2661.38	3.08	30.17	0.000	0.000
2	4900.26	64.90	4437.40	1.47	30.17	0.000	0.000
3	5842.59	57.18	4910.24	1.15	30.17	0.000	0.000
4	6443.39	50.89	4999.73	0.99	30.17	0.000	0.000
5	6841.12	45.37	4868.68	0.89	30.17	0.000	0.000
6	7095.18	40.35	4594.15	0.82	30.17	0.000	0.000
7	7237.91	35.69	4222.43	0.77	30.17	0.000	0.000
8	7289.23	31.28	3785.16	0.73	30.17	0.000	0.000
9	7262.37	27.08	3305.85	0.70	30.17	0.000	0.000
10	7166.53	23.03	2803.10	0.68	30.17	0.000	0.000
11	7389.77	19.09	2417.05	0.66	26.57	0.000	0.000
12	7174.61	15.25	1887.14	0.65	26.56	0.000	0.000
13	6907.85	11.48	1374.55	0.64	26.56	0.000	0.000
14	6860.21	7.76	925.72	0.63	26.56	0.000	0.000
15	6938.49	4.07	491.93	0.63	26.56	0.000	0.000
16	7538.28	0.39	51.70	0.62	26.56	0.000	0.000
17	6855.20	-3.28	-392.00	0.63	26.56	0.000	0.000
18	2647.21	-6.96	-320.91	0.63	26.56	0.000	0.000
19	2151.51	-10.68	-398.60	0.64	26.56	0.000	0.000
20	1979.46	-14.44	-493.51	0.64	26.56	0.000	0.000
21	1757.62	-18.26	-550.77	0.66	26.56	0.000	0.000
22	1479.09	-22.17	-558.23	0.67	29.46	0.000	0.000
23	1139.36	-26.20	-503.00	0.70	30.17	0.000	0.000
24	732.26	-30.37	-370.20	0.72	30.17	0.000	0.000
25	249.22	-34.73	-141.97	0.76	30.17	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 1221.8930$  [kN]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 431.5684$  [kN]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 556.0229$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 0.0000$  [kN]

**COMBINAZIONE n° 5**

Valore della spinta statica 131.9426 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica 129.0593 [kN]

Componente verticale della spinta statica 27.4324 [kN]

Punto d'applicazione della spinta X = 3.50 [m] Y = -2.83 [m]

**RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	72 di 95

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 12.00 [°]  
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 51.57 [°]

Incremento sismico della spinta 2.3404 [kN]  
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta X = 3.50 [m] Y = -1.86 [m]  
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche 51.38 [°]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 271.0141 [kN]  
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 1.83 [m] Y = -1.75 [m]  
Inerzia del muro 1.0921 [kN]  
Inerzia verticale del muro -0.5460 [kN]  
Inerzia del terrapieno fondazione di monte 1.5455 [kN]  
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte -0.7728 [kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 133.9862 [kN]  
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 489.1143 [kN]  
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 489.1143 [kN]  
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 133.9862 [kN]  
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 0.13 [m]  
Risultante in fondazione 507.1342 [kN]  
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 15.32 [°]  
Momento rispetto al baricentro della fondazione 62.9244 [kNm]  
Carico ultimo della fondazione 3008.3814 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 5.00 [m]  
Tensione terreno allo spigolo di valle 0.11292 [N/mm<sup>2</sup>]  
Tensione terreno allo spigolo di monte 0.08272 [N/mm<sup>2</sup>]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N<sub>c</sub> = 35.49 N'<sub>c</sub> = 17.84  
N<sub>q</sub> = 23.18 N'<sub>q</sub> = 11.89  
N<sub>γ</sub> = 20.79 N'<sub>γ</sub> = 7.17

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.78  
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 6.15

**Sollecitazioni paramento**

Combinazione n° 5

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm  
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN  
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.76	17.5854	0.2988	1.4886
3	1.52	35.7195	2.5176	5.5580
4	2.28	54.4021	8.6180	12.2084
5	3.04	73.6356	20.5610	21.4505
6	3.80	93.7133	40.5902	34.6643

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 5

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	73 di 95

Nr.	X	M	T
1	0.16	1.1213	13.9906
2	0.48	10.0176	41.5080
3	0.80	27.6204	68.4067

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 5

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.70	-7.5413	-20.1299
2	2.10	-50.0734	-35.4002
3	3.50	-98.6286	-31.9910

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 5

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

V<sub>cd</sub> Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls

V<sub>wd</sub> Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.00	100.00	70.00	10.05	7.70	0.00	0.00	1000.00	466.38	0.00
2	0.76	100.00	70.00	10.05	7.70	8462.63	-143.79	481.23	466.38	0.00
3	1.52	100.00	70.00	10.05	7.70	8068.31	-568.68	225.88	466.38	0.00
4	2.28	100.00	70.00	10.05	7.70	5959.43	-944.05	109.54	466.38	0.00
5	3.04	100.00	70.00	10.05	7.70	3566.48	-995.86	48.43	466.38	0.00
6	3.80	100.00	70.00	10.05	7.70	1580.45	-684.54	16.86	466.38	0.00

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 5

Simbologia adottata

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]

N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

V<sub>cd</sub> Aliquota di taglio assorbito dal cls

V<sub>wd</sub> Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.16	100.00	100.00	10.05	0.00	0.00	361.41	322.31	683.29	0.00
2	0.48	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	35.99	683.29	0.00
3	0.80	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	13.05	683.29	0.00

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	74 di 95

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.70	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	74.23	683.29	0.00
2	2.10	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	11.18	683.29	0.00
3	3.50	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	5.68	683.29	0.00

**COMBINAZIONE n° 6**

Valore della spinta statica	131.9426	[kN]								
Componente orizzontale della spinta statica	129.0593	[kN]								
Componente verticale della spinta statica	27.4324	[kN]								
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.50 [m]		Y = -2.83	[m]						
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie			12.00	[°]						
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.57	[°]								
Incremento sismico della spinta	3.0928	[kN]								
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3.50 [m]		Y = -1.86	[m]						
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51.38	[°]								
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	271.0141	[kN]								
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.83 [m]		Y = -1.75	[m]						
Inerzia del muro	1.0921	[kN]								
Inerzia verticale del muro	0.5460	[kN]								
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5455	[kN]								
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0.7728	[kN]								

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	134.7221	[kN]								
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	491.9083	[kN]								
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	491.9083	[kN]								
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	134.7221	[kN]								
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.13	[m]								
Risultante in fondazione	510.0234	[kN]								
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15.32	[°]								
Momento rispetto al baricentro della fondazione	63.9263	[kNm]								
Carico ultimo della fondazione	3007.3855	[kN]								

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]								
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.11372	[N/mm <sup>2</sup> ]								
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.08304	[N/mm <sup>2</sup> ]								

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

N <sub>c</sub> = 35.49	N' <sub>c</sub> = 17.84
N <sub>q</sub> = 23.18	N' <sub>q</sub> = 11.90
N <sub>γ</sub> = 20.79	N' <sub>γ</sub> = 7.17

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.78
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.11

**Sollecitazioni paramento**

**Combinazione n° 6**

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.76	17.5936	0.3105	1.5270
3	1.52	35.7358	2.5703	5.6348
4	2.28	54.4266	8.7407	12.3235
5	3.04	73.6683	20.7830	21.6041

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	75 di 95

6 3.80 93.7541 40.9406 34.8563

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 6

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.16	1.1315	14.1173
2	0.48	10.1079	41.8805
3	0.80	27.8680	69.0154

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 6

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.70	-7.4578	-19.8835
2	2.10	-49.2230	-34.5195
3	3.50	-95.9914	-30.2877

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 6

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

V<sub>cd</sub> Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls

V<sub>wd</sub> Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.00	100.00	70.00	10.05	7.70	0.00	0.00	1000.00	466.38	0.00
2	0.76	100.00	70.00	10.05	7.70	8457.54	-149.27	480.72	466.38	0.00
3	1.52	100.00	70.00	10.05	7.70	8058.20	-579.58	225.49	466.38	0.00
4	2.28	100.00	70.00	10.05	7.70	5911.03	-949.29	108.61	466.38	0.00
5	3.04	100.00	70.00	10.05	7.70	3517.43	-992.33	47.75	466.38	0.00
6	3.80	100.00	70.00	10.05	7.70	1550.77	-677.19	16.54	466.38	0.00

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 6

Simbologia adottata

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]

N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

V<sub>cd</sub> Aliquota di taglio assorbito dal cls

V<sub>wd</sub> Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	76 di 95

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.16	100.00	100.00	10.05	0.00	0.00	361.41	319.41	683.29	0.00
2	0.48	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	35.67	683.29	0.00
3	0.80	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	12.94	683.29	0.00

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.70	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	75.06	683.29	0.00
2	2.10	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	11.37	683.29	0.00
3	3.50	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	5.83	683.29	0.00

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	188.0458	[kN]								
Componente orizzontale della spinta statica	185.3847	[kN]								
Componente verticale della spinta statica	31.5238	[kN]								
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.50	[m]	Y = -2.70	[m]						
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	9.65	[°]								
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	47.91	[°]								
Incremento sismico della spinta	3.8757	[kN]								
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3.50	[m]	Y = -1.86	[m]						
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	47.72	[°]								
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	271.0141	[kN]								
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.83	[m]	Y = -1.75	[m]						
Inerzia del muro	1.0921	[kN]								
Inerzia verticale del muro	0.5460	[kN]								
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5455	[kN]								
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0.7728	[kN]								

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	191.8432	[kN]								
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	496.0064	[kN]								
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	496.0064	[kN]								
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	191.8432	[kN]								
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.39	[m]								
Risultante in fondazione	531.8140	[kN]								
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21.15	[°]								
Momento rispetto al baricentro della fondazione	191.5626	[kNm]								
Carico ultimo della fondazione	844.3312	[kN]								

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]								
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.14518	[N/mmq]								
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.05323	[N/mmq]								

Fattori per il calcolo della capacità portante

N <sub>c</sub> = 23.18	N' <sub>c</sub> = 7.28
N <sub>q</sub> = 12.59	N' <sub>q</sub> = 4.64
N <sub>γ</sub> = 8.69	N' <sub>γ</sub> = 1.79

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.01
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.70

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

**RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	77 di 95

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN  
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.76	13.6558	0.4890	2.1683
3	1.52	27.8766	3.6906	7.6589
4	2.28	42.6623	12.1300	16.4720
5	3.04	58.7204	29.1412	32.7676
6	3.80	76.0727	61.3518	56.6743

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 7

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.16	1.5257	18.9928
2	0.48	13.5053	55.5661
3	0.80	36.8871	90.2562

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 7

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.70	-14.0615	-37.7506
2	2.10	-96.0483	-70.1090
3	3.50	-191.0381	-59.5834

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 7

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>cd</sub>	Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls
V <sub>wd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.00	100.00	70.00	10.05	7.70	0.00	0.00	1000.00	466.38	0.00
2	0.76	100.00	70.00	10.05	7.70	8319.59	-297.91	609.23	466.38	0.00
3	1.52	100.00	70.00	10.05	7.70	6571.95	-870.08	235.75	466.38	0.00
4	2.28	100.00	70.00	10.05	7.70	3480.84	-989.69	81.59	466.38	0.00
5	3.04	100.00	70.00	10.05	7.70	1179.04	-585.12	20.08	466.38	0.00
6	3.80	100.00	70.00	10.05	7.70	473.62	-381.97	6.23	466.38	0.00

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 7

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	78 di 95

$N_u$  sforzo normale ultimo espresso in [kN]  
 $M_u$  momento ultimo espresso in [kNm]  
 CS coefficiente sicurezza sezione  
 $V_{cd}$  Aliquota di taglio assorbito dal cls  
 $V_{wd}$  Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B	H	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$N_u$	$M_u$	CS	$V_{cd}$	$V_{wd}$
1	0.16	100.00	100.00	10.05	0.00	0.00	361.41	236.88	683.29	0.00
2	0.48	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	26.70	683.29	0.00
3	0.80	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	9.77	683.29	0.00

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B	H	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$N_u$	$M_u$	CS	$V_{cd}$	$V_{wd}$
1	0.70	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	39.81	683.29	0.00
2	2.10	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	5.83	683.29	0.00
3	3.50	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	2.93	683.29	0.00

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica 188.0458 [kN]  
 Componente orizzontale della spinta statica 185.3847 [kN]  
 Componente verticale della spinta statica 31.5238 [kN]  
 Punto d'applicazione della spinta X = 3.50 [m] Y = -2.70 [m]  
 Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 9.65 [°]  
 Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 47.91 [°]  
 Incremento sismico della spinta 2.8034 [kN]  
 Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta X = 3.50 [m] Y = -1.86 [m]  
 Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche 47.72 [°]  
 Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 271.0141 [kN]  
 Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 1.83 [m] Y = -1.75 [m]  
 Inerzia del muro 1.0921 [kN]  
 Inerzia verticale del muro -0.5460 [kN]  
 Inerzia del terrapieno fondazione di monte 1.5455 [kN]  
 Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte -0.7728 [kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 190.7860 [kN]  
 Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 493.1890 [kN]  
 Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 493.1890 [kN]  
 Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 190.7860 [kN]  
 Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 0.38 [m]  
 Risultante in fondazione 528.8050 [kN]  
 Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 21.15 [°]  
 Momento rispetto al baricentro della fondazione 189.6760 [kNm]  
 Carico ultimo della fondazione 844.7647 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 5.00 [m]  
 Tensione terreno allo spigolo di valle 0.14416 [N/mm<sup>2</sup>]  
 Tensione terreno allo spigolo di monte 0.05312 [N/mm<sup>2</sup>]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 23.18$        $N'_c = 7.28$   
 $N_q = 12.59$        $N'_q = 4.64$   
 $N_\gamma = 8.69$        $N'_\gamma = 1.79$

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	79 di 95

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.01
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.71

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.76	13.6453	0.4692	2.1065
3	1.52	27.8556	3.6042	7.5355
4	2.28	42.6308	11.9299	16.2868
5	3.04	58.6784	28.7806	32.5207
6	3.80	76.0202	60.7838	56.3656

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.16	1.5128	18.8325
2	0.48	13.3916	55.0992
3	0.80	36.5774	89.5012

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.70	-14.0990	-37.8725
2	2.10	-96.5719	-70.7408
3	3.50	-193.0103	-61.0801

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

V<sub>cd</sub> Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls

V<sub>wd</sub> Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.00	100.00	70.00	10.05	7.70	0.00	0.00	1000.00	466.38	0.00
2	0.76	100.00	70.00	10.05	7.70	8330.24	-286.44	610.48	466.38	0.00
3	1.52	100.00	70.00	10.05	7.70	6646.14	-859.93	238.59	466.38	0.00
4	2.28	100.00	70.00	10.05	7.70	3555.92	-995.10	83.41	466.38	0.00
5	3.04	100.00	70.00	10.05	7.70	1207.16	-592.09	20.57	466.38	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	80 di 95

6                    3.80    100.00   70.00   10.05   7.70    480.04   -383.83   6.31    466.38   0.00

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 8

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>cd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls
V <sub>wd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.16	100.00	100.00	10.05	0.00	0.00	361.41	238.90	683.29	0.00
2	0.48	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	26.92	683.29	0.00
3	0.80	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	360.54	9.86	683.29	0.00

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.70	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	39.70	683.29	0.00
2	2.10	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	5.80	683.29	0.00
3	3.50	100.00	100.00	10.05	15.71	0.00	-559.77	2.90	683.29	0.00

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	188.0458	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	185.3847	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	31.5238	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.50	[m]	Y = -2.70	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	9.65	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	47.91	[°]		
Incremento sismico della spinta	2.8034	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3.50	[m]	Y = -1.86	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	47.72	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	271.0141	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.83	[m]	Y = -1.75	[m]
Inerzia del muro	1.0921	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0.5460	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5455	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-0.7728	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	190.7860	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	493.1890	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	407.5042	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1450.8008	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	493.1890	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	190.7860	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.38	[m]
Risultante in fondazione	528.8050	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21.15	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	189.6760	[kNm]

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	81 di 95

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 3.56

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	188.0458	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	185.3847	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	31.5238	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.50	[m]	Y = -2.70	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	9.65	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	47.91	[°]		
Incremento sismico della spinta	3.8757	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3.50	[m]	Y = -1.86	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	47.72	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	271.0141	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.83	[m]	Y = -1.75	[m]
Inerzia del muro	1.0921	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0.5460	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5455	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0.7728	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	191.8432	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	496.0064	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	406.9268	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1455.3802	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	496.0064	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	191.8432	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.39	[m]
Risultante in fondazione	531.8140	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21.15	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	191.5626	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 3.58

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 4.31

Raggio del cerchio R[m]= 9.75

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.86

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 9.74

Larghezza della striscia dx[m]= 0.62

Coefficiente di sicurezza C= 1.28

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	2717.71	78.31	2661.38	3.08	30.17	0.000	0.000
2	4900.26	64.90	4437.40	1.47	30.17	0.000	0.000
3	5842.59	57.18	4910.24	1.15	30.17	0.000	0.000
4	6443.39	50.89	4999.73	0.99	30.17	0.000	0.000
5	6841.12	45.37	4868.68	0.89	30.17	0.000	0.000
6	7095.18	40.35	4594.15	0.82	30.17	0.000	0.000
7	7237.91	35.69	4222.43	0.77	30.17	0.000	0.000
8	7289.23	31.28	3785.16	0.73	30.17	0.000	0.000
9	7262.37	27.08	3305.85	0.70	30.17	0.000	0.000
10	7166.53	23.03	2803.10	0.68	30.17	0.000	0.000
11	7389.77	19.09	2417.05	0.66	26.57	0.000	0.000
12	7174.61	15.25	1887.14	0.65	26.56	0.000	0.000
13	6907.85	11.48	1374.55	0.64	26.56	0.000	0.000
14	6860.21	7.76	925.72	0.63	26.56	0.000	0.000
15	6938.49	4.07	491.93	0.63	26.56	0.000	0.000
16	7538.28	0.39	51.70	0.62	26.56	0.000	0.000
17	6855.20	-3.28	-392.00	0.63	26.56	0.000	0.000
18	2647.21	-6.96	-320.91	0.63	26.56	0.000	0.000
19	2151.51	-10.68	-398.60	0.64	26.56	0.000	0.000
20	1979.46	-14.44	-493.51	0.64	26.56	0.000	0.000
21	1757.62	-18.26	-550.77	0.66	26.56	0.000	0.000
22	1479.09	-22.17	-558.23	0.67	29.46	0.000	0.000
23	1139.36	-26.20	-503.00	0.70	30.17	0.000	0.000
24	732.26	-30.37	-370.20	0.72	30.17	0.000	0.000
25	249.22	-34.73	-141.97	0.76	30.17	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 1221.8930$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 431.5684$  [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 556.0229$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0.0000$  [kN]

**Stabilità globale muro + terreno**

Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [ $^{\circ}$ ] (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]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 4.31

Raggio del cerchio R[m]= 9.75

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.86

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 9.74

Larghezza della striscia dx[m]= 0.62

Coefficiente di sicurezza C= 1.28

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	83 di 95

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	2717.71	78.31	2661.38	3.08	30.17	0.000	0.000
2	4900.26	64.90	4437.40	1.47	30.17	0.000	0.000
3	5842.59	57.18	4910.24	1.15	30.17	0.000	0.000
4	6443.39	50.89	4999.73	0.99	30.17	0.000	0.000
5	6841.12	45.37	4868.68	0.89	30.17	0.000	0.000
6	7095.18	40.35	4594.15	0.82	30.17	0.000	0.000
7	7237.91	35.69	4222.43	0.77	30.17	0.000	0.000
8	7289.23	31.28	3785.16	0.73	30.17	0.000	0.000
9	7262.37	27.08	3305.85	0.70	30.17	0.000	0.000
10	7166.53	23.03	2803.10	0.68	30.17	0.000	0.000
11	7389.77	19.09	2417.05	0.66	26.57	0.000	0.000
12	7174.61	15.25	1887.14	0.65	26.56	0.000	0.000
13	6907.85	11.48	1374.55	0.64	26.56	0.000	0.000
14	6860.21	7.76	925.72	0.63	26.56	0.000	0.000
15	6938.49	4.07	491.93	0.63	26.56	0.000	0.000
16	7538.28	0.39	51.70	0.62	26.56	0.000	0.000
17	6855.20	-3.28	-392.00	0.63	26.56	0.000	0.000
18	2647.21	-6.96	-320.91	0.63	26.56	0.000	0.000
19	2151.51	-10.68	-398.60	0.64	26.56	0.000	0.000
20	1979.46	-14.44	-493.51	0.64	26.56	0.000	0.000
21	1757.62	-18.26	-550.77	0.66	26.56	0.000	0.000
22	1479.09	-22.17	-558.23	0.67	29.46	0.000	0.000
23	1139.36	-26.20	-503.00	0.70	30.17	0.000	0.000
24	732.26	-30.37	-370.20	0.72	30.17	0.000	0.000
25	249.22	-34.73	-141.97	0.76	30.17	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 1221.8930$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 431.5684$  [kN]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 556.0229$  [kN]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0.0000$  [kN]

**COMBINAZIONE n° 13**

Valore della spinta statica	131.9426	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	129.0593	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	27.4324	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.50	[m]	Y = -2.83	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	12.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.57	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	271.0141	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.83	[m]	Y = -1.75	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	129.0593	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	489.9465	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	489.9465	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	129.0593	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.10	[m]
Risultante in fondazione	506.6595	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14.76	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	50.8631	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	3159.0491	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.11020	[N/mmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.08578	[N/mmq]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

$N_c = 35.49$	$N'_c = 18.44$
$N_q = 23.18$	$N'_q = 12.26$

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	84 di 95

$$N_y = 20.79 \quad N'_y = 7.50$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.85
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.45

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 13

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm  
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN  
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.76	13.5743	0.2309	1.2904
3	1.52	27.6972	2.2313	5.1618
4	2.28	42.3686	7.9626	11.6140
5	3.04	57.5910	19.3861	20.6581
6	3.80	73.6576	38.7451	33.6738

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 13

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.16	1.0872	13.5689
2	0.48	9.7246	40.3318
3	0.80	26.8462	66.5946

**Sollecitazioni fondazione di monte**

Combinazione n° 13

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.70	-6.8575	-18.2708
2	2.10	-45.1108	-31.5249
3	3.50	-88.1531	-28.3690

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 13

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]						
H	altezza della sezione espressa in [cm]						
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]						
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]						
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]						
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]						
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]						
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]						

Nr.	Y	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
-----	---	---	---	-----------------	-----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------

**RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	85 di 95

1	0.00	100.00	70.00	10.05	7.70	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.76	100.00	70.00	10.05	7.70	0.022	0.002	-0.245	-0.316
3	1.52	100.00	70.00	10.05	7.70	0.064	0.009	-0.248	-0.899
4	2.28	100.00	70.00	10.05	7.70	0.159	0.021	0.577	-2.133
5	3.04	100.00	70.00	10.05	7.70	0.434	0.038	8.212	-5.249
6	3.80	100.00	70.00	10.05	7.70	0.948	0.061	30.795	-10.385

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 13

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B	H	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.16	100.00	100.00	10.05	0.00	0.016	0.017	1.210	0.000
2	0.48	100.00	100.00	10.05	15.71	0.127	0.050	10.791	-1.167
3	0.80	100.00	100.00	10.05	15.71	0.351	0.083	29.791	-3.222

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B	H	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.70	100.00	100.00	10.05	15.71	0.077	-0.023	-0.803	4.930
2	2.10	100.00	100.00	10.05	15.71	0.508	-0.039	-5.285	32.428
3	3.50	100.00	100.00	10.05	15.71	0.992	-0.035	-10.328	63.369

**Verifiche a fessurazione**

Combinazione n° 13

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
M <sub>pf</sub>	Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
M	Momento agente nella sezione espressa in [kNm]
ε <sub>m</sub>	deformazione media espressa in [%]
S <sub>m</sub>	Distanza media tra le fessure espressa in [mm]
w	Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	S <sub>m</sub>	w
1	0.00	10.05	7.70	-122.48	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.19	10.05	7.70	121.31	0.00	0.0000	0.00	0.000
3	0.38	10.05	7.70	-122.48	-0.02	0.0000	0.00	0.000
4	0.57	10.05	7.70	-122.48	-0.08	0.0000	0.00	0.000
5	0.76	10.05	7.70	-122.48	-0.23	0.0000	0.00	0.000
6	0.95	10.05	7.70	-122.48	-0.49	0.0000	0.00	0.000
7	1.14	10.05	7.70	-122.48	-0.89	0.0000	0.00	0.000
8	1.33	10.05	7.70	-122.48	-1.46	0.0000	0.00	0.000

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	86 di 95

9	1.52	10.05	7.70	-122.48	-2.23	0.0000	0.00	0.000
10	1.71	10.05	7.70	-122.48	-3.24	0.0000	0.00	0.000
11	1.90	10.05	7.70	-122.48	-4.51	0.0000	0.00	0.000
12	2.09	10.05	7.70	-122.48	-6.07	0.0000	0.00	0.000
13	2.28	10.05	7.70	-122.48	-7.96	0.0000	0.00	0.000
14	2.47	10.05	7.70	-122.48	-10.21	0.0000	0.00	0.000
15	2.66	10.05	7.70	-122.48	-12.84	0.0000	0.00	0.000
16	2.85	10.05	7.70	-122.48	-15.89	0.0000	0.00	0.000
17	3.04	10.05	7.70	-122.48	-19.39	0.0000	0.00	0.000
18	3.23	10.05	7.70	-122.48	-23.36	0.0000	0.00	0.000
19	3.42	10.05	7.70	-122.48	-27.87	0.0000	0.00	0.000
20	3.61	10.05	7.70	-122.48	-32.98	0.0000	0.00	0.000
21	3.80	10.05	7.70	-122.48	-38.75	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	Afs	Afi	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	S <sub>m</sub>	W
1	-1.50	0.00	10.05	-237.43	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-1.42	0.00	10.05	244.92	0.27	0.0000	0.00	0.000
3	-1.34	0.00	10.05	244.92	1.09	0.0000	0.00	0.000
4	-1.26	15.71	10.05	248.29	2.44	0.0000	0.00	0.000
5	-1.18	15.71	10.05	248.29	4.34	0.0000	0.00	0.000
6	-1.10	15.71	10.05	248.29	6.76	0.0000	0.00	0.000
7	-1.02	15.71	10.05	248.29	9.72	0.0000	0.00	0.000
8	-0.94	15.71	10.05	248.29	13.22	0.0000	0.00	0.000
9	-0.86	15.71	10.05	248.29	17.23	0.0000	0.00	0.000
10	-0.78	15.71	10.05	248.29	21.78	0.0000	0.00	0.000
11	-0.70	15.71	10.05	248.29	26.85	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	15.71	10.05	-252.52	-88.15	0.0000	0.00	0.000
13	0.35	15.71	10.05	-252.52	-77.91	0.0000	0.00	0.000
14	0.70	15.71	10.05	-252.52	-67.18	0.0000	0.00	0.000
15	1.05	15.71	10.05	-252.52	-56.18	0.0000	0.00	0.000
16	1.40	15.71	10.05	-252.52	-45.11	0.0000	0.00	0.000
17	1.75	15.71	10.05	-252.52	-34.18	0.0000	0.00	0.000
18	2.10	15.71	10.05	-252.52	-23.73	0.0000	0.00	0.000
19	2.45	15.71	10.05	-252.52	-14.39	0.0000	0.00	0.000
20	2.80	15.71	10.05	-252.52	-6.86	0.0000	0.00	0.000
21	3.15	15.71	10.05	-252.52	-1.83	0.0000	0.00	0.000
22	3.50	0.00	10.05	-237.43	0.00	0.0000	0.00	0.000

COMBINAZIONE n° 14

Valore della spinta statica	131.9426	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	129.0593	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	27.4324	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.50	[m]	Y = -2.83	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	12.00 [°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.57 [°]			
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	271.0141	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.83	[m]	Y = -1.75	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	129.0593	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	489.9465	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	489.9465	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	129.0593	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.10 [m]	
Risultante in fondazione	506.6595	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14.76 [°]	
Momento rispetto al baricentro della fondazione	50.8631	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	3159.0491	[kN]

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	87 di 95

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.00 [m]	
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.11020	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.08578	[N/mm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.49$	$N'_c = 18.44$
$N_q = 23.18$	$N'_q = 12.26$
$N_\gamma = 20.79$	$N'_\gamma = 7.50$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.85
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.45

**Sollecitazioni paramento**

Combinazione n° 14

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm  
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN  
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.76	13.5743	0.2309	1.2904
3	1.52	27.6972	2.2313	5.1618
4	2.28	42.3686	7.9626	11.6140
5	3.04	57.5910	19.3861	20.6581
6	3.80	73.6576	38.7451	33.6738

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 14

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.16	1.0872	13.5689
2	0.48	9.7246	40.3318
3	0.80	26.8462	66.5946

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 14

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.70	-6.8575	-18.2708
2	2.10	-45.1108	-31.5249
3	3.50	-88.1531	-28.3690

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 14

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
B base della sezione espressa in [cm]  
H altezza della sezione espressa in [cm]

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	88 di 95

$A_{fs}$	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
$A_{fi}$	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
$\sigma_c$	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
$\sigma_{fs}$	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

Nr.	Y	B	H	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$
1	0.00	100.00	70.00	10.05	7.70	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.76	100.00	70.00	10.05	7.70	0.022	0.002	-0.245	-0.316
3	1.52	100.00	70.00	10.05	7.70	0.064	0.009	-0.248	-0.899
4	2.28	100.00	70.00	10.05	7.70	0.159	0.021	0.577	-2.133
5	3.04	100.00	70.00	10.05	7.70	0.434	0.038	8.212	-5.249
6	3.80	100.00	70.00	10.05	7.70	0.948	0.061	30.795	-10.385

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 14

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
$A_{fi}$	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
$A_{fs}$	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
$\sigma_c$	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
$\sigma_{fs}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B	H	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.16	100.00	100.00	10.05	0.00	0.016	0.017	1.210	0.000
2	0.48	100.00	100.00	10.05	15.71	0.127	0.050	10.791	-1.167
3	0.80	100.00	100.00	10.05	15.71	0.351	0.083	29.791	-3.222

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B	H	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.70	100.00	100.00	10.05	15.71	0.077	-0.023	-0.803	4.930
2	2.10	100.00	100.00	10.05	15.71	0.508	-0.039	-5.285	32.428
3	3.50	100.00	100.00	10.05	15.71	0.992	-0.035	-10.328	63.369

**Verifiche a fessurazione**

Combinazione n° 14

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

$A_{fs}$	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
$A_{fi}$	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
$M_{pf}$	Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
M	Momento agente nella sezione espressa in [kNm]
$\epsilon_m$	deformazione media espressa in [%]
$s_m$	Distanza media tra le fessure espressa in [mm]
w	Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$M_{pf}$	M	$\epsilon_m$	$s_m$	w
1	0.00	10.05	7.70	-122.48	0.00	0.0000	0.00	0.000

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	89 di 95

2	0.19	10.05	7.70	121.31	0.00	0.0000	0.00	0.000
3	0.38	10.05	7.70	-122.48	-0.02	0.0000	0.00	0.000
4	0.57	10.05	7.70	-122.48	-0.08	0.0000	0.00	0.000
5	0.76	10.05	7.70	-122.48	-0.23	0.0000	0.00	0.000
6	0.95	10.05	7.70	-122.48	-0.49	0.0000	0.00	0.000
7	1.14	10.05	7.70	-122.48	-0.89	0.0000	0.00	0.000
8	1.33	10.05	7.70	-122.48	-1.46	0.0000	0.00	0.000
9	1.52	10.05	7.70	-122.48	-2.23	0.0000	0.00	0.000
10	1.71	10.05	7.70	-122.48	-3.24	0.0000	0.00	0.000
11	1.90	10.05	7.70	-122.48	-4.51	0.0000	0.00	0.000
12	2.09	10.05	7.70	-122.48	-6.07	0.0000	0.00	0.000
13	2.28	10.05	7.70	-122.48	-7.96	0.0000	0.00	0.000
14	2.47	10.05	7.70	-122.48	-10.21	0.0000	0.00	0.000
15	2.66	10.05	7.70	-122.48	-12.84	0.0000	0.00	0.000
16	2.85	10.05	7.70	-122.48	-15.89	0.0000	0.00	0.000
17	3.04	10.05	7.70	-122.48	-19.39	0.0000	0.00	0.000
18	3.23	10.05	7.70	-122.48	-23.36	0.0000	0.00	0.000
19	3.42	10.05	7.70	-122.48	-27.87	0.0000	0.00	0.000
20	3.61	10.05	7.70	-122.48	-32.98	0.0000	0.00	0.000
21	3.80	10.05	7.70	-122.48	-38.75	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	S <sub>m</sub>	W
1	-1.50	0.00	10.05	-237.43	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-1.42	0.00	10.05	244.92	0.27	0.0000	0.00	0.000
3	-1.34	0.00	10.05	244.92	1.09	0.0000	0.00	0.000
4	-1.26	15.71	10.05	248.29	2.44	0.0000	0.00	0.000
5	-1.18	15.71	10.05	248.29	4.34	0.0000	0.00	0.000
6	-1.10	15.71	10.05	248.29	6.76	0.0000	0.00	0.000
7	-1.02	15.71	10.05	248.29	9.72	0.0000	0.00	0.000
8	-0.94	15.71	10.05	248.29	13.22	0.0000	0.00	0.000
9	-0.86	15.71	10.05	248.29	17.23	0.0000	0.00	0.000
10	-0.78	15.71	10.05	248.29	21.78	0.0000	0.00	0.000
11	-0.70	15.71	10.05	248.29	26.85	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	15.71	10.05	-252.52	-88.15	0.0000	0.00	0.000
13	0.35	15.71	10.05	-252.52	-77.91	0.0000	0.00	0.000
14	0.70	15.71	10.05	-252.52	-67.18	0.0000	0.00	0.000
15	1.05	15.71	10.05	-252.52	-56.18	0.0000	0.00	0.000
16	1.40	15.71	10.05	-252.52	-45.11	0.0000	0.00	0.000
17	1.75	15.71	10.05	-252.52	-34.18	0.0000	0.00	0.000
18	2.10	15.71	10.05	-252.52	-23.73	0.0000	0.00	0.000
19	2.45	15.71	10.05	-252.52	-14.39	0.0000	0.00	0.000
20	2.80	15.71	10.05	-252.52	-6.86	0.0000	0.00	0.000
21	3.15	15.71	10.05	-252.52	-1.83	0.0000	0.00	0.000
22	3.50	0.00	10.05	-237.43	0.00	0.0000	0.00	0.000

COMBINAZIONE n° 15

Valore della spinta statica	131.9426	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	129.0593	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	27.4324	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.50	[m]	Y = -2.83	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	12.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.57	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	271.0141	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.83	[m]	Y = -1.75	[m]
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	129.0593	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	489.9465	[kN]		

**RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	90 di 95

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	489.9465	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	129.0593	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.10 [m]	
Risultante in fondazione	506.6595	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14.76 [°]	
Momento rispetto al baricentro della fondazione	50.8631	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	3159.0491	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.00 [m]	
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.11020	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.08578	[N/mm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.49$	$N'_c = 18.44$
$N_q = 23.18$	$N'_q = 12.26$
$N_\gamma = 20.79$	$N'_\gamma = 7.50$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.85
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.45

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 15

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.76	13.5743	0.2309	1.2904
3	1.52	27.6972	2.2313	5.1618
4	2.28	42.3686	7.9626	11.6140
5	3.04	57.5910	19.3861	20.6581
6	3.80	73.6576	38.7451	33.6738

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 15

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.16	1.0872	13.5689
2	0.48	9.7246	40.3318
3	0.80	26.8462	66.5946

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 15

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.70	-6.8575	-18.2708
2	2.10	-45.1108	-31.5249
3	3.50	-88.1531	-28.3690

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 15

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

Nr.	Y	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0.00	100.00	70.00	10.05	7.70	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.76	100.00	70.00	10.05	7.70	0.022	0.002	-0.245	-0.316
3	1.52	100.00	70.00	10.05	7.70	0.064	0.009	-0.248	-0.899
4	2.28	100.00	70.00	10.05	7.70	0.159	0.021	0.577	-2.133
5	3.04	100.00	70.00	10.05	7.70	0.434	0.038	8.212	-5.249
6	3.80	100.00	70.00	10.05	7.70	0.948	0.061	30.795	-10.385

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 15

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B	H	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.16	100.00	100.00	10.05	0.00	0.016	0.017	1.210	0.000
2	0.48	100.00	100.00	10.05	15.71	0.127	0.050	10.791	-1.167
3	0.80	100.00	100.00	10.05	15.71	0.351	0.083	29.791	-3.222

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B	H	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.70	100.00	100.00	10.05	15.71	0.077	-0.023	-0.803	4.930
2	2.10	100.00	100.00	10.05	15.71	0.508	-0.039	-5.285	32.428
3	3.50	100.00	100.00	10.05	15.71	0.992	-0.035	-10.328	63.369

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 15

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
M <sub>pf</sub>	Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
M	Momento agente nella sezione espressa in [kNm]
ε <sub>m</sub>	deformazione media espressa in [%]



**RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	93 di 95

2	0.76	13.5743	17.6466	0.2309	0.4890	1.2904	2.1683
3	1.52	27.6972	36.0063	2.2313	3.6906	5.1618	7.6589
4	2.28	42.3686	55.0792	7.9626	12.1300	11.6140	16.4720
5	3.04	57.5910	74.8683	19.3861	29.1412	20.6581	33.8132
6	3.80	73.6576	95.7549	38.7451	62.3293	33.6738	59.5528

**Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle**

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.16	1.0872	1.5778	13.5689	19.6473
2	0.48	9.7246	13.9826	40.3318	57.5794
3	0.80	26.8462	38.2349	66.5946	93.6946

**Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte**

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.70	-14.5189	-6.8575	-39.0181	-18.2708
2	2.10	-99.6729	-45.1108	-73.2519	-31.5249
3	3.50	-200.6368	-88.1531	-65.1862	-28.3690

**Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro**

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ<sub>c</sub> tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]

τ<sub>c</sub> tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]

σ<sub>fs</sub> tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]

σ<sub>fi</sub> tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

V<sub>cd</sub> Aliquota di taglio assorbito dal cls

V<sub>wd</sub> Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.00	100.00	70.00	10.05	7.70	0.00	0.00	1000.00	466.38	0.00
2	0.76	100.00	70.00	10.05	7.70	8319.59	-143.79	479.55	466.38	0.00
3	1.52	100.00	70.00	10.05	7.70	6571.95	-568.68	219.97	466.38	0.00
4	2.28	100.00	70.00	10.05	7.70	3480.84	-944.05	81.59	466.38	0.00
5	3.04	100.00	70.00	10.05	7.70	1179.04	-585.12	20.08	466.38	0.00
6	3.80	100.00	70.00	10.05	7.70	473.62	-381.97	6.23	466.38	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0.00	100.00	70.00	10.05	7.70	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.76	100.00	70.00	10.05	7.70	0.022	0.002	-0.245	-0.316

**RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	94 di 95

3	1.52	100.00	70.00	10.05	7.70	0.064	0.009	-0.248	-0.899
4	2.28	100.00	70.00	10.05	7.70	0.159	0.021	0.577	-2.133
5	3.04	100.00	70.00	10.05	7.70	0.434	0.038	8.212	-5.249
6	3.80	100.00	70.00	10.05	7.70	0.948	0.061	30.795	-10.385

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>cd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls
V <sub>wd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.16	100.00	100.00	0.00	10.05	0.00	361.41	236.88	683.29	0.00
2	0.48	100.00	100.00	15.71	10.05	0.00	360.54	26.70	683.29	0.00
3	0.80	100.00	100.00	15.71	10.05	0.00	360.54	9.77	683.29	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
4	0.16	100.00	100.00	0.00	10.05	0.016	0.017	1.210	0.000
5	0.48	100.00	100.00	15.71	10.05	0.127	0.050	10.791	-1.167
6	0.80	100.00	100.00	15.71	10.05	0.351	0.083	29.791	-3.222

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>cd</sub>	V <sub>wd</sub>
1	0.70	100.00	100.00	15.71	10.05	0.00	-559.77	39.70	683.29	0.00
2	2.10	100.00	100.00	15.71	10.05	0.00	-559.77	5.80	683.29	0.00
3	3.50	100.00	100.00	15.71	10.05	0.00	-559.77	2.90	683.29	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
4	0.70	100.00	100.00	15.71	10.05	0.077	-0.023	-0.803	4.930
5	2.10	100.00	100.00	15.71	10.05	0.508	-0.039	-5.285	32.428
6	3.50	100.00	100.00	15.71	10.05	0.992	-0.035	-10.328	63.369

**Spostamenti**

Simbologia adottata

RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'ALA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26CL	IV010D001	A	95 di 95

*C* Identificativo della combinazione  
*Tipo* Tipo combinazione  
*ag<sub>Critico</sub>* Accelerazione critica espressa in [m/s<sup>2</sup>]  
*D* Spostamento espresso in [cm]

Spostamento limite imposto  $D_{limite} = 2.00$  [cm]

<i>C</i>	Tipo	<i>ag<sub>Critico</sub></i>	<i>D</i>
13	SLEQ	6.4869	0.0000
14	SLEF	6.4869	0.0000
15	SLER	6.4869	0.0000

**Elenco ferri**

*Simbologia adottata*

*Destinazione* Destinazione ferro  
*φ* Diametro ferro espresso in [mm]  
*n* Numero tondini  
*L* Lunghezza totale ferro espressa in [cm]  
*P* Peso singolo ferro espresso in [kN]  
*P<sub>g</sub>* Peso gruppo espresso in [kN]

Destinazione	<i>φ</i>	<i>n</i>	<i>L</i>	<i>P</i>	<i>P<sub>g</sub></i>
Fondazione	20.00	5	652.20	0.1577	0.7887
Fondazione	16.00	5	656.70	0.1016	0.5082
Paramento	14.00	5	559.00	0.0662	0.3312
Paramento	16.00	5	559.00	0.0865	0.4326
Fondazione	8.00	9	105.05	0.0041	0.0366
Paramento	8.00	9	75.08	0.0029	0.0261