

**PNC - PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009-2016, Sub-misura A4,"Investimenti sulla rete stradale statale"**

**Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni - 1° Stralcio lungo la S.S. n. 210 "Fermana Faleriense" - Amandola - Servigliano"**

**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  
Ing. Eugenio Moroni  
Ordine Roma n° 10020

IL GEOLOGO

Dott.ssa Geol. Maria Bruno  
Ordine dei Geologi del Lazio al n° 668

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Francesco M. La Camera  
Ordine Roma n° 7290

IMPRESA CONCORRENTE A.T.I.:

Mandatata:



Mandante:



RTP DI PROGETTAZIONE:

Mandatata:

S.T.E. s.r.l.

Structure and Transport Engineering

Mandante:



Dott. Geol. M. BRUNO

Direttore Tecnico  
Ing. E. Moroni  
Ordine Ing. Roma N. 10020

Direttore Tecnico  
Ing. G. Grimaldi  
Ordine Ing. Roma N. 17703A

Ordine Geologi  
Lazio N. 668

**OPERE D' ARTE MINORI**

Opere di Sostegno

OS07 Cordolo in Dx - Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T03_OS07_STR_RE01_A			
A N 2 6 6	D	2 3	CODICE ELAB.	T 0 3 O S 0 7 S T R R E 0 1	A	-
D						
C						
B						
A	EMISSIONE		Giugno 2023	CITRO	ALESSANDRONI	LA CAMERA
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E RIFERIMENTI .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>DEFINIZIONE AZIONE SISMICA .....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>CRITERI E VERIFICA DELLE OPERE .....</b>	<b>10</b>
6.1	METODO SEMI-PROBABILISTICO AGLI STATI LIMITE	10
6.1.1	<i>Stato limite ultimo (S.L.U.) .....</i>	<i>10</i>
6.1.2	<i>Stato limite di esercizio (S.L.E.).....</i>	<i>12</i>
6.1.3	<i>Stati limite sismici.....</i>	<i>12</i>
<b>7</b>	<b>ANALISI E VERIFICA DEI MURI.....</b>	<b>14</b>
7.1	CRITERI DI ANALISI E VERIFICA	14
7.1.1	<i>Schema statico e valori di calcolo delle azioni.....</i>	<i>14</i>
7.1.2	<i>Calcolo delle spinte.....</i>	<i>14</i>
7.1.3	<i>Verifiche di stabilità.....</i>	<i>16</i>
7.2	ANALISI DEI CARICHI	20
7.2.1	<i>Carichi permanenti .....</i>	<i>20</i>
7.2.2	<i>Sovraccarichi accidentali .....</i>	<i>21</i>
7.2.3	<i>Urto veicolo in svio.....</i>	<i>21</i>
7.2.4	<i>Azioni sismiche.....</i>	<i>21</i>
7.3	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	22
7.4	IMPOSTAZIONI PER LE VERIFICHE	25
7.5	ANALISI DELLA SEZIONE DI CALCOLO	27
7.5.1	<i>Dati di input .....</i>	<i>27</i>
7.5.1.1	<i>Geometria muro e fondazione.....</i>	<i>27</i>
7.5.1.2	<i>Caratteristiche dei terreni.....</i>	<i>27</i>
7.5.1.3	<i>Carichi applicati e combinazioni.....</i>	<i>28</i>
7.5.1.4	<i>Dati sismici .....</i>	<i>33</i>
7.5.1.5	<i>Opzioni di calcolo .....</i>	<i>34</i>
7.5.2	<i>Dati di output .....</i>	<i>34</i>
7.5.2.1	<i>Risultati per combinazione.....</i>	<i>34</i>
7.5.2.2	<i>Verifiche geotecniche.....</i>	<i>38</i>
7.5.2.3	<i>Sollecitazioni.....</i>	<i>44</i>
7.5.2.4	<i>Risultati per inviluppo.....</i>	<i>55</i>
7.5.2.5	<i>Verifiche strutturali.....</i>	<i>60</i>
<b>8</b>	<b>DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018 (PUNTO 10.2).....</b>	<b>67</b>
8.1	ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO	67
8.1.1	<i>Tipo di analisi svolta.....</i>	<i>67</i>
8.1.2	<i>Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.....</i>	<i>67</i>

8.1.3	<i>Affidabilità dei codici di calcolo</i> .....	67
8.1.4	<i>Modalità di presentazione dei risultati</i> .....	68
8.1.5	<i>Informazioni generali sull'elaborazione</i> .....	68
8.1.6	<i>Giudizio motivato di accettabilità dei risultati</i> .....	68

## 1 PREMESSA

La presente relazione contiene le analisi e le verifiche del cordolo in c.a. OS07, da realizzarsi sul ciglio destro della carreggiata tra le progressive 4+075.00 e 4+115.00 nell'ambito del Progetto Definitivo per la realizzazione dell'intervento denominato del 1° Stralcio dei lavori di adeguamento tecnico funzionale della sezione stradale in T.S. e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. 210 Picena" – Amandola-Servigliano (Lotto 3).

A seguire gli stralci planimetrici, prospetto e sezione tipo dell'opera in oggetto:

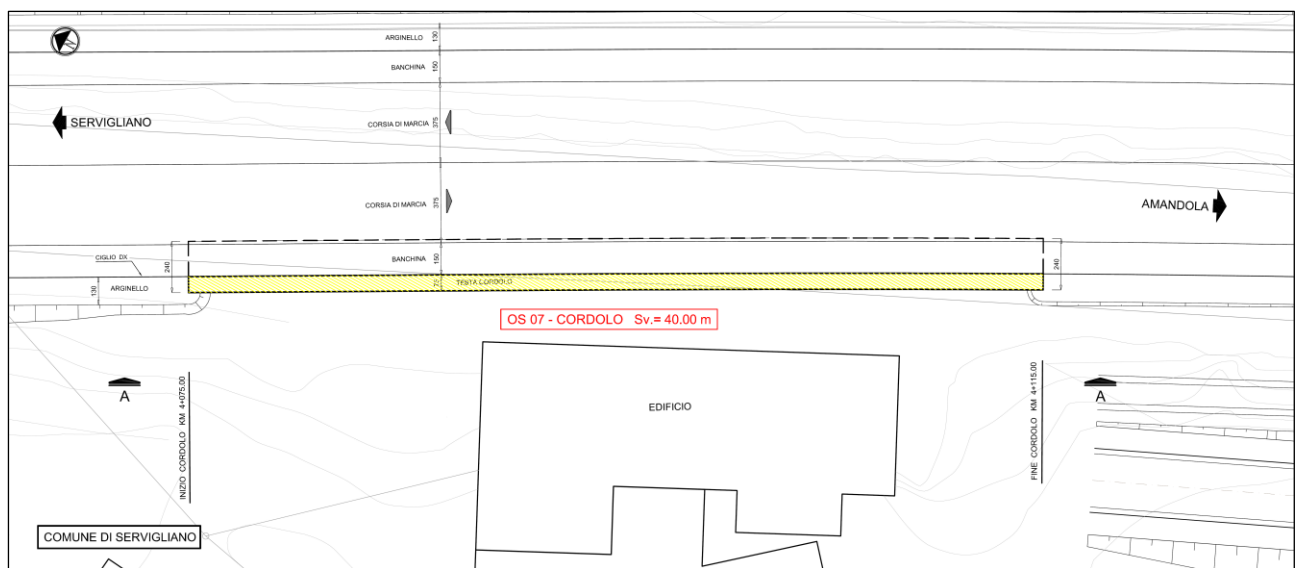


Figura 1 – Stralcio planimetrico

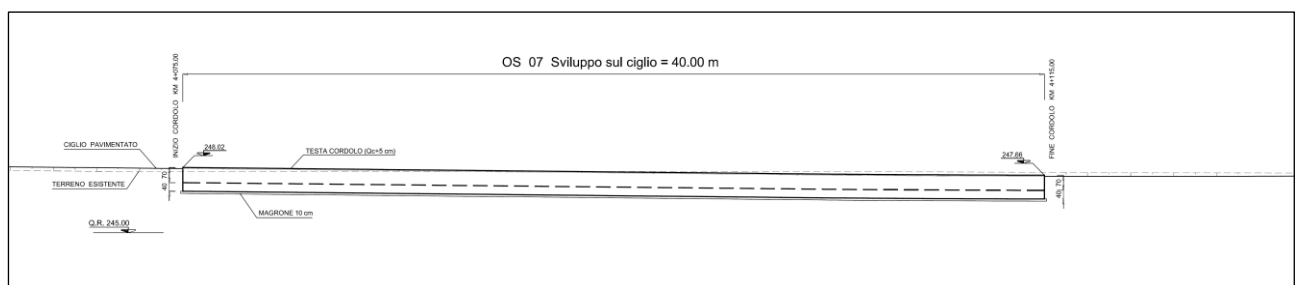


Figura 2 – Prospetto

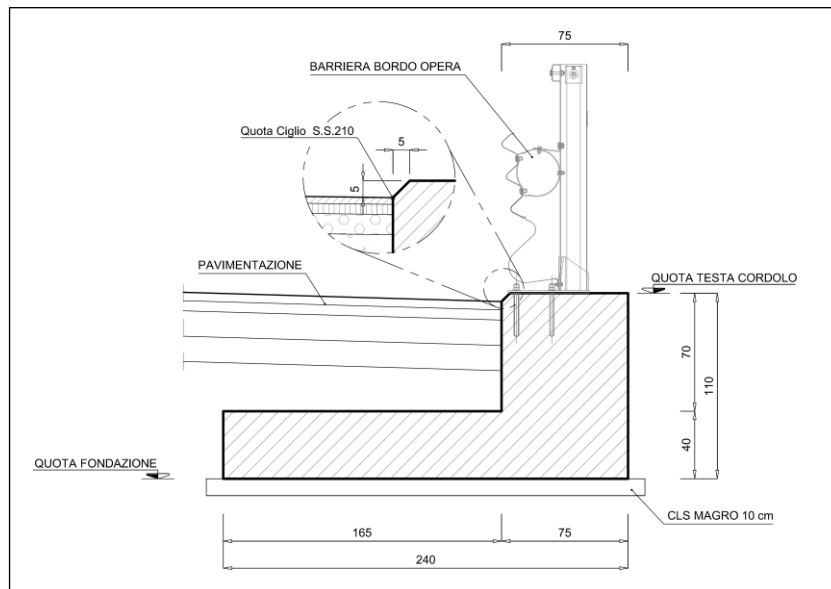


Figura 3 – Sezione tipo

I calcoli in oggetto sono stati condotti secondo i criteri indicati dal *D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni*.

L'elaborazione dei calcoli statici, in ottemperanza al metodo degli stati limite, è stata condotta con l'ausilio del programma di calcolo "**MAX 16.0**" prodotto da Aztec Informatica.

## 2 NORMATIVA E RIFERIMENTI

Nell'esecuzione dei calcoli si fa riferimento alla legislazione vigente con particolare riferimento alle seguenti norme:

- D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n.7 "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale;
- UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture -Parte 1-1:  
Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici;

- UNI EN 1991-1-6:2005 26/09/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture -Parte 1-6:  
Azioni in generale - Azioni durante la costruzione;
- UNI EN 1991-1-7:2006 05/12/2006 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture -Parte 1-7:  
Azioni in generale - Azioni eccezionali;
- UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti;
- UNI EN 1993-1-9:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-9: Fatica;
- UNI ENV 1993-5:2002 01/01/2002 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 5: Pali e micropali;
- UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica -Parte 1: Regole generali;
- UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- UNI EN 1998-2:2006 09/02/2006 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- UNI EN 206-1-2001 - Calcestruzzo, "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- Annessi nazionali degli eurocodici approvati nel 2011.
- AICAP/93: Ancoraggi nei terreni e nelle rocce. Raccomandazioni.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### CALCESTRUZZI

$R_{ck}$  = Resistenza caratteristica cubica

$f_{ck}$  = Resistenza caratteristica cilindrica =  $R_{ck} \times 0.83$

$f_{cd}$  = Resistenza di calcolo cilindrica =  $\alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$

$\alpha_{cc}$  = coefficiente riduttivo = 0.85

$\gamma_c$  = coefficiente di sicurezza = 1.5

#### Cls fondazione ed elevazione

Classe del calcestruzzo		C32/40	
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	$\geq 40.00$	[MPa]
Resistenza caratteristica	$f_{ck}$	$= 33.20$	[MPa]
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	$= 3.10$	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_c$	$= 18.81$	[MPa]
Modulo elastico	$E_c$	$= 33642$	[MPa]
Copriferro c		$= 45.00$	[mm]
Classe di esposizione		XC4+XD1	

#### ACCIAI

$f_{yk}$  = Tensione caratteristica di snervamento

$f_{yd}$  = Resistenza di calcolo  $f_{yk} / \gamma_s$

$\gamma_s$  = coefficiente di sicurezza = 1.15

#### Acciaio per armatura ordinaria

Tipo		B450C (ex Fe B 44k)
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	$\geq 540.00$ [MPa]
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$\geq 450.00$ [MPa]
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	$= 391.30$ [MPa]
Modulo elastico	$E_s$	$= 210000$ [MPa]

## 4 PARAMETRI GEOTECNICI

Il modello geotecnico è stato definito in conformità alle indicazioni riportate negli elaborati geotecnici di progetto, ai quali si rimanda per ulteriori dettagli.

Nello specifico, il profilo geotecnico in corrispondenza della progressiva dell'opera (4+100 circa dell'asse principale) ha evidenziato in superficie la presenza dell'unità **ALL\_Gs**; di seguito si riporta la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dall'opera:

Stratigrafia da testa cordolo	Unità Geotecnica	$\gamma$	$c'$	$\phi'$
[m]		(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)
0.00 ÷ 5.00	ALL_Gs	19.5	0	35÷37

In fase di modellazione dell'opera sono stati assunti i seguenti valori all'interno dei range forniti:

### *ALL\_Gs – Ghiaia sabbiosa*

peso di volume naturale	$\gamma$	= 19.5 kN/m <sup>3</sup>
angolo di attrito	$\phi'$	= 36°
coesione drenata	$c'$	= 0 kPa

a completamento dei dati di progetto, viene assegnato un angolo di attrito terra-fondazione (adottato per lo scorrimento in fondazione) pari a:

$$\delta = \phi' = 36^\circ$$

Tale assunzione è giustificata nel caso di fondazioni gettate in opera; in tali casi il piano di posa è difforme e su di esso si getta un magrone che avrà una superficie di contatto irregolare con il sottostante terreno; di conseguenza la prima superficie critica per lo scorrimento passa tutta nel terreno, ovvero si genera un attrito terreno-terreno ( $\delta = \phi'$ ).

Essendo previsto l'utilizzo del materiale da rilevato stradale, sono state considerate le seguenti caratteristiche meccaniche per il terreno a tergo del muro:

### *Pacchetto stradale*

peso di volume naturale	$\gamma$	= 22 kN/m <sup>3</sup>
angolo di attrito	$\phi'$	= 45°
coesione drenata	$c'$	= 50 kPa



### **Rilevato di progetto**

peso di volume naturale	$\gamma$	=	19 kN/m <sup>3</sup>
angolo di attrito	$\varphi'$	=	37°
coesione drenata	$c'$	=	0 kPa

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati specialistici.

## **5 DEFINIZIONE AZIONE SISMICA**

Per tutte le opere di sostegno si è scelto di utilizzare lo spettro relativo al comune di Servigliano, poiché, seppure con una minima variazione, fornisce accelerazioni superiori rispetto agli altri comuni interessati dall'intervento in oggetto.

Per le strutture di sostegno, si definisce una vita nominale  $V_N$  pari a 50 anni e una classe d'uso IV a cui corrisponde il coefficiente  $C_u$  pari a 2 (§ 2.4.2, DM 17/01/2018). Di conseguenza il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica risulta pari a  $V_R = V_N \cdot C_u = 100$  anni.

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica,  $P_{VR}$ , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo  $V_R$  dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma di progetto. Sulla base delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno del sisma di progetto,  $T_R$ , sopra definito, si ricavano i parametri che caratterizzano il sisma di progetto relativo al sito di riferimento, rigido ed orizzontale:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima
- $F_0$ : 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.

Il periodo di ritorno si determina con l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Per la definizione delle azioni sismiche di progetto si è fatto riferimento al punto 3.2 delle NTC 2018; innanzitutto sono state determinate le coordinate dell'area di interesse pari a **43.046728 lat nord e 13.470828 long est**, quindi sono stati valutati i parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_C$  in tali coordinate andando a fare una media pesata tra i valori riportati all'allegato B delle NTC08 per i valori assunti nei 4 vertici del reticolo all'interno dei quali cade il punto di interesse.

Le grandezze sismiche sono ricavate con il software Spettri-NTCver1.3 del C.S.LL.PP.:

Parametri sismici	$T_R$ [anni]	$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$F_0$ [...]	$T_C^*$ [s]
SLO	60	0,753	2,456	0,296
SLD	101	0,937	2,446	0,315
SLV	949	2,212	2,490	0,345
SLC	1950	2,810	2,525	0,354

Figura 4 – Parametri Sismici su sito di riferimento rigido

Per tenere conto dei fattori locali del sito, il coefficiente di intensità sismica orizzontale è valutato con la relazione (DM 17/01/2018):

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.
- $S_s$ : fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici  $F_0$  e  $a_g/g$  (Tabella 3.2.IV del D.M. 17/01/2018);
- $S_T$ : fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/2018).

La categoria di sottosuolo è stata definita sulla base delle prove sismiche effettuate. La categoria topografica è stata definita considerando le inclinazioni del versante interagente con l'opera di sostegno. I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica sono riassunti nella seguente tabella:

Stato limite	SLV	SLD
$T_R$	949	101
$a_g/g$	0.225	0.095
$F_0$	2.490	2.446
Categoria sottosuolo	B	B
$S_s$	1.175	1.200
Categoria topografica	T1	T1
$S_T$	1.000	1.000
$k_h$	0.101	0.054

Tabella 1 – Parametri per la definizione dell'azione sismica

## 6 CRITERI E VERIFICA DELLE OPERE

### 6.1 METODO SEMI-PROBABILISTICO AGLI STATI LIMITE

Per quanto riguarda il calcolo, si farà riferimento a quanto indicato nelle nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. del 17/01/2018), in base alla quale le strutture devono possedere requisiti di sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), attraverso il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni e controllando aspetti di funzionalità e stati tensionali.

#### 6.1.1 Stato limite ultimo (S.L.U.)

Le azioni sulla struttura devono essere cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli (rif. punto 2.5 NTC18):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i=2} \gamma_{Qi} (\psi_{0i} Q_{ki})$$

con:

$G_1$  = valore caratteristico del peso proprio di tutti gli elementi strutturali

$G_2$  = valore caratteristico del peso proprio di tutti gli elementi non strutturali

$P$  = valore caratteristico della pretensione e precompressione

$Q_{ki}$  = valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione

$Q_{ki}$  = valore caratteristico delle azioni variabili tra loro indipendenti

$\psi_{0i}$  = valore raro dei coefficienti di combinazione per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali (rif. tabella 5.1.VI delle NTC18)

**Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma$ , utilizzati per il calcolo, sono riportati nella tabella 5.1.V delle NTC18 in funzione dell'effetto favorevole o sfavorevole e delle verifiche considerate.

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti g <sub>1</sub> e g <sub>3</sub>	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> g <sub>2</sub>	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_Q$	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Azioni variabili	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90 1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 1,00 <sup>(4)</sup>	1,00 1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00 1,20	0,00 1,20	0,00 1,00

Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
  - scorrimento sul piano di posa;
  - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
  - ribaltamento;
  - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

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

- SLU – GEO  
Verifica a scorrimento, carico limite, ribaltamento: combinazione A1+M1+R3  
Verifica di stabilità globale: combinazione A2+M2+R2
- SLU – STR  
combinazione A1+M1+R1

Si riportano di seguito le combinazioni delle azioni ed coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

$$\begin{aligned} \text{STR}) &\Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{0i} \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} && \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{GEO}) &\Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{0i} \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} && \Rightarrow (\Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_\phi)) \end{aligned}$$

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

### 6.1.2 Stato limite di esercizio (S.L.E.)

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\begin{aligned} \text{Frequente)} &\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} && \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{Quasi permanente)} &\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} && \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{Rara)} &\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} && \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \end{aligned}$$

I valori dei coefficienti di combinazione sono dedotti dalla tabella 5.1.VI del D.M. 17 Gennaio 2018

### 6.1.3 Stati limite sismici

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 strutturali, 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 (NTC 2018).

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 rigidezza

nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, in conformità al § 4.1.2.2.5 (NTC).

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; per la funzione che l'opera 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.

Le azioni sismiche sono valutate in relazione al periodo di riferimento della struttura, che si ricava moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I della norma:

**Tab. 2.4.I** – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Per maggiori dettagli si rimanda al §5.

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite, SLV e SLD sono le seguenti:

$$\begin{aligned} \text{STR} &\Rightarrow E+G_1+G_2+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} && \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{GEO} &\Rightarrow E+G_1+G_2+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} && \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_\Phi)) \end{aligned}$$

## 7 ANALISI E VERIFICA DEI MURI

### 7.1 CRITERI DI ANALISI E VERIFICA

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

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

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

#### 7.1.1 Schema statico e valori di calcolo delle azioni

Lo schema statico considerato è quello di muro a mensola incastrata sulla zattera.

Effettuando il calcolo tramite la normativa attualmente vigente è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

#### 7.1.2 Calcolo delle spinte

##### **Metodo di Culmann**

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo 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  $\rho$  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.

### ***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*

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

*Terreno a permeabilità elevata*

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



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  $A=1$ . 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.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### 7.1.3 Verifiche di stabilità

#### 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.

### **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  $\eta_s$

Eseguito 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  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come:

$$F_R = N \cdot \text{tg} \delta_f + c_a \cdot B_f$$

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 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.

### Verifica a 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:

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

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

Caso generale  $\phi > 0$

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi=0$

$$q_u = 5.14c_u(1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

I fattori che compaiono in queste espressioni sono espressi da:

N	fattori di capacità portante
s	fattori di forma
d	fattori di profondità
i	fattori di inclinazione del carico
b	fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata), con $\eta$ inclinazione del piano di posa
g	fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio), con $\beta$ pendenza del pendio

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$	$N_q = e^{\pi \tan \varphi} K_p$	$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \varphi$
Fattori di forma	$\varphi = 0$	$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$		
	$\varphi > 0$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$
Fattori di profondità	$\varphi = 0$	$d_c = 0.4k$		
	$\varphi > 0$	$d_c = 1 + 0.4k$	$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 k$	$d_\gamma = 1$
Fattori di inclinazione del carico	$\varphi = 0$	$i_c = 0.5 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$		
	$\varphi > 0$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$i_q = \left( 1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$	$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$ per $\eta = 0$ $i_\gamma = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta^2/450)H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$ per $\eta > 0$

Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)	$\varphi = 0$	$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$		
	$\varphi > 0$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_q = e^{-2\eta \tan \varphi}$	$b_\gamma = e^{-2.7\eta \tan \varphi}$
Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)	$\varphi = 0$	$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$		
	$\varphi > 0$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_q = (1 - 0.5 \tan \beta)^\delta$	$g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^\delta$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Dove i coeff.  $k$  e  $m$  assumono le seguenti espressioni:

$k = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$	$k = \arctan \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} > 1$	$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$
---	--	---

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  $A_f = B' \times L'$  ( $B'$  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).

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

$H < V \tan \delta + A_f c_a$	$\beta \leq \varphi$	$i_q, i_\gamma > 0$	$\beta + \eta \leq 90^\circ$
-------------------------------	----------------------	---------------------	------------------------------

### Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B \gamma N_\gamma$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_\gamma r_\gamma$$

### **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.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

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

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  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,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## 7.2 ANALISI DEI CARICHI

### 7.2.1 Carichi permanenti

#### Peso Proprio Elementi Strutturali:

Peso Proprio del cls	25.00 kN/m <sup>3</sup>
<u>Peso Proprio barriera:</u>	1.50 kN/m
<u>Spinta del terreno:</u>	<i>Metodo di Culmann</i>

### 7.2.2 Sovraccarichi accidentali

Per la determinazione dell'incremento di spinta dovuto alla presenza di carico accidentale (eventuale viabilità stradale o di cantiere), si considerano i seguenti carichi a tergo:

$$q_a = 20 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{sovraccarico accidentale in condizioni statiche}).$$

### 7.2.3 Urto veicolo in svio

Le forze associate all'urto del veicolo in svio sulla barriera sono state determinate sulla base delle seguenti ipotesi:

- Azione da urto pari a 100 kN applicata ad altezza  $h = 1.00\text{m}$  dal piano viario.
- Azione da urto ripartita su tre montanti consecutivi della barriera 50 % sul montante centrale e 25% su ognuno dei due montanti laterali.
- Interasse dei montanti pari a 1,5m.

In definitiva:

$$F_{\text{urto}} = 100 \times 0,5 / 1,5 = 33,30 \text{ kN/m}$$

$$M = F_{\text{urto}} \times h = 33,30 \times 1,0 = 33,30 \text{ kNm/m}$$

### 7.2.4 Azioni sismiche

Le azioni sismiche vengono valutate in base alle accelerazioni massime attese in superficie.

Si fanno le seguenti assunzioni:

Comune	Servigliano (Fermo)
Coordinate area interesse opera	Lat: 43.046728; Long: 13.470828
Vita nominale opera	$V_N = 50$ anni
Classe d'uso opera	IV $\rightarrow$ $C_u = 2$
Vita di riferimento	$V_R = V_N \times C_u = 100$ anni
Categoria sottosuolo	B
Categoria topografica	T1

Considerando che le opere sono da considerarsi in zona urbana di intenso traffico, è stato considerato un valore non nullo delle masse corrispondenti ai carichi da traffico; in particolare è stato assunto  $\psi_{2j} = 0.2$ .

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 17/01/2018, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio.

### 7.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Come descritto al paragrafo 6.1, si sono considerate le seguenti combinazioni previste dall'approccio adottato, per i diversi stati limite:

#### stati limite ultimi

$$\begin{aligned} \text{STR}) \Rightarrow & \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{0i} \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{GEO}) \Rightarrow & \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{0i} \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_\Phi)) \end{aligned}$$

#### stati limite di esercizio

$$\begin{aligned} \text{Frequente)} & \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{Quasi permanente)} & \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{Rara)} & \Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \end{aligned}$$

#### Stati limite sismici

$$\begin{aligned} \text{STR}) \Rightarrow & E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{GEO}) \Rightarrow & E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_\Phi)) \end{aligned}$$

Si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi permanenti e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e lasciati inalterati i carichi.

Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

Nel seguito si riporta uno specchietto delle combinazioni influenti nel dimensionamento degli elementi dell'opera analizzata, trascurando quelle ritenute non dimensionanti.

N° Comb.	Tipo	Carichi permanenti				Sovraccarichi accidentali		Azioni sismiche		Urto veicolo in svio
		Peso proprio muro	P.p. barriera	Peso proprio terrapieno	Spinta terreno	Sovraccarico mobile su rilevato	Spinta da sovraccarico mobile	Sima orizzontale	Sima verticale (+/-)	
1	STR (A1-M1-R3)	x	x	x	x					
2	STR (A1-M1-R3)	x	x	x	x	x	x			
3	STR (A1-M1-R3)	x	x	x	x	x	x	x	+	
4	STR (A1-M1-R3)	x	x	x	x	x	x	x	-	
5	STR (A1-M1-R3)	x	x	x	x					
6	STR (A1-M1-R3)	x	x	x	x					
7	STR (A1-M1-R3)	x	x	x	x					
8	STR (A1-M1-R3)	x	x	x	x	x	x			
9	STR (A1-M1-R3)	x	x	x	x	x	x			
10	STR (A1-M1-R3)	x	x	x	x	x	x			
11	GEO (A2-M2-R2)	x	x	x	x					
12	GEO (A2-M2-R2)	x	x	x	x	x	x			
13	GEO (A2-M2-R2)	x	x	x	x	x	x	x	-	
14	GEO (A2-M2-R2)	x	x	x	x	x	x	x	+	
15	EQU (A1-M1-R3)	x	x	x	x					
16	EQU (A1-M1-R3)	x	x	x	x	x	x			
17	EQU (A1-M1-R3)	x	x	x	x	x	x	x	-	
18	EQU (A1-M1-R3)	x	x	x	x	x	x	x	+	
19	ECC	x	x	x	x	x	x			x
20	SLER	x	x	x	x					
21	SLEF	x	x	x	x					
22	SLEQ	x	x	x	x					
23	SLER	x	x	x	x	x	x			
24	SLEF	x	x	x	x	x	x			
25	SLEQ	x	x	x	x	x	x			
26	SLEQ	x	x	x	x	x	x	x	-	
27	SLEQ	x	x	x	x	x	x	x	+	

I coefficienti di combinazione adottati per i sovraccarichi accidentali sono i seguenti:

$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
0.75	0.75	0.20



## N.T.C. 2018

### Simbologia adottata

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

## Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

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

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

## Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Coazione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

**FONDAZIONE SUPERFICIALE**

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

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

**7.4 IMPOSTAZIONI PER LE VERIFICHE**

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

### ***Verifica fessurazione***

Sensibilità armatura

Poco sensibile

Metodo di calcolo aperture delle fessure

NTC 2018 - CIRCOLARE

21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Calcolo momento fessurazione

Formazione

Resistenza a trazione per

Trazione

Valori limite aperture delle fessure:

$w_1=0.20$

$w_2=0.30$

$w_3=0.40$

### ***Verifica delle tensioni***

Combinazione di carico

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

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

### ***Calcolo della portanza***

metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su  $N\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su  $N\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

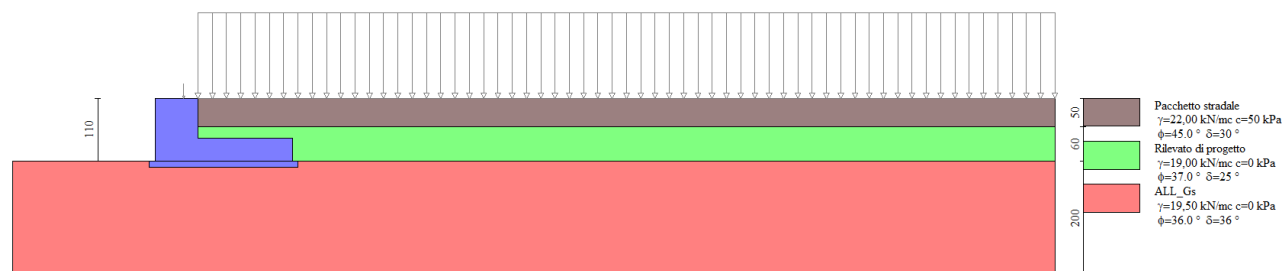
### ***Impostazioni avanzate***

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

## 7.5 ANALISI DELLA SEZIONE DI CALCOLO

### 7.5.1 Dati di input

#### 7.5.1.1 Geometria muro e fondazione



Lunghezza muro	10,00	[m]
<b>Paramento</b>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	0,70	[m]
Altezza paramento libero	1,10	[m]
Spessore in sommità	0,75	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,75	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]
<b>Fondazione</b>		
Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0,00	[m]
Lunghezza mensola di monte	1,65	[m]
Lunghezza totale	2,40	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,40	[m]
Spessore magrone	0,10	[m]

#### 7.5.1.2 Caratteristiche dei terreni

##### Parametri di resistenza

##### Simbologia adottata

$n^\circ$	Indice del terreno
Descr	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 [kPa]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

$n^\circ$	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	$c$ [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]
1	Pacchetto stradale	22,0000	22,0000	45,000	30,000	50	0	---	---
2	ALL_Gs	19,5000	19,5000	36,000	36,000	0	0	---	---
3	Rilevato di progetto	19,0000	19,0000	37,000	24,670	0	0	---	---

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	0,50	0.000	Pacchetto stradale	---	---	---	---	---
2	0,60	0.000	Rilevato di progetto	---	---	---	---	---
3	2,00	0.000	ALL_Gs	---	---	---	---	---

### 7.5.1.3 Carichi applicati e combinazioni

## Condizioni di carico

### Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F <sub>x</sub>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X <sub>i</sub>	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X <sub>f</sub>	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q <sub>i</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>i</sub> espressa in [kN]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kN]

### Condizione n° 1 (Peso proprio barriera) - PERMANENTE

#### Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Concentrato	Mensola contrappeso	-0,25; 0,00	0,0000	1,5000	0,0000				

### Condizione n° 2 (Sovraccarico mobile su rilevato) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.20$

#### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					0,00	15,00	20,0000	20,0000

### Condizione n° 3 (Urto) - ECCEZIONALE

#### Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Concentrato	Mensola contrappeso	-0,25; 0,00	33,3000	0,0000	33,3000				

### Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali Ad:

$$G_1 + G_2 + A_d + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

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

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.30	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.30	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.50	1.00	Sfavorevole

#### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.30	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.30	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.30	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.30	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.20	Sfavorevole



Combinazione n° 18 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 19 - ECC

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.20	Sfavorevole
Urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 20 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 21 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 22 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 23 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 24 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 25 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 26 - SLEQ H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 27 - SLEQ H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso proprio barriera	1.00	--	Sfavorevole
Sovraccarico mobile su rilevato	1.00	0.20	Sfavorevole

7.5.1.4 *Dati sismici*

Comune	Servigliano
Provincia	Fermo
Regione	Marche
Latitudine	43.046728
Longitudine	13.470828
Indice punti di interpolazione	23421 - 23199 - 23198 - 23420
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		2.212	0.937
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.225	0.095
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.490	2.446
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.345	0.315
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.175	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	10.070	5.035
Ultimo - Ribaltamento	0.570	15.106	7.553
Esercizio	0.470	5.385	2.693

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

### 7.5.1.5 Opzioni di calcolo

#### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

#### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Hansen
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Nessuna
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_g$ )	Larghezza effettiva (B)
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

#### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

#### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

#### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

#### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

## 7.5.2 Dati di output

### 7.5.2.1 Risultati per combinazione

#### Spinta e forze

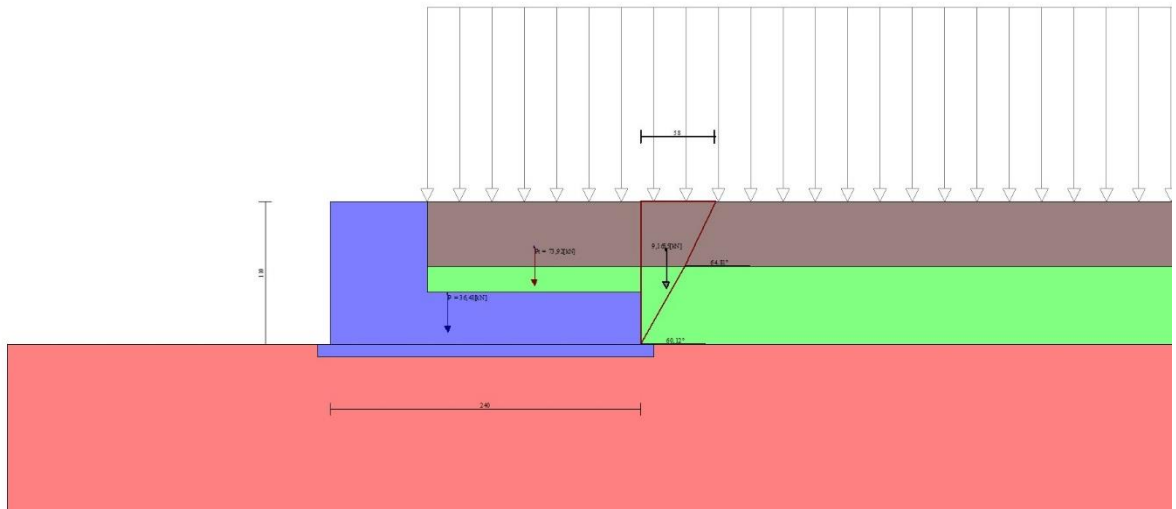
##### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C <sub>x</sub> , C <sub>y</sub>	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P <sub>x</sub> , P <sub>y</sub>	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	2,91	24,67	2,64	1,21	1,65	-0,84
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	24,42/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,95	--	--
2	Spinta statica	6,90	24,67	6,27	2,88	1,65	-0,82
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	73,92/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,95	--	--
3	Spinta statica	2,77	24,67	2,52	1,16	1,65	-0,83
	Incremento di spinta sismica		0,87	0,79	0,36	1,65	-0,73
	Peso/Inerzia muro			3,67	36,41/1,83	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			3,12	31,02/1,56	0,82	-0,35

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
	Risultante forze sul muro			0,15	1,50	--	--
4	Spinta statica	2,77	24,67	2,52	1,16	1,65	-0,83
	Incremento di spinta sismica		0,60	0,54	0,25	1,65	-0,73
	Peso/Inerzia muro			3,67	36,41/-1,83	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			3,12	31,02/-1,56	0,82	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,15	1,50	--	--
5	Spinta statica	2,91	24,67	2,64	1,21	1,65	-0,84
	Peso/Inerzia muro			0,00	47,33/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	31,75/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,95	--	--
6	Spinta statica	2,91	24,67	2,64	1,21	1,65	-0,84
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	31,75/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,95	--	--
7	Spinta statica	2,91	24,67	2,64	1,21	1,65	-0,84
	Peso/Inerzia muro			0,00	47,33/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	24,42/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,95	--	--
8	Spinta statica	6,90	24,67	6,27	2,88	1,65	-0,82
	Peso/Inerzia muro			0,00	47,33/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	81,25/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,95	--	--
9	Spinta statica	6,90	24,67	6,27	2,88	1,65	-0,82
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	81,25/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,95	--	--
10	Spinta statica	6,90	24,67	6,27	2,88	1,65	-0,82
	Peso/Inerzia muro			0,00	47,33/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	73,92/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,95	--	--
19	Spinta statica	2,77	24,67	2,52	1,16	1,65	-0,83
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	31,02/0,00	0,82	-0,35
	Risultante forze sul muro			33,30	1,50	--	--
20	Spinta statica	2,24	24,67	2,03	0,93	1,65	-0,84
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	24,42/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,50	--	--
21	Spinta statica	2,24	24,67	2,03	0,93	1,65	-0,84
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	24,42/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,50	--	--
22	Spinta statica	2,24	24,67	2,03	0,93	1,65	-0,84
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	24,42/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,50	--	--
23	Spinta statica	4,23	24,67	3,85	1,77	1,65	-0,82
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	49,17/0,00	0,82	-0,35

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
	Risultante forze sul muro			0,00	1,50	--	--
24	Spinta statica	2,77	24,67	2,52	1,16	1,65	-0,83
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	31,02/0,00	0,82	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,50	--	--
25	Spinta statica	2,77	24,67	2,52	1,16	1,65	-0,83
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	31,02/0,00	0,82	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,50	--	--
26	Spinta statica	2,77	24,67	2,52	1,16	1,65	-0,83
	Incremento di spinta sismica		0,44	0,40	0,19	1,65	-0,73
	Peso/Inerzia muro			1,96	36,41/0,98	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			1,67	31,02/0,84	0,82	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,08	1,50	--	--
27	Spinta statica	2,77	24,67	2,52	1,16	1,65	-0,83
	Incremento di spinta sismica		0,30	0,27	0,12	1,65	-0,73
	Peso/Inerzia muro			1,96	36,41/-0,98	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			1,67	31,02/-0,84	0,82	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,08	1,50	--	--



Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

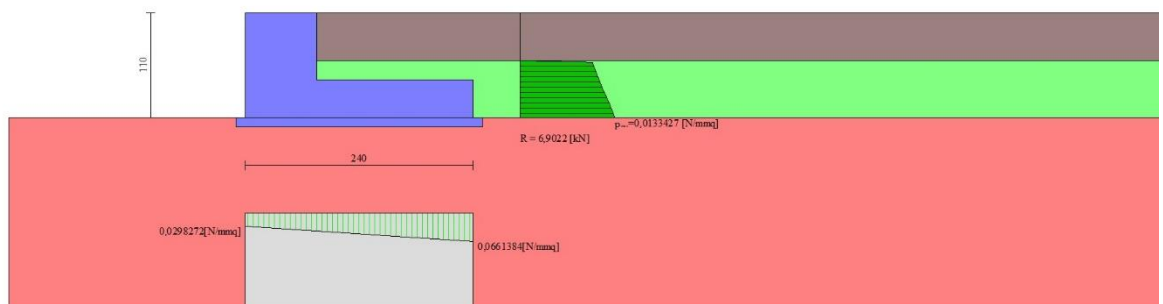
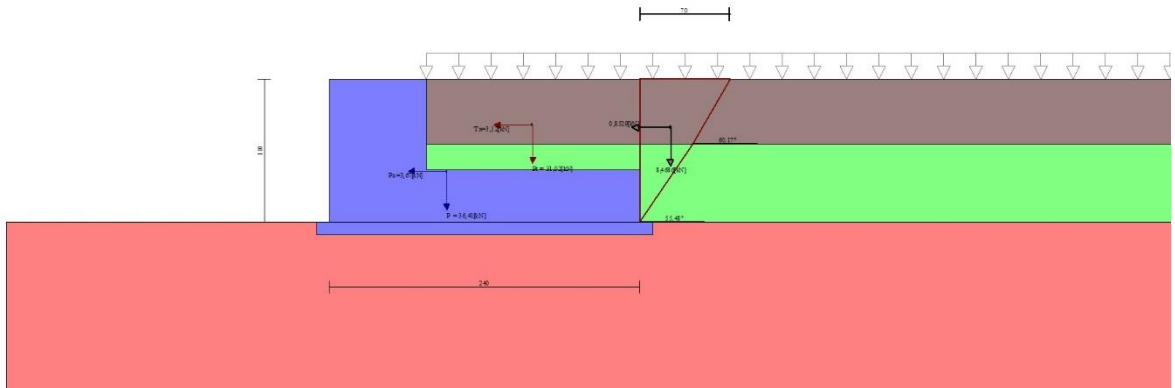


Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 2)



Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

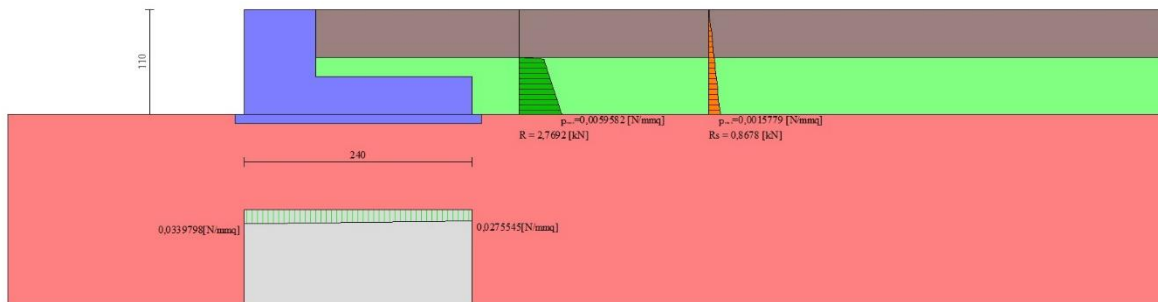


Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

### 7.5.2.2 Verifiche geotecniche

#### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

##### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		17.596		29.756			
2 - STR (A1-M1-R3)		13.339		15.764			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	5.236		17.914			
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	4.863		18.959			
5 - STR (A1-M1-R3)		22.614		23.928			
6 - STR (A1-M1-R3)		19.611		27.110			
7 - STR (A1-M1-R3)		20.600		25.974			
8 - STR (A1-M1-R3)		15.453		13.981			
9 - STR (A1-M1-R3)		14.188		14.998			
10 - STR (A1-M1-R3)		14.605		14.648			
11 - GEO (A2-M2-R2)					3.396		
12 - GEO (A2-M2-R2)					2.091		
13 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.814		
14 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.773		
15 - EQU (A1-M1-R3)			108.852				
16 - EQU (A1-M1-R3)			89.228				
17 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		13.168				
18 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		6.586				
19 - ECC		1.422	1.210	3.438	3.779		

#### Verifica a scorrimento fondazione

##### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	46,49	0,00	0,00	--	--	46,49	2,64	17.596
2 - STR (A1-M1-R3)	83,67	0,00	0,00	--	--	83,67	6,27	13.339
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	53,65	0,00	0,00	--	--	53,65	10,25	5.236
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	48,63	0,00	0,00	--	--	48,63	10,00	4.863
5 - STR (A1-M1-R3)	59,75	0,00	0,00	--	--	59,75	2,64	22.614
6 - STR (A1-M1-R3)	51,82	0,00	0,00	--	--	51,82	2,64	19.611
7 - STR (A1-M1-R3)	54,43	0,00	0,00	--	--	54,43	2,64	20.600
8 - STR (A1-M1-R3)	96,93	0,00	0,00	--	--	96,93	6,27	15.453
9 - STR (A1-M1-R3)	88,99	0,00	0,00	--	--	88,99	6,27	14.188
10 - STR (A1-M1-R3)	91,60	0,00	0,00	--	--	91,60	6,27	14.605
19 - ECC	50,92	0,00	0,00	--	--	50,92	35,82	1.422

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	63,99	1904,13	1360,09	29.756
2 - STR (A1-M1-R3)	115,16	1815,40	1296,72	15.764
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	73,84	1322,79	1102,32	17.914
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	66,94	1269,10	1057,58	18.959
5 - STR (A1-M1-R3)	82,24	1967,84	1405,60	23.928
6 - STR (A1-M1-R3)	71,32	1933,42	1381,01	27.110
7 - STR (A1-M1-R3)	74,91	1945,81	1389,86	25.974
8 - STR (A1-M1-R3)	133,41	1865,16	1332,25	13.981
9 - STR (A1-M1-R3)	122,48	1837,03	1312,16	14.998
10 - STR (A1-M1-R3)	126,08	1846,79	1319,13	14.648
19 - ECC	70,08	240,96	240,96	3.438

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma_N$ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
$\gamma$	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	50.585	0.898	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.980
	37.752	0.901	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
	40.053	0.864	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
2	50.585	0.868	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.980
	37.752	0.871	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
	40.053	0.823	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
3	50.585	0.690	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.980
	37.752	0.698	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
	40.053	0.600	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
4	50.585	0.670	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.980
	37.752	0.678	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
	40.053	0.576	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
5	50.585	0.920	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.980
	37.752	0.922	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
	40.053	0.892	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
6	50.585	0.908	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.980
	37.752	0.911	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
	40.053	0.877	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
7	50.585	0.913	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.980
	37.752	0.915	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
	40.053	0.883	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
8	50.585	0.885	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.980
	37.752	0.888	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	



n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
	40.053	0.846	1.000	1.000	1.000	--	--				
9	50.585	0.875	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.980
	37.752	0.878	1.000	1.000	1.000	--	--				
	40.053	0.833	1.000	1.000	1.000	--	--				
10	50.585	0.878	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.980
	37.752	0.882	1.000	1.000	1.000	--	--				
	40.053	0.838	1.000	1.000	1.000	--	--				
19	50.585	0.208	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.980
	37.752	0.229	1.000	1.000	1.000	--	--				
	40.053	0.109	1.000	1.000	1.000	--	--				

n°	D	B'	H	γ	φ	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/mc]	[kPa]
1	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0
2	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0
3	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0
4	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0
5	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0
6	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0
7	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0
8	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0
9	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0
10	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0
19	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
15 - EQU (A1-M1-R3)	75,42	0,69	108.852
16 - EQU (A1-M1-R3)	157,38	1,76	89.228
17 - EQU (A1-M1-R3) H + V	93,00	7,06	13.168
18 - EQU (A1-M1-R3) H - V	86,43	13,12	6.586
19 - ECC	85,45	70,61	1.210

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
R Raggio, espresso in [m]  
FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
11 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 2,00	4,09	3.396
12 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 2,00	4,09	2.091
13 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1,00; 2,00	4,09	2.814
14 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,00; 2,00	4,09	2.773
19 - ECC	-1,00; 2,00	4,09	3.779

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

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]  
Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
Qf carico acqua sulla 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 [kPa]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

#### Combinazione n° 11 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,04	0,00	0,00	2,58 - 0,25	56.362	38.660	40	0,0	
2	2,90	0,00	0,00	0,25	51.640	31.083	0	0,0	
3	4,29	0,00	0,00	0,25	46.276	31.083	0	0,0	
4	5,65	0,00	0,00	0,25	41.400	31.083	0	0,0	
5	6,98	0,00	0,00	0,25	36.870	30.167	0	0,0	
6	7,83	0,00	0,00	0,25	32.596	30.167	0	0,0	
7	8,55	0,00	0,00	0,25	28.518	30.167	0	0,0	
8	9,16	0,00	0,00	0,25	24.594	30.167	0	0,0	
9	9,67	0,00	0,00	0,25	20.789	30.167	0	0,0	
10	10,09	0,00	0,00	0,25	17.079	30.167	0	0,0	
11	10,84	0,00	0,00	0,25	13.442	30.167	0	0,0	
12	11,27	1,50	0,00	0,25	9.859	30.167	0	0,0	
13	11,44	0,00	0,00	0,25	6.314	30.167	0	0,0	
14	6,79	0,00	0,00	0,25	2.794	30.167	0	0,0	
15	4,81	0,00	0,00	0,25	-0.715	30.167	0	0,0	
16	4,76	0,00	0,00	0,25	-4.227	30.167	0	0,0	
17	4,63	0,00	0,00	0,25	-7.756	30.167	0	0,0	
18	4,42	0,00	0,00	0,25	-11.314	30.167	0	0,0	
19	4,14	0,00	0,00	0,25	-14.917	30.167	0	0,0	
20	3,77	0,00	0,00	0,25	-18.582	30.167	0	0,0	
21	3,32	0,00	0,00	0,25	-22.328	30.167	0	0,0	
22	2,77	0,00	0,00	0,25	-26.178	30.167	0	0,0	
23	2,11	0,00	0,00	0,25	-30.160	30.167	0	0,0	
24	1,34	0,00	0,00	0,25	-34.312	30.167	0	0,0	
25	0,43	0,00	0,00	-3,68 - 0,25	-37.089	30.167	0	0,0	

#### Combinazione n° 12 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,04	6,51	0,00	2,58 - 0,25	56.362	38.660	40	0,0	
2	2,90	6,51	0,00	0,25	51.640	31.083	0	0,0	
3	4,29	6,51	0,00	0,25	46.276	31.083	0	0,0	
4	5,65	6,51	0,00	0,25	41.400	31.083	0	0,0	
5	6,98	6,51	0,00	0,25	36.870	30.167	0	0,0	
6	7,83	6,51	0,00	0,25	32.596	30.167	0	0,0	
7	8,55	6,51	0,00	0,25	28.518	30.167	0	0,0	
8	9,16	6,51	0,00	0,25	24.594	30.167	0	0,0	
9	9,67	6,51	0,00	0,25	20.789	30.167	0	0,0	
10	10,09	6,51	0,00	0,25	17.079	30.167	0	0,0	
11	10,84	1,95	0,00	0,25	13.442	30.167	0	0,0	
12	11,27	1,50	0,00	0,25	9.859	30.167	0	0,0	
13	11,44	0,00	0,00	0,25	6.314	30.167	0	0,0	
14	6,79	0,00	0,00	0,25	2.794	30.167	0	0,0	
15	4,81	0,00	0,00	0,25	-0.715	30.167	0	0,0	
16	4,76	0,00	0,00	0,25	-4.227	30.167	0	0,0	
17	4,63	0,00	0,00	0,25	-7.756	30.167	0	0,0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
18	4,42	0,00	0,00	0,25	-11.314	30.167	0	0,0	
19	4,14	0,00	0,00	0,25	-14.917	30.167	0	0,0	
20	3,77	0,00	0,00	0,25	-18.582	30.167	0	0,0	
21	3,32	0,00	0,00	0,25	-22.328	30.167	0	0,0	
22	2,77	0,00	0,00	0,25	-26.178	30.167	0	0,0	
23	2,11	0,00	0,00	0,25	-30.160	30.167	0	0,0	
24	1,34	0,00	0,00	0,25	-34.312	30.167	0	0,0	
25	0,43	0,00	0,00	-3,68 - 0,25	-37.089	30.167	0	0,0	

Combinazione n° 13 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,04	1,00	0,00	2,58 - 0,25	56.362	45.000	50	0,0	
2	2,90	1,00	0,00	0,25	51.640	37.000	0	0,0	
3	4,29	1,00	0,00	0,25	46.276	37.000	0	0,0	
4	5,65	1,00	0,00	0,25	41.400	37.000	0	0,0	
5	6,98	1,00	0,00	0,25	36.870	36.000	0	0,0	
6	7,83	1,00	0,00	0,25	32.596	36.000	0	0,0	
7	8,55	1,00	0,00	0,25	28.518	36.000	0	0,0	
8	9,16	1,00	0,00	0,25	24.594	36.000	0	0,0	
9	9,67	1,00	0,00	0,25	20.789	36.000	0	0,0	
10	10,09	1,00	0,00	0,25	17.079	36.000	0	0,0	
11	10,84	0,30	0,00	0,25	13.442	36.000	0	0,0	
12	11,27	1,50	0,00	0,25	9.859	36.000	0	0,0	
13	11,44	0,00	0,00	0,25	6.314	36.000	0	0,0	
14	6,79	0,00	0,00	0,25	2.794	36.000	0	0,0	
15	4,81	0,00	0,00	0,25	-0.715	36.000	0	0,0	
16	4,76	0,00	0,00	0,25	-4.227	36.000	0	0,0	
17	4,63	0,00	0,00	0,25	-7.756	36.000	0	0,0	
18	4,42	0,00	0,00	0,25	-11.314	36.000	0	0,0	
19	4,14	0,00	0,00	0,25	-14.917	36.000	0	0,0	
20	3,77	0,00	0,00	0,25	-18.582	36.000	0	0,0	
21	3,32	0,00	0,00	0,25	-22.328	36.000	0	0,0	
22	2,77	0,00	0,00	0,25	-26.178	36.000	0	0,0	
23	2,11	0,00	0,00	0,25	-30.160	36.000	0	0,0	
24	1,34	0,00	0,00	0,25	-34.312	36.000	0	0,0	
25	0,43	0,00	0,00	-3,68 - 0,25	-37.089	36.000	0	0,0	

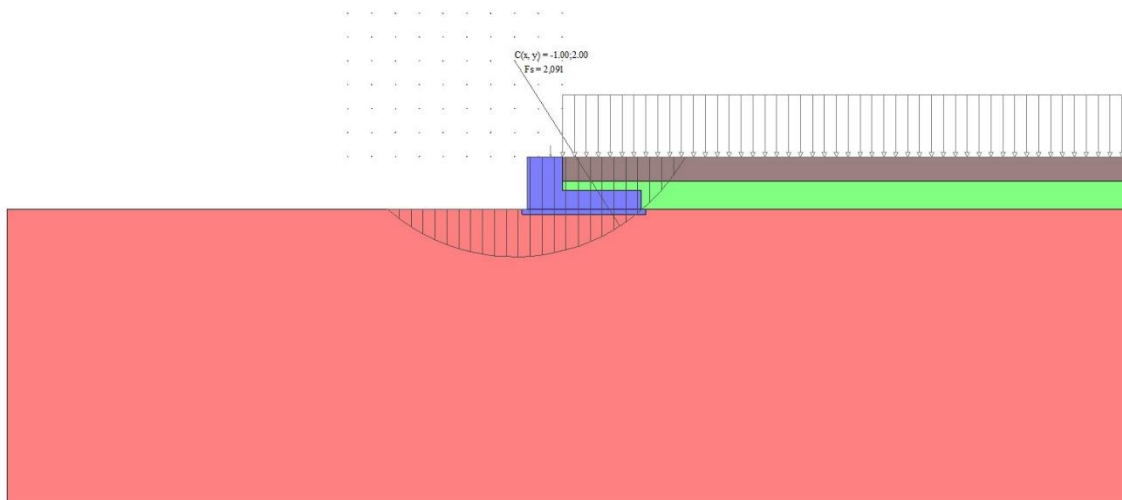
Combinazione n° 14 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,04	1,00	0,00	2,58 - 0,25	56.362	45.000	50	0,0	
2	2,90	1,00	0,00	0,25	51.640	37.000	0	0,0	
3	4,29	1,00	0,00	0,25	46.276	37.000	0	0,0	
4	5,65	1,00	0,00	0,25	41.400	37.000	0	0,0	
5	6,98	1,00	0,00	0,25	36.870	36.000	0	0,0	
6	7,83	1,00	0,00	0,25	32.596	36.000	0	0,0	
7	8,55	1,00	0,00	0,25	28.518	36.000	0	0,0	
8	9,16	1,00	0,00	0,25	24.594	36.000	0	0,0	
9	9,67	1,00	0,00	0,25	20.789	36.000	0	0,0	
10	10,09	1,00	0,00	0,25	17.079	36.000	0	0,0	
11	10,84	0,30	0,00	0,25	13.442	36.000	0	0,0	
12	11,27	1,50	0,00	0,25	9.859	36.000	0	0,0	
13	11,44	0,00	0,00	0,25	6.314	36.000	0	0,0	
14	6,79	0,00	0,00	0,25	2.794	36.000	0	0,0	
15	4,81	0,00	0,00	0,25	-0.715	36.000	0	0,0	
16	4,76	0,00	0,00	0,25	-4.227	36.000	0	0,0	
17	4,63	0,00	0,00	0,25	-7.756	36.000	0	0,0	
18	4,42	0,00	0,00	0,25	-11.314	36.000	0	0,0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
19	4,14	0,00	0,00	0,25	-14.917	36.000	0	0,0	
20	3,77	0,00	0,00	0,25	-18.582	36.000	0	0,0	
21	3,32	0,00	0,00	0,25	-22.328	36.000	0	0,0	
22	2,77	0,00	0,00	0,25	-26.178	36.000	0	0,0	
23	2,11	0,00	0,00	0,25	-30.160	36.000	0	0,0	
24	1,34	0,00	0,00	0,25	-34.312	36.000	0	0,0	
25	0,43	0,00	0,00	-3,68 - 0,25	-37.089	36.000	0	0,0	

Combinazione n° 19 - ECC

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,04	1,00	0,00	2,58 - 0,25	56.362	45.000	50	0,0	
2	2,90	1,00	0,00	0,25	51.640	37.000	0	0,0	
3	4,29	1,00	0,00	0,25	46.276	37.000	0	0,0	
4	5,65	1,00	0,00	0,25	41.400	37.000	0	0,0	
5	6,98	1,00	0,00	0,25	36.870	36.000	0	0,0	
6	7,83	1,00	0,00	0,25	32.596	36.000	0	0,0	
7	8,55	1,00	0,00	0,25	28.518	36.000	0	0,0	
8	9,16	1,00	0,00	0,25	24.594	36.000	0	0,0	
9	9,67	1,00	0,00	0,25	20.789	36.000	0	0,0	
10	10,09	1,00	0,00	0,25	17.079	36.000	0	0,0	
11	10,84	0,30	0,00	0,25	13.442	36.000	0	0,0	
12	11,27	1,50	0,00	0,25	9.859	36.000	0	0,0	
13	11,44	0,00	0,00	0,25	6.314	36.000	0	0,0	
14	6,79	0,00	0,00	0,25	2.794	36.000	0	0,0	
15	4,81	0,00	0,00	0,25	-0.715	36.000	0	0,0	
16	4,76	0,00	0,00	0,25	-4.227	36.000	0	0,0	
17	4,63	0,00	0,00	0,25	-7.756	36.000	0	0,0	
18	4,42	0,00	0,00	0,25	-11.314	36.000	0	0,0	
19	4,14	0,00	0,00	0,25	-14.917	36.000	0	0,0	
20	3,77	0,00	0,00	0,25	-18.582	36.000	0	0,0	
21	3,32	0,00	0,00	0,25	-22.328	36.000	0	0,0	
22	2,77	0,00	0,00	0,25	-26.178	36.000	0	0,0	
23	2,11	0,00	0,00	0,25	-30.160	36.000	0	0,0	
24	1,34	0,00	0,00	0,25	-34.312	36.000	0	0,0	
25	0,43	0,00	0,00	-3,68 - 0,25	-37.089	36.000	0	0,0	



Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 12)

### 7.5.2.3 Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

##### Simbologia adottata

n°	Indice della sezione
X	Posizione della sezione, espresso in [m]
N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

#### Paramento

##### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,00	0,00
3	-0,20	3,68	0,00	0,00
4	-0,30	5,52	0,00	0,00
5	-0,40	7,36	0,00	0,00
6	-0,50	9,19	0,00	0,00
7	-0,60	11,03	0,29	0,01
8	-0,70	12,87	0,66	0,06

##### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,00	0,00
3	-0,20	3,68	0,00	0,00
4	-0,30	5,52	0,00	0,00
5	-0,40	7,36	0,00	0,00
6	-0,50	9,19	0,00	0,00
7	-0,60	11,03	0,84	0,04
8	-0,70	12,87	1,83	0,17

##### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,93	0,19	0,01
3	-0,20	3,86	0,39	0,04
4	-0,30	5,79	0,59	0,09
5	-0,40	7,73	0,81	0,16
6	-0,50	9,66	1,03	0,25
7	-0,60	11,59	1,54	0,38
8	-0,70	13,52	2,15	0,56

##### Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,75	0,19	0,01
3	-0,20	3,49	0,38	0,04
4	-0,30	5,24	0,58	0,09
5	-0,40	6,98	0,79	0,15
6	-0,50	8,73	1,00	0,24
7	-0,60	10,48	1,50	0,37
8	-0,70	12,22	2,08	0,55

##### Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

IMPRESA A.T.I.:  
MANDATARIA:

 **MONACO** S.p.A.  
Costruzioni generali

MANDANTE:

 **IRCOF**

PROGETTISTA RTP:  
MANDATARIA:

 **S.T.E.** s.r.l.  
Structure and Transport Engineering

MANDANTI:

 **E.D.IN.** s.r.l.  
Società di Ingegneria

Dott. Geol.  
MARIA BRUNO

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	2,39	0,00	0,00
3	-0,20	4,78	0,00	0,00
4	-0,30	7,17	0,00	0,00
5	-0,40	9,56	0,00	0,00
6	-0,50	11,95	0,00	0,00
7	-0,60	14,34	0,29	0,01
8	-0,70	16,73	0,66	0,06

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,00	0,00
3	-0,20	3,68	0,00	0,00
4	-0,30	5,52	0,00	0,00
5	-0,40	7,36	0,00	0,00
6	-0,50	9,19	0,00	0,00
7	-0,60	11,03	0,29	0,01
8	-0,70	12,87	0,66	0,06

Combinazione n° 7 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	2,39	0,00	0,00
3	-0,20	4,78	0,00	0,00
4	-0,30	7,17	0,00	0,00
5	-0,40	9,56	0,00	0,00
6	-0,50	11,95	0,00	0,00
7	-0,60	14,34	0,29	0,01
8	-0,70	16,73	0,66	0,06

Combinazione n° 8 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	2,39	0,00	0,00
3	-0,20	4,78	0,00	0,00
4	-0,30	7,17	0,00	0,00
5	-0,40	9,56	0,00	0,00
6	-0,50	11,95	0,00	0,00
7	-0,60	14,34	0,84	0,04
8	-0,70	16,73	1,83	0,17

Combinazione n° 9 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,00	0,00
3	-0,20	3,68	0,00	0,00
4	-0,30	5,52	0,00	0,00
5	-0,40	7,36	0,00	0,00
6	-0,50	9,19	0,00	0,00
7	-0,60	11,03	0,84	0,04
8	-0,70	12,87	1,83	0,17

Combinazione n° 10 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	2,39	0,00	0,00
3	-0,20	4,78	0,00	0,00
4	-0,30	7,17	0,00	0,00
5	-0,40	9,56	0,00	0,00
6	-0,50	11,95	0,00	0,00
7	-0,60	14,34	0,84	0,04
8	-0,70	16,73	1,83	0,17

Combinazione n° 19 - ECC

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,00	0,00
3	-0,20	3,68	0,00	0,00
4	-0,30	5,52	0,00	0,00
5	-0,40	7,36	0,00	0,00
6	-0,50	9,19	0,00	0,00
7	-0,60	11,03	0,30	0,01
8	-0,70	12,87	0,66	0,06

Combinazione n° 20 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,00	0,00
3	-0,20	3,68	0,00	0,00
4	-0,30	5,52	0,00	0,00
5	-0,40	7,36	0,00	0,00
6	-0,50	9,19	0,00	0,00
7	-0,60	11,03	0,22	0,01
8	-0,70	12,87	0,51	0,05

Combinazione n° 21 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,00	0,00
3	-0,20	3,68	0,00	0,00
4	-0,30	5,52	0,00	0,00
5	-0,40	7,36	0,00	0,00
6	-0,50	9,19	0,00	0,00
7	-0,60	11,03	0,22	0,01
8	-0,70	12,87	0,51	0,05

Combinazione n° 22 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,00	0,00
3	-0,20	3,68	0,00	0,00
4	-0,30	5,52	0,00	0,00
5	-0,40	7,36	0,00	0,00
6	-0,50	9,19	0,00	0,00
7	-0,60	11,03	0,22	0,01
8	-0,70	12,87	0,51	0,05

Combinazione n° 23 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,00	0,00
3	-0,20	3,68	0,00	0,00
4	-0,30	5,52	0,00	0,00
5	-0,40	7,36	0,00	0,00
6	-0,50	9,19	0,00	0,00
7	-0,60	11,03	0,50	0,02
8	-0,70	12,87	1,09	0,10

Combinazione n° 24 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,00	0,00
3	-0,20	3,68	0,00	0,00
4	-0,30	5,52	0,00	0,00
5	-0,40	7,36	0,00	0,00
6	-0,50	9,19	0,00	0,00
7	-0,60	11,03	0,30	0,01
8	-0,70	12,87	0,66	0,06

Combinazione n° 25 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,00	0,00
3	-0,20	3,68	0,00	0,00
4	-0,30	5,52	0,00	0,00
5	-0,40	7,36	0,00	0,00
6	-0,50	9,19	0,00	0,00
7	-0,60	11,03	0,30	0,01
8	-0,70	12,87	0,66	0,06

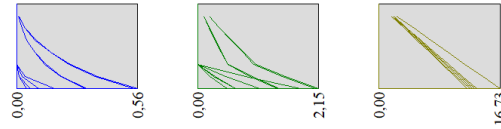
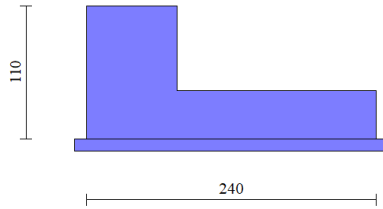
Combinazione n° 26 - SLEQ H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,89	0,10	0,01
3	-0,20	3,78	0,21	0,02
4	-0,30	5,66	0,32	0,05
5	-0,40	7,55	0,43	0,08
6	-0,50	9,44	0,55	0,13
7	-0,60	11,33	0,96	0,21
8	-0,70	13,22	1,44	0,33

Combinazione n° 27 - SLEQ H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,79	0,10	0,00
3	-0,20	3,58	0,20	0,02
4	-0,30	5,37	0,31	0,05
5	-0,40	7,16	0,42	0,08
6	-0,50	8,95	0,53	0,13
7	-0,60	10,74	0,93	0,20
8	-0,70	12,52	1,41	0,32





Paramento (Inviluppo)

### Fondazione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-5,04	-4,83
2	0,10	0,00	-4,88	-4,35
3	0,19	0,00	-4,70	-3,88
4	0,29	0,00	-4,51	-3,44
5	0,39	0,00	-4,29	-3,01
6	0,49	0,00	-4,06	-2,60
7	0,58	0,00	-3,82	-2,22
8	0,68	0,00	-3,56	-1,86
9	0,78	0,00	-3,28	-1,53
10	0,87	0,00	-2,98	-1,23
11	0,97	0,00	-2,67	-0,95
12	1,07	0,00	-2,34	-0,71
13	1,16	0,00	-1,99	-0,50
14	1,26	0,00	-1,62	-0,32
15	1,36	0,00	-1,24	-0,18
16	1,46	0,00	-0,85	-0,08
17	1,55	0,00	-0,43	-0,02
18	1,65	0,00	0,00	0,00

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-8,89	-1,67
2	0,10	0,00	-7,23	-0,89
3	0,19	0,00	-5,71	-0,27
4	0,29	0,00	-4,33	0,22
5	0,39	0,00	-3,10	0,58
6	0,49	0,00	-2,00	0,83
7	0,58	0,00	-1,05	0,97
8	0,68	0,00	-0,24	1,03
9	0,78	0,00	0,42	1,02
10	0,87	0,00	0,95	0,96
11	0,97	0,00	1,33	0,85
12	1,07	0,00	1,56	0,70
13	1,16	0,00	1,66	0,55
14	1,26	0,00	1,61	0,39
15	1,36	0,00	1,42	0,24
16	1,46	0,00	1,09	0,12
17	1,55	0,00	0,62	0,03
18	1,65	0,00	0,00	0,00

#### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	1,91	0,57
2	0,10	0,00	1,59	0,40
3	0,19	0,00	1,31	0,26
4	0,29	0,00	1,04	0,15
5	0,39	0,00	0,80	0,06
6	0,49	0,00	0,59	-0,01
7	0,58	0,00	0,40	-0,06
8	0,68	0,00	0,24	-0,09
9	0,78	0,00	0,10	-0,10
10	0,87	0,00	-0,01	-0,11
11	0,97	0,00	-0,10	-0,10
12	1,07	0,00	-0,16	-0,09
13	1,16	0,00	-0,20	-0,07
14	1,26	0,00	-0,21	-0,05
15	1,36	0,00	-0,19	-0,03
16	1,46	0,00	-0,15	-0,02
17	1,55	0,00	-0,09	0,00
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-2,92	-3,46
2	0,10	0,00	-2,96	-3,17
3	0,19	0,00	-2,97	-2,88
4	0,29	0,00	-2,96	-2,60
5	0,39	0,00	-2,92	-2,31
6	0,49	0,00	-2,85	-2,03
7	0,58	0,00	-2,76	-1,76
8	0,68	0,00	-2,64	-1,50
9	0,78	0,00	-2,50	-1,25
10	0,87	0,00	-2,32	-1,01
11	0,97	0,00	-2,13	-0,80
12	1,07	0,00	-1,90	-0,60
13	1,16	0,00	-1,65	-0,43
14	1,26	0,00	-1,37	-0,28
15	1,36	0,00	-1,07	-0,16
16	1,46	0,00	-0,74	-0,07
17	1,55	0,00	-0,38	-0,02
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	2,41	1,18
2	0,10	0,00	2,11	0,96
3	0,19	0,00	1,82	0,77
4	0,29	0,00	1,56	0,61
5	0,39	0,00	1,31	0,47
6	0,49	0,00	1,09	0,35
7	0,58	0,00	0,89	0,25
8	0,68	0,00	0,70	0,18
9	0,78	0,00	0,54	0,12
10	0,87	0,00	0,40	0,07
11	0,97	0,00	0,28	0,04
12	1,07	0,00	0,18	0,02
13	1,16	0,00	0,10	0,00
14	1,26	0,00	0,04	0,00
15	1,36	0,00	0,00	0,00
16	1,46	0,00	-0,02	0,00
17	1,55	0,00	-0,02	0,00
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	1,47	1,44
2	0,10	0,00	1,43	1,30
3	0,19	0,00	1,38	1,16
4	0,29	0,00	1,33	1,03
5	0,39	0,00	1,27	0,90
6	0,49	0,00	1,21	0,78
7	0,58	0,00	1,14	0,67
8	0,68	0,00	1,06	0,56
9	0,78	0,00	0,98	0,46
10	0,87	0,00	0,89	0,37
11	0,97	0,00	0,80	0,29
12	1,07	0,00	0,70	0,21
13	1,16	0,00	0,60	0,15
14	1,26	0,00	0,49	0,10
15	1,36	0,00	0,38	0,06
16	1,46	0,00	0,26	0,03
17	1,55	0,00	0,13	0,01
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 7 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-4,10	-5,09
2	0,10	0,00	-4,20	-4,68
3	0,19	0,00	-4,26	-4,27
4	0,29	0,00	-4,28	-3,86
5	0,39	0,00	-4,25	-3,44
6	0,49	0,00	-4,18	-3,03
7	0,58	0,00	-4,07	-2,63
8	0,68	0,00	-3,91	-2,25
9	0,78	0,00	-3,71	-1,88
10	0,87	0,00	-3,47	-1,53
11	0,97	0,00	-3,19	-1,20
12	1,07	0,00	-2,86	-0,91
13	1,16	0,00	-2,49	-0,65
14	1,26	0,00	-2,08	-0,43
15	1,36	0,00	-1,62	-0,25
16	1,46	0,00	-1,13	-0,11
17	1,55	0,00	-0,58	-0,03
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 8 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-1,44	4,33
2	0,10	0,00	-0,24	4,42
3	0,19	0,00	0,82	4,39
4	0,29	0,00	1,73	4,26
5	0,39	0,00	2,51	4,05
6	0,49	0,00	3,15	3,78
7	0,58	0,00	3,65	3,45
8	0,68	0,00	4,02	3,07
9	0,78	0,00	4,24	2,67
10	0,87	0,00	4,33	2,25
11	0,97	0,00	4,27	1,84
12	1,07	0,00	4,08	1,43
13	1,16	0,00	3,75	1,05
14	1,26	0,00	3,27	0,71
15	1,36	0,00	2,66	0,42

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
16	1,46	0,00	1,91	0,19
17	1,55	0,00	1,03	0,05
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 9 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-2,38	4,59
2	0,10	0,00	-0,92	4,75
3	0,19	0,00	0,37	4,78
4	0,29	0,00	1,50	4,68
5	0,39	0,00	2,47	4,49
6	0,49	0,00	3,27	4,21
7	0,58	0,00	3,90	3,86
8	0,68	0,00	4,37	3,46
9	0,78	0,00	4,68	3,02
10	0,87	0,00	4,82	2,55
11	0,97	0,00	4,79	2,09
12	1,07	0,00	4,60	1,63
13	1,16	0,00	4,25	1,20
14	1,26	0,00	3,73	0,81
15	1,36	0,00	3,04	0,48
16	1,46	0,00	2,19	0,22
17	1,55	0,00	1,18	0,06
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 10 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-7,95	-1,93
2	0,10	0,00	-6,55	-1,23
3	0,19	0,00	-5,27	-0,66
4	0,29	0,00	-4,10	-0,20
5	0,39	0,00	-3,05	0,14
6	0,49	0,00	-2,12	0,39
7	0,58	0,00	-1,30	0,56
8	0,68	0,00	-0,60	0,65
9	0,78	0,00	-0,02	0,68
10	0,87	0,00	0,45	0,66
11	0,97	0,00	0,80	0,60
12	1,07	0,00	1,04	0,51
13	1,16	0,00	1,16	0,40
14	1,26	0,00	1,16	0,29
15	1,36	0,00	1,04	0,18
16	1,46	0,00	0,81	0,09
17	1,55	0,00	0,46	0,02
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 19 - ECC

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-47,20	-38,94
2	0,10	0,00	-44,42	-34,49
3	0,19	0,00	-41,65	-30,32
4	0,29	0,00	-38,87	-26,41
5	0,39	0,00	-36,10	-22,77
6	0,49	0,00	-33,32	-19,40
7	0,58	0,00	-30,54	-16,30
8	0,68	0,00	-27,77	-13,47
9	0,78	0,00	-24,99	-10,91
10	0,87	0,00	-22,21	-8,62

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
11	0,97	0,00	-19,44	-6,60
12	1,07	0,00	-16,66	-4,85
13	1,16	0,00	-13,88	-3,37
14	1,26	0,00	-11,11	-2,16
15	1,36	0,00	-8,33	-1,21
16	1,46	0,00	-5,55	-0,54
17	1,55	0,00	-2,78	-0,13
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 20 - SLEP

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	1,86	0,91
2	0,10	0,00	1,62	0,74
3	0,19	0,00	1,40	0,59
4	0,29	0,00	1,20	0,47
5	0,39	0,00	1,01	0,36
6	0,49	0,00	0,84	0,27
7	0,58	0,00	0,68	0,20
8	0,68	0,00	0,54	0,14
9	0,78	0,00	0,42	0,09
10	0,87	0,00	0,31	0,05
11	0,97	0,00	0,21	0,03
12	1,07	0,00	0,14	0,01
13	1,16	0,00	0,07	0,00
14	1,26	0,00	0,03	0,00
15	1,36	0,00	0,00	0,00
16	1,46	0,00	-0,02	0,00
17	1,55	0,00	-0,02	0,00
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 21 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	1,86	0,91
2	0,10	0,00	1,62	0,74
3	0,19	0,00	1,40	0,59
4	0,29	0,00	1,20	0,47
5	0,39	0,00	1,01	0,36
6	0,49	0,00	0,84	0,27
7	0,58	0,00	0,68	0,20
8	0,68	0,00	0,54	0,14
9	0,78	0,00	0,42	0,09
10	0,87	0,00	0,31	0,05
11	0,97	0,00	0,21	0,03
12	1,07	0,00	0,14	0,01
13	1,16	0,00	0,07	0,00
14	1,26	0,00	0,03	0,00
15	1,36	0,00	0,00	0,00
16	1,46	0,00	-0,02	0,00
17	1,55	0,00	-0,02	0,00
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 22 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	1,86	0,91
2	0,10	0,00	1,62	0,74
3	0,19	0,00	1,40	0,59
4	0,29	0,00	1,20	0,47
5	0,39	0,00	1,01	0,36

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
6	0,49	0,00	0,84	0,27
7	0,58	0,00	0,68	0,20
8	0,68	0,00	0,54	0,14
9	0,78	0,00	0,42	0,09
10	0,87	0,00	0,31	0,05
11	0,97	0,00	0,21	0,03
12	1,07	0,00	0,14	0,01
13	1,16	0,00	0,07	0,00
14	1,26	0,00	0,03	0,00
15	1,36	0,00	0,00	0,00
16	1,46	0,00	-0,02	0,00
17	1,55	0,00	-0,02	0,00
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 23 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-0,07	2,48
2	0,10	0,00	0,45	2,47
3	0,19	0,00	0,90	2,40
4	0,29	0,00	1,29	2,29
5	0,39	0,00	1,61	2,15
6	0,49	0,00	1,87	1,98
7	0,58	0,00	2,07	1,79
8	0,68	0,00	2,20	1,58
9	0,78	0,00	2,27	1,37
10	0,87	0,00	2,27	1,15
11	0,97	0,00	2,21	0,93
12	1,07	0,00	2,09	0,72
13	1,16	0,00	1,90	0,53
14	1,26	0,00	1,65	0,35
15	1,36	0,00	1,33	0,21
16	1,46	0,00	0,95	0,10
17	1,55	0,00	0,51	0,03
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 24 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	1,34	1,33
2	0,10	0,00	1,31	1,20
3	0,19	0,00	1,27	1,07
4	0,29	0,00	1,22	0,95
5	0,39	0,00	1,17	0,84
6	0,49	0,00	1,11	0,73
7	0,58	0,00	1,05	0,62
8	0,68	0,00	0,98	0,52
9	0,78	0,00	0,91	0,43
10	0,87	0,00	0,83	0,35
11	0,97	0,00	0,75	0,27
12	1,07	0,00	0,66	0,20
13	1,16	0,00	0,56	0,14
14	1,26	0,00	0,46	0,09
15	1,36	0,00	0,35	0,05
16	1,46	0,00	0,24	0,02
17	1,55	0,00	0,12	0,01
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 25 - SLEQ

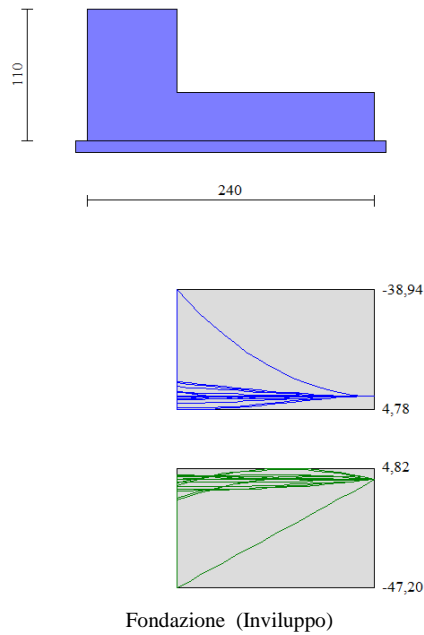
n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	1,34	1,33
2	0,10	0,00	1,31	1,20
3	0,19	0,00	1,27	1,07
4	0,29	0,00	1,22	0,95
5	0,39	0,00	1,17	0,84
6	0,49	0,00	1,11	0,73
7	0,58	0,00	1,05	0,62
8	0,68	0,00	0,98	0,52
9	0,78	0,00	0,91	0,43
10	0,87	0,00	0,83	0,35
11	0,97	0,00	0,75	0,27
12	1,07	0,00	0,66	0,20
13	1,16	0,00	0,56	0,14
14	1,26	0,00	0,46	0,09
15	1,36	0,00	0,35	0,05
16	1,46	0,00	0,24	0,02
17	1,55	0,00	0,12	0,01
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 26 - SLEQ\_H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	1,64	0,92
2	0,10	0,00	1,45	0,77
3	0,19	0,00	1,28	0,63
4	0,29	0,00	1,12	0,52
5	0,39	0,00	0,97	0,42
6	0,49	0,00	0,83	0,33
7	0,58	0,00	0,70	0,26
8	0,68	0,00	0,58	0,19
9	0,78	0,00	0,47	0,14
10	0,87	0,00	0,38	0,10
11	0,97	0,00	0,29	0,07
12	1,07	0,00	0,22	0,04
13	1,16	0,00	0,15	0,03
14	1,26	0,00	0,10	0,01
15	1,36	0,00	0,06	0,01
16	1,46	0,00	0,03	0,00
17	1,55	0,00	0,01	0,00
18	1,65	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 27 - SLEQ\_H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-0,94	-1,24
2	0,10	0,00	-0,98	-1,15
3	0,19	0,00	-1,01	-1,05
4	0,29	0,00	-1,02	-0,95
5	0,39	0,00	-1,02	-0,85
6	0,49	0,00	-1,01	-0,75
7	0,58	0,00	-0,99	-0,65
8	0,68	0,00	-0,96	-0,56
9	0,78	0,00	-0,92	-0,47
10	0,87	0,00	-0,86	-0,38
11	0,97	0,00	-0,79	-0,30
12	1,07	0,00	-0,72	-0,23
13	1,16	0,00	-0,63	-0,16
14	1,26	0,00	-0,52	-0,11
15	1,36	0,00	-0,41	-0,06
16	1,46	0,00	-0,28	-0,03
17	1,55	0,00	-0,15	-0,01
18	1,65	0,00	0,00	0,00



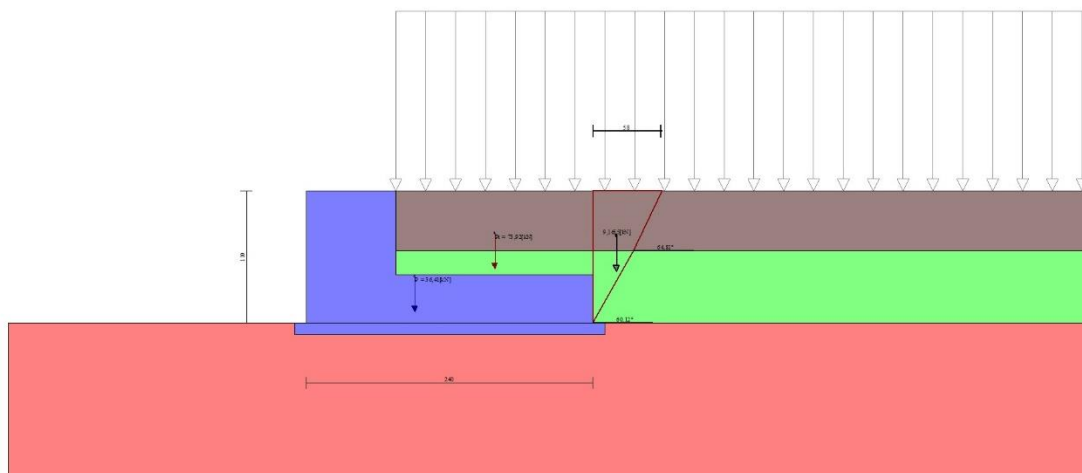
#### 7.5.2.4 Risultati per inviluppo

#### Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C <sub>x</sub> , C <sub>y</sub>	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P <sub>x</sub> , P <sub>y</sub>	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
2	Spinta statica	6,90	24,67	6,27	2,88	1,65	-0,82
	Peso/Inerzia muro			0,00	36,41/0,00	0,16	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	73,92/0,00	0,83	-0,35
	Risultante forze sul muro			0,00	1,95	--	--



Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 2)



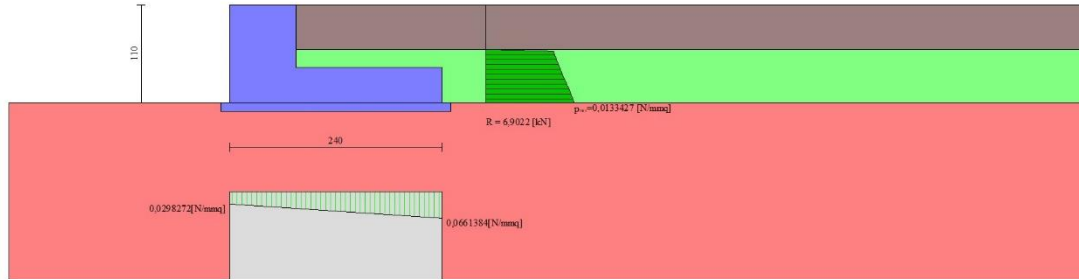


Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>OLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>OLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		17.596		29.756			
2 - STR (A1-M1-R3)		13.339		15.764			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	5.236		17.914			
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	4.863		18.959			
5 - STR (A1-M1-R3)		22.614		23.928			
6 - STR (A1-M1-R3)		19.611		27.110			
7 - STR (A1-M1-R3)		20.600		25.974			
8 - STR (A1-M1-R3)		15.453		13.981			
9 - STR (A1-M1-R3)		14.188		14.998			
10 - STR (A1-M1-R3)		14.605		14.648			
11 - GEO (A2-M2-R2)					3.396		
12 - GEO (A2-M2-R2)					2.091		
13 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.814		
14 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.773		
15 - EQU (A1-M1-R3)			108.852				
16 - EQU (A1-M1-R3)			89.228				
17 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		13.168				
18 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		6.586				
19 - ECC		1.422	1.210	3.438	3.779		

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
19 - ECC	50,92	0,00	0,00	--	--	50,92	35,82	1.422

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
19 - ECC	70,08	240,96	240,96	3.438

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5ByNy viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
19	50.585 37.752 40.053	0.208 0.229 0.109	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	--	--	--	0.980

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
19	0,00	2,40	2,36	19,50	36,00	0

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
19 - ECC	85,45	70,61	1.210

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
12 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 2,00	4,09	2.091

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

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]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

Qf carico acqua sulla 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

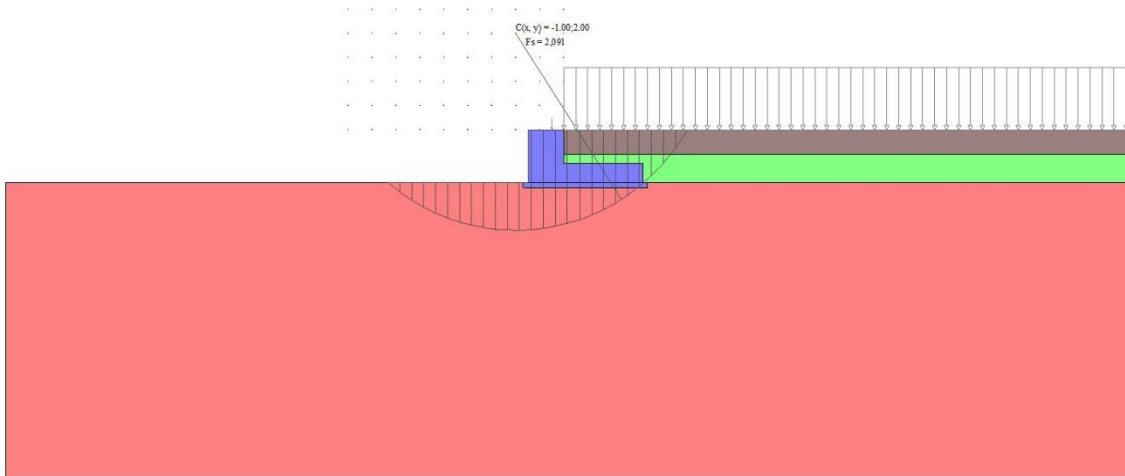
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W	Qy	Qf	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	1,04	6,51	0,00	2,58 - 0,25	56.362	38.660	40	0,0	
2	2,90	6,51	0,00	0,25	51.640	31.083	0	0,0	
3	4,29	6,51	0,00	0,25	46.276	31.083	0	0,0	
4	5,65	6,51	0,00	0,25	41.400	31.083	0	0,0	
5	6,98	6,51	0,00	0,25	36.870	30.167	0	0,0	
6	7,83	6,51	0,00	0,25	32.596	30.167	0	0,0	
7	8,55	6,51	0,00	0,25	28.518	30.167	0	0,0	
8	9,16	6,51	0,00	0,25	24.594	30.167	0	0,0	
9	9,67	6,51	0,00	0,25	20.789	30.167	0	0,0	
10	10,09	6,51	0,00	0,25	17.079	30.167	0	0,0	
11	10,84	1,95	0,00	0,25	13.442	30.167	0	0,0	
12	11,27	1,50	0,00	0,25	9.859	30.167	0	0,0	
13	11,44	0,00	0,00	0,25	6.314	30.167	0	0,0	
14	6,79	0,00	0,00	0,25	2.794	30.167	0	0,0	
15	4,81	0,00	0,00	0,25	-0.715	30.167	0	0,0	
16	4,76	0,00	0,00	0,25	-4.227	30.167	0	0,0	
17	4,63	0,00	0,00	0,25	-7.756	30.167	0	0,0	
18	4,42	0,00	0,00	0,25	-11.314	30.167	0	0,0	
19	4,14	0,00	0,00	0,25	-14.917	30.167	0	0,0	
20	3,77	0,00	0,00	0,25	-18.582	30.167	0	0,0	
21	3,32	0,00	0,00	0,25	-22.328	30.167	0	0,0	
22	2,77	0,00	0,00	0,25	-26.178	30.167	0	0,0	
23	2,11	0,00	0,00	0,25	-30.160	30.167	0	0,0	
24	1,34	0,00	0,00	0,25	-34.312	30.167	0	0,0	
25	0,43	0,00	0,00	-3,68 - 0,25	-37.089	30.167	0	0,0	



Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 12)

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

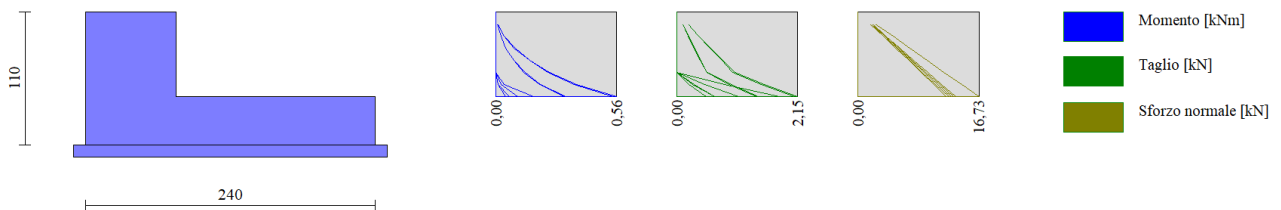
#### Simbologia adottata

- n° Indice della sezione  
X Posizione della sezione, espresso in [m]  
N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.  
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle  
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

### Paramento

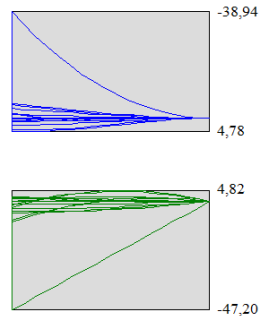
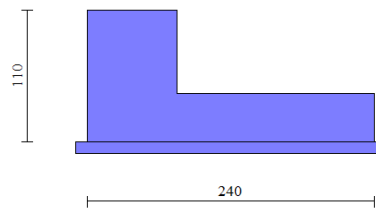
n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,75	2,39	0,00	0,19	0,00	0,01
3	-0,20	3,49	4,78	0,00	0,39	0,00	0,04
4	-0,30	5,24	7,17	0,00	0,59	0,00	0,09
5	-0,40	6,98	9,56	0,00	0,81	0,00	0,16
6	-0,50	8,73	11,95	0,00	1,03	0,00	0,25
7	-0,60	10,48	14,34	0,22	1,54	0,01	0,38
8	-0,70	12,22	16,73	0,51	2,15	0,05	0,56



Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	-47,20	2,41	-38,94	4,59
2	0,10	0,00	0,00	-44,42	2,11	-34,49	4,75
3	0,19	0,00	0,00	-41,65	1,82	-30,32	4,78
4	0,29	0,00	0,00	-38,87	1,73	-26,41	4,68
5	0,39	0,00	0,00	-36,10	2,51	-22,77	4,49
6	0,49	0,00	0,00	-33,32	3,27	-19,40	4,21
7	0,58	0,00	0,00	-30,54	3,90	-16,30	3,86
8	0,68	0,00	0,00	-27,77	4,37	-13,47	3,46
9	0,78	0,00	0,00	-24,99	4,68	-10,91	3,02
10	0,87	0,00	0,00	-22,21	4,82	-8,62	2,55
11	0,97	0,00	0,00	-19,44	4,79	-6,60	2,09
12	1,07	0,00	0,00	-16,66	4,60	-4,85	1,63
13	1,16	0,00	0,00	-13,88	4,25	-3,37	1,20
14	1,26	0,00	0,00	-11,11	3,73	-2,16	0,81
15	1,36	0,00	0,00	-8,33	3,04	-1,21	0,48
16	1,46	0,00	0,00	-5,55	2,19	-0,54	0,22
17	1,55	0,00	0,00	-2,78	1,18	-0,13	0,06
18	1,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Fondazione

7.5.2.5 Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

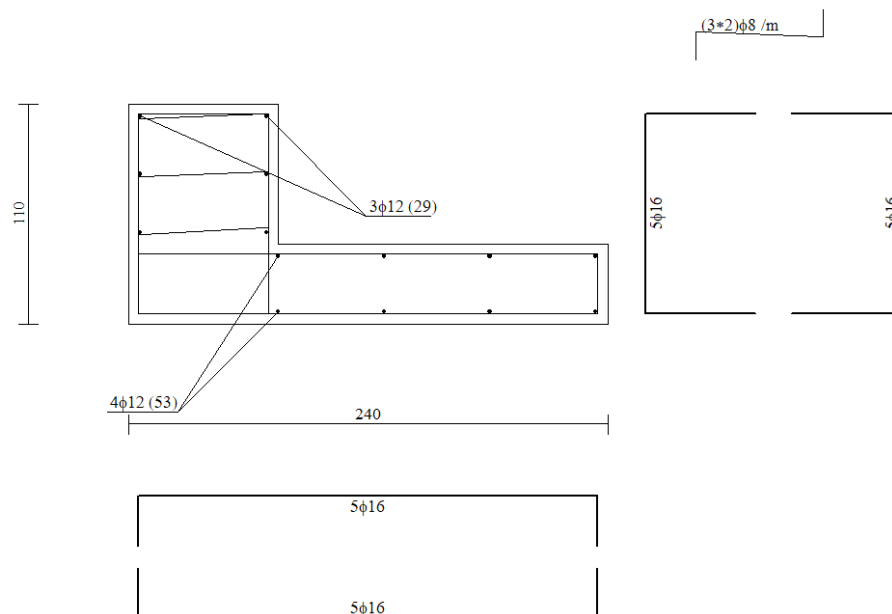
n°	indice sezione
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area ferri inferiori espresso in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente espressa in [kN]
M <sub>rd</sub>	momento resistente espresso in [kNm]
N <sub>rd</sub>	sforzo normale resistente espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

### Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	100	75	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	100	75	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
3	100	75	10,05	10,05	0,04	3,86	131,06	13282,53	3438.632
4	100	75	10,05	10,05	0,09	5,79	199,21	13272,11	2290.624
5	100	75	10,05	10,05	0,16	7,73	269,09	13261,44	1716.586
6	100	75	10,05	10,05	0,25	9,66	340,71	13250,49	1372.135
7	100	75	10,05	10,05	0,04	14,34	35,04	13297,20	927.122
8	100	75	10,05	10,05	0,17	16,73	135,65	13281,83	793.757

### Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	100	40	10,05	10,05	-38,94	0,00	-500,95	0,00	12.864
2	100	40	10,05	10,05	-34,49	0,00	-500,95	0,00	14.523
3	100	40	10,05	10,05	-30,32	0,00	-500,95	0,00	16.524
4	100	40	10,05	10,05	-26,41	0,00	-500,95	0,00	18.968
5	100	40	10,05	10,05	-22,77	0,00	-500,95	0,00	21.999
6	100	40	10,05	10,05	-19,40	0,00	-500,95	0,00	25.818
7	100	40	10,05	10,05	-16,30	0,00	-500,95	0,00	30.726
8	100	40	10,05	10,05	-13,47	0,00	-500,95	0,00	37.178
9	100	40	10,05	10,05	-10,91	0,00	-500,95	0,00	45.899
10	100	40	10,05	10,05	-8,62	0,00	-500,95	0,00	58.091
11	100	40	10,05	10,05	-6,60	0,00	-500,95	0,00	75.874
12	100	40	10,05	10,05	-4,85	0,00	-500,95	0,00	103.273
13	100	40	10,05	10,05	-3,37	0,00	-500,95	0,00	148.713
14	100	40	10,05	10,05	-2,16	0,00	-500,95	0,00	232.364
15	100	40	10,05	10,05	-1,21	0,00	-500,95	0,00	413.091
16	100	40	10,05	10,05	-0,54	0,00	-500,95	0,00	929.455
17	100	40	10,05	10,05	-0,13	0,00	-500,95	0,00	3717.819
18	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000



Schema armature

### Verifiche a taglio

#### Simbologia adottata

n° (o Is)	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A <sub>sw</sub>	area ferri a taglio espresso in [cmq]
cotθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V <sub>Rcd</sub>	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
V <sub>Rsd</sub>	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
V <sub>Rd</sub>	resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A <sub>sw</sub> >0.0) V <sub>Rd</sub> =min(V <sub>Rcd</sub> , V <sub>Rsd</sub> ).
T	taglio agente espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

#### Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kN]	V <sub>Rsd</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	T [kN]	FS
1	100	75	0,00	--	0,00	0,00	276,29	0,00	100.000
2	100	75	0,00	--	0,00	0,00	276,56	0,19	1461.552
3	100	75	0,00	--	0,00	0,00	276,83	0,39	716.213
4	100	75	0,00	--	0,00	0,00	277,10	0,59	468.164
5	100	75	0,00	--	0,00	0,00	277,37	0,81	344.420
6	100	75	0,00	--	0,00	0,00	277,65	1,03	270.384
7	100	75	0,00	--	0,00	0,00	277,92	1,54	179.884
8	100	75	0,00	--	0,00	0,00	278,19	2,15	129.673

#### Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kN]	V <sub>Rsd</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	T [kN]	FS
1	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-47,20	4.232
2	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-44,42	4.496
3	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-41,65	4.796
4	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-38,87	5.138
5	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-36,10	5.534
6	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-33,32	5.995
7	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-30,54	6.540
8	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-27,77	7.194
9	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-24,99	7.993
10	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-22,21	8.992
11	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-19,44	10.277
12	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-16,66	11.990
13	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-13,88	14.388
14	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-11,11	17.985
15	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-8,33	23.979
16	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-5,55	35.969
17	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	-2,78	71.938
18	100	40	0,00	--	0,00	0,00	199,74	0,00	100.000

### Verifica delle tensioni

#### Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kN]
σ <sub>c</sub>	tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
σ <sub>fi</sub>	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
σ <sub>fs</sub>	tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

### Combinazioni SLER

#### Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 19920 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 1255271 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	75	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (20)	0 (20)	0 (20)
2	100	75	10,05	10,05	0,00	1,84	2 (20)	35 (20)	35 (20)
3	100	75	10,05	10,05	0,00	3,68	5 (20)	71 (20)	71 (20)
4	100	75	10,05	10,05	0,00	5,52	7 (20)	106 (20)	106 (20)
5	100	75	10,05	10,05	0,00	7,36	9 (20)	141 (20)	141 (20)
6	100	75	10,05	10,05	0,00	9,19	12 (20)	177 (20)	177 (20)
7	100	75	10,05	10,05	0,02	11,03	14 (23)	211 (20)	215 (23)
8	100	75	10,05	10,05	0,10	12,87	17 (23)	242 (20)	260 (23)

#### Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 19920 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 1255271 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	40	10,05	10,05	2,48	0,00	166 (23)	7818 (23)	913 (23)
2	100	40	10,05	10,05	2,47	0,00	165 (23)	7759 (23)	906 (23)
3	100	40	10,05	10,05	2,40	0,00	160 (23)	7552 (23)	882 (23)
4	100	40	10,05	10,05	2,29	0,00	153 (23)	7216 (23)	843 (23)
5	100	40	10,05	10,05	2,15	0,00	144 (23)	6772 (23)	791 (23)
6	100	40	10,05	10,05	1,98	0,00	132 (23)	6239 (23)	729 (23)
7	100	40	10,05	10,05	1,79	0,00	120 (23)	5637 (23)	658 (23)
8	100	40	10,05	10,05	1,58	0,00	106 (23)	4984 (23)	582 (23)
9	100	40	10,05	10,05	1,37	0,00	91 (23)	4301 (23)	502 (23)
10	100	40	10,05	10,05	1,15	0,00	76 (23)	3606 (23)	421 (23)
11	100	40	10,05	10,05	0,93	0,00	62 (23)	2921 (23)	341 (23)
12	100	40	10,05	10,05	0,72	0,00	48 (23)	2263 (23)	264 (23)
13	100	40	10,05	10,05	0,53	0,00	35 (23)	1653 (23)	193 (23)
14	100	40	10,05	10,05	0,35	0,00	24 (23)	1110 (23)	130 (23)
15	100	40	10,05	10,05	0,21	0,00	14 (23)	654 (23)	76 (23)
16	100	40	10,05	10,05	0,10	0,00	6 (23)	304 (23)	35 (23)
17	100	40	10,05	10,05	0,03	0,00	2 (23)	79 (23)	0 (1)
18	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (20)	0 (20)	0 (20)

### Combinazioni SLEF

#### Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 33200 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 1569089 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	75	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (21)	0 (21)	0 (21)
2	100	75	10,05	10,05	0,00	1,84	2 (21)	35 (21)	35 (21)
3	100	75	10,05	10,05	0,00	3,68	5 (21)	71 (21)	71 (21)
4	100	75	10,05	10,05	0,00	5,52	7 (21)	106 (21)	106 (21)
5	100	75	10,05	10,05	0,00	7,36	9 (21)	141 (21)	141 (21)
6	100	75	10,05	10,05	0,00	9,19	12 (21)	177 (21)	177 (21)
7	100	75	10,05	10,05	0,01	11,03	14 (24)	211 (21)	214 (24)
8	100	75	10,05	10,05	0,06	12,87	17 (24)	242 (21)	255 (24)



Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 33200 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 1569089 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
1	100	40	10,05	10,05	1,33	0,00	89 (24)	4178 (24)	488 (24)
2	100	40	10,05	10,05	1,20	0,00	80 (24)	3773 (24)	441 (24)
3	100	40	10,05	10,05	1,07	0,00	72 (24)	3379 (24)	395 (24)
4	100	40	10,05	10,05	0,95	0,00	64 (24)	2998 (24)	350 (24)
5	100	40	10,05	10,05	0,84	0,00	56 (24)	2633 (24)	307 (24)
6	100	40	10,05	10,05	0,73	0,00	48 (24)	2284 (24)	267 (24)
7	100	40	10,05	10,05	0,62	0,00	41 (24)	1953 (24)	228 (24)
8	100	40	10,05	10,05	0,52	0,00	35 (24)	1642 (24)	192 (24)
9	100	40	10,05	10,05	0,43	0,00	29 (24)	1353 (24)	158 (24)
10	100	40	10,05	10,05	0,35	0,00	23 (24)	1087 (24)	127 (24)
11	100	40	10,05	10,05	0,27	0,00	18 (24)	846 (24)	99 (24)
12	100	40	10,05	10,05	0,20	0,00	13 (24)	632 (24)	74 (24)
13	100	40	10,05	10,05	0,14	0,00	9 (24)	446 (24)	52 (24)
14	100	40	10,05	10,05	0,09	0,00	6 (24)	290 (24)	34 (24)
15	100	40	10,05	10,05	0,05	0,00	4 (24)	165 (24)	19 (24)
16	100	40	10,05	10,05	0,02	0,00	2 (24)	75 (24)	0 (1)
17	100	40	10,05	10,05	0,01	0,00	0 (24)	19 (24)	0 (1)
18	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (21)	0 (21)	0 (21)

**Combinazioni SLEQ**

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14940 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 1569089 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
1	100	75	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (22)	0 (22)	0 (22)
2	100	75	10,05	10,05	0,01	1,89	2 (26)	36 (26)	37 (26)
3	100	75	10,05	10,05	0,02	3,78	5 (26)	71 (22)	75 (26)
4	100	75	10,05	10,05	0,05	5,66	8 (26)	106 (22)	115 (26)
5	100	75	10,05	10,05	0,08	7,55	11 (26)	141 (22)	156 (26)
6	100	75	10,05	10,05	0,13	9,44	13 (26)	177 (22)	198 (26)
7	100	75	10,05	10,05	0,21	11,33	17 (26)	211 (22)	244 (26)
8	100	75	10,05	10,05	0,33	13,22	20 (26)	242 (22)	295 (26)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14940 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 1569089 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
1	100	40	10,05	10,05	-1,24	0,00	89 (25)	4178 (25)	3898 (27)
2	100	40	10,05	10,05	-1,15	0,00	80 (25)	3773 (25)	3604 (27)
3	100	40	10,05	10,05	-1,05	0,00	72 (25)	3379 (25)	3301 (27)
4	100	40	10,05	10,05	-0,95	0,00	64 (25)	2998 (25)	2991 (27)
5	100	40	10,05	10,05	-0,85	0,00	57 (27)	2633 (25)	2679 (27)
6	100	40	10,05	10,05	-0,75	0,00	50 (27)	2284 (25)	2367 (27)
7	100	40	10,05	10,05	-0,65	0,00	44 (27)	1953 (25)	2061 (27)
8	100	40	10,05	10,05	-0,56	0,00	37 (27)	1642 (25)	1762 (27)
9	100	40	10,05	10,05	-0,47	0,00	31 (27)	1353 (25)	1475 (27)
10	100	40	10,05	10,05	-0,38	0,00	26 (27)	1087 (25)	1203 (27)
11	100	40	10,05	10,05	-0,30	0,00	20 (27)	846 (25)	950 (27)
12	100	40	10,05	10,05	-0,23	0,00	15 (27)	632 (25)	719 (27)
13	100	40	10,05	10,05	-0,16	0,00	11 (27)	446 (25)	514 (27)
14	100	40	10,05	10,05	-0,11	0,00	7 (27)	290 (25)	339 (27)
15	100	40	10,05	10,05	-0,06	0,00	4 (27)	165 (25)	196 (27)
16	100	40	10,05	10,05	-0,03	0,00	2 (27)	75 (25)	89 (27)

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
17	100	40	10,05	10,05	-0,01	0,00	0 (27)	19 (25)	23 (27)
18	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (22)	0 (22)	0 (22)

### Verifica a fessurazione

#### Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
Mpf	momento di formazione/apertura fessure espressa in [kNm]
$\varepsilon$	deformazione espressa in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

### Combinazioni SLEF

#### Paramento

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.30$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	$\varepsilon$	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (21)
2	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (21)
3	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000000	0,00	0,000 (21)
4	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000000	0,00	0,000 (21)
5	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (21)
6	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (21)
7	100	75	10,05	1325,00	0,01	265,08	0,000000	0,00	0,000 (21)
8	100	75	10,05	1325,00	0,05	265,33	0,000000	0,00	0,000 (21)

#### Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.30$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	$\varepsilon$	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	10,05	1054,20	0,91	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
2	100	40	10,05	1054,20	0,74	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
3	100	40	10,05	1054,20	0,59	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
4	100	40	10,05	1054,20	0,47	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
5	100	40	10,05	1054,20	0,36	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
6	100	40	10,05	1054,20	0,27	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
7	100	40	10,05	1054,20	0,20	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
8	100	40	10,05	1054,20	0,14	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
9	100	40	10,05	1054,20	0,09	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
10	100	40	10,05	1054,20	0,05	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
11	100	40	10,05	1054,20	0,03	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
12	100	40	10,05	1054,20	0,01	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
13	100	40	10,05	1054,20	0,00	77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
14	100	40	10,05	1054,20	0,00	-77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
15	100	40	10,05	1054,20	0,00	-77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
16	100	40	10,05	1054,20	0,00	-77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
17	100	40	10,05	1054,20	0,00	-77,28	0,000000	0,00	0,000 (21)
18	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (21)

### Combinazioni SLEQ

#### Paramento

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	$\varepsilon$	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (22)
2	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (22)
3	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000000	0,00	0,000 (22)
4	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000000	0,00	0,000 (22)
5	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (22)
6	100	75	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (22)
7	100	75	10,05	1325,00	0,01	265,08	0,000000	0,00	0,000 (22)
8	100	75	10,05	1325,00	0,05	265,33	0,000000	0,00	0,000 (22)

#### Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	$\varepsilon$	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	10,05	1054,20	0,91	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
2	100	40	10,05	1054,20	0,74	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
3	100	40	10,05	1054,20	0,59	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
4	100	40	10,05	1054,20	0,47	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
5	100	40	10,05	1054,20	0,36	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
6	100	40	10,05	1054,20	0,27	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
7	100	40	10,05	1054,20	0,20	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
8	100	40	10,05	1054,20	0,14	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
9	100	40	10,05	1054,20	0,09	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
10	100	40	10,05	1054,20	0,05	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
11	100	40	10,05	1054,20	0,03	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
12	100	40	10,05	1054,20	0,01	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
13	100	40	10,05	1054,20	0,00	77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
14	100	40	10,05	1054,20	0,00	-77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
15	100	40	10,05	1054,20	0,00	-77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
16	100	40	10,05	1054,20	0,00	-77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
17	100	40	10,05	1054,20	0,00	-77,28	0,000000	0,00	0,000 (22)
18	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (22)

## 8 DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### 8.1 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### 8.1.1 Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### 8.1.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	S.T.E. srl
Licenza	AIU3546NM

#### 8.1.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec

Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### *8.1.4 Modalità di presentazione dei risultati*

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### *8.1.5 Informazioni generali sull'elaborazione*

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### *8.1.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati*

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.