

**STRADA STATALE 4 "VIA SALARIA"**  
**Adeguamento della piattaforma stradale e messa in  
 sicurezza dal km 56+000 al km 64+000**  
 Stralcio 1 da pk 0+000 a pk 1+900

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **RM368**

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGER S.p.A. (capogruppo mandataria)  
 PROGIN S.p.A.  
 S.I.N.A. S.p.A. – BRENG S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:  
 Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli n. 23799

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



IL GEOLOGO:  
 Dott. Geol. Gianluca PANDOLFI ELMI (Progin S.p.A.)  
 Ordine dei Geologi Regione Umbria n. 467



Direttore Tecnico:  
 Dott. Ing. Lorenzo INFANTE

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:  
 Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)



VISTO: IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO  
 Dott. Ing. Paolo NARDOCCI



PROTOCOLLO DATA \_\_\_\_\_ 202\_

**PROGETTO OPERE D'ARTE MINORI- OPERE DI SOSTEGNO**

**Relazione tecnica e di calcolo Muro di sostegno in sx da pk 1+342 a pk 1+374**

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:														
<table border="1"> <tr> <td>D</td><td>P</td><td>R</td><td>M</td><td>3</td><td>6</td><td>8</td><td>E</td><td>2</td><td>3</td> </tr> </table>		D	P	R	M	3	6	8	E	2	3	T01OS11STRRE01C		C	-				
D	P	R	M	3	6	8	E	2	3										
		CODICE ELAB.																	
		<table border="1"> <tr> <td>T</td><td>0</td><td>1</td><td>O</td><td>S</td><td>1</td><td>1</td><td>S</td><td>T</td><td>R</td><td>R</td><td>E</td><td>0</td><td>1</td> </tr> </table>		T	0	1	O	S	1	1	S	T	R	R	E	0	1		
T	0	1	O	S	1	1	S	T	R	R	E	0	1						
C	Emissione a seguito di validazione e istruttoria ANAS	Febbraio 2024	V. Ricciardi	P. Valente	L. Infante														
B	Emissione a seguito istruttoria ANAS	Aprile 2023	V. Ricciardi	P. Valente	L. Infante														
A	Prima emissione	09-2022	V. Ricciardi	P. Valente	L. Infante														
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO														

## Sommario

<b>1</b>	<b><i>PREMESSA</i></b> .....	<b>1</b>
1.1	Descrizione dell'opera .....	2
<b>2</b>	<b><i>DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO</i></b> .....	<b>4</b>
2.1	Elaborati di riferimento .....	4
<b>3</b>	<b><i>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI</i></b> .....	<b>5</b>
3.1	Calcestruzzo per Muri .....	5
3.2	Acciaio per calcestruzzo armato .....	5
<b>4</b>	<b><i>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA</i></b> .....	<b>6</b>
4.1	Terreno di riempimento e rinterro .....	7
4.2	Terreno di fondazione .....	7
4.3	Vita nominale e classe d'uso .....	7
4.4	Parametri di pericolosità sismica .....	8
<b>5</b>	<b><i>CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE</i></b> .....	<b>12</b>
5.1	Metodo agli stati limite ed approcci di progetto .....	12
5.2	Criteri di analisi e verifica dei muri di sostegno .....	14
5.3	Prescrizioni generali per le verifiche in fase sismica .....	16
<b>6</b>	<b><i>CRITERI DI ANALISI E VERIFICHE DELLE OPERE</i></b> .....	<b>17</b>
6.1	Verifiche geotecniche .....	17
6.1.1	Verifica allo scorrimento .....	17
6.1.2	Verifica a ribaltamento .....	18
6.1.3	Verifica di stabilità globale .....	19
6.1.4	Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi verticali .....	20
6.1.5	Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi orizzontali .....	20
6.1.5.1	Unità a comportamento coesivo .....	21
6.1.5.1	Unità a comportamento incoerente .....	22

6.1.6	Verifica a carico limite per fondazioni superficiali.....	24
6.2	Verifiche Strutturali- SLU .....	25
6.2.1	Pressoflessione .....	25
6.2.2	Taglio.....	26
6.2.3	Verifiche strutturali- SLE .....	28
6.2.4	Stato limite di limitazione delle tensioni .....	28
6.2.5	Stato limite di fessurazione.....	28
<b>7</b>	<b><i>ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI.....</i></b>	<b>30</b>
7.1	Pesi propri e carichi permanenti .....	30
7.2	Carichi permanenti non strutturali .....	30
7.3	Carichi variabili da traffico.....	30
7.4	Spinte del terreno in fase statica .....	30
7.5	Spinta del terreno in presenza di falda.....	32
7.6	Coefficienti sismici.....	32
7.7	Spinte del terreno in fase sismica.....	32
7.8	Combinazioni di carico .....	33
<b>8</b>	<b><i>CODICI DI CALCOLO.....</i></b>	<b>36</b>
8.1	Affidabilità dei codici di calcolo.....	36
8.2	Informazioni generali sull'elaborazione .....	36
8.3	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati .....	36
<b>9</b>	<b><i>ANALISI E VERIFICHE DEL MURO DI SOSTEGNO.....</i></b>	<b>37</b>
9.1	MURO TIPOLOGICO C su 3 micropali ( $H_{\text{paramento}}=4\text{m}$ ).....	37
9.1.1	Sollecitazioni Paramento.....	39
9.1.2	Verifiche strutturali paramento e piastra fondazione .....	41
9.1.3	Sollecitazioni in testa ai micropali .....	42
9.1.4	Verifiche strutturali dei micropali .....	45
9.1.5	Verifiche geotecniche dei micropali.....	48
9.1.5.1	Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali .....	48
9.1.5.2	Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali.....	49

9.1.5.3	Verifica di stabilità globale.....	52
9.1.6	Verifica dell’inflessione del paramento .....	53
9.1.7	Verifiche locali della mensola per azioni d’urto.....	55
<b>9.2</b>	<b>MURO TIPOLOGICO F su 6 micropali (<math>H_{\text{paramento}}=7\text{m}</math>).....</b>	<b>58</b>
9.2.1	Sollecitazioni Paramento.....	60
9.2.2	Verifiche strutturali paramento e piastra fondazione .....	62
9.2.3	Sollecitazioni in testa ai micropali .....	64
9.2.4	Verifiche strutturali dei micropali .....	68
9.2.5	Verifiche geotecniche dei micropali.....	71
9.2.5.1	Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali .....	71
9.2.5.2	Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali.....	71
9.2.5.3	Verifica di stabilità globale.....	75
9.2.6	Verifica dell’inflessione del paramento .....	76
9.2.7	Verifiche locali della mensola per azioni d’urto.....	79
<b>10</b>	<b>TABULATO DI CALCOLO.....</b>	<b>82</b>
10.1	Tipologico C .....	82
10.1.1	Combinazione statica .....	82
10.1.2	Combinazione sismica.....	95
10.1.3	Combinazione eccezionale d’urto .....	118
10.2	TABULATO DI CALCOLO tipologico F .....	139
10.2.1	Combinazione statica .....	139
10.2.2	Combinazione sismica.....	168
10.2.3	Combinazione eccezionale d’urto .....	191

## 1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell’ambito della redazione degli elaborati tecnici del “**Progetto Esecutivo STRADA STATALE 4 “VIA SALARIA”- Adeguamento della piattaforma stradale e messa in sicurezza dal km 56+000 al km 64+000**”. L’opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra nel progetto delle “**Opere di Sostegno**”. In particolare, nel presente documento è affrontato il dimensionamento del “**MURO DI SOSTEGNO in sx 11S dalla pk 1+675 alla pk 1+748**”.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all’opera.

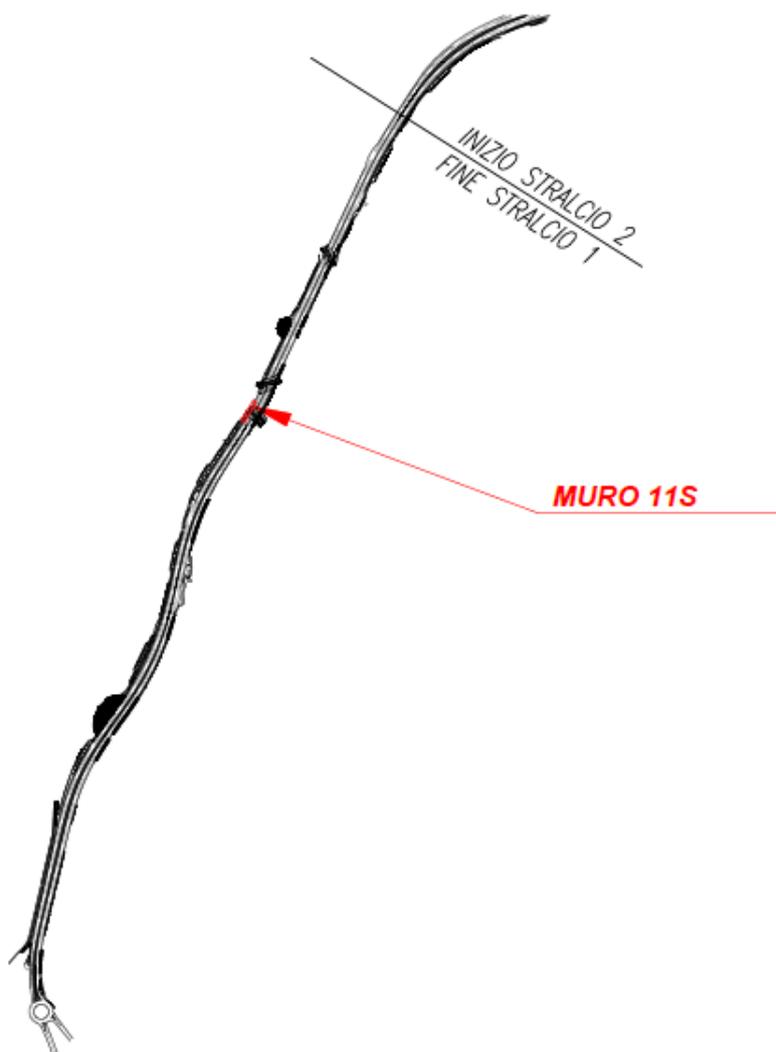


Figura 1: Inquadramento planimetrico

## 1.1 Descrizione dell'opera

Il muro di sostegno denominato "11S dalla pk 1+342 alla pk 1+375" è costituito da due tratti di lunghezza rispettivamente pari a 4.00m e 10.50m. La continuità strutturale del muro è interrotta dalla presenza di un tombino idraulico per una lunghezza pari a 18.5m. Esso è costituito da tratti di muro aventi un'altezza variabile tra 3.16m e 7.0m e pertanto riconducibili ai muri tipologici C-F.

Nel seguito si riportano le principali caratteristiche geometriche dei muri tipologici in esame ed a seguire alcune immagini rappresentative delle sezioni trasversali analizzate:

TIPO	Paramento	Fondazione				Micropali					Tubolare	
	H <sub>MAX</sub> [m]	L [m]	Spessore [m]	Mensola monte [m]	Mensola Valle [m]	N° file [-]	Φ [mm]	L [m]	Interasse long. [m]	Interasse trasv. [m]	Φ [mm]	Spessore [mm]
C	4.00	3.00	0.90	1.90	0.30	3	230	6	1.00	1.00	139.7	10
F	7.00	5.50	1.20	4.10	0.30	6	230	8	0.90	0.90	139.7	12.5

Tabella 1: caratteristiche geometriche muro di sostegno

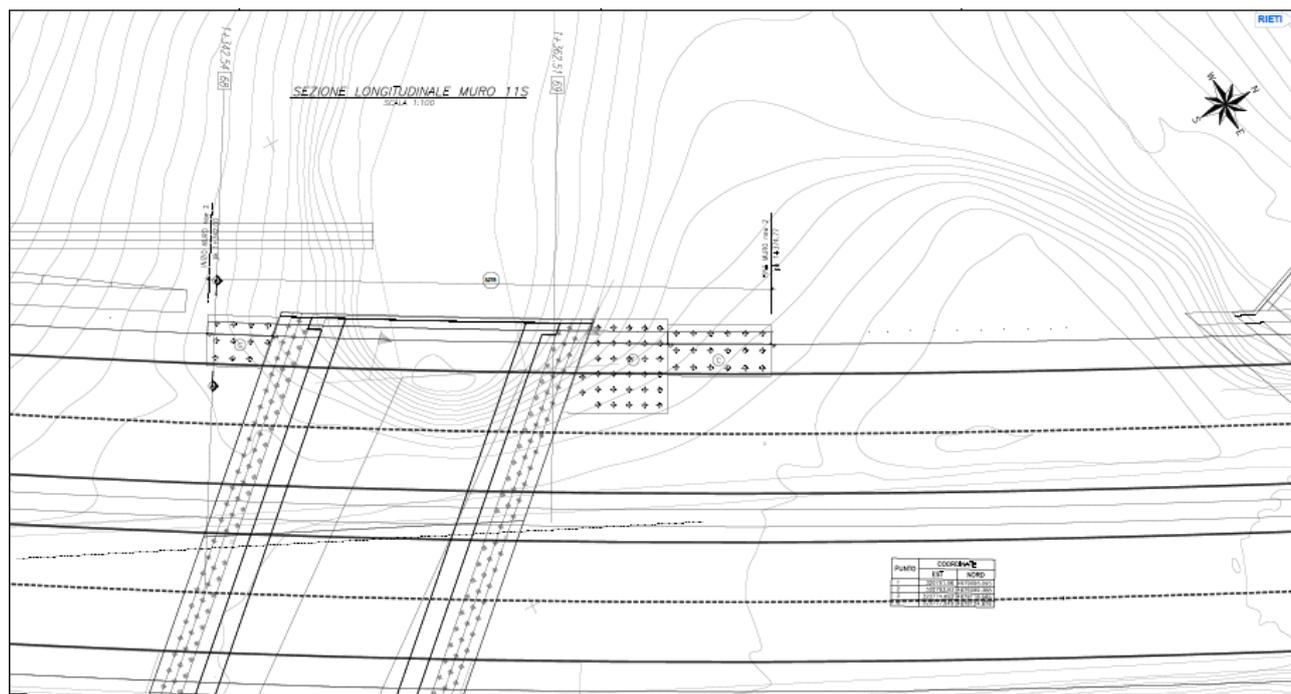


Figura 2: planimetria di progetto

SEZIONE LONGITUDINALE MURO 115  
SCALA 1:100

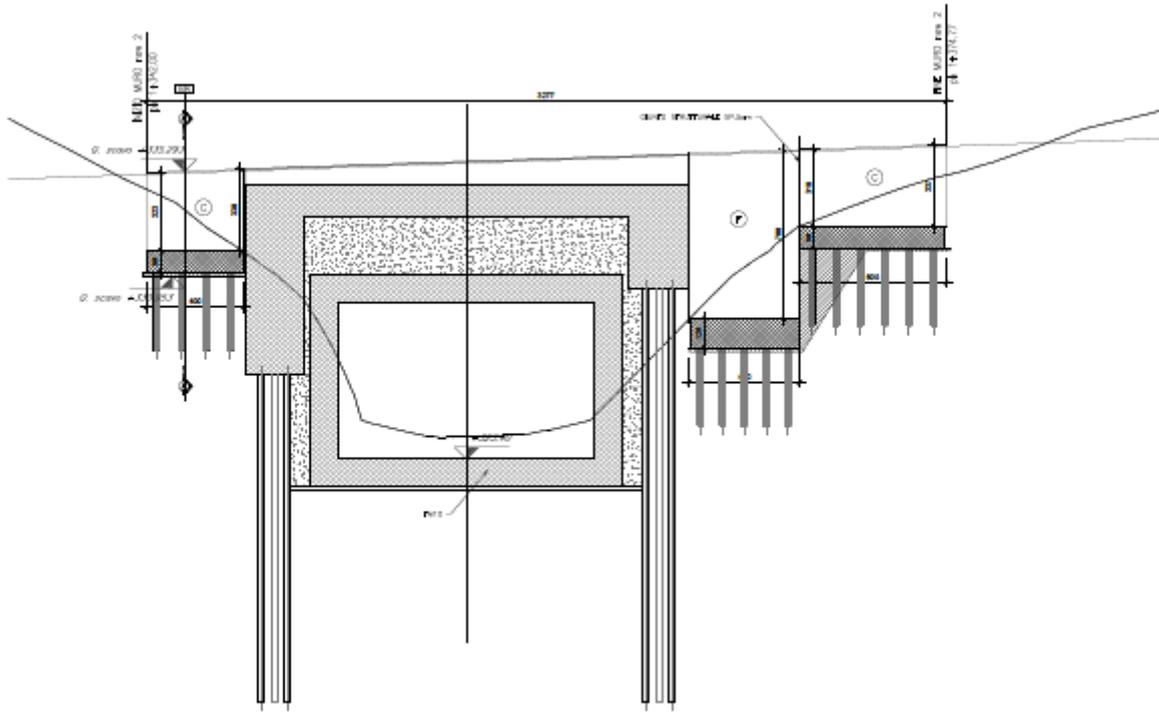


Figura 3: profilo longitudinale muro di sostegno

SEZIONE 68  
Q.PROGETTO: 335.78  
DIST.PROG.: 1+342.54  
SCALA 1:100

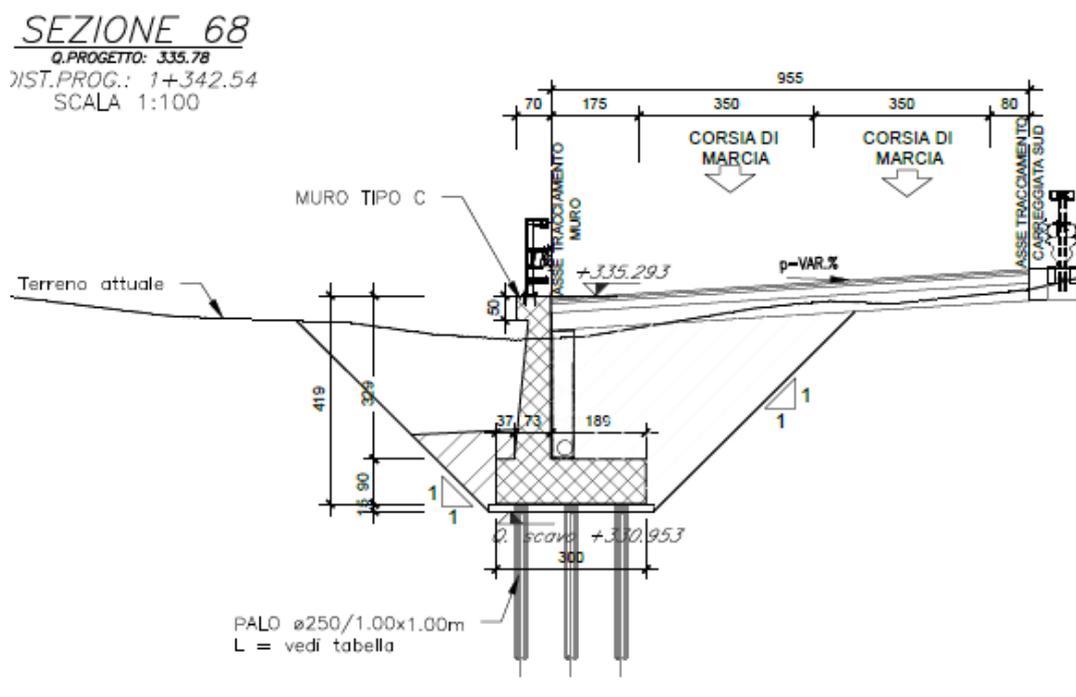


Figura 4: sezione trasversale muro tipologico C

## 2 DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito è riportato l’elenco delle Normative e dei Documenti assunti come riferimento per il progetto delle opere trattate nell’ambito del presente documento.

- D.M. 17/01/2018 (NTC18): “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare 21/01/2019, n.7 CSLLP
- Norma Europea UNI ENV 1990: “Eurocodice 0 – Basi di calcolo”;
- Norma Europea UNI ENV 1991: “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture”;
- Norma Europea UNI ENV 1992: “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo”;
- Norma Europea UNI ENV 1997: “Eurocodice 7 – Progettazione Geotecnica”;
- Norma Europea UNI EN 1198: “Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture”.

### 2.1 Elaborati di riferimento

Muro in sx dal km 1+342 al km 1+374											
T	0	1	OS	1	1	STR	RE	0	1	A	Relazione di calcolo
T	0	1	OS	1	1	STR	RE	0	2	A	Relazione di calcolo opere provvisionali
T	0	1	OS	1	1	STR	PF	0	1	A	Pianta profilo e sezioni trasversali
T	0	1	OS	1	1	STR	AR	0	1	A	Armatura - Tav.1
T	0	1	OS	1	1	STR	AR	0	2	A	Armatura - Tav.2
T	0	1	OS	1	1	STR	CP	0	1	A	Carpenteria opere provvisionali e scavi - Pianta e sviluppata
T	0	1	OS	1	1	STR	CP	0	2	A	Carpenteria opere provvisionali e scavi - Sezioni trasversali

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Di seguito sono riportati per ciascuno materiale, i valori delle resistenze e parametri generali da adottare in sede di calcolo secondo quanto stabilito dalla normativa vigente:

#### 3.1 Calcestruzzo per Muri

Per le strutture in esame si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione	C32/40	Classe minima di consistenza
XC4-XF1	$f_{ck} \geq 32 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$	S4

Tabella 2: caratteristiche calcestruzzo per muri

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	40	$\text{N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.20	$\text{N/mm}^2$
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.2	$\text{N/mm}^2$
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c$	1,5	[-]
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22.13	$\text{N/mm}^2$
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18.81	$\text{N/mm}^2$
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} [\text{Rck} < 50/60]$	3.09	$\text{N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk,0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.17	$\text{N/mm}^2$
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.71	$\text{N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / 1.5$	1.45	$\text{N/mm}^2$
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33642.8	$\text{N/mm}^2$

Tabella 3: caratteristiche meccaniche calcestruzzo per muri

#### 3.2 Acciaio per calcestruzzo armato

Acciaio per calcestruzzo armato tipo B 450 C secondo le NTC18 avente le seguenti caratteristiche:

Modulo di elasticità longitudinale	$E_s$	=	210000	[MPa]
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s$	=	1,15	[-]
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450	[MPa]
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	=	540	[MPa]
Allungamento	$A_{gt k}$	≥	7,50%	[-]
Resistenza di calcolo	$f_{yd}$	=	391,3	[MPa]

Tabella 4: caratteristiche meccaniche acciaio

Coefficiente sicurezza SLU

$$\gamma_s = 1,15$$

Resistenza di calcolo SLU

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,30 \text{ N/mm}^2$$

Tensione di calcolo SLE

$$\sigma_{y,ad} = 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Dal profilo geotecnico si desume la stratigrafia di progetto con i relativi parametri caratteristici. Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Geotecnica. Si riporta lo stralcio del profilo geotecnico con l'ubicazione del piano di posa dell'opera.

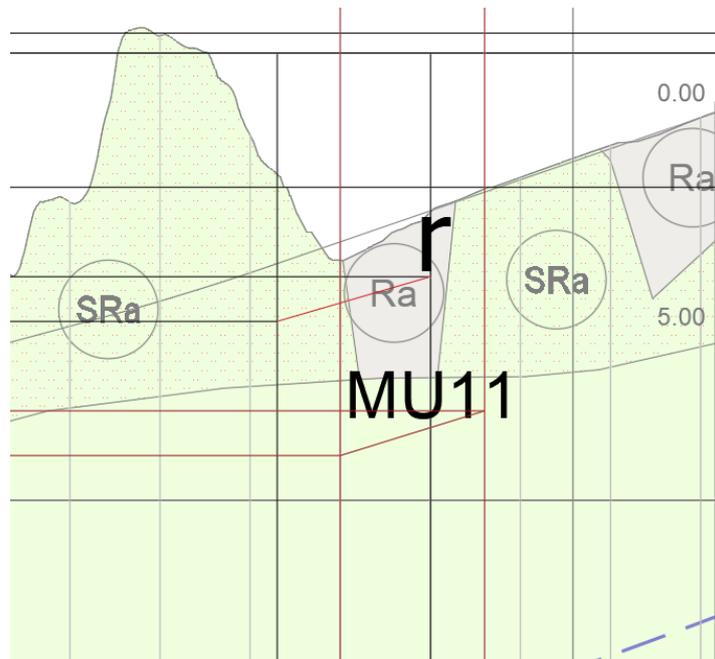


Figura 5: Stralcio profilo geotecnico con ubicazione muro in esame

Unità geotecnica	Profondità da p.p. [m]	Tipo di sottosuolo
SR/ SB	0- 30	B

Tabella 5: unità geologiche del sito

Unità SR/SB (calcarei marnosi)	
$\gamma = 24.50 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\sigma_c = 28 \div 93 \text{ MPa}$	peso di volume naturale
$c' = 40 \div 60 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 40^\circ$	angolo di attrito
$E = 1450 \div 2400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)
$E'_{op} = 300 \div 450 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico operativo

Tabella 6: caratteristiche geotecniche Unità SR/SB

Il livello di falda da utilizzare nelle analisi deve tenere conto della relativa variabilità lungo i tratti interessati dalla realizzazione delle opere, nonché del livello medio di approfondimento del piano di posa delle fondazioni dei muri in funzione del tipologico di riferimento rispetto al piano campagna.

Si riporta il modulo E del terreno utilizzato nella valutazione del momento lungo il fusto dei pali:

Prof. m	E kN/m <sup>2</sup>
.000	12000.00
2.000	36000.00
2.100	60000.00
20.000	60000.00

**Per il muro oggetto di dimensionamento la falda è localizzata a -6m dal piano di posa della piastra di fondazione.**

#### 4.1 Terreno di riempimento e rinterro

Il terreno di rinterro dell'opera è costituito da terreno di rilevato stradale per il quale sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

Terreno di rinterro a tergo del muro (rilevato stradale)	
$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

Tabella 7: caratteristiche geotecniche terreno di rinterro

#### 4.2 Terreno di fondazione

Per il terreno di fondazione dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

Unità SR (calcarei marnosi)	
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 45 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio

Tabella 8: valori geotecnici di progetto unità SR

#### 4.3 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale ( $V_N$ ), 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, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso ( $C_U$ ).

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale:  $V_N = 50$  anni. Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe IV a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II):  $C_U = 2.0$ .

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutati in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ . Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 50 \times 2.0 = 100$  anni.

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

#### 4.4 Parametri di pericolosità sismica

L'azione sismica di progetto è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste, descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco  $a_g$  (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$ ;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- $a_g$ , accelerazione orizzontale massima del terreno
- $F_0$ , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $TC^*$ , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. In particolare, si può notare come  $F_0$  descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica.

L'area di studio è indicativamente ubicata alle coordinate (WGS84) **Lat: 42.242518° Long: 12,826850°** e ricade pertanto all'interno del reticolo di riferimento tra i 4 vertici indicati nella Fig. 4.1 per i quali le NTC definiscono i parametri necessari per definire l'azione sismica.

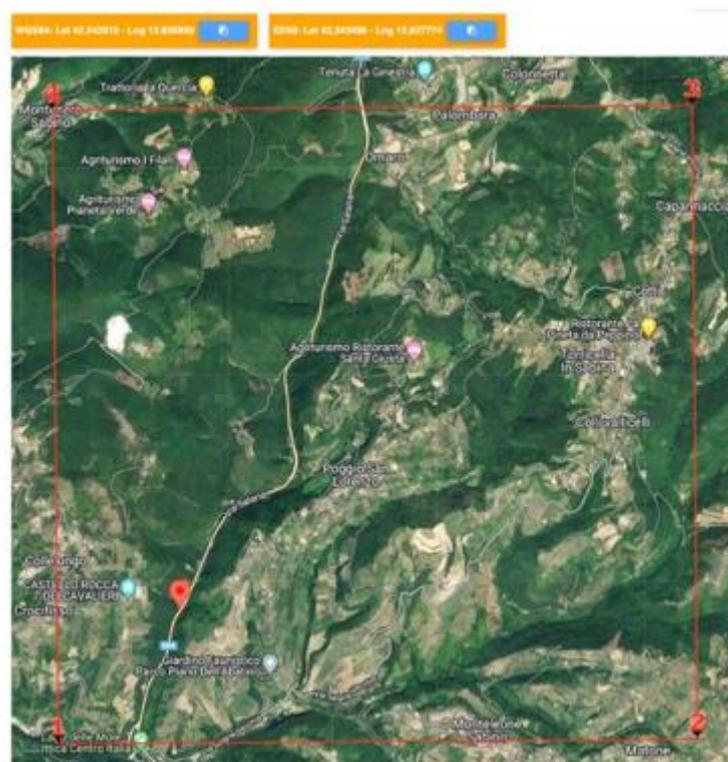


Figura 6: *Figura 6: Rappresentazione dei punti della maglia del reticolo di riferimento riportati nella Tab.1 allegata alle NTC 2018*

Le coordinate del muro in esame OS11 risultano essere le seguenti (WGS84):

**LATITUDINE: 42.243564**

**LONGITUDINE: 12.827675**

**Ai fini della valutazione dell'azione sismica si è fatto riferimento alle coordinate indicate nella RELAZIONE SISMICA e valide per l'intero tratto in esame.**

Di seguito sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

Vita nominale VN = 50 anni;

Classe d'uso = IV;

Coefficiente d'uso Cu = 2.0;

Periodo di riferimento VR = 100 anni;

TR,SLV = 949 anni;

I parametri di progetto utilizzati per la valutazione degli spettri di risposta sono riepilogati di seguito..

ag,SLV = 0.201 g;

F0,SLV = 2.477;

T\*c,SLV = 0.334 sec.

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente orizzontale del moto sismico è infine costruito a partire dai parametri seguenti.

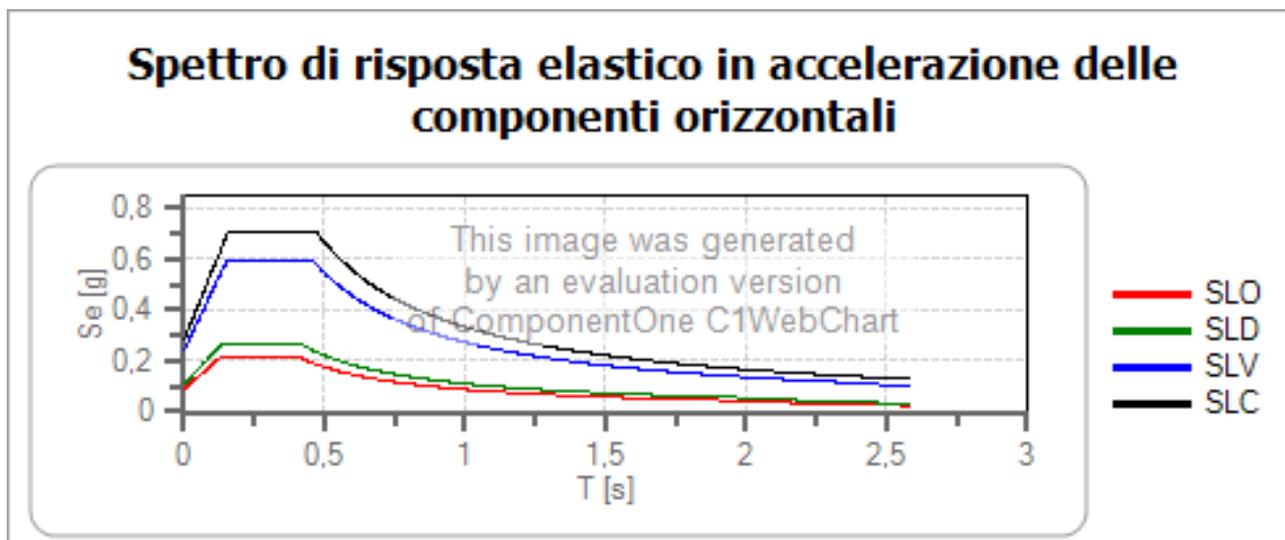
**Per le opere in progetto, in accordo con la tabella 3.2.III delle NTC2018, si assume categoria topografica T2.**

**In accordo con quanto riportato al punto 3.2.3.2 delle NTC2008, ultimo capoverso, in ragione della morfologia dell'area e dell'ubicazione delle opere rispetto ad essa (situate difatti in corrispondenza della base del versante), non sussistono condizioni tali da comportare un effetto di amplificazione topografica delle azioni sismiche, per cui il coefficiente topografico (Tab. 3.2.V), viene assunto unitario (ST=1.0).**

Categoria di suolo = B;  
 Categoria topografica = T1;  
 Ss, fattore stratigrafico = 1.20;  
 ST, fattore topografico = 1.00;  
 Cc, fattore correttivo del periodo TC\* = 1.37.

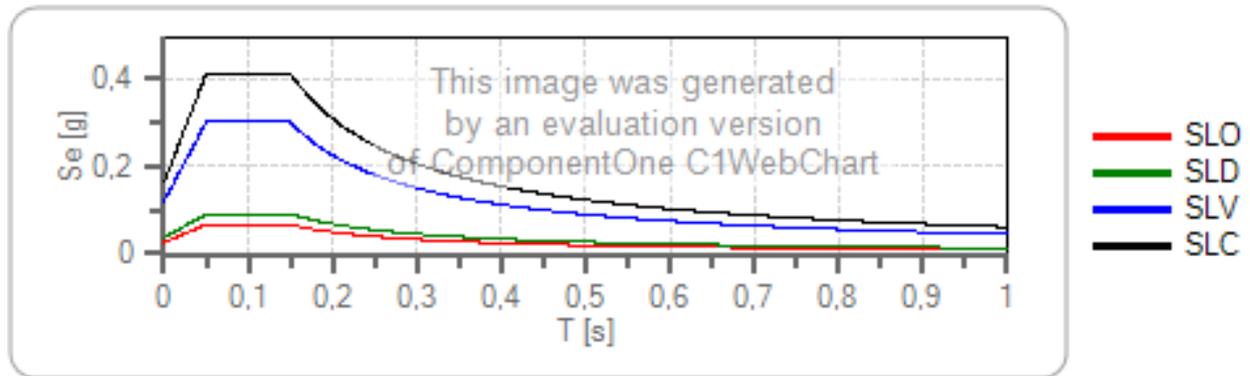
Si riportano nell'immagine seguente, a titolo di riferimento, gli spettri elastici allo SLV e allo SLC in accelerazione in direzione orizzontale e verticale come riportati nella Relazione Sismica, a cui si rimanda per maggiori dettagli.

I grafici riportati nelle seguenti figure rappresentano i valori di accelerazione spettrali attesi (Sd [g]) rispetto ad un di periodo di oscillazione di riferimento (T [s]). Nel corso della progettazione strutturale esecutiva degli interventi tali considerazioni dovranno essere verificate e puntualizzate in funzione delle caratteristiche strutturali e dimensionali degli edifici stessi.



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,073	2,498	0,285	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	1,893
SLD	2	0,092	2,442	0,295	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,138	0,413	1,966
SLV	2	0,201	2,477	0,334	1,200	1,370	1,000	1,200	1,000	0,153	0,458	2,403
SLC	2	0,245	2,509	0,346	1,150	1,360	1,000	1,150	1,000	0,157	0,470	2,582

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,073	2,498	0,285	1,000	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,092	2,442	0,295	1,000	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,201	2,477	0,334	1,000	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,245	2,509	0,346	1,000	1,360	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Figura 7 – Spettri elastici in accelerazione

## 5 CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE

Nel seguente paragrafo si riporta una descrizione riguardante procedure e criteri di calcolo adottati per l’effettuazione di tutte le verifiche prescritte dalla normativa vigente.

### 5.1 Metodo agli stati limite ed approcci di progetto

Il progetto di opere strutturali e geotecniche va effettuato, come prescritto dalle NTC 2018, con i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull’impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata tramite il confronto tra la resistenza e l’effetto delle azioni.

La normativa distingue inoltre tra Stati Limite Ultimi e Stati Limite di Esercizio.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza è stata effettuata con il “metodo dei coefficienti parziali” di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d.$$

dove:

$R_d$  è la resistenza di progetto

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[ \gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d \right]$$

$E_d$  è il valore di progetto dell’effetto delle azioni

$$E_d = E \left[ \gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d \right]$$

oppure

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[ F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d \right]$$

Il coefficiente  $\gamma_R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema.

I coefficienti parziali di sicurezza,  $\gamma_{Mi}$  e  $\gamma_{Fj} = \gamma_{Ej}$ , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all’azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all’affidabilità del modello di calcolo.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 delle NTC 2018, la verifica della condizione  $R_d \geq E_d$  deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell’ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo Approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto, convenzionalmente indicate come di seguito:

A1+M1+R1

A2+M2+R2

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un’unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Gli stati limite di verifica si distinguono in genere in:

- **EQU** perdita di equilibrio della struttura fuori terra, considerata come corpo rigido.
- **STR** raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

- **GEO** raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;
- **UPL** perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla spinta dell'acqua (sollevamento per galleggiamento).
- **HYD** erosione e sifonamento del terreno dovuta ai gradienti idraulici.

I coefficienti parziali da applicare alle azioni sono quelli definiti alla Tab 2.6.I delle NTC 2018 di seguito riportata per chiarezza espositiva:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qk}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti  $G_1$ ;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali  $G_2$ ;

$\gamma_{Qk}$  coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

I valori dei coefficienti parziali da applicare ai materiali e/o alle caratteristiche dei terreni (M) sono definiti nelle specifiche sezioni della norma, ed in particolare al Cap. 4 per ciò che concerne i coefficienti parziali da applicare ai materiali strutturali, mentre al Cap.6 sono indicati quelli da applicare alle caratteristiche meccaniche dei terreni.

I coefficienti parziali da applicare alle resistenze (R) sono infine unitari sulle capacità resistenti degli elementi strutturali, mentre assumono in genere valore diverso da 1 per ciò che concerne verifiche che attengono il controllo di meccanismi di stabilità locale o globale; i valori da adottare per ciascun meccanismo di verifica, sono definiti nelle specifiche sezioni di normativa dedicate al calcolo delle diverse opere geotecniche.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio viene effettuata invece controllando gli aspetti di funzionalità e lo stato tensionale e/o deformativo delle opere, con riferimento ad una combinazione di verifica caratterizzata da coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali tutti unitari.

Al §2.5.3 delle NTC 2018, sono infine definiti i criteri con cui le diverse azioni presenti vanno combinate per ciascuno stato limite di verifica previsto dalla Normativa.

Nell'ambito della progettazione geotecnica, la normativa definisce inoltre nella Tab 6.2.II, i valori dei coefficienti parziali M1/M2 da applicare ai parametri caratteristici dei terreni nell'ambito delle diverse combinazioni contemplate dai due approcci di progetto:

Tabella 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	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\phi$	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	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tali valori agiscono sulle proprietà dei terreni, condizionando sia le azioni (spinte ed incrementi di spinta), sia le resistenze nei riguardi delle verifiche di stabilità dell'insieme terreno-opera interagente (Paratie, Muri, Pali di Fondazione ecc.)

Inoltre, ribadisce i valori dei coefficienti da applicare alle azioni nella Tab 6.2.I di seguito riportata:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

## 5.2 Criteri di analisi e verifica dei muri di sostegno

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione  $R_d \geq E_d$  sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

### **SLU di tipo geotecnica (GEO)**

- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
- ribaltamento;
- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

### **SLU di tipo strutturale (STR)**

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

In condizioni statiche, la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I delle NTC 2018; in aggiunta a quanto già mostrato in precedenza nel documento, si riporta anche la Tab 6.8.I appena menzionata:

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

Le rimanenti verifiche, in condizioni statiche, devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I di seguito riportata.

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

Nella verifica a ribaltamento, i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I, si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Come già specificato al paragrafo precedente, trattandosi nel caso specifico di opere soggette ad azioni da traffico veicolare, in luogo dei coefficienti generici di cui alle Tab 6.2.I, si è fatto riferimento a quelli di cui alle Tab. 5.I.V e 5.I.VI del già citato DM.

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

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 combi- nazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequentissimi)	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
	5	0,0	0,0	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

Le spinte devono tenere conto del sovraccarico e dell'inclinazione del piano campagna, dell'inclinazione del paramento rispetto alla verticale, delle pressioni interstiziali e degli effetti della filtrazione nel terreno; nel calcolo della spinta si può tenere conto dell'attrito che si sviluppa fra parete e terreno.

Ai fini della verifica alla traslazione sul piano di posa di muri di sostegno con fondazioni superficiali, non si deve in generale considerare il contributo della resistenza passiva del terreno antistante il muro, salvo casi particolari in cui, in relazione a caratteristiche meccaniche dei terreni ed alle modalità costruttive, è possibile portare in conto un'aliquota di tale resistenza, nella misura massima del 50% del valore teorico.

### 5.3 Prescrizioni generali per le verifiche in fase sismica

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, le verifiche agli stati limite ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV); quelle agli stati limite di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD). Le verifiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati nella tabella 7.11.III riportata in seguito:

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale $\gamma_R$
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

Per i muri di sostegno ubicati in corrispondenza di versanti o in prossimità di pendii naturali devono essere soddisfatte le condizioni di stabilità del pendio, in presenza della nuova opera, con i metodi di analisi riportati al §7.11.3.5. delle NTC2018. Deve inoltre essere soddisfatta la verifica di stabilità del complesso muro-terreno con i criteri indicati al §7.11.4. ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente  $\gamma_R=1.2$ .

Il §7.11.6.2.1 delle NTC 2018, precisa che l'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche, può essere eseguite mediante i metodi pseudo-statici o i metodi degli spostamenti. Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

con:

g accelerazione di gravità;

$a_{\max} = S_S S_T a_g$  accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento ( $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido,  $S_S$  e  $S_T$  sono i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, come già definiti nell'ambito del precedente paragrafo §0);

**Per muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede,  $\beta_m$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito assume il valore di 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD). Inoltre, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica con distribuzione triangolare.**

**Per i muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno (MURI SU PALI), il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario. Inoltre, si deve assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma sia applicato a metà altezza del muro secondo una distribuzione di tipo rettangolare.**

## 6 CRITERI DI ANALISI E VERIFICHE DELLE OPERE

Nel seguente paragrafo si riporta una descrizione riguardante le procedure e i criteri di calcolo adottati per l'effettuazione di tutte le verifiche prescritte dalla normativa vigente suddividendole in:

- **Verifiche geotecniche**
- **Verifiche strutturali**

### 6.1 Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche sono quelle che coinvolgono la resistenza del terreno nell'ambito di quelle prescritte dalla normativa. Esse sono:

- **Verifica allo scorrimento**
- **Verifica a carico limite**
- **Verifica a ribaltamento**
- **Verifica di stabilità globale**

#### 6.1.1 Verifica allo 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, sia minore di tutte le forze resistenti lungo la stessa direzione.

La verifica a scorrimento risulta in particolare soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento ( $F_r$ ) fattorizzata secondo un opportuno coefficiente parziale  $\gamma_r$  stabilito dalla normativa e la risultante delle forze mobilitanti ( $F_s$ ) risulti non inferiore all'unità:

$$(F_r / \gamma_r) / F_s \geq 1$$

ovvero che il rapporto  $F_r/F_s$  risulti non inferiore di  $\gamma_r$ , fissato dalla normativa pari ad **1,1** in condizioni statiche e **1** in condizioni sismiche.

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 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, la forza resistente può esprimersi come:

$$F_r = N \operatorname{tg} \varphi$$

In casi particolari specificati dalla normativa è possibile eventualmente tener conto della resistenza passiva  $S_p$  del terreno a valle del muro.

La valutazione delle azioni resistenti e di quelle mobilitanti, dovrà tener conto dei coefficienti  $A$  ed  $M$  fissati dalla normativa per la combinazione di verifica specifica.

Per quanto riguarda l'attrito fondazione muro - terreno considerato ai fini delle verifiche di scorrimento sul piano di posa della fondazione, si è assunto quanto segue:

per  $\varphi' < 30^\circ$  allora  $\mu = \operatorname{tg} \varphi'$ ;

per  $\varphi' > 35^\circ$  allora  $\mu = 0.85 \operatorname{tg} \varphi'$ ;

per  $30^\circ \leq \varphi' \leq 35^\circ$  allora  $\mu$  si ricava per interpolazione lineare

In condizioni sismiche, la forza mobilitante per muri di sostegno diretti viene calcolata secondo il metodo pseudostatico considerando un coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito  $\beta_m$  pari a 0.38.

Tale verifica perde di significato nel caso di muri su pali.

### 6.1.2 Verifica a ribaltamento

La verifica al ribaltamento di un muro di sostegno, prevede la valutazione del coefficiente di sicurezza nei confronti del meccanismo di rotazione dell'opera rispetto al vertice esterno della fondazione.

Nella fattispecie, detti  $M_{rib}$ , momento delle azioni ribaltanti, e  $M_{sta}$ , momento delle azioni stabilizzanti, occorrerà verificare quanto segue:

$$M_{sta} / R \geq M_{rib}$$

In accordo a quanto prescritto dalla normativa vigente, la verifica a ribaltamento deve essere effettuata in condizioni statiche secondo l'approccio 2 ( $A1+M1+R3$ ) in cui i coefficienti parziali  $\gamma_R$  pari a **1.15** si applicano alle azioni stabilizzanti. In condizioni sismiche, la verifica deve essere effettuata ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando un coefficiente parziale di sicurezza sulle azioni stabilizzanti  $\gamma_R$  pari a **1.0**. Lo stato limite di ribaltamento in condizioni sismiche deve essere trattato impiegando valori di  $\beta_m$  incrementati del 50% rispetto a quelli indicati al par. 7.3. e comunque non superiori all'unità.

Tale verifica perde di significato nel caso di muri su pali.

### 6.1.3 Verifica di stabilità globale

Le NTC 2018 affrontano il tema della Stabilità Globale distinguendo tra il caso dei Pendii Naturali (§ 6.3) e quello delle opere in terra in Materiali sciolti e Fronti di scavo (§ 6.8) fornendo prescrizioni differenti circa i criteri di verifica da adottare nei due casi. Trattandosi nel caso in esame di valutare la Stabilità Globale di Opere a sostegno di scavi, si ricade nel caso dei “Fronti di Scavo e rilevati”.

Il punto 6.8 delle NTC 2018 e relativa circolare applicativa, tratta l’argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 “Verifiche di Sicurezza (SLU)” viene prescritto quanto di seguito: Le verifiche devono essere effettuate secondo l’Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

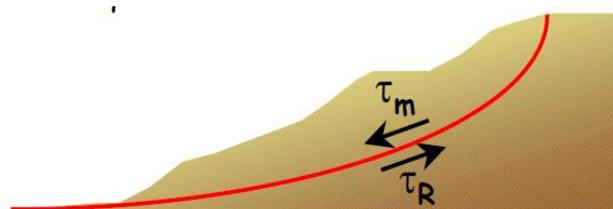
In aggiunta a quanto già riportato nei precedenti paragrafi, si riporta di seguito la Tab. 6.8.I, in cui è definito il valore del coefficiente parziale “R2” da applicare al valore della resistenza caratteristica calcolata per la generica superficie di potenziale scivolamento analizzata in condizioni statiche:

**Tabella 6.8.I** – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

In condizioni sismiche in accordo alle prescrizioni al § 7.11.4. le resistenze di progetto devono essere calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R=1.2$ .

Nel presente paragrafo sono illustrati i Criteri generali adottati per l’effettuazione delle Verifiche di Stabilità Globale prescritte dalla normativa. In generale, ciascuno metodo va alla ricerca del potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:



$$FS = \frac{\int_S \tau_{rott}}{\int_S \tau_{mob}}$$

**Figura 8:** illustrazione superficie di scorrimento

Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b, interessati da azioni taglianti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

Per il caso in esame, le verifiche sono state effettuate rispetto a superfici di forma circolare, utilizzando il metodo di Bishop, per i cui dettagli si rimanda a quanto esposto a riguarda nella letteratura tecnica.

Le verifiche sono state effettuate rispetto a famiglie di superfici potenziali di rottura disegnate in maniera tale da non intersecare le opere, escludendo quindi ai fini della stabilità la resistenza al taglio locale offerta dalle opere, fermo restando tutte le prescrizioni definite dalla normativa per questo tipo di verifica.

### 6.1.4 Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi verticali

Tratti di muro dell’opera in oggetto presentano una fondazione indiretta costituita da una platea di fondazione su pali trivellati, il cui valore di progetto  $R_d$  della resistenza a carichi assiali dei singoli pali si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nella tabella 6.4.II seguente:

**Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali**

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	$\gamma_R$			
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

In condizioni sismiche, i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri meccanici del terreno sono unitari mentre i coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze sono riportati nella tabella 6.4.II.

La resistenza caratteristica  $R_k$  del singolo palo è determinata mediante metodi di calcolo analitici, dove  $R_k$  è calcolata a partire a da valori caratteristici dei parametri geotecnici e/o mediante l’impiego di relazioni empiriche che utilizzano direttamente i risultati di prove in situ.

La normativa vigente definisce per tali procedure, il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  (o  $R_{t,k}$ ) come il valore minore tra quelli ottenuti applicando alle resistenze calcolate  $R_{c,calc}$  ( $R_{t,calc}$ ) i fattori di correlazione  $\xi$  riportati nella tabella seguente, in funzione del numero n di verticali di indagini:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \qquad R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

**Tabella 13 - Fattori di correlazione  $\xi$**

n	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

La campagna di indagine condotta in fase di progettazione definitiva permette di assumere in sede di calcolo un fattore di correlazione pari a  $\xi_3 = \xi_4 = 1.70$ .

### 6.1.5 Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi orizzontali

Il carico orizzontale limite  $H_{lim}$  è stato calcolato in accordo alla teoria proposta da Broms (1984).

Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

- terreno omogeneo;
- comportamento dell’interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico;
- la forma del palo è ininfluenza e l’interazione palo-terreno è determinata solo dalla dimensione caratteristica D della sezione del palo (il diametro per sezioni circolari, il lato per sezioni quadrate, etc.) misurata normalmente alla direzione del movimento;

- il palo ha comportamento rigido-perfettamente plastico, cioè si considerano trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

Questa ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione  $M_y$  del palo. A questo punto si ha la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione continua indefinitamente con momento costante.

In accordo alla condizione di vincolo dei pali nei plinti di fondazione, il palo è considerato impedito di ruotare in testa.

Per quanto riguarda la resistenza del terreno, si riportano in seguito le distribuzioni per terreno a comportamento coesivo e a comportamento incoerente, sulla base di analisi teoriche ed osservazioni sperimentali.

#### 6.1.5.1 Unità a comportamento coesivo

Il diagramma di distribuzione della resistenza  $p$  offerta dal terreno lungo il fusto del palo è quello riportato nella figura seguente. Broms adotta al fine delle analisi una distribuzione semplificata (b) con reazione nulla fino a  $1.5 d$  e costante con valore  $9 c_u d$  per profondità maggiori.

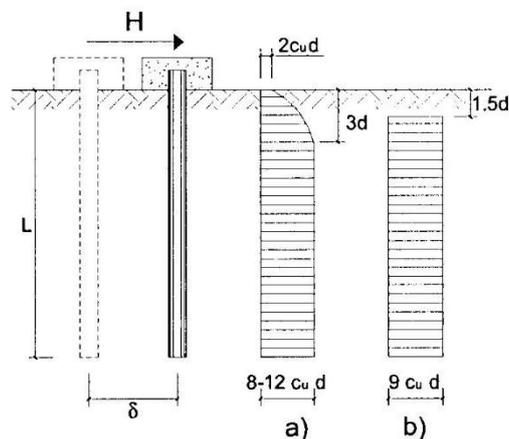
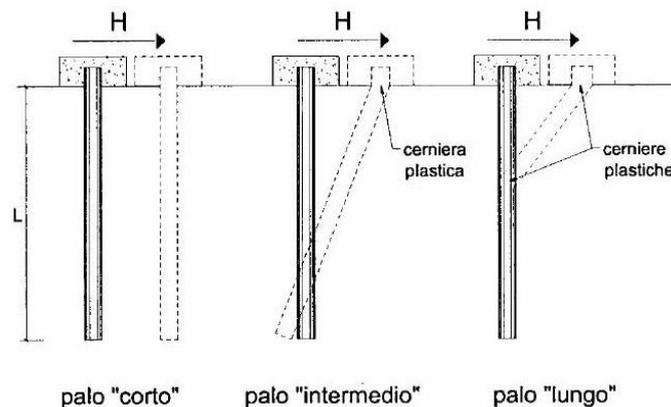


Figura 9: Distribuzione della resistenza offerta dal terreno a carichi orizzontali per pali impediti di ruotare alla testa (Broms, 1984)

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili meccanismi di rottura sono riportati nella figura seguente e sono solitamente indicati come "palo corto", "intermedio" e "lungo".



**Figura 10 – Meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984)**

Facendo ricorso a semplici equazioni di equilibrio ed imponendo la formazione di una cerniera plastica nelle sezioni che raggiungono un momento pari a  $M_y$ , è possibile calcolare il carico limite orizzontale corrispondente ai tre meccanismi di rottura:

$$H \lim = 9c_u D^2 \left( \frac{L}{D} - 1.5 \right) \quad \text{palo corto}$$

$$H \lim = -9c_u D^2 \left( \frac{L}{D} - 1.5 \right) + 9c_u D^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{D} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u D^3} + 4.5} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H \lim = -13.5c_u D^2 + c_u D^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u D^3}} \quad \text{palo lungo}$$

Con riferimento al caso in oggetto, il meccanismo di rottura è sempre quello di palo lungo.

Nel caso di palo scalzato e per il caso di palo lungo, il valore di  $H_{\lim}$  si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H \lim = 9c_u D \times (f - 1.5D)$$

$$H \lim \times (d_s + f) - 4.5c_u D (f - 1.5D)^2 - 2M_y = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna;

$d_s$  l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna.

#### 8.1.5.1 Unità a comportamento incoerente

Per un terreno incoerente si assume che la resistenza opposta dal terreno alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità con legge:

$$p = 3 k_p \gamma z D$$

essendo:

$k_p$  il coefficiente di spinta passiva;

z la profondità da piano campagna;

$\gamma$  il peso di volume del terreno, nel caso in cui il terreno sia sotto falda si assume  $\gamma'$ .

I valori del carico limite corrispondenti ai diversi meccanismi di rottura sono di seguito riportati:

$$H_{lim} = 1.5k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D}\right)^2 \quad \text{palo corto}$$

$$H_{lim} = \frac{1}{2} k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D}\right)^2 + \frac{M_y}{L} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H_{lim} = k_p \gamma D^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma D^4}\right)^2} \quad \text{palo lungo}$$

Con riferimento ai casi in oggetto, il meccanismo di rottura è sempre quello di palo lungo.

Nel caso di palo scalzato e per il caso di palo lungo, il valore di  $H_{lim}$  si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H_{lim} = 1.5k_p \gamma D f^2$$

$$f^3 + 1.5Df^2 - \left(\frac{2M_y}{\gamma k_p D}\right) = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna;

$d_s$  l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna.

Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza a carichi assiali dei singoli pali si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando il coefficiente parziale  $\gamma_R$  riportato nella tabella successiva:

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

La resistenza caratteristica  $R_k$  del singolo palo è determinata mediante metodi di calcolo analitici, dove  $R_k$  è calcolata a partire da valori caratteristici dei parametri geotecnici e/o mediante l'impiego di relazioni empiriche che utilizzano direttamente i risultati di prove in situ. La normativa vigente definisce per tali procedure, il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  (o  $R_{t,k}$ ) come il valore minore tra quelli ottenuti applicando alle resistenze calcolate  $R_{c,calc}$  ( $R_{t,calc}$ ) i fattori di correlazione  $\xi$  riportati nella tabella seguente, in funzione del numero n di verticali di indagini:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,calc})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,calc})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,calc})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,calc})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Tabella 9: Fattori di correlazione  $\xi$

La campagna di indagine condotta in fase di progettazione definitiva permette di assumere in sede di calcolo un fattore di correlazione pari a  $\xi_3 = \xi_4 = 1.70$ .

### 6.1.6 Verifica a carico limite per fondazioni superficiali

Per i tratti di muro tipologico che presentano una fondazione diretta, riporta nel presente paragrafo una trattazione teorica della valutazione del carico limite delle fondazioni dirette secondo il criterio di Brinch-Hansen:

Dette:

- $c$  Coesione
- $V$  Azione tagliante
- $\varphi$  Angolo d'attrito
- $\delta$  Angolo di attrito terreno fondazione
- $\gamma$  Peso specifico del terreno
- $B$  Larghezza della fondazione
- $L$  Lunghezza della fondazione
- $D$  Profondità del piano di posa della fondazione
- $\eta$  inclinazione piano posa della fondazione
- $P$  Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
- $q_{ult}$  Carico ultimo della fondazione

Risulta:

#### Caso generale

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

#### Caso di terreno puramente coesivo $\varphi = 0$

$$q_{ult} = 5.14 \cdot c \cdot (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

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

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

$$N_q = Kp e^{\pi \cdot \tan \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi$$

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

#### Fattori di forma

per $\varphi = 0$	per $\varphi > 0$
$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$	$s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$
	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \tan \varphi$
	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$

#### Fattori di profondità

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

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

#### Fattori inclinazione del carico

Indicando con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B' \cdot L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione  $B$ ,  $L$  e

all'eccentricità del carico  $e_B$ ,  $e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$   $L' = L - 2e_L$  con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta=0$  per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$	
$i_c = \frac{1}{2} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	
	$i_q = \left( 1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$	
	Per $\eta = 0$	$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$
	Per $\eta > 0$	$i_\gamma = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ)H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$

**Fattori inclinazione del piano  
di posa della fondazione**

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$ $b_q = e^{-2\eta^\circ \phi}$ $b_\gamma = e^{-2.7\eta^\circ \phi}$

**Fattori di inclinazione del terreno**

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ $g_q = g_\gamma = (1 - 0.5\beta^\circ)^5$

Si precisa infine che, in relazione alle specifiche di normativa, al valore di  $q_{ult}$  determinato con i criteri di cui sopra, va applicato un coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  pari ad **1.4** per le verifiche in fase statica ovvero pari ad **1.2** per le verifiche in fase sismica, ovvero, equivalentemente, i coefficienti di sicurezza  $q_{ult}/q_d$ , dovranno risultare non inferiori ai predetti valori nelle due fasi di verifica citate.

## 6.2 Verifiche Strutturali- SLU

Le verifiche strutturali allo SLU (Stato Limite Ultimo) sono quelle che riguardano l'attingimento della resistenza degli elementi strutturali. Esse sono:

- **Verifica a pressoflessione**
- **Verifica a taglio**

Come tutte le verifiche geotecniche (ad eccezione della verifica di stabilità globale), esse devono essere condotte secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3).

### 6.2.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC 2018, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:

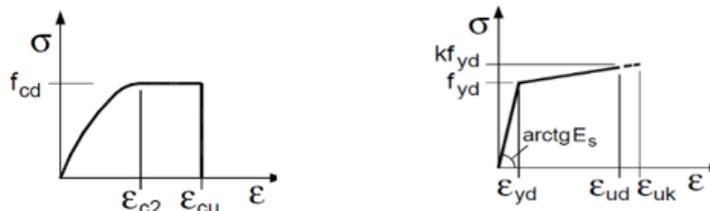


Figura 11: legami costitutivi calcestruzzo e acciaio

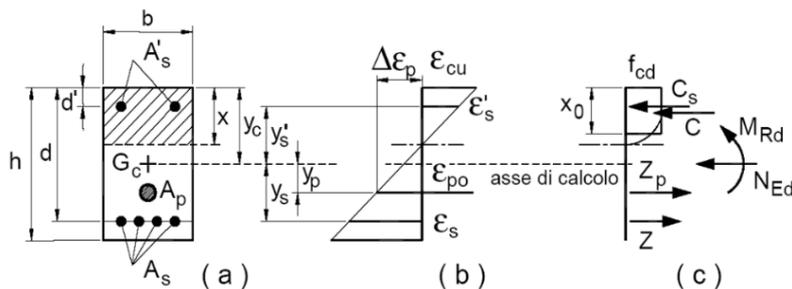


Figura 12: Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione della generica sezione

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

- $M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;
- $N_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;
- $M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

## 6.2.2 Taglio

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w \cdot d$$

dove:

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

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

$$\rho_1 = A_{sw} / (b_w \cdot d);$$

$d$  = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;

$b_w$  = 1000 mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio  $V_{Rd}$  è il minimo tra la resistenza a taglio trazione  $V_{Rsd}$  e la resistenza a taglio compressione  $V_{Rcd}$ .

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

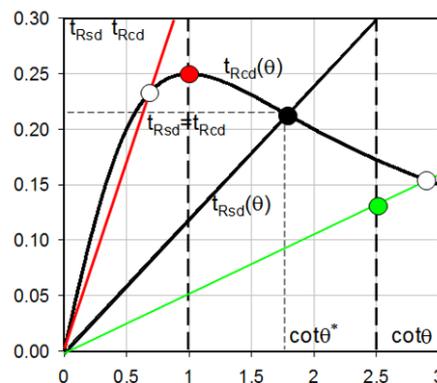
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta)}{(1 + \text{ctg}^2\theta)}$$

essendo:

$$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle NTC 2018, considerando ai fini delle verifiche, un angolo  $\theta$  di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$



L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle ( $\theta$ ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato:

$$\cot\theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

( $\theta^*$  angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove:

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5;$$

$f'_{cd}$  = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima;

$f_{cd}$  = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima;

$\omega_{sw}$  = percentuale meccanica di armatura trasversale  $\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}}$ ;

$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo pari a		
1		per	membrature non compresse
$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$		per	$0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
1,25		per	$0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
$2,5(1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$		per	$0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

- Se la  $\cot\theta^*$  è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la  $\cot\theta^*$  è maggiore di 2.5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rsd})$  coincide con il massimo taglio sopportato dalle armature trasversali valutabile per una  $\cot\theta = 2,5$ .
- Se la  $\cot\theta^*$  è minore di 1.0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rcd})$  coincide con il massimo taglio sopportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una  $\cot\theta = 1,0$ .

### 6.2.3 Verifiche strutturali- SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l’ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato.

### 6.2.4 Stato limite di limitazione delle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l’acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche “Rara” e “Quasi Permanente”; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo “non reagente a trazione” adottando come limiti di riferimento quelli di seguito indicati, in accordo alle prescrizioni della normativa vigente:

riferimento,

Per il caso in esame risulta in particolare:

#### **CALCESTRUZZO ELEVAZIONE/FONDAZIONE C32/40**

$\sigma_{c,max,Q.P.} = 0,45 f_{cK}$	14.4	MPa	(combinazione di carico Quasi Permanente)
$\sigma_{c,max,R.} = 0,60 f_{cK}$	19.2	MPa	(combinazione di carico Rara)

*Tabella 10: limiti tensione calcestruzzo*

#### **ACCIAIO**

$\sigma_{f,max} = 0,80 f_{yK}$	360	MPa	(combinazione di carico Rara)
--------------------------------	-----	-----	-------------------------------

*Tabella 11: limiti tensione acciaio*

### 6.2.5 Stato limite di fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l’ampiezza dell’apertura delle fessure sotto combinazione di carico “Frequente” e combinazione “Quasi Permanente”.

Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive di tipo XC4-XF1; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV].

*Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali*

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

In relazione all’aggressività ambientale e alla sensibilità dell’acciaio, l’apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente.

*Tabella 12: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali*

Gruppi di esigenza	di Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	Frequente	ap. fessure	≤w2	ap. fessure	≤w3

		Quasi Permanente	ap. fessure	$\leq w1$	ap. fessure	$\leq w2$
b	Aggressive	Frequente	ap. fessure	$\leq w1$	ap. fessure	$\leq w2$
		Quasi Permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w1$
c	Molto Aggressive	Frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w1$
		Quasi Permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w1$

Risultando:

$w1 = 0.2 \text{ mm};$

$w2 = 0.3 \text{ mm};$

$w3 = 0.4 \text{ mm}.$

Pertanto dovrà risultare:

Combinazione Quasi permanente :  $w \leq 0.2 \text{ mm}$

Combinazione Frequente :  $w \leq 0.3 \text{ mm}$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 7/2019.

## 7 ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI

Nel presente paragrafo si descrivono i criteri di valutazione delle azioni sollecitanti le opere di sostegno e relative combinazioni di calcolo adottate.

### 7.1 Pesì propri e carichi permanenti

I pesi propri relativi alla struttura ed al terreno eventualmente gravante sulla fondazione, sono valutati tenendo conto dei pesi dell'unità di volume specifici  $\gamma$  come di seguito definiti:

**Calcestruzzo strutturale**  $\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$

<b>Terreno di rinterro:</b>	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
-----------------------------	------------------------------

*Tabella 13: pesi di unità di volume calcestruzzo e terreno di rinterro*

### 7.2 Carichi permanenti non strutturali

Le opere di sostegno oggetto di dimensionamento prevedono anche un carico permanente non strutturale dovuto alla pavimentazione stradale. Si considera uno spessore del pacchetto stradale pari a 0.20m e  $\gamma=24\text{KN/m}^3$ . Pertanto, tale carico è schematizzato, ai fini del calcolo, come un carico uniforme agente sul profilo del terreno, di valore pari a 4.8KN/m, agente su una larghezza che dipende dalla geometria dell'asse stradale.

### 7.3 Carichi variabili da traffico

Le opere di sostegno oggetto di dimensionamento sono soggette alle azioni accidentali da traffico stradale. I carichi variabili associati al passaggio dei veicoli sono schematizzati, ai fini del calcolo, con dei carichi uniformi, su una larghezza complessiva pari alla dimensione della pavimentazione stradale e valore pari a 20 kN/m.

### 7.4 Spinte del terreno in fase statica

Le spinte esercitate dal terrapieno e dagli eventuali carichi presenti su di esso sono state valutate con il 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.

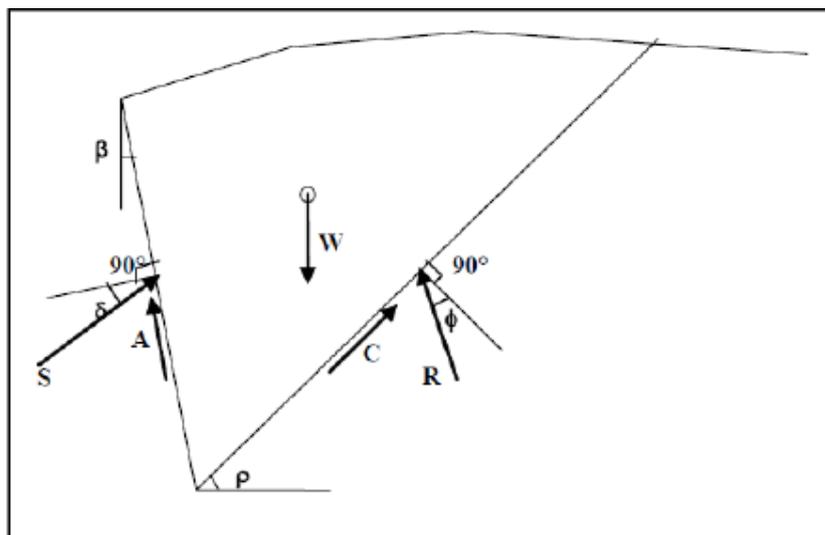


Figura 13: schema metodo di Culmann per calcolo della spinta

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:

- 1) 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;
- 2) si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio del terreno tenendo conto anche dell'eventuale presenza della falda ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- 3) 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.

Il metodo, per come è stato descritto, non permette di ricavare il diagramma delle pressioni agente sulla parete (e quindi le sollecitazioni lungo la parete) e inoltre risulta di difficile determinazione il punto di applicazione della spinta.

Nell'ambito dello specifico Software utilizzato il procedimento è stato implementato suddividendo l'altezza della parete in tanti tratti di ampiezza  $dz$ , al fine di ricavare l'andamento delle pressioni lungo l'altezza del muro; in corrispondenza di ogni ordinata  $z_i$  si trova il cuneo di rottura e la spinta  $S_i$  ottenendo la distribuzione della spinta  $S(z)$  lungo l'altezza della parete.

Nota la distribuzione delle spinte lungo l'altezza della parete, la pressione ad una generica profondità  $z$ , rispetto alla sommità della parete, è espressa da:

$$\sigma(z) = \frac{dS}{dz}$$

Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta. Inoltre dal diagramma delle pressioni è facile ricavare l'andamento delle sollecitazioni lungo la parete, con gli usuali metodi della scienza delle costruzioni.

**Per l'attrito paramento – terreno si utilizza il valore  $\delta = 2/3\phi'$**  mentre, per quanto riguarda l'attrito fondazione muro – terreno l'attrito è stato posto pari all'angolo attrito del terreno di fondazione.

Infine, l'adesione  $c_a$  terra-opera sarà considerata nulla.

### 7.5 Spinta del terreno in presenza di falda

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

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

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso di volume dell'acqua.

Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

Nel caso in esame, il regime di spinta non è influenzato dalla presenza della falda.

### 7.6 Coefficienti sismici

Il §7.11.6.2.1 delle NTC 2018, precisa che l'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche, può essere eseguite mediante i metodi pseudo-statici o i metodi degli spostamenti. Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

con:

- $g$  accelerazione di gravità;
- $a_{max} = S_S S_T a_g$  accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento ( $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido,  $S_S$  e  $S_T$  sono i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica);
- $\beta_m$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito che assume il valore di 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).
- $\beta_m$  nelle verifiche a ribaltamento viene incrementato del 50% risultando pari a 0.57 nelle verifiche allo SLV.

### 7.7 Spinte del terreno in fase sismica

In condizioni sismiche si adotta la formulazione di Culmann come già illustrata per le condizioni statiche, inserendo nell'equazione risolutiva anche la forza di inerzia del cuneo di spinta. In accordo con quanto definito al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2018 nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi, si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro. Pertanto nel caso nel muro tipologico

A che presenta una fondazione superficiale si considera un  $\beta_m$  pari a 0.38 e una distribuzione triangolare dell'incremento di spinta.

### 7.8 Combinazioni di carico

Si riporta nel seguito il riepilogo delle combinazioni di carico esaminate per l'analisi e la verifica del muro di sostegno:

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Per le combinazioni d'urto il coefficiente di partecipazione dei carichi stradali è stato posto pari a 0.

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.50	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.35	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.30	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.15	1.00	Sfavorevole

#### Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.50	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - STR (A1-M1-R3)\_URTO

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - GEO (A2-M2-R2)\_URTO

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - EQU (A1-M1-R3)\_URTO

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
urto	1.00	1.00	Sfavorevole

## 8 CODICI DI CALCOLO

Tutte le Analisi e Verifiche esposte nel presente documento sono state effettuate con l'Ausilio dei seguenti Software di calcolo:

- "MAX - ver 15" (Analisi e Calcolo Muri di Sostegno) prodotto e distribuito dalla Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) specifico da licenza n° AIU5041GP intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI);
- "PresFle+ ver 5.15" (Verifiche di sezioni in cemento armato) prodotto e distribuito dalla Concrete srl, identificato nello specifico da licenza n° 4552054 intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI);
- "Fogli di Calcolo Excel Autoprodotti".

### 8.1 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.

### 8.2 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.

### 8.3 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, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

## 9 ANALISI E VERIFICHE DEL MURO DI SOSTEGNO

### 9.1 MURO TIPOLOGICO C su 3 micropali ( $H_{\text{paramento}}=4\text{m}$ )

Di seguito si riportano i risultati delle analisi del muro di sostegno denominato "TIPOLOGICO C", aventi le seguenti caratteristiche geometriche. Esso è fondato su 3 file micropali di diametro  $D=230\text{mm}$  e di lunghezza  $L=6\text{m}$ .

tipologico	fondazione	$H_{\text{paramento}}$	$H_{\text{fondazione}}$	N°file micropali	D pali	L pali	D tubo	spessore
		[m]	[m]		[mm]	[m]	[mm]	[mm]
C	micropali	4	0.9	3	230	6	139.7	10

Tabella 14: caratteristiche geometriche muri di sostegno

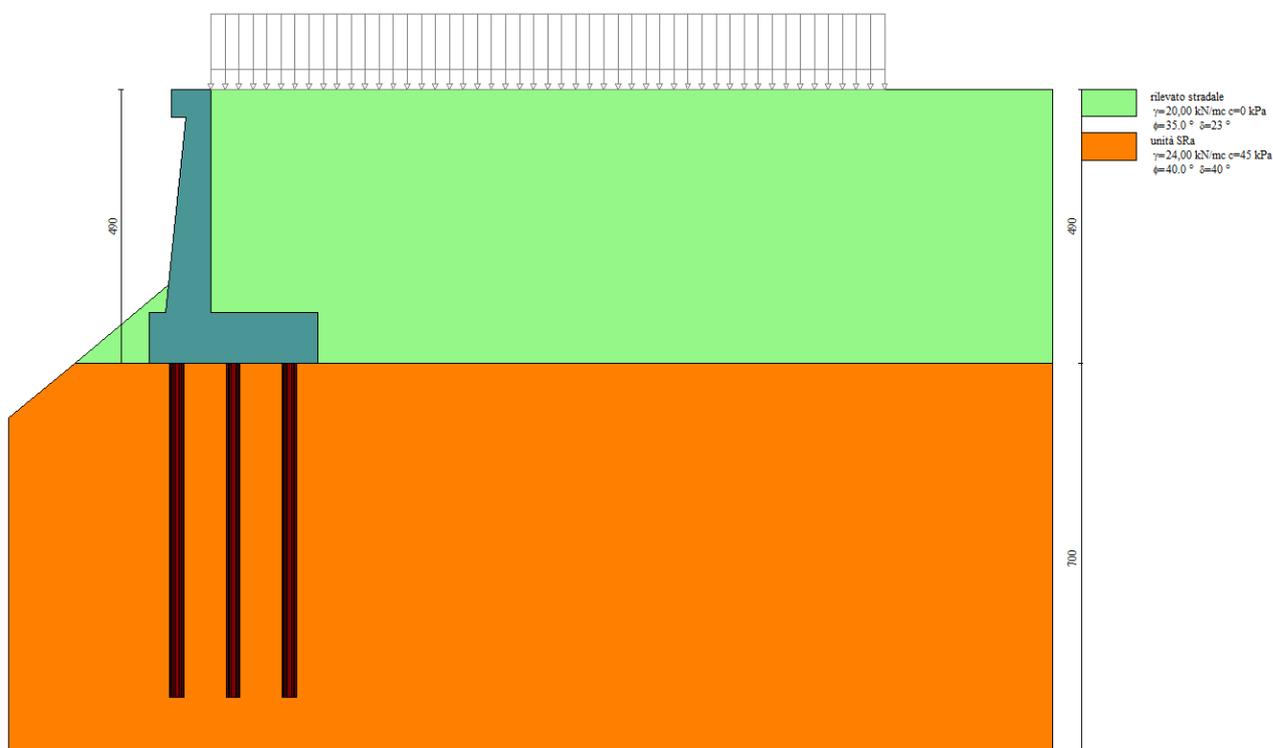


Figura 14: modello di calcolo muro tipologico C

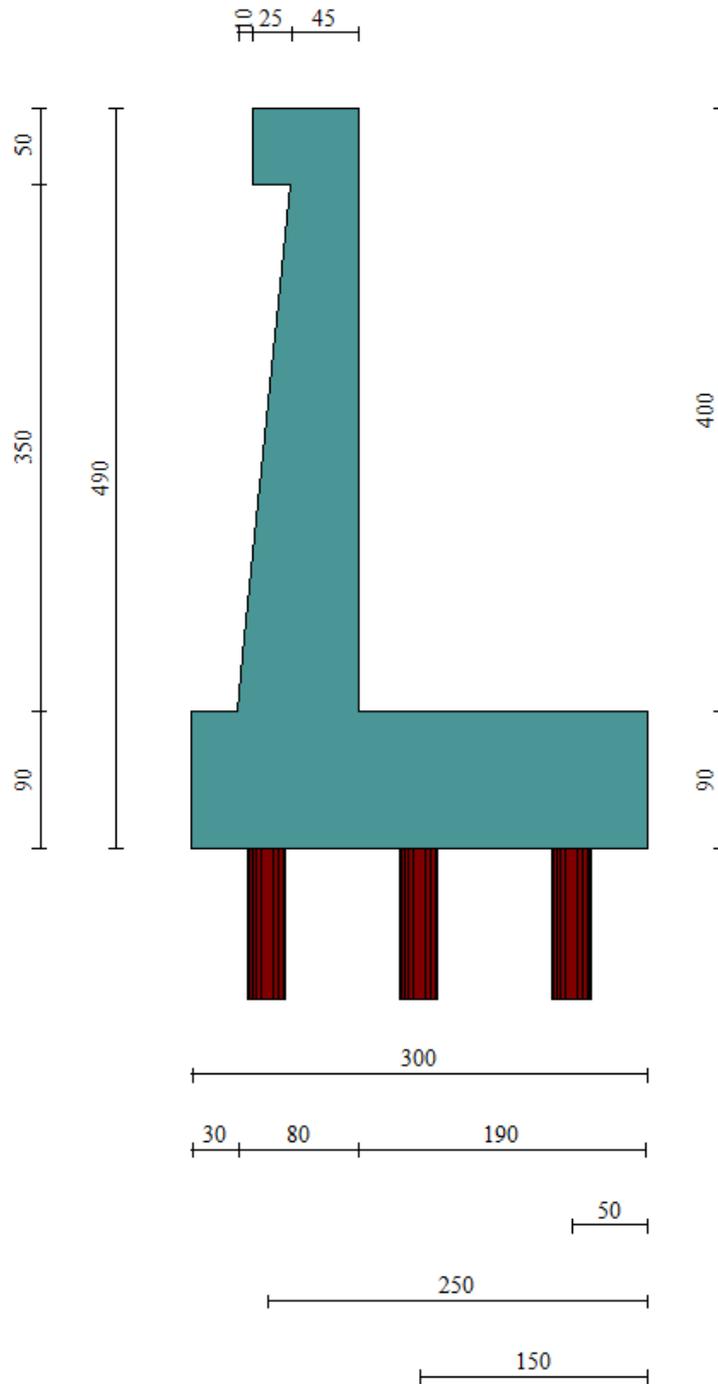
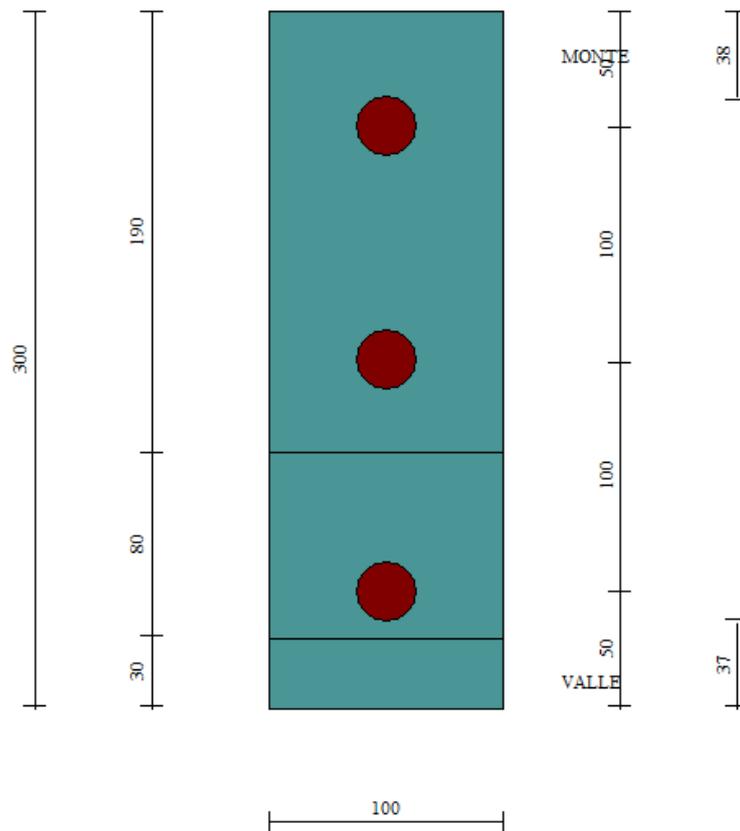


Figura 15: Geometria del muro di sostegno: sezione trasversale



*Figura 16:pianta fondazione su pali*

Si fa notare che, come specificato al paragrafo seguente, le sollecitazioni a testa palo non dipendono dalla lunghezza dei pali o dal terreno di fondazione. Pertanto, le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione usate nel modello non sono rilevanti ai fini della determinazione delle sollecitazioni in testa ai pali. Il dimensionamento dei pali di fondazione viene eseguito infatti sulla base degli scarichi da questo ottenuti e di un confronto degli stessi con la curva di portanza, costruita tenendo conto dell'effettiva stratigrafia del terreno di fondazione.

### 9.1.1 Sollecitazioni Paramento

Si riportano i risultati delle verifiche geotecniche e le sollecitazioni per le combinazioni statiche/sismiche e per la combinazione eccezionale d'urto. **Occorre precisare che nelle verifiche geotecniche il terreno dinanzi la fondazione è stato considerato pesante ma privo di resistenza passiva**

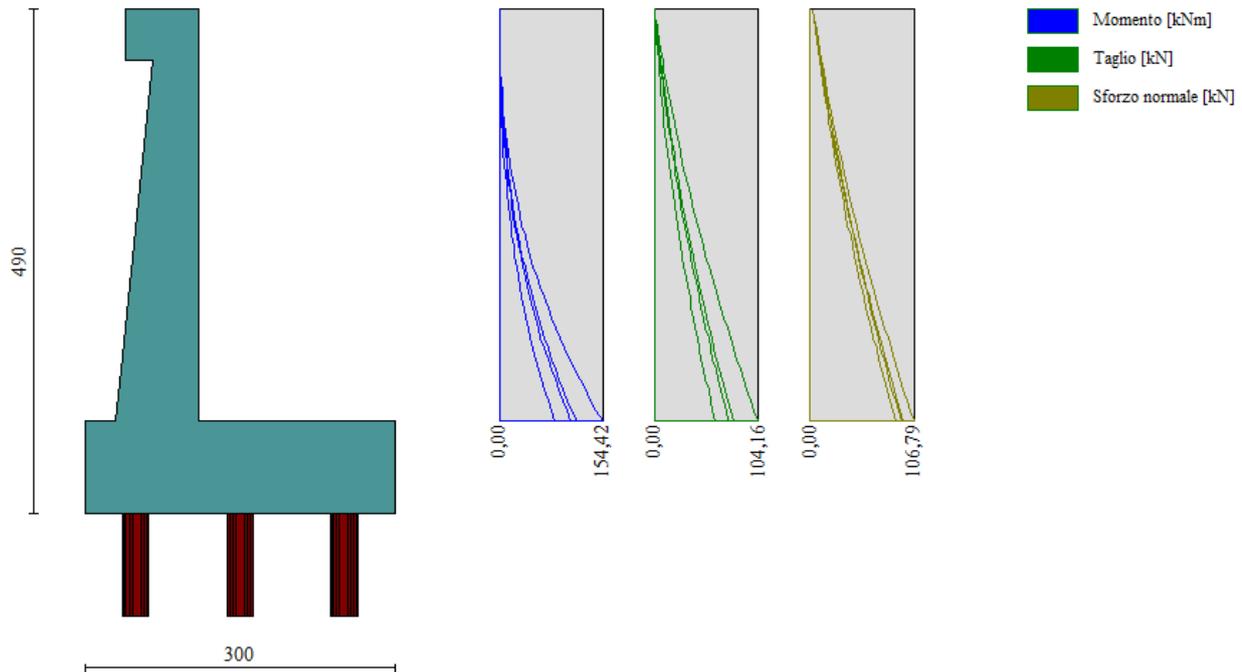


Figura 17 – Inviluppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno in condizioni statiche

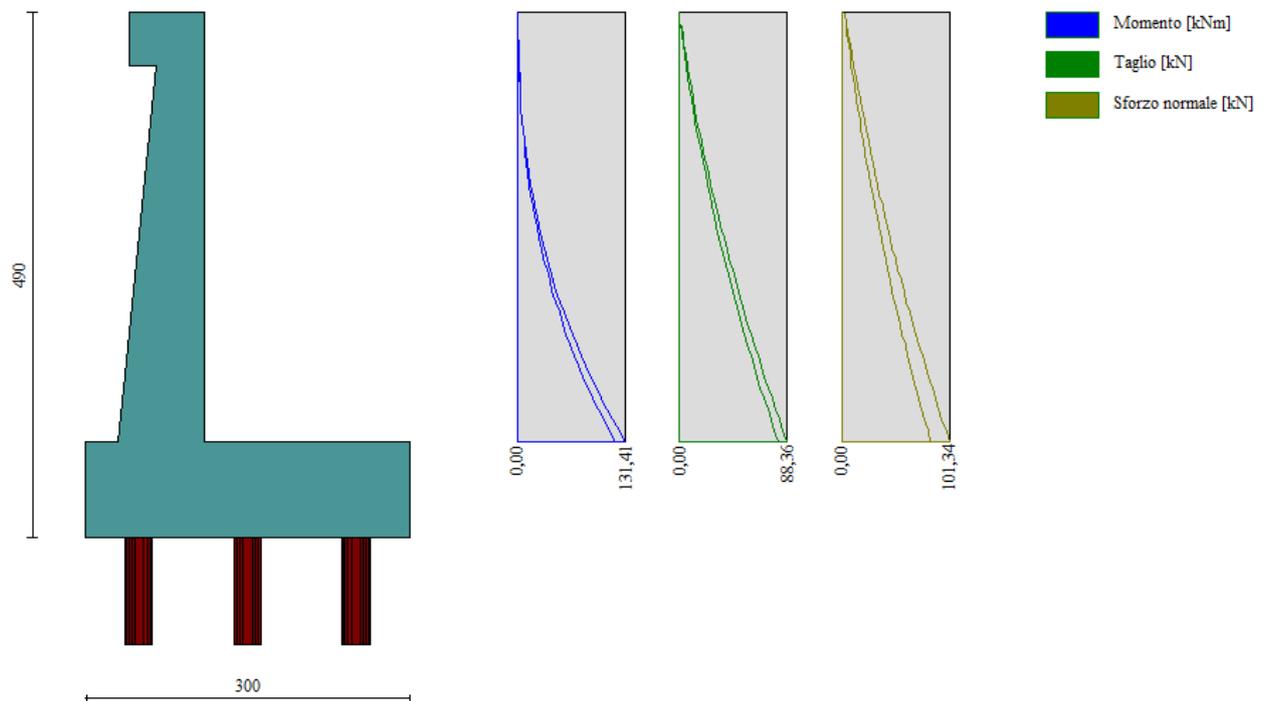


Figura 18- Inviluppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno in condizioni sismiche

### 9.1.2 Verifiche strutturali paramento e piastra fondazione

Sia le verifiche a pressoflessione che a taglio sono state eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati sulla base delle NTC2018 e mediante software di calcolo PressFle sulla base dell'involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni. Nelle verifiche è stato considerato un copriferro (distanza tra il bordo e l'asse del ferro longitudinale) pari a 70mm.

Elemento	STATICA				SISMICA				Max			
	MY, Ed	MX, Ed	N <sub>ed</sub>	T <sub>ed</sub>	MY, Ed	MX, Ed	N <sub>ed</sub>	T <sub>ed</sub>	MY, Ed	MX, Ed	N <sub>Ed,min</sub>	T <sub>Ed,min</sub>
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Paramento	154,42	-	106,79	104,16	131,41	-	101,34	88,36	154,42	-	106,79	104,16
Fondazione	97,39	38,57	-	71,46	207,65	62,30	-	151,46	207,65	62,30	0,00	151,46

Di seguito si riportano le armature di progetto previste per le sezioni di calcolo del paramento e della piastra di fondazione.

Tabella 15: Armature di progetto paramento e piastra fondazione

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle
Paramento	Φ16/20	Φ12/20

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato inferiore	Lato superiore
Piastra fondazione	Φ16/20	Φ16/20

Si dispongono ripartitori in fondazione e nel paramento Φ12/20.

Elemento		GEOMETRIA		VERIFICA A PRESSOFLESSIONE							
		b	h	M <sub>ed,y</sub>	M <sub>ed,x</sub>	N <sub>ed,min</sub>	Armature	c	d	M <sub>Rd</sub>	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Paramento	monte	1000	800	154,4	-	106,8	Φ16/20	70	730	368,0	2,38
	valle						Φ12/20				
Fondazione	Superiore	1000	900	207,7	-		Φ16/20	70	830	316,0	1,52
	Inferiore						Φ16/20				
Fondazione (ripartitori)	Superiore	1000	900			62,3	Φ12/20	70	830	126,1	2,02
	Inferiore						Φ12/20				

Tabella 16: verifica a pressoflessione

Per il paramento e la fondazione le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. non armati a taglio, tuttavia si prevedono **ganci Φ10/20x40 nel paramento e ganci Φ10/40x40 in fondazione.**

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
	b <sub>w</sub> (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	Ø	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	N <sub>sd</sub> (KN)	V <sub>sd</sub> (KN)	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	ρ <sub>t</sub>	k	f <sub>ck</sub> (Mpa)	v <sub>min</sub>	V <sub>Rdmin</sub> (KN)	V <sub>Rct</sub> (KN)	F.S.
Paramento	1000	800	70	730	5	16	1004,8	0	104,16	0	0,001	1,52	33,2	0,38	276,82	221,46	2,13
Fondazione	1000	900	70	830	5	16	1004,8	0	151,46	0	0,001	1,49	33,2	0,37	304,70	236,09	1,56

Tabella 17: verifica elementi non armati a taglio

Si riportano le verifiche tensionali e a fessurazione del paramento:

Verifica delle tensioni	I <sub>p</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>ed,y</sub>	M <sub>ed,x</sub>	CLS 32/40					ACCIAIO B450C				
					σ <sub>c,y</sub>	σ <sub>c,x</sub>	σ <sub>c,max</sub> = 0,6 f <sub>ck</sub>	FS <sub>y</sub>	FS <sub>x</sub>	σ <sub>t,y</sub>	σ <sub>t,x</sub>	σ <sub>t,max</sub> = 0,8 f <sub>yk</sub>	FS <sub>y</sub>	FS <sub>x</sub>
	[-]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]
combinazione rara	Param.	95,8	115,2	-	3,6		19,2	5,35	-	117,6		360,0	3,06	-
	Fond.	-	58,0	34,5	1,5	1,0	19,2	12,72	19,39	73,1	58,0	360,0	4,93	6,21

Tabella 18: verifica tensionale combinazione rara

Verifica delle tensioni	I <sub>p</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>ed,y</sub>	M <sub>ed,x</sub>	CLS 32/40				
					σ <sub>c,y</sub>	σ <sub>c,x</sub>	σ <sub>c,max</sub> = 0,45 f <sub>ck</sub>	FS <sub>y</sub>	FS <sub>x</sub>
	[-]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]
Combinazione quasi permanente	paramento	88,1	82,4	-	2,5	-	14,4	5,71	-
	fondazione	0,0	58,0	30,5	1,5	1,0	14,4	9,60	14,55

Tabella 19: verifica tensionale combinazione quasi permanente

**Dalla verifica a fessurazione emerge che il muro di sostegno non è fessurato.**

### 9.1.3 Sollecitazioni in testa ai micropali

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di taglio, momento e sforzo normale. Si fa notare che nel software di calcolo, i pali sono stati considerati incernierati in testa ottenendo le sollecitazioni in termini di sforzo normale e taglio. Nella realtà i pali risultano essere incastrati nel plinto di fondazione, pertanto il valore del momento flettente verrà determinato sulla base della teoria di Matlock e Reese di seguito descritta.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidità.

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incernierati a tale piastra.

Lo sforzo normale nei pali è calcolato come segue:

$$N_i = \frac{N_{Ed}}{n} \pm \frac{M}{d}$$

Dove d rappresenta l'interasse trasversale tra i pali.

Pertanto, allo sforzo normale derivato dal codice di calcolo è stato sommato il contributo di compressione o di trazione generato dall'azione flettente, per tener conto dell'interazione palo-terreno.

Le azioni derivanti da questo modello vengono confrontate con le curve di capacità portante dei pali di fondazione.

Mentre le azioni di taglio sono suddivise equamente tra i pali come di seguito riportato:

$$V_i = \frac{V_{Ed}}{n}$$

In definitiva, gli scarichi a testa palo sono pari a quanto di seguito riportato.

Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione

Ip      Indice palo  
N      Sforzo normale, espresso in [kN]  
M      Momento, espresso in [kNm]  
T      Taglio, espresso in [kN]

<b>Cmb</b>	<b>Ip</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	<b>T</b> [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	68,84	0	-49,28
	2	203,89	0	-49,28
	3	136,37	0	-49,28
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-9,68	0	-59,88
	2	257,56	0	-59,88
	3	123,94	0	-59,88
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-30,49	0	-56,3
	2	228,07	0	-56,3
	3	98,79	0	-56,3
7 - SLER	1	98,79	0	-56,3
	2	164,73	0	-40,13
	3	135,12	0	-40,13
8 - SLEF	1	103,08	0	-38,45
	2	159,91	0	-38,45
	3	131,5	0	-38,45
9 - SLEQ	1	95,8	0	-33,4
	2	145,43	0	-33,4
	3	120,62	0	-33,4

**Tabella 20: Scarichi in testa ai pali**

Per la valutazione del momento flettente a testa palo si è utilizzata la teoria di Matlock e Reese per la quale il momento agente a quota testa pali è direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente  $\alpha$  (espresso in metri) “coefficiente di Matlock e Reese”:

$$M_i(V_{Ed}) = \alpha \frac{V_{Ed}}{n}$$

Il coefficiente  $\alpha$  dipende principalmente dalle caratteristiche di rigidità relative palo-terreno e, generalmente, fornisce un valore del momento sollecitante conservativo. Fissato il diametro del palo,  $D$ ,  $\alpha$  dipende quindi dalla rigidità del terreno.

$$M_o = - (T A_s/B_s) * F_o = - \alpha * F_o \quad \alpha = .4613 \text{ m}$$

Momento adimensionale lungo il fusto del palo  
con sommita' impedita di ruotare

z m	Mad -
.000	1.0000
.375	.3327
.750	-.0516
1.125	-.2100
1.500	-.2245
1.875	-.1707
2.250	-.1014
2.625	-.0447
3.000	-.0095
3.600	.0095
4.200	.0077
4.800	.0029
5.400	.0002
6.000	-.0004
7.000	-.0002
8.000	.0000
9.000	.0000
10.500	.0000
12.000	.0000

Momento:  $M(z) = M_o * Mad(z)$

Nel caso in esame si ha:

PALI D230
$\alpha = 0.46 \text{ m}$

Tabella 21: parametro  $\alpha$

Vengono riportate nella tabella che segue le sollecitazioni in testa ai pali.

Combinazione	Ip	V	$\alpha$	M	N
	[-]	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	49,3	0,460	22,7	68,8
	2	49,3	0,460	22,7	203,9
	3	49,3	0,460	22,7	136,4
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	59,9	0,460	27,5	-9,7
	2	59,9	0,460	27,5	257,6
	3	59,9	0,460	27,5	123,9
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	56,3	0,460	25,9	-30,5
	2	56,3	0,460	25,9	228,1
	3	56,3	0,460	25,9	98,8
SLE - Rara	1	56,3	0,460	25,9	98,8
	2	40,1	0,460	18,5	164,7

	3	40,1	0,460	18,5	135,1
SLE - Frequente	1	38,5	0,460	17,7	103,1
	2	38,5	0,460	17,7	159,9
	3	38,5	0,460	17,7	131,5
SLE - Quasi Permanente	1	33,4	0,460	15,4	95,8
	2	33,4	0,460	15,4	145,4
	3	33,4	0,460	15,4	120,6

Tabella 22: sollecitazioni in testa ai pali

Si riportano inoltre nella seguente tabella, ai fini delle prove in corso d'opera, le sollecitazioni in punta ai pali pari a 1.5SLE (ai sensi del par. 6.4.3.7.2. delle NTC 2018):

Combinazione	Ip	V	$\alpha$	M	N
	[-]	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]
1.5*SLE_rara	1	84.5	0.460	38.8	148.2
	2	60.2	0.460	27.7	247.1
	3	60.2	0.460	27.7	202.7

Tabella 23: sollecitazioni 1.5\*SLE

#### 9.1.4 Verifiche strutturali dei micropali

Per i pali di fondazione di diametro D=230mm si prevede una armatura tubolare di diametro 139.7 mm e spessore 10mm.

SOLLECITAZIONI SU SINGOLO PALO					
COMB.	V <sub>MAX</sub>	N <sub>MAXc</sub>	N <sub>MAXt</sub>	M <sub>MAX,y</sub>	M <sub>MAX,z</sub>
STR1	59.9 kN	257.6 kN	-30.5 kN	27.5 kN	-

VERIFICHE STRUTTURALI MICROPALO		
MATERIALI		
Tipo acciaio		S 355
Valore di snervamento dell'acciaio del profilo:	f <sub>yk</sub>	355 MPa
Valore di rottura dell'acciaio del profilo:	f <sub>uk</sub>	510 MPa
Modulo di elasticità dell'acciaio:	E	210000 MPa
Modulo di elasticità tangenziale dell'acciaio:	G	80769 MPa
COEFFICIENTI PARZIALI		
coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza:	γ <sub>M0</sub>	1.05
coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità:	γ <sub>M1</sub>	1.05
coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura	γ <sub>M2</sub>	1.25
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL PROFILO		

Diametro esterno nominale	D	139.70	[mm]
Spessore nominale	T	10.00	[mm]
Diametro interno nominale	d	119.70	[mm]
Area della sezione trasversale	A	40.75	[cm <sup>2</sup> ]
Area a taglio	A <sub>v</sub>	25.94	[cm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia	I	861.89	[cm <sup>4</sup> ]
Raggio d'inerzia	i	4.60	[cm]
Modulo di resistenza elastico	W <sub>el,yy</sub>	123.39	[cm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W <sub>pl,yy</sub>	168.55	[cm <sup>3</sup> ]
Momento d'inerzia torsionale	I <sub>t</sub>	1723.79	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di torsione	C <sub>t</sub>	246.78	[cm <sup>3</sup> ]
Valore di snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355.00	[MPa]
Coefficiente e	e	0.81	[-]
Diametro	d	139.70	[mm]
Spessore	t	10.00	[mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	13.97	[-]
Classificazione della sezione	CLASSE 1		
<b>VERIFICHE DI RESISTENZA DELLA SEZIONE TRASVERSALE</b>			
<b>Resistenza a trazione pura</b>			
Resistenza plastica a trazione:	N <sub>t,Rd</sub>	1377.62	kN
Verifica a trazione pura:	0.0		
<b>Resistenza a compressione pura</b>			
Resistenza plastica a trazione:	N <sub>c,Rd</sub>	1377.62	kN
Verifica a compressione pura: r <sub>Nc=</sub>	0.19		
<b>Resistenza a flessione</b>			
Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore:	M <sub>pl,y,Rd</sub>	56.99	kNm
Verifica a flessione attorno all'asse maggiore:	0.48		
Resistenza a flessione attorno all'asse minore	M <sub>pl,z,Rd</sub>	56.99	kNm
Verifica a flessione attorno all'asse minore:	0.00		
<b>Presso o tenso-flessione retta</b>			
Fattori di riduzione	n	0.19	
	a	0.36	
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse maggiore:	M <sub>N,y,Rd</sub>	56.62	kNm

Verifica combinatatataglio, forza assiale flessione attorno all'asse maggiore:	0.49		
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse minore:	$M_{N,z,Rd}$	56.62	kNm
Verifica combinatatataglio, forza assiale flessione attorno all'asse minore:	0.00		
<b>Presso o tenso-flessione biassiale</b>			
Verifica a presso/tenso flessione biassiale:	0.49		
<b>Resistenza a taglio</b>			
Resistenza plastica a taglio:	$V_{pl,z,Rd}$	506.35	kN
Verifica a taglio:	0.12		
Trascurare contributo del taglio nelle verifiche			
<b>Resistenza a flessione e taglio</b>			
Fattore di riduzione per la presenza di taglio:	$\rho_{Vz,red}$	0.00	
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse maggiore:	$M_{Vy,Rd}$	56.99	kNm
Verifica a flessione attorno all'asse maggiore:	0.48		
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse minore:	$M_{Vz,Rd}$	56.99	kNm
Verifica a flessione attorno all'asse minore:	0		
<b>Resistenza a flessione, forza assiale e taglio</b>			
Fattori di riduzione	n	0.19	
	a	0.36	
	$f_{y,red}$	355.00	MPa
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse maggiore:	$M_{pl,y,Rd}$	56.99	kNm
Resistenza a flessione attorno all'asse minore:	$M_{pl,z,Rd}$	56.99	kNm
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse maggiore:	$M_{N,y,Rd}$	56.62	kNm
Verifica combinatatataglio, forza assiale flessione attorno all'asse maggiore:	0.49		
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse minore:	$M_{N,z,Rd}$	56.62	kNm
Verifica combinata taglio, forza assiale flessione attorno all'asse minore:	0		
Verifica a presso/tenso flessione biassiale:=	0.49		

**Tutte le verifiche strutturali risultano essere soddisfatte.**

## 9.1.5 Verifiche geotecniche dei micropali

### 9.1.5.1 Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali

La determinazione della lunghezza dei pali è il risultato della verifica di capacità portante che si riporta nella seguente tabella ottenuta considerando un substrato costituito da rocce alterate (Unità SR/SB alterata) per il quale si ricava un valore di  $\alpha\tau$  per i micropali pari a 280KPa con  $\alpha=1.2$  e  $\tau=140$ KPa come riportato al par. 6.1.4.

**Tabella 24: Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali- SLU**

Capacità portante micropali compressione - SLU			
$L_p$	$Q_{II}$	$N_{max}$	FS
[m]	[kN]	[kN]	[-]
0	0.00	258	0.00
0.5	51.74	258	0.20
1	103.49	258	0.40
1.5	155.23	258	0.60
2	206.98	258	0.80
2.5	258.72	258	1.00
3	310.46	258	1.21
3.5	362.21	258	1.41
4	413.95	258	1.61
4.5	465.69	258	1.81
5	517.44	258	2.01
5.5	569.18	258	2.21
6	620.93	258	2.41
6.5	672.67	258	2.61
7	724.41	258	2.81
7.5	776.16	258	3.01
8	827.90	258	3.21
8.5	879.65	258	3.42
9	931.39	258	3.62
9.5	983.13	258	3.82
10	1034.88	258	4.02

In accordo con la curva di capacità portante ottenuta, è stata considerata una lunghezza dei micropali pari a 6m.

### 9.1.5.2 Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali

Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali dei pali all'SLU, secondo la teoria di Broms descritta nel § 6.1.5.

RUN ANALYSIS		Analysis Type	Id Load	step	cycle	error	tollered	
		<b>BROMS</b>	4/4	20/20	1	0.00%	0.50%	
PILE PROPERTIES AND GENERAL DATA								
		Dp [m] = <b>0.23</b>	outer diameter					
		Lp [m] = <b>6.00</b>	length					
		n elem. [--] = <b>24</b>	number of elements					
		dL [m] = 0.25	length of elements					
		Ep [kPa] = <b>20,000,000</b>	Young's modulus, E [MPa] = 20,000					
		Ep Jp [kN m <sup>2</sup> ] = 2,747	elastic bending stiffness					
		Tollerated Error [--] = <b>0.5%</b>	Tollerated error referred to transfer curves [1.0 - 3.0%]					
		Numero Step [--] = <b>20</b>	number of steps					
P-Y LOAD TRANSFER CURVES - VS - DEPTH from GROUND LEVEL								
		Depth Pile Head [m] = <b>0.9</b>	below ground level		Resistance reduction option for cohesive soil			
		Depth water Level [m] = <b>5.0</b>	below ground level		<b>0</b>	... no resistance reduction		
		Number of layers [--] = <b>1</b>	below ground level		<b>2</b>	plim = Kp <sup>2</sup> s'v (Poulos & Davis, 80)		
Soil Type	Curve Type	thick [m]	depth [m]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	cu [kPa]	φ' [deg]	Esi [kPa]	p-multiplier [--]
Granular	<b>1</b>	15.00	0.00	24.0		40.0		1.00
			15.00			40.0		1.00

### Verifica 1 MPy compressione

PILE ELASTIC SECTION and MOMENT CAPACITY							
		Number of sections [--] = <b>1</b>					
		section	length [m]	x [m]	EpJp [kN m <sup>2</sup> ]	Mp,y [kN m]	
		<b>1</b>	<b>6.00</b>	0.00	<b>2,747</b>	<b>56.5</b>	
				6.00			

### Verifica 2 MPy trazione

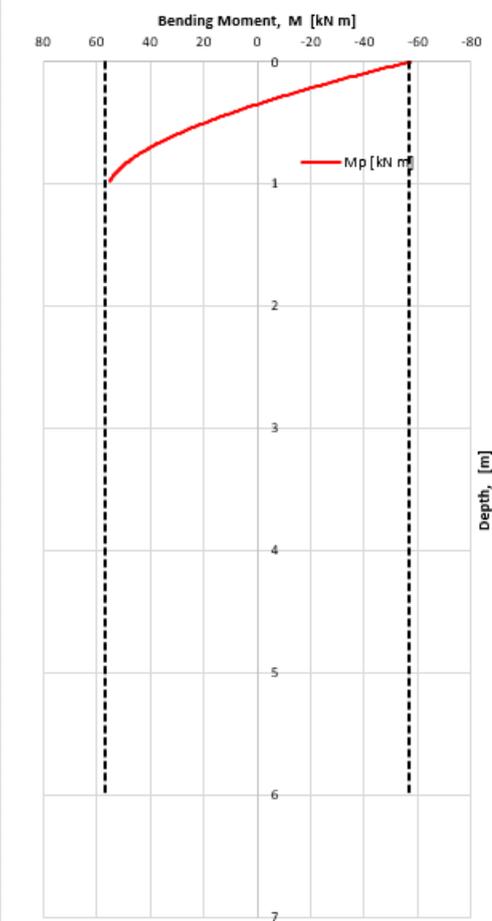
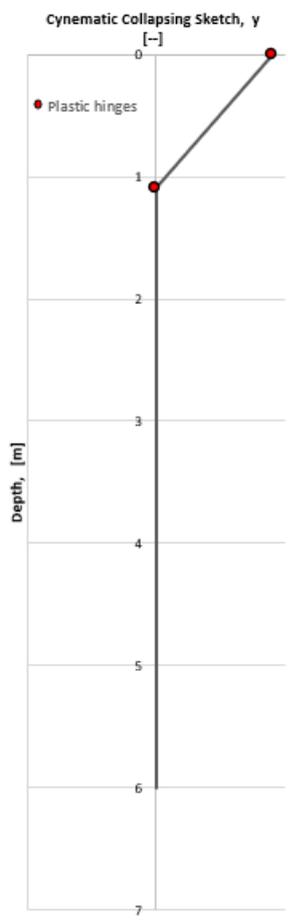
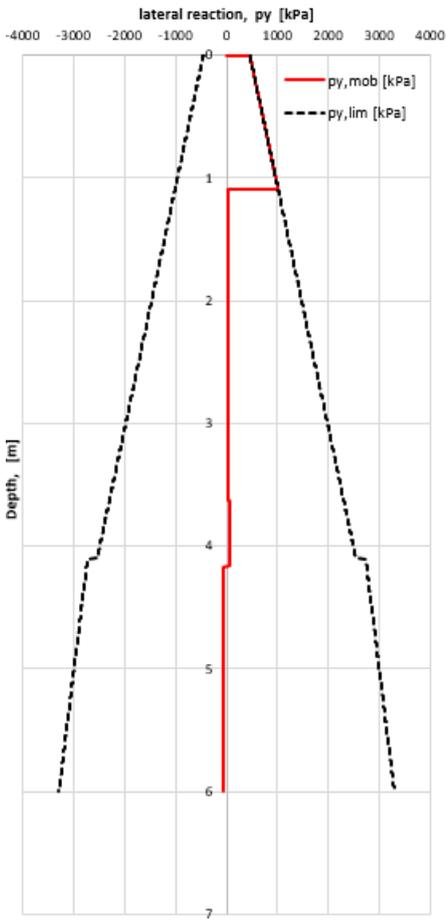
PILE ELASTIC SECTION and MOMENT CAPACITY							
		Number of sections [--] = <b>1</b>					
		section	length [m]	x [m]	EpJp [kN m <sup>2</sup> ]	Mp,y [kN m]	
		<b>1</b>	<b>6.00</b>	0.00	<b>2,747</b>	<b>56.2</b>	
				6.00			

Il momento di plasticizzazione (Mp,y) è stato valutato:

- Tubo φ 139.7 s=10 mm
- coefficienti parziali sui materiali (cls ed acciaio) unitari: γc = 1.5 γs = 1.15,
- Plim = kp<sup>2</sup> \* σ'v,
- Per compressione N=0 kN, per trazione N=-30.5 kN

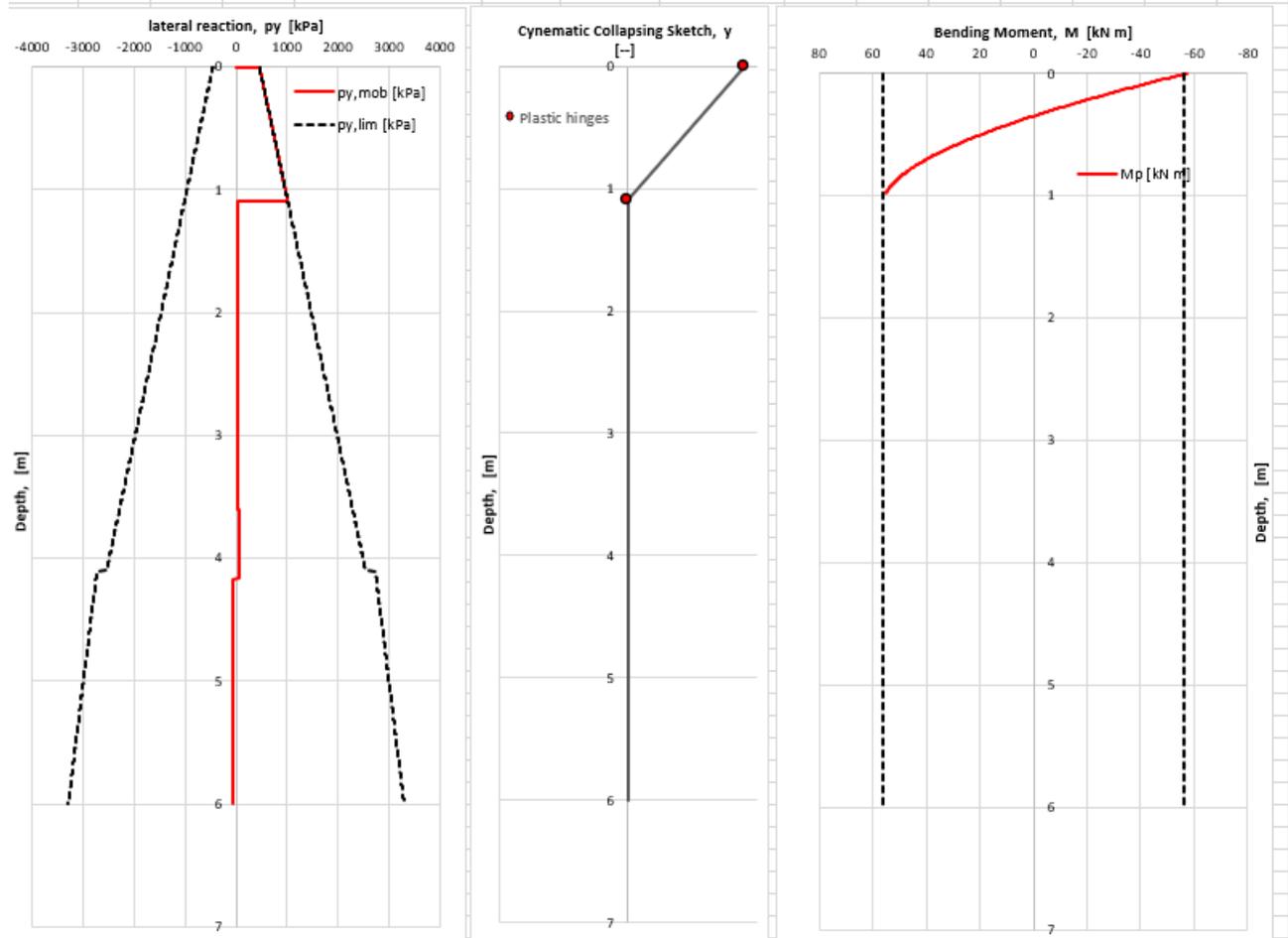
### Risultati verifica 1

Pile Type Condition :	Long	$\gamma_R \cdot \xi =$	2.21
	Hlim [kN] = 184.3		Hd [kN] = 83.4
Plastic hinge	Depth [m]	Mp [kN m]	Horizontal Load
yes	0.00	-57	125.8
yes	1.09	57	184.3



**Risultati verifica 2**

Pile Type Condition : Long		$\gamma_R \cdot \xi = 2.21$	
Hlim [kN] = 184.3		Hd [kN] = 83.4	
PLastic hinge	Depth [m]	Mp [kN m]	Horizontal Load
yes	0.00	-57	125.8
yes	1.09	57	184.3



SOLLECITAZIONI						VERIFICHE			
Design Forces (Nmin)			Design Forces (Nmax)			Rd,t	FSt	Rd,c	FSc
$N_{Ed,MIN}$	$M_{Ed}$	$V_{Ed}$	$N_{Ed,max}$	$M_{Ed}$	$V_{Ed}$	kN	[-]	kN	[-]
-30.5	27.5	59.9	257.6	27.5	59.9	428.4	14.04719	465.6949	1.807822

**La verifica a carico limite orizzontale risulta essere soddisfatta.**

### 9.1.5.3 Verifica di stabilità globale

Si riportano i FS della verifica di stabilità globale effettuata con il metodo di Bishop in condizioni statiche e sismiche. Le verifiche di stabilità dei muri lato valle eseguite con il software di calcolo analizzano la condizione di stabilità "locale" in corrispondenza del muro..

Per maggiori dettagli su metodo delle strisce si rimanda al tabulato di calcolo.

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]	
2 - GEO (A2-M2-R2)	-4.50; 3.50	15.56	2.288

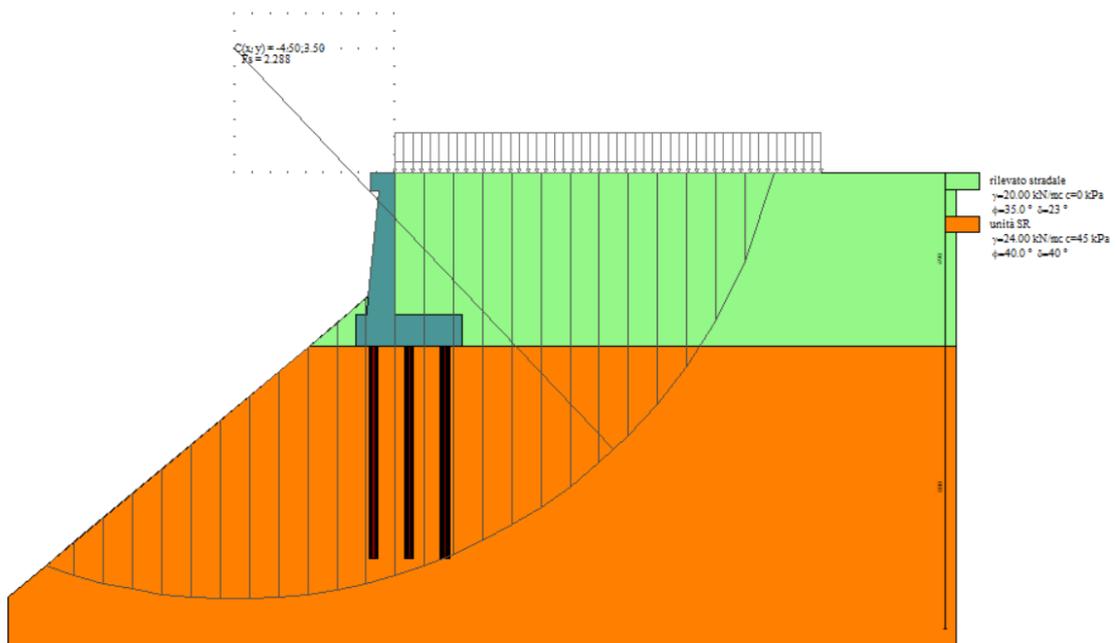


Figura 19: Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione statica)\_FS=2.288

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
3 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4.50; 4.50	16.49	2.117
4 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4.50; 4.50	16.49	2.089

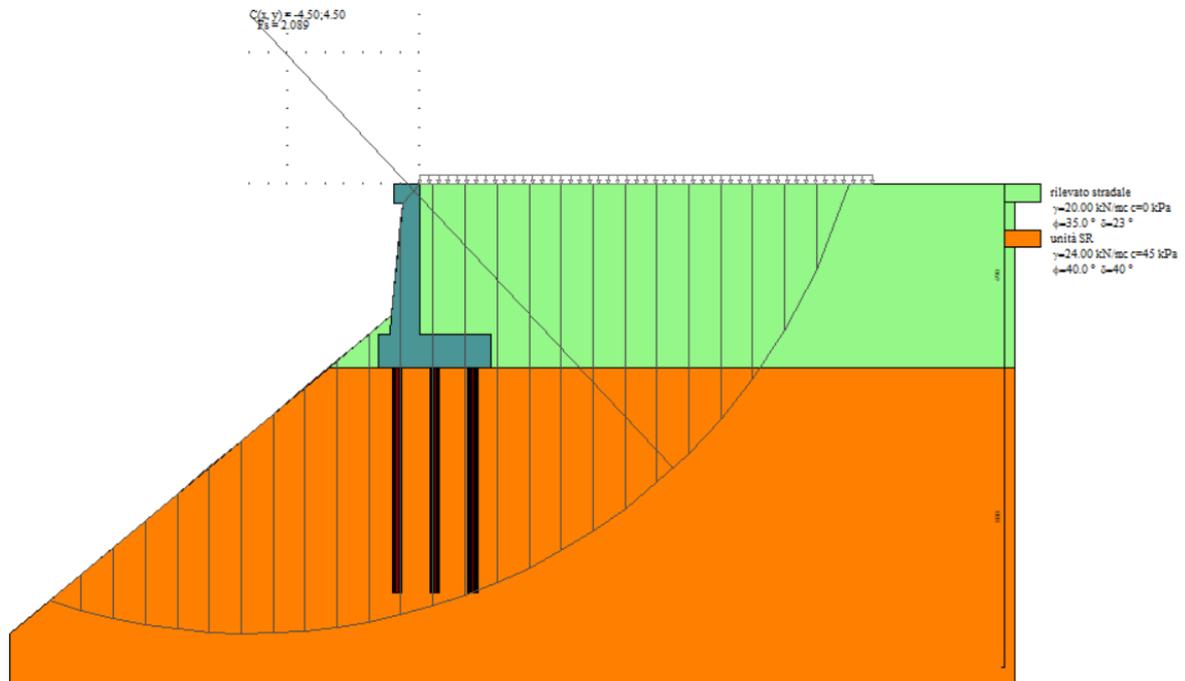


Figura 20: Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione sismica H-V)\_FS=2.089

### 9.1.6 Verifica dell'inflessione del paramento

Ai fini della valutazione di possibili cedimenti a tergo del muro di sostegno, in corrispondenza della piattaforma stradale, si calcola l'inflessione del paramento sotto i carichi allo SLU.

Il calcolo dell'inflessione avviene facendo riferimento- cautelativamente- agli schemi noti della teoria dell'elasticità considerando come carico l'involuppo delle spinte sul paramento scondo cui la freccia massima è pari a :

$$f = \frac{q L^4}{30 E J}$$

Dove:

- q è la pressione triangolare massima agente alla base del paramento del muro;
- L è l'altezza del paramento;
- E è il modulo elastico del calcestruzzo;
- J è l'inerzia della sezione media del muro.

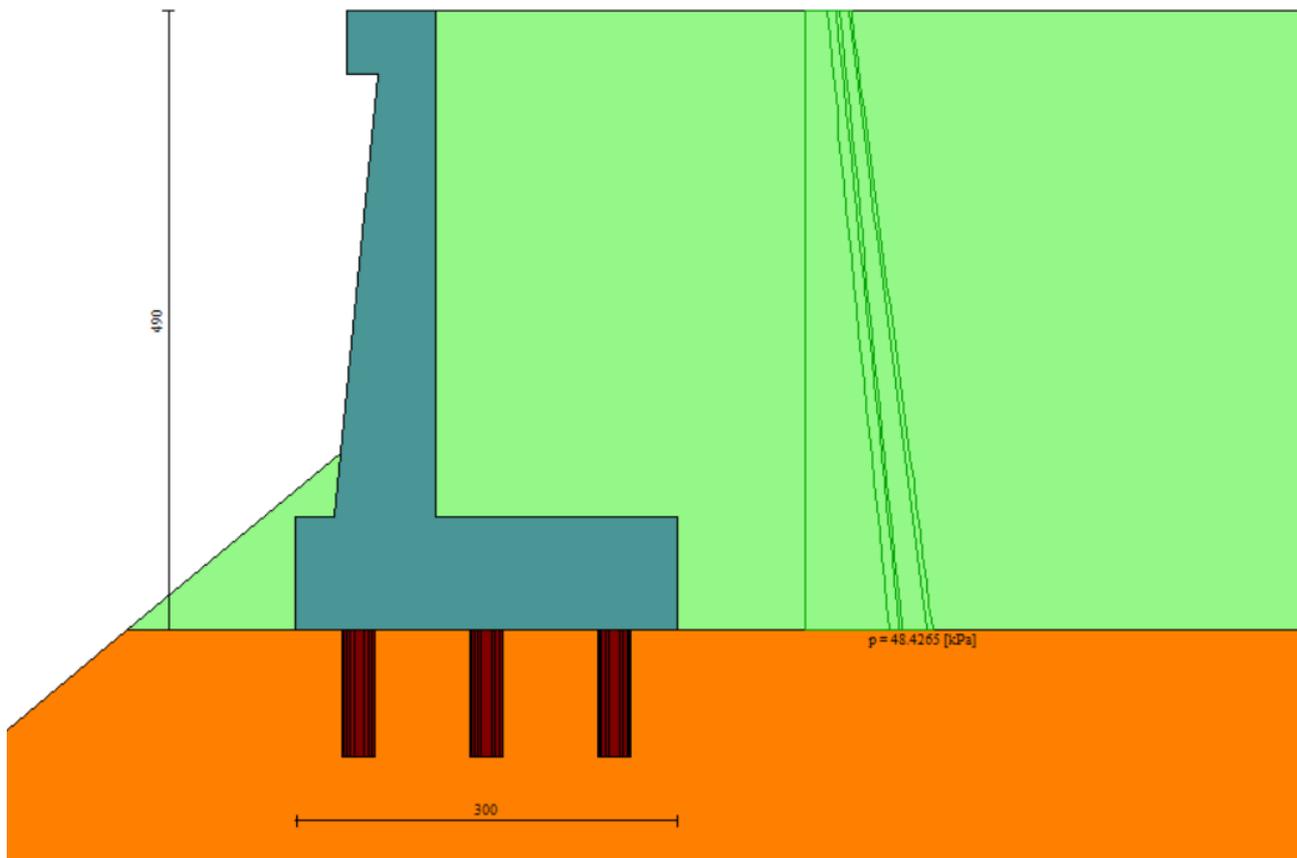


Figura 21: Involuppo spinte in condizioni statiche

Tipo	Combinazione	fondazione	$H_{\text{paramento,max}}$	$S_{\text{paramento,medio}}$	Inerzia	q	w
			[m]	[m]	[m <sup>4</sup> ]	[KN/m]	[mm]
C	statica	pali	4.0	0.60	0.017966	48.42	0.72

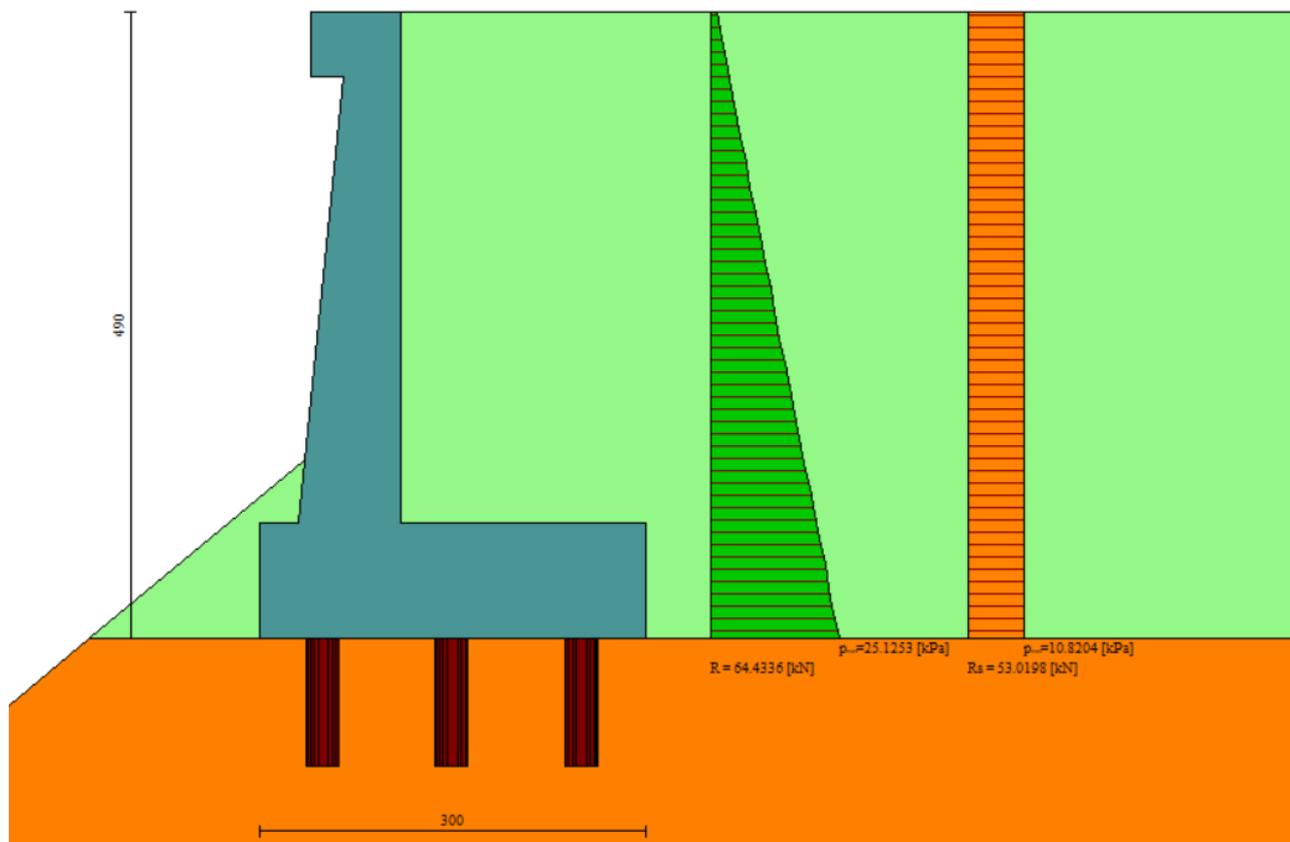


Figura 22: Involuppo spinte \_combinazione sismica H+V

Tipo	Combinazione	fondazione	H <sub>paramento,max</sub>	S <sub>paramento,medio</sub>	Inerzia	q	w
			[m]	[m]	[m <sup>4</sup> ]	[kN/m]	[mm]
C	sismica	pali	4.0	0.60	0.017966	35.94	0.53

**Sulla base del calcolo dell'inflexione del paramento in condizioni statiche e sismiche, si ritiene che i cedimenti indotti sul piano stradale risultano essere trascurabili.**

### 9.1.7 Verifiche locali della mensola per azioni d'urto

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Il carico di progetto come definito al paragrafo 7.4. è costituito dalla forza orizzontale di plasticizzazione della barriera pari a  $F = 79.5 \text{ kN}$ , applicata alla quota di 1,0 m sopra il piano di marcia. e 100 mm sotto la sommità della barriera. Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza  $d = 1.00 \text{ m}$  dalla base della barriera.

**Trattandosi di un'azione eccezionale, le verifiche dei cordoli portabarriera all'urto devono essere condotte considerando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sulle resistenze dei materiali.**

Il muro presenta una larghezza pari a 0.7m. Si dispone nella mensola una staffatura di  $\Phi 12/20$ .

La funzione di tali staffe è duplice:

- Equilibrare l'azione orizzontale  $F$ ;
- Equilibrare la trazione dei tirafondi della barriera nel meccanismo di pull out.

Per il punto 1. Il cono di rottura che determina il numero di staffe resistenti si determina secondo quanto riportato nella figura seguente, ipotizzando una diffusione a 45° della sollecitazione agente a partire dalla posizione dei tirafondi tesi. Si considera una larghezza della piastra di 0.30m posizionata a 0.10m dal bordo del muro. La forza orizzontale F è equilibrata dalle barre  $\Phi 12/20$  che sono sempre presenti all'interno del cono di rottura evidenziato nella seguente figura.



Figura 23: cono di diffusione verifica staffe orizzontali

In dettaglio la forza orizzontale rappresenta l'azione di urto, che è pari a  $F=79.5$  kN.

Le barre  $\Phi 12/20$  oppongono una resistenza a tale forza espressa dalla seguente relazione:

$$F_R = n \cdot \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_d}$$

Dove  $A_s$  è l'area della staffa e  $n$  è il numero di bracci presenti nel cono di diffusione.

Nel caso in esame è stata assunta, come base del cono di rottura la larghezza della piastra pari a 0.3m che permette di individuare, considerando una diffusione a 45° all'interno dello spessore del cordolo, una larghezza collaborante pari a 1.50m all'interno della quale si dispongono 7 ferri e 14 bracci.

Conseguentemente si ha:

verifica delle staffe orizzontali				
Larghezza collaborante	n bracci orizzontali	Fsd	Frd	FS
[m]	[-]	[KN]	[KN]	[-]
1.50	14	712.51	79.53	8.96

Tabella 25: verifica 1 del cordolo portabarriera

La verifica risulta soddisfatta.

Per il punto 2. Il cono di rottura che determina il numero di staffe e quindi di bracci verticali resistenti si determina secondo quanto riportato nella seguente figura, ipotizzando una diffusione a 45° a partire dall'interasse dei tirafondi tesi. La trazione agente nei tirafondi è equilibrata dai bracci verticali delle staffe e da eventuali legature.

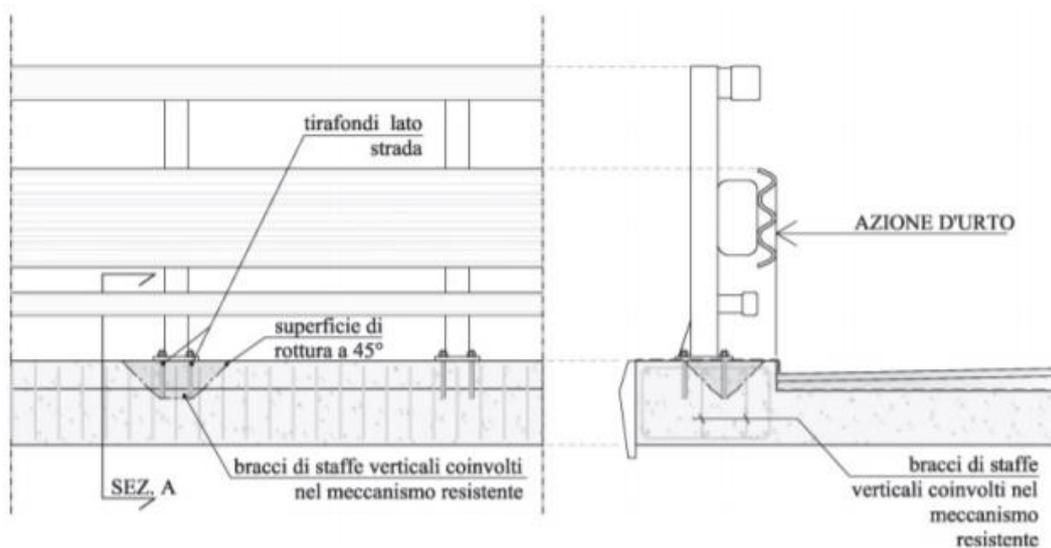


Figura 24: cono di diffusione verifica staffe verticali

Ipotizzando un braccio di leva delle forze interne della piastra di base della barriera pari a  $l = 0.22$  m e un'altezza  $h$  della barriera sopra tale piastra di 1 m, si stima  $T_d$  come:

$$T_d = \frac{N \cdot h}{l}$$

Si dispongono delle staffe  $\Phi 12/20$ . Ipotizzando una lunghezza dei tirafondi di almeno 19 cm (nonché l'interasse tra i due tirafondi tesi di 0.22 m), risulta una lunghezza di diffusione trasversale pari a 0.38m e longitudinale di 0.6m. I bracci verticali compresi nel cono di diffusione sono 3.

Nel calcolare la resistenza delle staffe verticali si considera anche il contributo dei ferri longitudinali  $\Phi 20/20$  del paramento che sono accoppiati alle staffe. Pertanto si calcola la trazione resistente pari a:

$$T_r = n \cdot A_s \cdot f_{yd}$$

Trattandosi di un'azione eccezionale, le verifiche dei cordoli portabarriera all'urto devono essere condotte considerando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sulle resistenze dei materiali.

Verifiche delle staffe verticali				
B <sub>long</sub>	n	T <sub>d</sub>	T <sub>r</sub>	FS
[m]	[m]	[KN]	[KN]	[-]
0.6	3	361.48	576.80	1.60

Le verifiche risultano essere soddisfatte.

## 9.2 MURO TIPOLOGICO F su 6 micropali ( $H_{\text{paramento}}=7\text{m}$ )

Di seguito si riportano i risultati delle analisi del muro di sostegno denominato "TIPOLOGICO F", aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

tipologico	fondazione	$H_{\text{paramento}}$	$H_{\text{fondazione}}$	N° file micropali	D pali	L pali
		[m]	[m]		[m]	[m]
<b>F</b>	micropali	7	1.2	6	0.23	8

Tabella 26: caratteristiche geometriche muri di sostegno

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica del modello di calcolo adottato per il muro tipologico F avente un'altezza del paramento pari a 7m. Esso è fondato su 6 file di micropali di diametro  $D=230\text{mm}$  e di lunghezza  $L=8\text{m}$ .

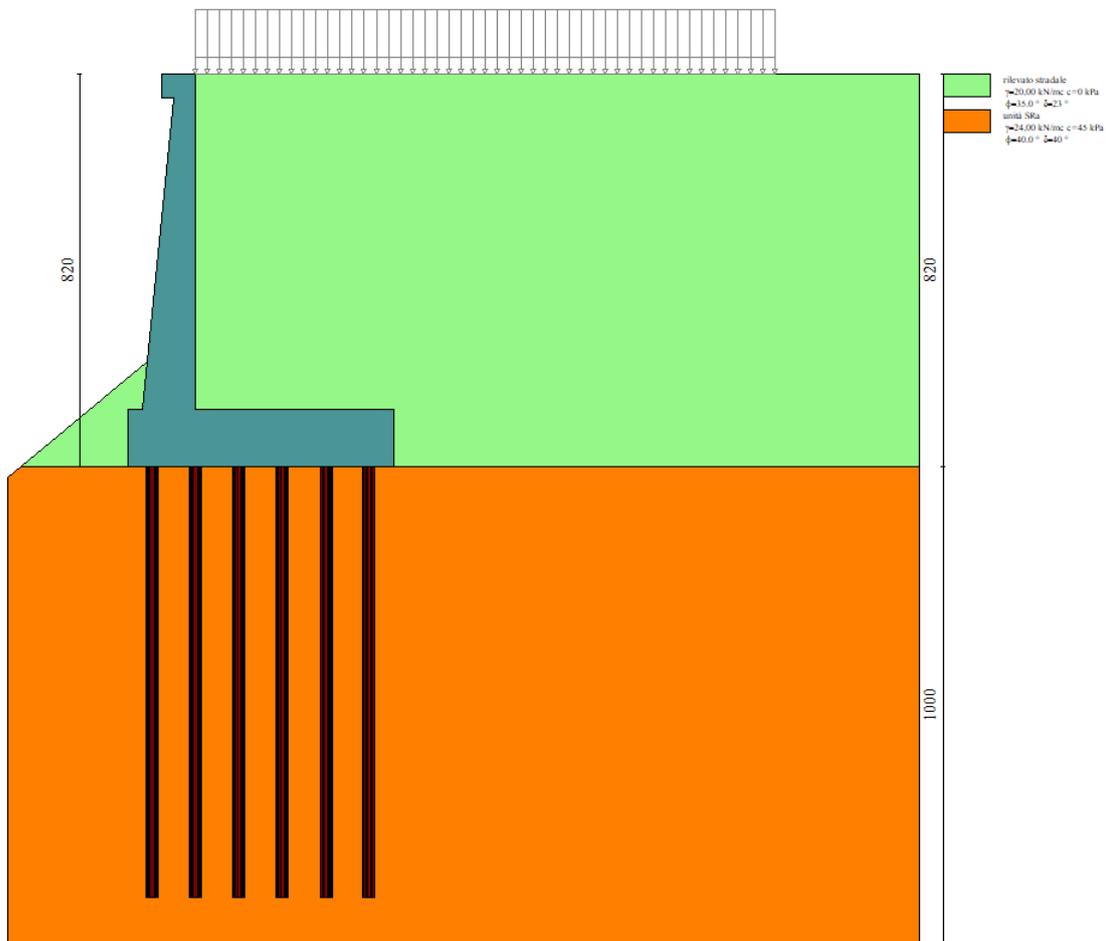


Figura 25: modello di calcolo muro tipologico F

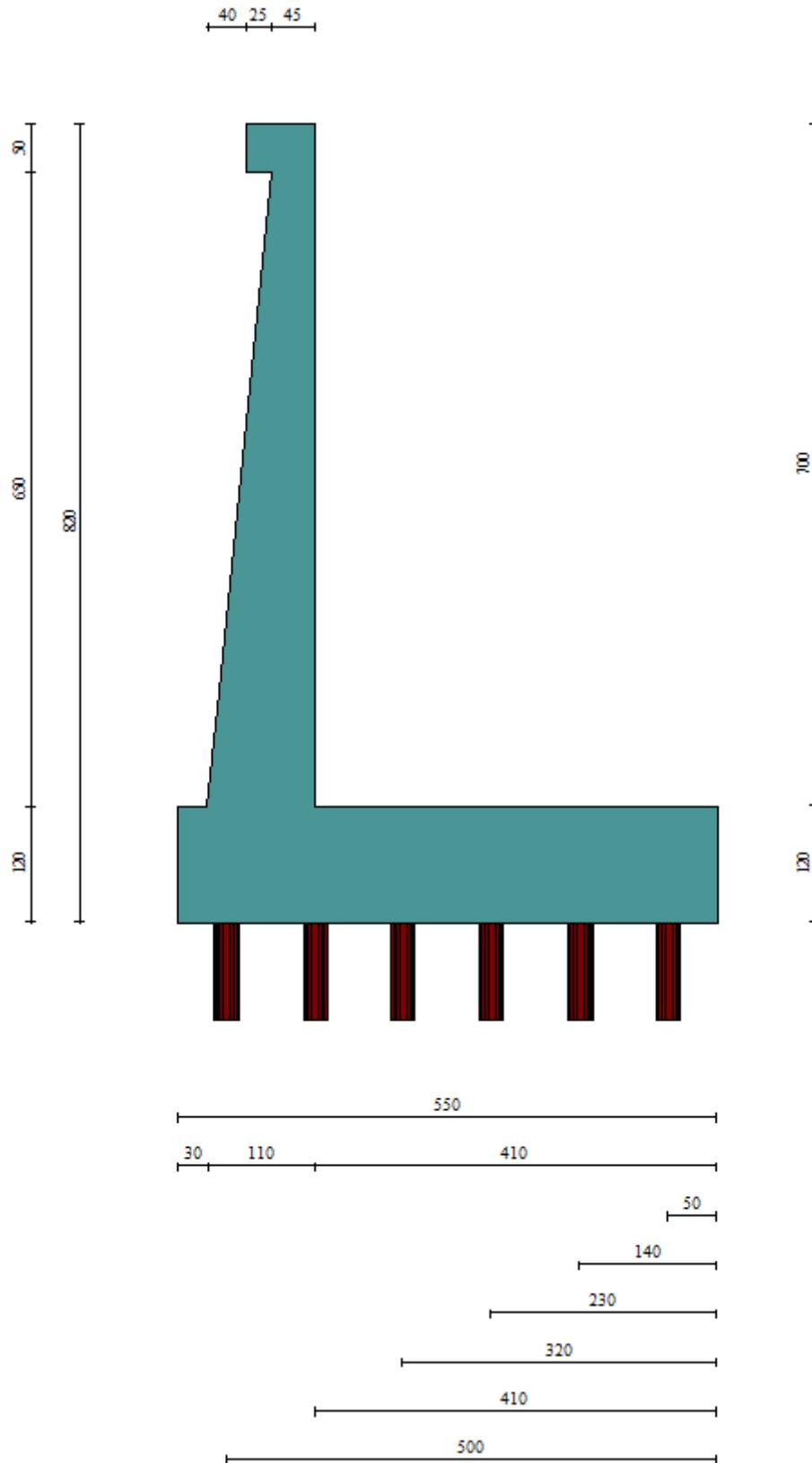


Figura 26: Geometria del muro di sostegno: sezione trasversale

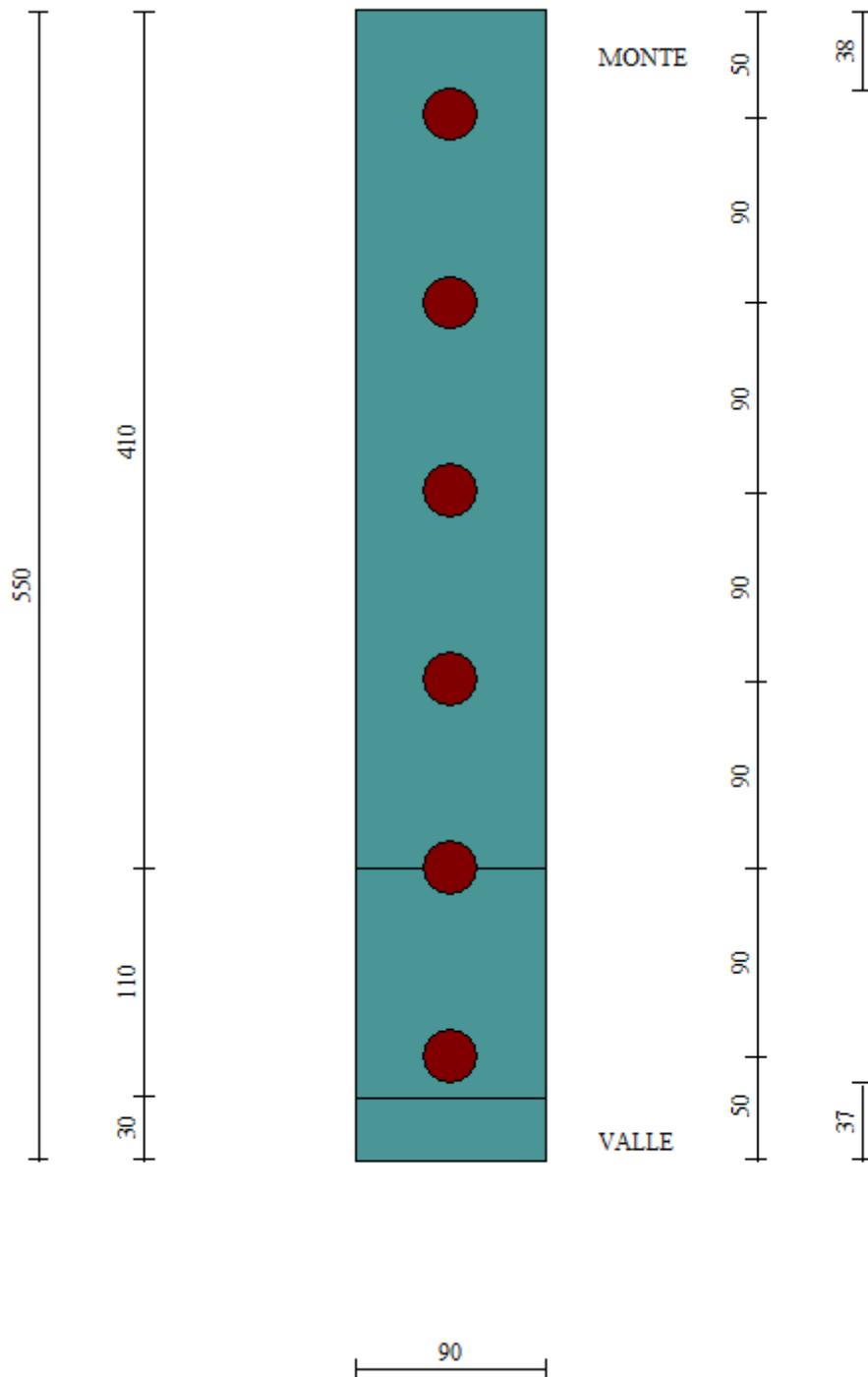
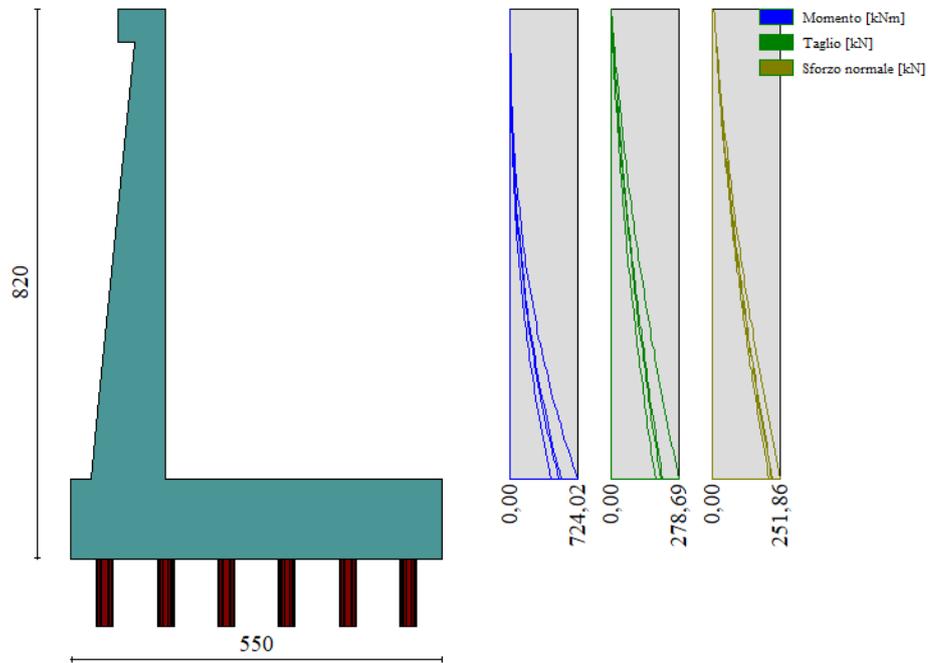


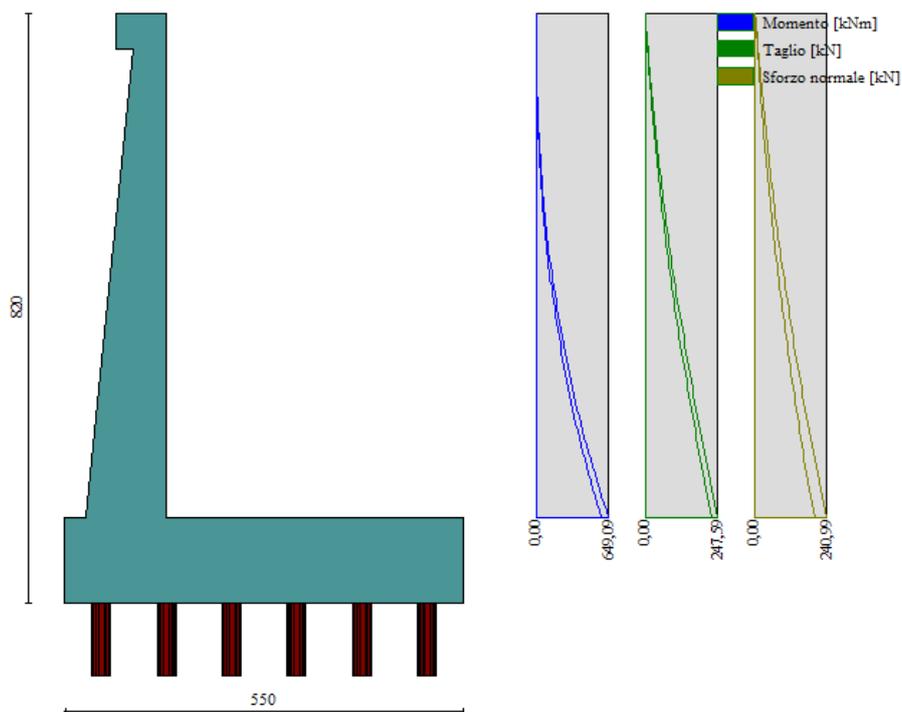
Figura 27:pianta fondazione su pali

### 9.2.1 Sollecitazioni Paramento

Si riportano i risultati delle verifiche geotecniche e le sollecitazioni per le combinazioni statiche/sismiche e per la combinazione eccezionale d'urto. **Occorre precisare che nelle verifiche geotecniche il terreno dinanzi la fondazione è stato considerato pesante ma privo di resistenza passiva**



**Figura 28 – Inviluppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno in condizioni statiche**



**Figura 29- Inviluppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno in condizioni sismiche**

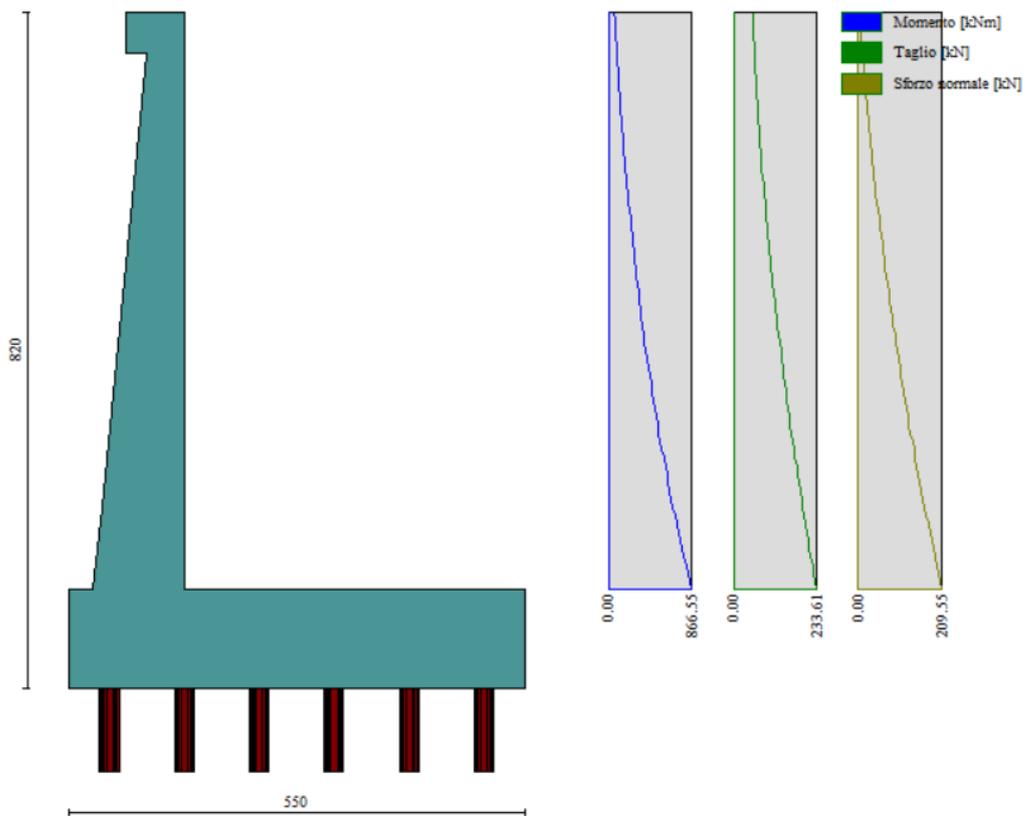


Figura 30: Sollecitazioni combinazione eccezionale d'urto

### 9.2.2 Verifiche strutturali paramento e piastra fondazione

Sia le verifiche a pressoflessione che a taglio sono state eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati sulla base delle NTC2018 e mediante software di calcolo PressFle sulla base dell'involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni. Nelle verifiche è stato considerato un copriferro (distanza tra il bordo e l'asse del ferro longitudinale) pari a 80mm.

STATICA				SISMICA				urto			
MY, Ed	MX, Ed	Ned	Ted	MY, Ed	MX, Ed	Ned	Ted	MY, Ed	MX, Ed	Ned	Ted
[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
724.02	-	251.86	278.69	649.09	-	240.99	247.59	866.55	-	209.55	233.61
719.7	215.91	-	220.93	1565.87	469.76	-	615.03	706.48	211.94	-	267.60

SLE rara				SLE quasi permanente				SLE frequente			
MY, Ed	MX, Ed	NEd	Ved	MY, Ed	MX, Ed	NEd	Ved	MY, Ed	MX, Ed	NEd	Ved
[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
544.92	-	223.10	212.01	442.39	-	209.55	180.59	519.28	-	219.72	204.15
228.94	69	-	79.21	228.94	68.7	-	79.2	228.94	68.7	-	79.2

Tabella 27: sollecitazioni massime sul paramento

Di seguito si riportano le armature di progetto previste per le sezioni di calcolo del paramento e della piastra di fondazione.

Tabella 28: Armature di progetto paramento e piastra fondazione

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle
Paramento	Φ26/20	Φ22/20

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato inferiore	Lato superiore
Piastra fondazione	Φ26/10	Φ26/10

Si dispongono ripartitori in fondazione Φ22/20 e nel paramento Φ16/20.

GEOMETRIA				VERIFICA A PRESSOFLESSIONE							
Elemento		b	h	M <sub>ed,y</sub>	M <sub>ed,x</sub>	N <sub>ed,min</sub>	Armature	c	d	M <sub>Rd</sub>	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Paramento	monte	1000	1100	866.6	-	251.9	Φ26/20	80	1020	1192.2	1.38
	valle						Φ22/20	80			
Fondazione	Superiore	1000	1200	1565.9	-		Φ26/10	80	1120	2165.9	1.38
	Inferiore						Φ26/10	80			
Fondazione (ripartitori)	Superiore	1000	1200		469.8		Φ22/20	80	1120	795.3	1.69
	Inferiore						Φ22/20	80			

Tabella 29: verifica a pressoflessione

Per il paramento e la fondazione le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. non armati a taglio:

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
	b <sub>w</sub> (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	Ø	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	N <sub>sd</sub> (KN)	V <sub>sd</sub> (KN)	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	ρ <sub>t</sub>	k	f <sub>cK</sub> (Mpa)	v <sub>min</sub>	V <sub>Rdmin</sub> (KN)	V <sub>Rct</sub> (KN)	F.S.
Paramento	1000	1100	80	1020	5	26	2653.3	0	278.69	0	0.003	1.44	33.2	0.35	356.49	362.32	1.30
Fondazione	1000	1200	80	1120	10	26	5306.6	0	615.03	0	0.005	1.42	33.2	0.34	383.24	479.06	0.78

Tabella 30: verifica elementi non armati a taglio

Nel paramento e in fondazione si prevedono ganci Φ12/20x40. Si procede con la verifica per elementi armati a taglio:

Elemento	Armature trasversali					Inclinazione Bielle Compresse				Taglio Compressione		Taglio Trazione		risultati
	n <sub>b</sub>	Ø	p (mm)	A <sub>sw</sub> (mm <sup>2</sup> )	α°	θ°	ctg θ	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	α <sub>c</sub>	f' <sub>cd</sub> (Mpa)	V <sub>Rcd</sub> (KN)	V <sub>Rsd</sub> (KN)	V <sub>rd</sub>	F.S.
Paramento	2.5	12	200	282.6	90	21.8	2.5	0	1	18.81	2977.70	1268.92	1268.92	4.55
Fondazione	2.5	12	200	282.6	90	21.8	2.5	0	1	18.81	3269.63	1393.33	1393.33	2.27

Si dispongono in fondazione e nel paramento ganci Φ12/40x20.

Si riportano le verifiche tensionali e a fessurazione del paramento:

Verifica delle tensioni	I <sub>p</sub> [-]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>ed,y</sub> [kNm]	M <sub>ed,x</sub> [kNm]	CLS 32/40					ACCIAIO B450C				
					σ <sub>c,y</sub> [Mpa]	σ <sub>c,x</sub> [Mpa]	σ <sub>c,max</sub> = 0,6 f <sub>ck</sub> [Mpa]	FS <sub>y</sub> [-]	FS <sub>x</sub> [-]	σ <sub>f,y</sub> [Mpa]	σ <sub>f,x</sub> [Mpa]	σ <sub>f,max</sub> = 0,8 f <sub>yk</sub> [Mpa]	FS <sub>y</sub> [-]	FS <sub>x</sub> [-]
combinazione rara	Param.	223,1	544,9	-	6,6		19,2	2,89	-	175,0		360,0	2,06	-
	Fond.	-	228,9	68,7	1,7	4,3	19,2	11,29	4,52	41,9	174,0	360,0	8,60	2,07

Tabella 31: verifica tensionale combinazione rara

Verifica delle tensioni	I <sub>p</sub> [-]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>ed,y</sub> [kNm]	M <sub>ed,x</sub> [kNm]	CLS 32/40				
					σ <sub>c,y</sub> [Mpa]	σ <sub>c,x</sub> [Mpa]	σ <sub>c,max</sub> = 0,45 f <sub>ck</sub> [Mpa]	FS <sub>y</sub> [-]	FS <sub>x</sub> [-]
Combinazione quasi permanente	paramento	209,6	442,4	-	5,4	-	14,4	2,67	-
	fondazione	0,0	228,9	68,7	1,7	4,3	14,4	8,57	3,39

Tabella 32: verifica tensionale combinazione quasi permanente

Verifica a fessurazione	I <sub>p</sub> [-]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>ed,y</sub> [kNm]	M <sub>ed,x</sub> [kNm]	wl [Mpa]	w [Mpa]	FS <sub>y</sub> [-]
Combinazione quasi permanente	fondazione	0,0	228,9	68,7	0,2	0,1	2,00

Tabella 33: verifica a fessurazione- combinazione quasi permanente

Verifica a fessurazione	I <sub>p</sub> [-]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>ed,y</sub> [kNm]	M <sub>ed,x</sub> [kNm]	wl [Mpa]	w [Mpa]	FS <sub>y</sub> [-]
Combinazione frequente	fondazione	0,0	228,9	68,7	0,3	-	-

Tabella 34: verifica a fessurazione- combinazione frequente

**Le verifiche allo SLE risultano essere tutte soddisfatte.**

### 9.2.3 Sollecitazioni in testa ai micropali

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di taglio, momento e sforzo normale. Si fa notare che nel software di calcolo, i pali sono stati considerati incernierati in testa ottenendo le sollecitazioni in termini di sforzo normale e taglio. Nella realtà i pali risultano essere incastrati nel plinto di fondazione, pertanto il valore del momento flettente verrà determinato sulla base della teoria di Matlock e Reese di seguito descritta.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze.

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incernierati a tale piastra.

Lo sforzo normale nei pali è calcolato come segue:

$$N_i = \frac{N_{Ed}}{n} \pm \frac{M}{d}$$

Dove d rappresenta l'interasse trasversale tra i pali.

Pertanto, allo sforzo normale derivato dal codice di calcolo è stato sommato il contributo di compressione o di trazione generato dall'azione flettente, per tener conto dell'interazione palo-terreno.

Le azioni derivanti da questo modello vengono confrontate con le curve di capacità portante dei pali di fondazione.

Mentre le azioni di taglio sono suddivise equamente tra i pali come di seguito riportato:

$$V_i = \frac{V_{Ed}}{n}$$

In definitiva, gli scarichi a testa palo sono pari a quanto di seguito riportato.

Simbologia adottata

Cmb    Indice/Tipo combinazione

Ip      Indice palo

N      Sforzo normale, espresso in [kN]

M      Momento, espresso in [kNm]

T      Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N	M	T
		[kN]	[kNm]	[kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	97.16	0	-55.75
	2	128.39	0	-55.75
	3	159.62	0	-55.75
	4	190.85	0	-55.75
	5	222.08	0	-55.75
	6	253.31	0	-55.75
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-15.47	0	-76.63
	2	58.08	0	-76.63
	3	131.63	0	-76.63
	4	205.18	0	-76.63
	5	278.73	0	-76.63
	6	352.27	0	-76.63
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-43.89	0	-72.12
	2	27.22	0	-72.12
	3	98.34	0	-72.12
	4	169.45	0	-72.12
	5	240.56	0	-72.12
	6	311.67	0	-72.12
eccez. Urto	1	31.53	0	-44.9
	2	78.82	0	-44.9
	3	126.11	0	-44.9
	4	173.4	0	-44.9
	5	220.69	0	-44.9
	6	267.99	0	-44.9
7 - SLER	1	109.82	0	-42.47

	2	131.38	0	-42.47
	3	152.94	0	-42.47
	4	174.51	0	-42.47
	5	196.07	0	-42.47
	6	217.64	0	-42.47
8 - SLEF	1	107.93	0	-41.08
	2	128.78	0	-41.08
	3	149.63	0	-41.08
	4	170.48	0	-41.08
	5	191.33	0	-41.08
	6	212.18	0	-41.08
9 - SLEQ	1	102.26	0	-36.94
	2	120.97	0	-36.94
	3	139.69	0	-36.94
	4	158.4	0	-36.94
	5	177.12	0	-36.94
	6	195.83	0	-36.94

Per la valutazione del momento flettente a testa palo si è utilizzata la teoria di Matlock e Reese per la quale il momento agente a quota testa pali è direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente  $\alpha$  (espresso in metri) "coefficiente di Matlock e Reese":

$$M_i(V_{Ed}) = \alpha \frac{V_{Ed}}{n}$$

Il coefficiente  $\alpha$  dipende principalmente dalle caratteristiche di rigidità relative palo-terreno e, generalmente, fornisce un valore del momento sollecitante conservativo. Fissato il diametro del palo,  $D$ ,  $\alpha$  dipende quindi dalla rigidità del terreno.

Nel caso in esame si ha:

PALI D230
$\alpha = 0.477$ m

Tabella 35: parametro  $\alpha$

Vengono riportate nella tabella che segue le sollecitazioni in testa ai pali.

Combinazione	Ip	V	$\alpha$	M	N	N+M/d
	[-]	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]	[kN]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	55.8	0.477	26.6	97.2	71.8
	2	55.8	0.477	26.6	128.4	112.2
	3	55.8	0.477	26.6	159.6	142.5
	4	55.8	0.477	26.6	190.9	208.9
	5	55.8	0.477	26.6	222.1	241.1

	6	55.8	0.477	26.6	253.3	286.5
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	76.6	0.477	36.6	-15.5	-50.3
	2	76.6	0.477	36.6	58.1	37.4
	3	76.6	0.477	36.6	131.6	111.2
	4	76.6	0.477	36.6	205.2	225.5
	5	76.6	0.477	36.6	278.7	298.8
	6	76.6	0.477	36.6	352.3	385.4
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	72.1	0.477	34.4	-43.9	-76.7
	2	72.1	0.477	34.4	27.2	8.8
	3	72.1	0.477	34.4	98.3	81.2
	4	72.1	0.477	34.4	169.5	185.4
	5	72.1	0.477	34.4	240.6	255.3
	6	72.1	0.477	34.4	311.7	334.1
eccez.urto	1	44.9	0.477	21.4	31.5	11.1
	2	44.9	0.477	21.4	78.8	66.7
	3	44.9	0.477	21.4	126.1	114.1
	4	44.9	0.477	21.4	173.4	185.3
	5	44.9	0.477	21.4	220.7	232.5
	6	44.9	0.477	21.4	268.0	287.5
SLE - Rara	1	42.5	0.477	20.3	109.8	90.5
	2	42.5	0.477	20.3	131.4	119.9
	3	42.5	0.477	20.3	152.9	141.5
	4	42.5	0.477	20.3	174.5	185.9
	5	42.5	0.477	20.3	196.1	207.4
	6	42.5	0.477	20.3	217.6	236.4
SLE - Frequente	1	41.1	0.477	19.6	107.9	89.3
	2	41.1	0.477	19.6	128.8	117.8
	3	41.1	0.477	19.6	149.6	138.8
	4	41.1	0.477	19.6	170.5	181.1
	5	41.1	0.477	19.6	191.3	201.8
	6	41.1	0.477	19.6	212.2	229.3
SLE - Quasi Permanente	1	36.9	0.477	17.6	102.3	85.5
	2	36.9	0.477	17.6	121.0	112.6
	3	36.9	0.477	17.6	139.7	133.0
	4	36.9	0.477	17.6	158.4	163.4
	5	36.9	0.477	17.6	177.1	183.0
	6	36.9	0.477	17.6	195.8	207.1

Tabella 36: sollecitazioni in testa ai pali

Si riportano inoltre nella seguente tabella, ai fini delle prove in corso d'opera, le sollecitazioni in punta ai pali pari a 1.5SLE (ai sensi del par. 6.4.3.7.2. delle NTC 2018):

Combinazione	Ip	V	$\alpha$	M	N
	[-]	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]
1.5*SLE_rara	1	42.5	0.477	20.3	164.7
	2	42.5	0.477	20.3	197.1
	3	42.5	0.477	20.3	229.4
	4	42.5	0.477	20.3	261.8
	5	42.5	0.477	20.3	294.1
	6	42.5	0.477	20.3	326.5

Tabella 37: sollecitazioni 1.5\*SLE

### 9.2.4 Verifiche strutturali dei micropali

Per i pali di fondazione di diametro D=230mm si prevede una armatura tubolare di diametro 193.7 mm e spessore 12.5mm.

SOLLECITAZIONI SU SINGOLO PALO					
COMB.	V <sub>MAX</sub>	N <sub>MAXc</sub>	N <sub>MAXt</sub>	M <sub>MAX,y</sub>	M <sub>MAX,z</sub>
STR	76.6 kN	352.3 kN	-43.9 kN	36.6 kN	

Tabella 38: sollecitazioni massime nel palo

VERIFICHE STRUTTURALI MICROPALO		
MATERIALI		
Tipo acciaio	S 355	
Valore di snervamento dell'acciaio del profilo:	f <sub>yk</sub>	355 MPa
Valore di rottura dell'acciaio del profilo:	f <sub>uk</sub>	510 MPa
Modulo di elasticità dell'acciaio:	E	210000 MPa
Modulo di elasticità tangenziale dell'acciaio:	G	80769 MPa
COEFFICIENTI PARZIALI		
coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza:	$\gamma_{M0}$	1.05
coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità:	$\gamma_{M1}$	1.05
coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura	$\gamma_{M2}$	1.25
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL PROFILO		
Diametro esterno nominale	D	139.70 [mm]
Spessore nominale	T	12.50 [mm]
Diametro interno nominale	d	114.70 [mm]
Area della sezione trasversale	A	49.95 [cm <sup>2</sup> ]
Area a taglio	A <sub>v</sub>	31.80 [cm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia	I	1020.01 [cm <sup>4</sup> ]

Raggio d'inerzia	i	4.52	[cm]
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,yy}$	146.03	[cm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,yy}$	202.90	[cm <sup>3</sup> ]
Momento d'inerzia torsionale	$I_t$	2040.02	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di torsione	$C_t$	292.06	[cm <sup>3</sup> ]
Valore di snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	355.00	[MPa]
Coefficiente e	e	0.81	[-]
Diametro	d	139.70	[mm]
Spessore	t	12.50	[mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	11.18	[-]
Classificazione della sezione	CLASSE 1		
<b>VERIFICHE DI RESISTENZA DELLA SEZIONE TRASVERSALE</b>			
<b>Resistenza a trazione pura</b>			
Resistenza plastica a trazione:	$N_{t,Rd}$	1688.83	kN
Verifica a trazione pura:	0.0		
<b>Resistenza a compressione pura</b>			
Resistenza plastica a trazione:	$N_{c,Rd}$	1688.83	kN
Verifica a compressione pura: $r_{Nc} =$	0.21		
<b>Resistenza a flessione</b>			
Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore:	$M_{pl,y,Rd}$	68.60	kNm
Verifica a flessione attorno all'asse maggiore:	0.51		
Resistenza a flessione attorno all'asse minore	$M_{pl,z,Rd}$	68.60	kNm
Verifica a flessione attorno all'asse minore:	0.00		
<b>Presso o tenso-flessione retta</b>			
Fattori di riduzione	n	0.21	
	a	0.36	
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse maggiore:	$M_{N,y,Rd}$	66.36	kNm
Verifica combinata taglio, forza assiale flessione attorno all'asse maggiore:	0.53		
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse minore:	$M_{N,z,Rd}$	66.36	kNm
Verifica combinata taglio, forza assiale flessione attorno all'asse minore:	0.00		
<b>Presso o tenso-flessione biassiale</b>			
Verifica a presso/tenso flessione biassiale:	0.53		
<b>Resistenza a taglio</b>			

Resistenza plastica a taglio:	$V_{pl,z,Rd}$	620.73	kN
Verifica a taglio:		0.12	
<b>Trascurare contributo del taglio nelle verifiche</b>			
<b>Resistenza a flessione e taglio</b>			
Fattore di riduzione per la presenza di taglio:	$\rho_{Vz,red}$	0.00	
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse maggiore:	$M_{Vy,Rd}$	68.60	kNm
Verifica a flessione attorno all'asse maggiore:		0.51	
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse minore:	$M_{Vz,Rd}$	68.60	kNm
Verifica a flessione attorno all'asse minore:		0	
<b>Resistenza a flessione, forza assiale e taglio</b>			
Fattori di riduzione	n	0.21	
	a	0.36	
	$f_{y,red}$	355.00	MPa
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse maggiore:	$M_{pl,y,Rd}$	68.60	kNm
Resistenza a flessione attorno all'asse minore:	$M_{pl,z,Rd}$	68.60	kNm
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse maggiore:	$M_{N,y,Rd}$	66.36	kNm
Verifica combinatatataglio, forza assiale flessione attorno all'asse maggiore:		0.53	
Resistenza a flessione ridotta attorno all'asse minore:	$M_{N,z,Rd}$	66.36	kNm
Verifica combinatatataglio, forza assiale flessione attorno all'asse minore:		0	
Verifica a presso/tenso flessione biassiale:=		0.53	

**Tutte le verifiche del micropalo risultano essere soddisfatte.**

## 9.2.5 Verifiche geotecniche dei micropali

### 9.2.5.1 Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali

La determinazione della lunghezza dei pali è il risultato della verifica di capacità portante che si riporta nella seguente tabella ottenuta considerando un substrato costituito da rocce alterate (Unità SR/SB alterata) per il quale si ricava un valore di  $\alpha\tau$  per i micropali pari a 280KPa come riportato al par. 6.1.4.

**Tabella 39: Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali- SLU**

Capacità portante micropali compressione - SLU			
$L_p$	$Q_{II}$	$N_{max}$	FS
[m]	[kN]	[kN]	[-]
0	0.00	385	0.00
0.5	51.07	385	0.13
1	102.14	385	0.27
1.5	153.21	385	0.40
2	204.27	385	0.53
2.5	255.34	385	0.66
3	306.41	385	0.80
3.5	357.48	385	0.93
4	408.55	385	1.06
4.5	459.62	385	1.19
5	510.69	385	1.33
5.5	561.76	385	1.46
6	612.82	385	1.59
6.5	663.89	385	1.72
7	714.96	385	1.86
7.5	766.03	385	1.99
<b>8</b>	<b>817.10</b>	<b>385</b>	<b>2.12</b>

Si considera una lunghezza per i micropali pari a 8m.

### 9.2.5.2 Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali

Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali dei pali all'SLU, secondo la teoria di Broms descritta nel § 6.1.5.

RUN ANALYSIS		Analysis Type	Id Load	step	cycle	error	tollered
		<b>BROMS</b>	4/4	20/20	1	0.00%	0.50%

PILE PROPERTIES AND GENERAL DATA							
		Dp [m] =	<b>0.23</b>	outer diameter			
		Lp [m] =	<b>9.00</b>	length			
		n elem. [--]	<b>36</b>	number of elements			
		dL [m] =	0.25	length of elements			
		Ep [kPa] =	<b>20,000,000</b>	Young's modulus, E [MPa] = 20,000			
		Ep Jp [kN m2] =	2,747	elastic bending stiffness			
		Tollerated Error [--]	<b>0.5%</b>	Tollerated error referred to transfer curves [1.0 - 3.0%]			
		Numero Step [--]	<b>20</b>	number of steps			

P-Y LOAD TRANSFER CURVES - VS - DEPTH from GROUND LEVEL								
		Depth Pile Head [m] =		<b>1.2</b>	below ground level		Resistance reduction option for cohesive soil	
		Depth water Level [m] =		<b>5.0</b>	below ground level		<b>0</b>	... no resistance reduction
		Number of layers [--] =		<b>1</b>	below ground level		<b>2</b>	plim = $Kp^2 s'v$ (Poulos & Davis, 80)
Soil Type	Curve Type	thick [m]	depth [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	cu [kPa]	$\phi'$ [deg]	Esi [kPa]	p-multiplier [--]
Granular	<b>1</b>	15.00	0.00	24.0		40.0		1.00
			15.00			40.0		1.00

### Verifica 1 MPy compressione

PILE ELASTIC SECTION and MOMENT CAPACITY							
		Number of sections [--] = <b>1</b>					
		section	length [m]	x [m]	EpJp [kN m <sup>2</sup> ]	Mp,y [kN m]	
		<b>1</b>	<b>9.00</b>	0.00	<b>2,747</b>	<b>65.9</b>	
				9.00			

### Verifica 2 MPy trazione

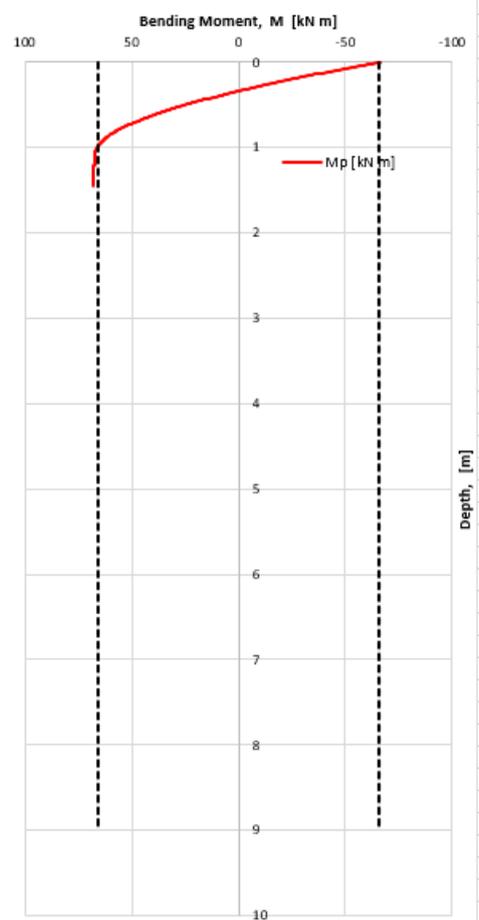
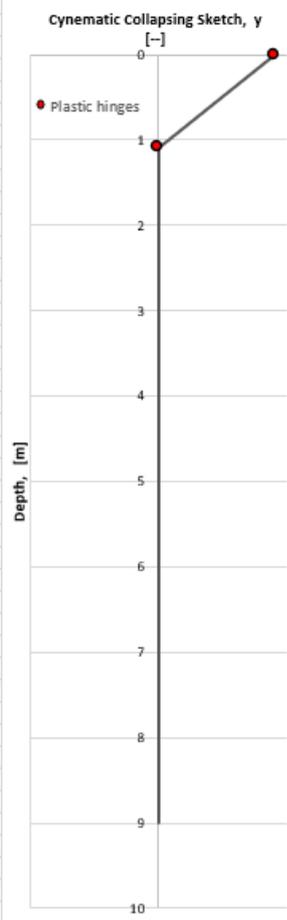
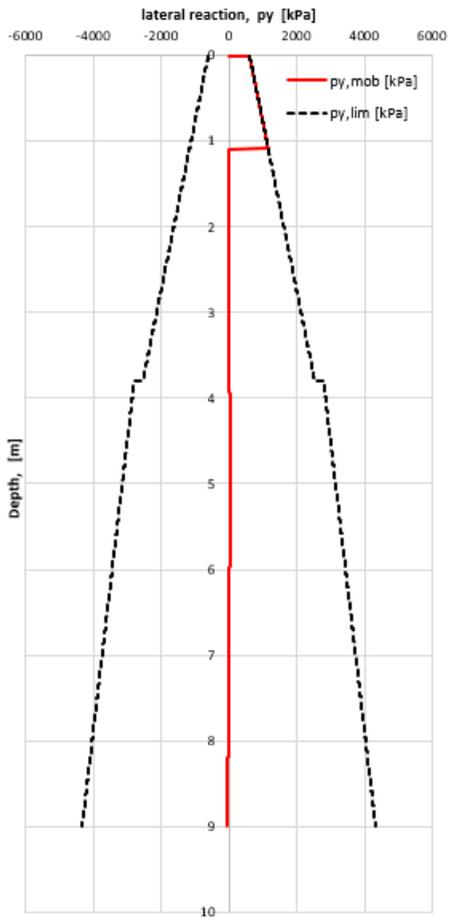
PILE ELASTIC SECTION and MOMENT CAPACITY							
		Number of sections [--] = <b>1</b>					
		section	length [m]	x [m]	EpJp [kN m <sup>2</sup> ]	Mp,y [kN m]	
		<b>1</b>	<b>9.00</b>	0.00	<b>2,747</b>	<b>65.6</b>	
				9.00			

Il momento di plasticizzazione (Mp,y) è stato valutato:

- Tubo  $\phi$  139.7 s=12.5 mm
- coefficienti parziali sui materiali (cls ed acciaio) unitari:  $\gamma_c = 1.5$   $\gamma_s = 1.15$ ,
- $Plim = k_p^2 * \sigma'v$ ,
- Per compressione N=0 kN, per trazione N=-44 kN

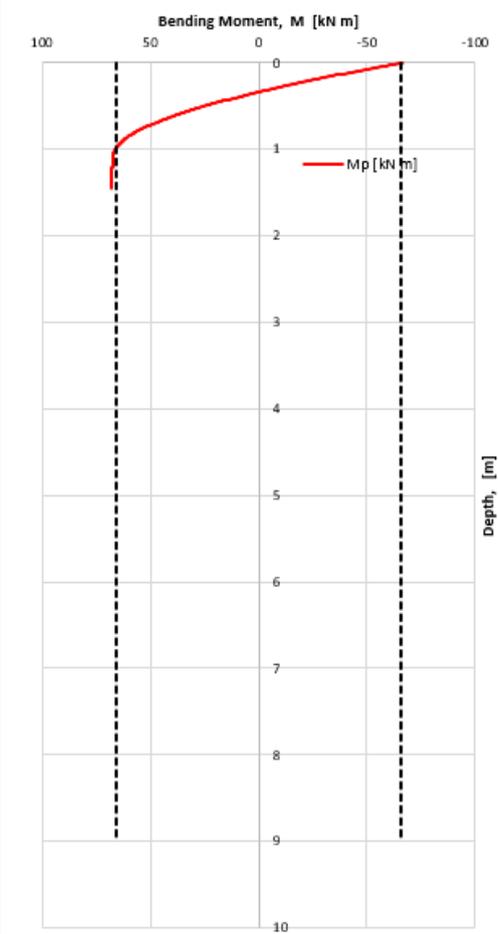
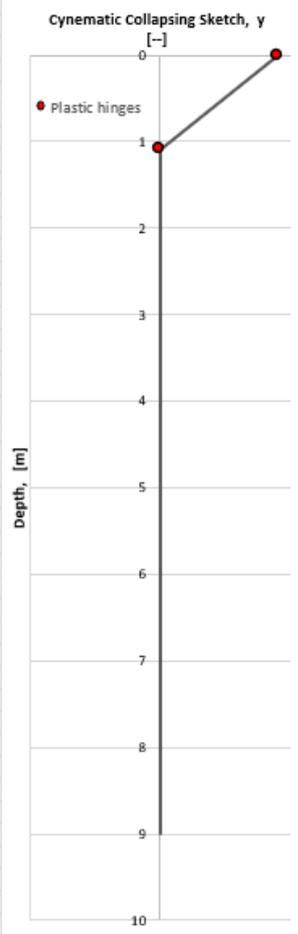
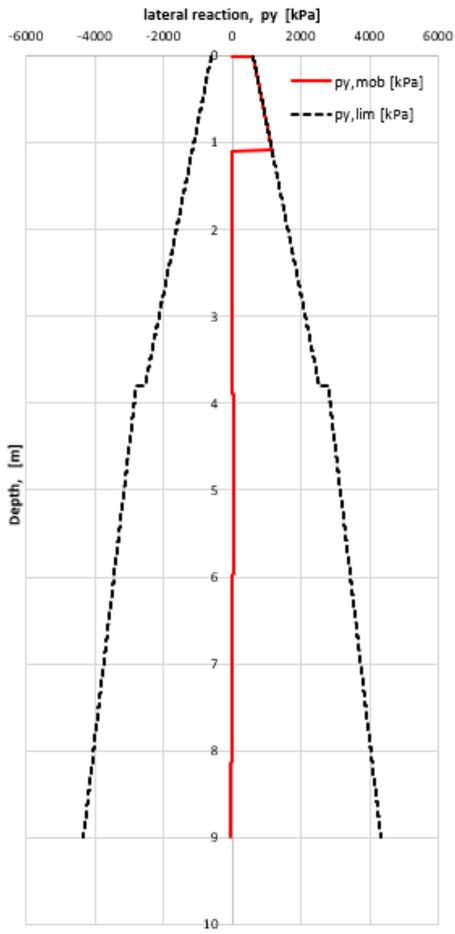
### Risultati verifica 1

Pile Type Condition : Long		$\gamma_R \cdot \xi = 2.21$	
Hlim [kN] = 221.8		Hd [kN] = 100.4	
Plastic hinge	Depth [m]	Mp [kN m]	Horizontal Load
yes	0.00	-67	151.8
yes	1.09	67	221.8



**Risultati verifica 2**

Pile Type Condition : Long		$\gamma_R \cdot \xi = 2.21$	
Hlim [kN] = 221.8		Hd [kN] = 100.4	
PLastic hinge	Depth [m]	Mp [kN m]	Horizontal Load
yes	0.00	-67	151.8
yes	1.09	68	221.8



SOLLECITAZIONI						VERIFICHE			
Design Forces (Nmin)			Design Forces (Nmax)			Rd,t	FSt	Rd,c	FSc
N <sub>Ed,MIN</sub>	M <sub>Ed</sub>	V <sub>Ed</sub>	N <sub>Ed,max</sub>	M <sub>Ed</sub>	V <sub>Ed</sub>	kN	[-]	kN	[-]
-44	35.2	76.6	352	32.5	76.6	714.1	16.22876	776.1582	2.204995

### 9.2.5.3 Verifica di stabilità globale

Si riportano i FS della verifica di stabilità globale effettuata con il metodo di Bishop in condizioni statiche e sismiche. Le verifiche di stabilità dei muri lato valle eseguite con il software di calcolo analizzano la condizione di stabilità "locale" in corrispondenza del muro..

Per maggiori dettagli su metodo delle strisce si rimanda al tabulato di calcolo.

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
2 - GEO (A2-M2-R2)	-4.50; 4.00	22.69	2.331

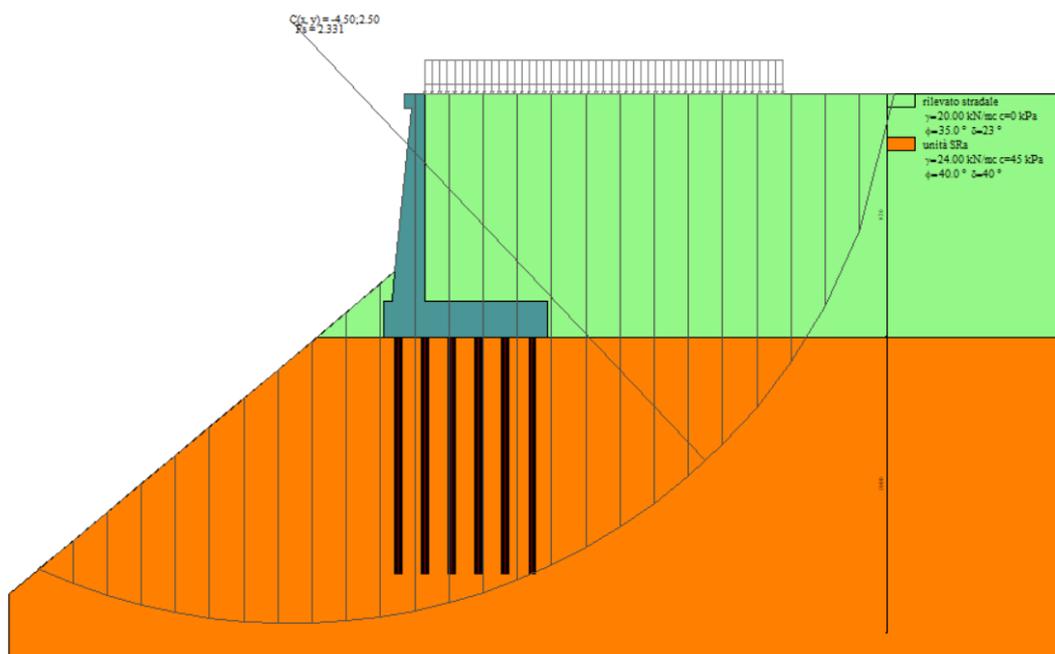


Figura 31: Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione statica)\_FS=2.331

Ic	C [m]	R [m]	FS
3 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4.50; 4.50	23.16	2.104
4 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4.50; 4.50	23.16	2.030

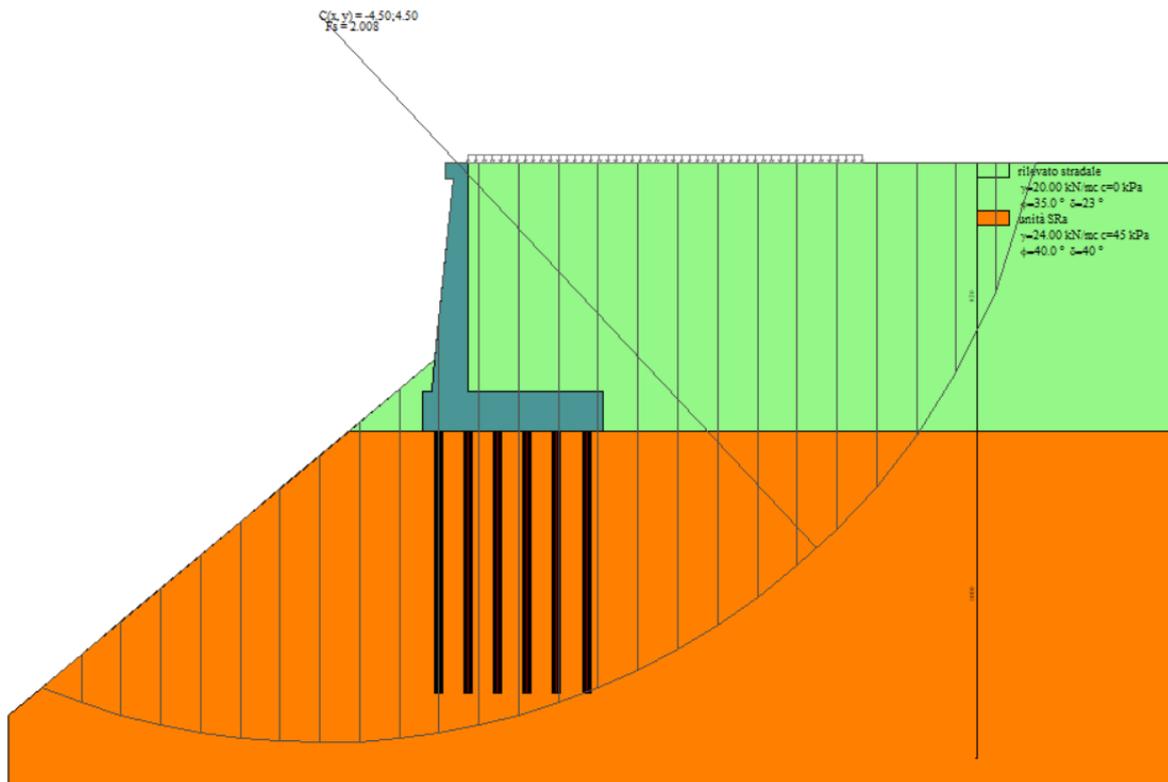


Figura 32: Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione sismica H-V)\_FS=2.0008

### 9.2.6 Verifica dell'inflessione del paramento

Ai fini della valutazione di possibili cedimenti a tergo del muro di sostegno, in corrispondenza della piattaforma stradale, si calcola l'inflessione del paramento sotto i carichi allo SLU.

Il calcolo dell'inflessione avviene facendo riferimento- cautelativamente- agli schemi noti della teoria dell'elasticità considerando come carico l'involuppo delle spinte sul paramento scondo cui la freccia massima è pari a :

$$f = \frac{q L^4}{30 E J}$$

Dove:

- q è la pressione triangolare massima agente alla base del paramento del muro;
- L è l'altezza del paramento;
- E è il modulo elastico del calcestruzzo;
- J è l'inerzia della sezione media del muro.

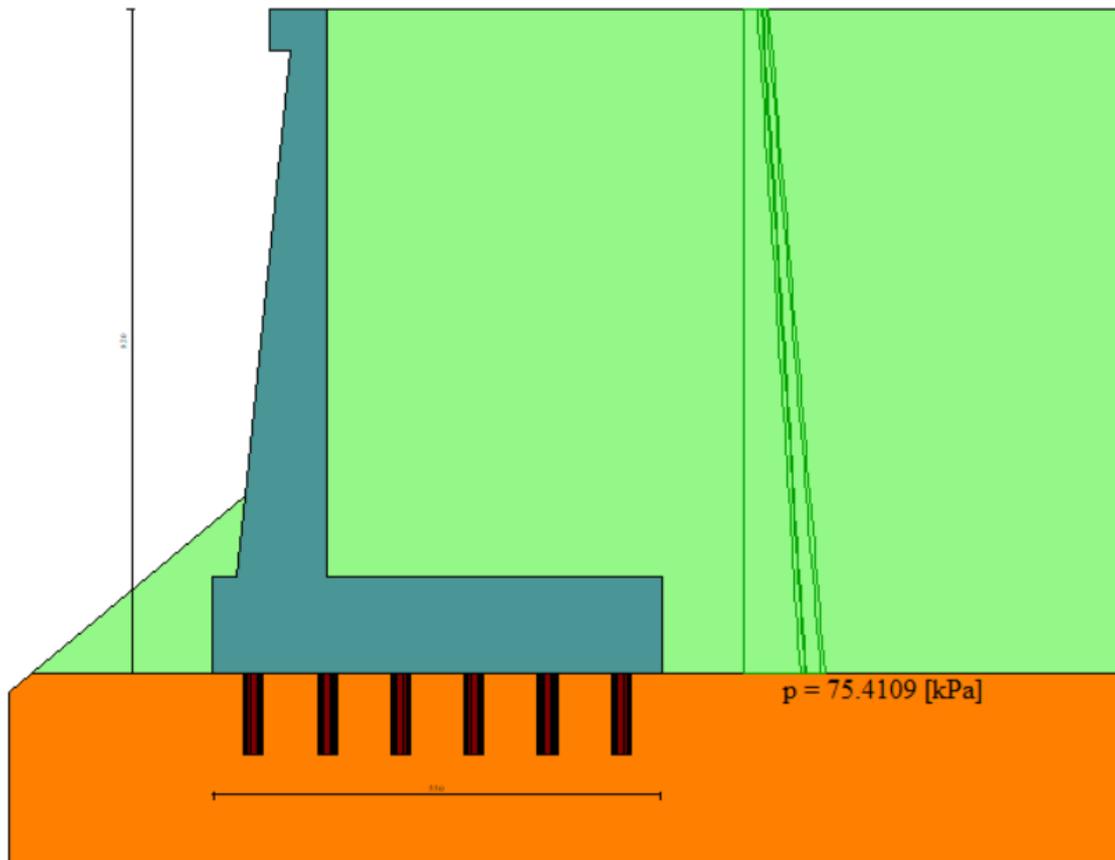


Figura 33: Inviluppo spinte in condizioni statiche

Tipo	Combinazione	fondazione	$H_{\text{paramento,max}}$	$S_{\text{paramento,medio}}$	Inerzia	q	w
			[m]	[m]	[m <sup>4</sup> ]	[KN/m]	[mm]
F	statica	pali	7.0	0.75	0.035064	75.41	5.38

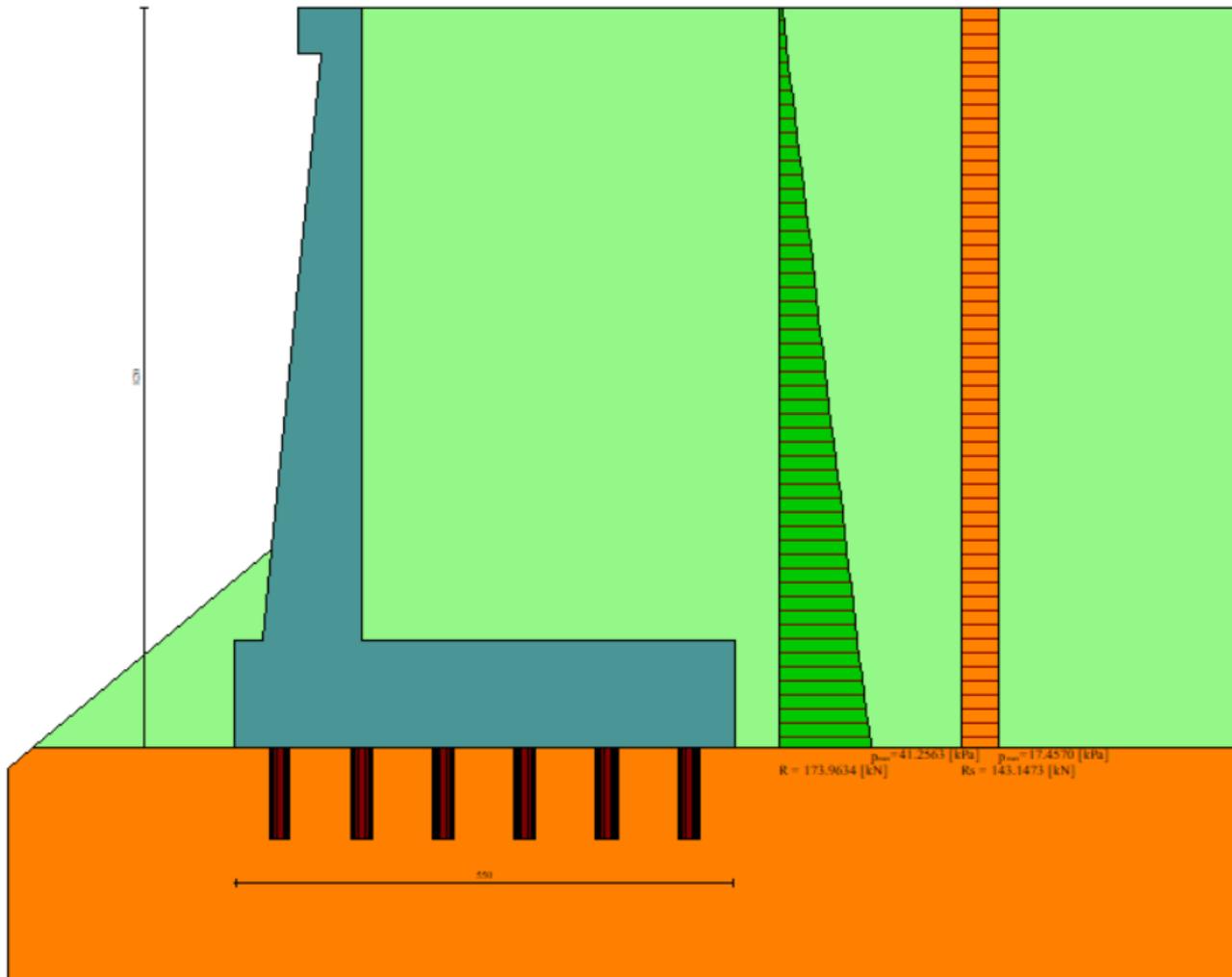


Figura 34: Involuppo spinte \_combinazione sismica H+V

Tipo	Combinazione	fondazione	$H_{\text{paramento,max}}$	$S_{\text{paramento,medio}}$	Inerzia	q	w
			[m]	[m]	[m <sup>4</sup> ]	[kN/m]	[mm]
F	sismica	pali	7.0	0.75	0.035064	58.7	4.19

Sulla base del calcolo dell'inflessione del paramento in condizioni statiche e sismiche, si ritiene che i cedimenti indotti sul piano stradale risultano essere trascurabili.

### 9.2.7 Verifiche locali della mensola per azioni d'urto

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Il carico di progetto come definito al paragrafo 7.4. è costituito dalla forza orizzontale di plasticizzazione della barriera pari a  $F=79.5\text{kN}$ , applicata alla quota di 1,0 m sopra il piano di marcia. e 100 mm sotto la sommità della barriera. Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza  $d=1.00\text{ m}$  dalla base della barriera.

**Trattandosi di un'azione eccezionale, le verifiche dei cordoli portabarriera all'urto devono essere condotte considerando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sulle resistenze dei materiali.**

Il muro presenta una larghezza pari a 0.7m. Si dispone nella mensola una staffatura di  $\Phi 12/20$ .

La funzione di tali staffe è duplice:

- **Equilibrare l'azione orizzontale F;**
- **Equilibrare la trazione dei tirafondi della barriera nel meccanismo di pull out.**

Per il punto 1. Il cono di rottura che determina il numero di staffe resistenti si determina secondo quanto riportato nella figura seguente, ipotizzando una diffusione a  $45^\circ$  della sollecitazione agente a partire dalla posizione dei tirafondi tesi. Si considera una larghezza della piastra di 0.30m posizionata a 0.10m dal bordo del muro. La forza orizzontale F è equilibrata dalle barre  $\Phi 12/20$  che sono sempre presenti all'interno del cono di rottura evidenziato nella seguente figura.



Figura 35: cono di diffusione verifica staffe orizzontali

In dettaglio la forza orizzontale rappresenta l'azione di urto, che è pari a  $F=79.5\text{ kN}$ .

Le barre  $\Phi 12/20$  oppongono una resistenza a tale forza espressa dalla seguente relazione:

$$F_R = n \cdot \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_d}$$

Dove  $A_s$  è l'area della staffa e  $n$  è il numero di bracci presenti nel cono di diffusione.

Nel caso in esame è stata assunta, come base del cono di rottura la larghezza della piastra pari a 0.3m che permette di individuare, considerando una diffusione a  $45^\circ$  all'interno dello spessore del cordolo, una larghezza collaborante pari a 1.50m all'interno della quale si dispongono 7 ferri e 14 bracci.

Conseguentemente si ha:

verifica delle staffe orizzontali				
Larghezza collaborante	n bracci orizzontali	Fsd	Frd	FS
[m]	[-]	[KN]	[KN]	[-]
1.50	14	712.51	79.53	8.96

Tabella 40: verifica 1 del cordolo portabarriera

La verifica risulta soddisfatta.

Per il punto 2. Il cono di rottura che determina il numero di staffe e quindi di bracci verticali resistenti si determina secondo quanto riportato nella seguente figura, ipotizzando una diffusione a 45° a partire dall'interasse dei tirafondi tesi. La trazione agente nei tirafondi è equilibrata dai bracci verticali delle staffe e da eventuali legature.

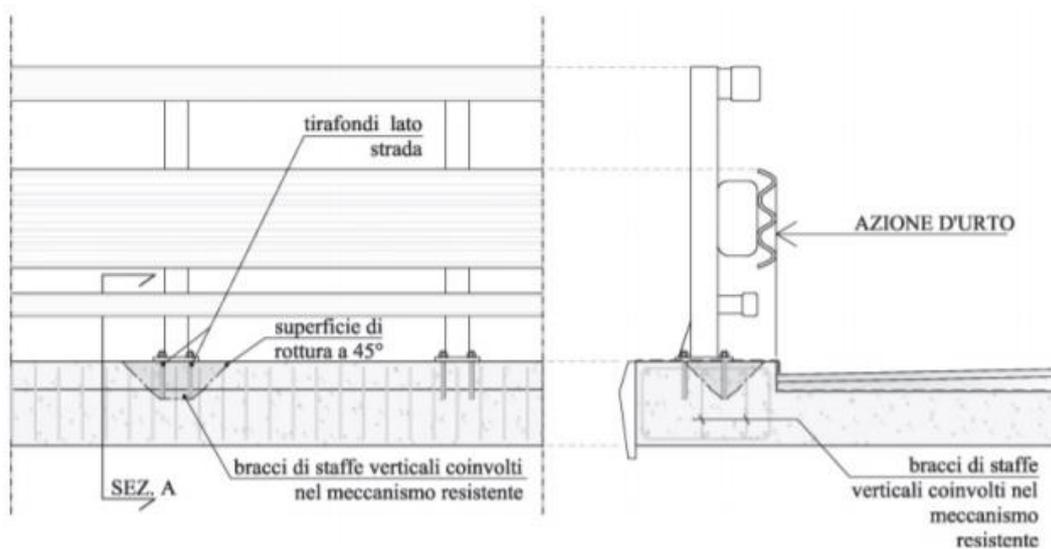


Figura 36: cono di diffusione verifica staffe verticali

Ipotizzando un braccio di leva delle forze interne della piastra di base della barriera pari a  $l = 0.22$  m e un'altezza  $h$  della barriera sopra tale piastra di 1 m, si stima  $T_d$  come:

$$T_d = \frac{N \cdot h}{l}$$

Si dispongono delle staffe  $\Phi 12/20$ . Ipotizzando una lunghezza dei tirafondi di almeno 19 cm (nonché l'interasse tra i due tirafondi tesi di 0.22 m), risulta una lunghezza di diffusione trasversale pari a 0.38m e longitudinale di 0.6m. I bracci verticali compresi nel cono di diffusione sono 3.

Nel calcolare la resistenza delle staffe verticali si considera anche il contributo dei ferri longitudinali  $\Phi 26/20$  del paramento che sono accoppiati alle staffe. Pertanto si calcola la trazione resistente pari a:

$$T_r = n \cdot A_s \cdot f_{yd}$$

Trattandosi di un'azione eccezionale, le verifiche dei cordoli portabarriera all'urto devono essere condotte considerando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sulle resistenze dei materiali.

---

<b>Verifiche delle staffe verticali</b>				
$B_{long}$	$n$	$T_d$	$T_r$	FS
[m]	[m]	[KN]	[KN]	[-]
0.6	3	361.48	869.44	2.41

Le verifiche risultano essere soddisfatte.

## 10 TABULATO DI CALCOLO

### 10.1 Tipologico C

#### 10.1.1 Combinazione statica

#### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

##### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24.5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
4	C25/30	C25/30	Precomp	24.5170	30000	31447048	0.30	15.00	0.50

##### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
B450C	450000	540000
Precomp	1569089	1863293

#### Tipologie pali

##### Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	micropalo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	4	NO	SI	10000.00	10000.00

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

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

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	15.00	0.00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 40.000 [°]

## Geometria muro

### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	1.00	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	4.00	[m]
Altezza paramento libero	3.50	[m]
Spessore in sommità	0.40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.80	[m]
Inclinazione paramento esterno	5.70	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]
<u>Mensola di marciapiede</u>		
Posizione rispetto alla testa del muro	0.00	[m]
Lunghezza	0.30	[m]
Spessore all'estremità libera	0.50	[m]
Spessore all'incastro	0.50	[m]
<u>Fondazione</u>		
Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0.30	[m]
Lunghezza mensola di monte	1.90	[m]
Lunghezza totale	3.00	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.90	[m]
Spessore magrone	0.00	[m]

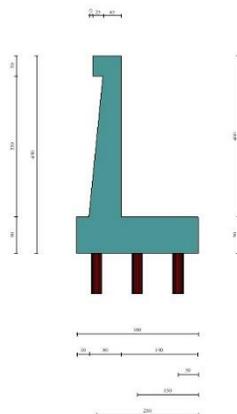


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

### Descrizione pali di fondazione

#### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
$\alpha$	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	$\alpha$ [°]	ALL
1	micropalo	0.50	1.00	0.20	1	25.00	6.00	0.00	Centrati
2	micropalo	1.50	1.00	0.20	1	25.00	6.00	0.00	Centrati
3	micropalo	2.50	1.00	0.20	1	25.00	6.00	0.00	Centrati

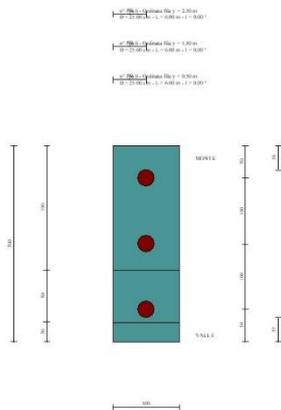


Fig. 2 - Pianta pali

## Descrizione terreni

## Parametri di resistenza

### Simbologia adottata

n°	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°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	rilevato stradale	20.0000	20.0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.333	0	0			(MIN)
				35.000	23.333	0	0			(MED)
2	unità SR	24.0000	24.0000	40.000	40.000	45	22	1.000	0	(CAR)
				40.000	40.000	45	22			(MIN)
				40.000	40.000	45	22			(MED)
3	unità Ra	20.0000	20.0000	35.000	35.000	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	35.000	0	0			(MIN)
				35.000	35.000	0	0			(MED)

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Per calcolo pali (solo se presenti)	
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	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	4.90	0.000	rilevato stradale	0.000	0.000	1.000	0.500	1.000	---	---
2	8.00	0.000	unità SR	0.000	0.000	5.000	1.000	0.000	---	---

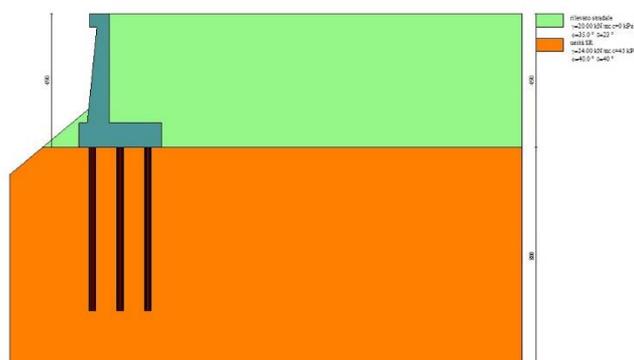


Fig. 3 - Stratigrafia

### 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>r</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>r</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>r</sub> espressa in [kN]

#### Condizione n° 1 (traffico veicolare) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

#### 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>r</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>r</sub> [kN]
1	Distribuito					0.00	12.00	20.0000	20.0000

#### Condizione n° 2 (pavimentazione stradale) - PERMANENTE NS

#### 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>r</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>r</sub> [kN]
1	Distribuito					0.00	12.00	4.8000	4.8000

### Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

#### Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

#### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coazione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_v$	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	--	--	1.30

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

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$   $\zeta_4=1.70$

### 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:

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

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili, per 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
pavimentazione stradale	1.50	--	Sfavorevole
traffico veicolare	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.30	--	Sfavorevole
traffico veicolare	1.15	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole
traffico veicolare	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole
traffico veicolare	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Poggio San Lorenzo
Provincia	Rieti
Regione	Lazio
Latitudine	42.242518
Longitudine	12.826850
Indice punti di interpolazione	26963 - 26964 - 26742 - 26741
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> ]	1.968	0.896
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.201	0.091
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.477	2.443
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.334	0.295
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	1.000	24.074	12.037
Ultimo - Ribaltamento	1.000	24.074	12.037
Esercizio	1.000	10.957	5.479

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale  
 Forma diagramma incremento sismico  **Rettangolare**

**Opzioni di calcolo**

Spinta

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

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	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	10.00 [cm]

Opzioni calcolo pali

*Portanza verticale*

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$ )
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Non attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta $\sigma_v$ con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

*Portanza trasversale*

Costante di Winkler: da strato	Criterio rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore $M=3.00$
- Palo infinitamente elastico	Non attivo

*Cedimenti*

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1.00 [cm]
Spostamento limite laterale	3.00 [cm]

## 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	161.01	23.33	147.84	63.76	1.90	-2.84
	Peso/Inerzia muro			0.00	128.36/0.00	0.05	-3.32
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	216.98/0.00	0.95	-2.00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	1.99	-0.93	-3.83
	Resistenza pali			-336.20			
3	Spinta statica	122.04	23.33	112.07	48.33	1.90	-2.84
	Peso/Inerzia muro			0.00	128.36/0.00	0.05	-3.32
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	199.12/0.00	0.95	-2.00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	1.99	-0.93	-3.83
	Resistenza pali			-437.06			
4	Spinta statica	116.06	23.33	106.57	45.96	1.90	-2.86
	Peso/Inerzia muro			0.00	128.36/0.00	0.05	-3.32
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	189.62/0.00	0.95	-2.00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	1.99	-0.93	-3.83
	Resistenza pali			-437.09			
5	Spinta statica	98.09	23.33	90.07	38.85	1.90	-2.94
	Peso/Inerzia muro			0.00	128.36/0.00	0.05	-3.32
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	161.12/0.00	0.95	-2.00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	1.99	-0.93	-3.83
	Resistenza pali			-437.10			

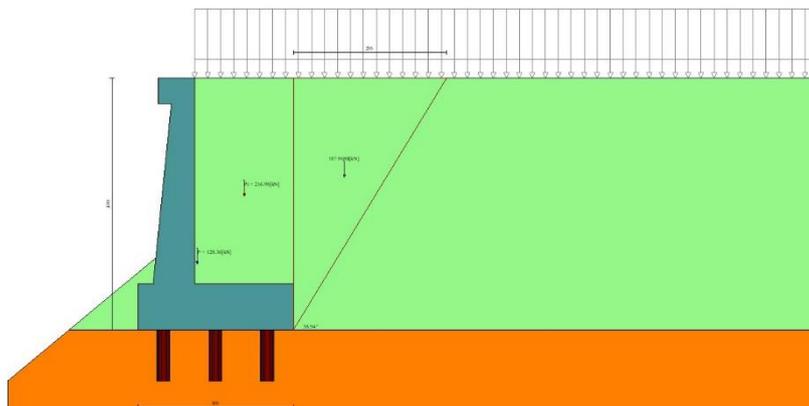


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

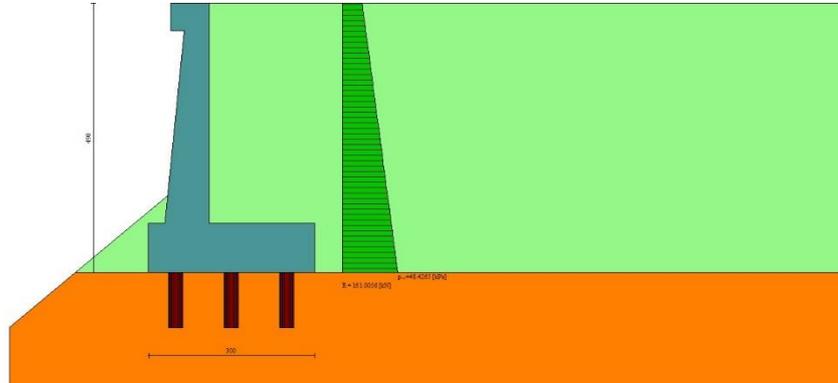


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	411.09	147.84	305.01	783.64	0.335
2 - GEO (A2-M2-R2)	387.94	145.00	298.48	723.14	0.405
3 - SLER	377.80	112.07	230.56	700.76	0.255
4 - SLEF	365.93	106.57	217.09	674.18	0.251
5 - SLEQ	330.32	90.07	176.68	594.44	0.235

### Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	68.18	0.00	-49.28
	2	137.03	0.00	-49.28
	3	205.88	0.00	-49.28
3 - SLER	1	77.82	0.00	-37.36
	2	125.93	0.00	-37.36
	3	174.04	0.00	-37.36
4 - SLEF	1	76.21	0.00	-35.52
	2	121.98	0.00	-35.52
	3	167.74	0.00	-35.52
5 - SLEQ	1	71.37	0.00	-30.02
	2	110.10	0.00	-30.02
	3	148.84	0.00	-30.02

### Verifiche geotecniche

#### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>sc</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>SUPL</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>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		2.274					
2 - GEO (A2-M2-R2)					2.288		

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

I <sub>c</sub>	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

I <sub>c</sub>	C	R	FS
	[m]	[m]	
2 - GEO (A2-M2-R2)	-4.50; 3.50	15.56	2.288

### 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]
Q <sub>y</sub>	carico sulla striscia espresso in [kN]
Q <sub>f</sub>	carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	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]
T <sub>x</sub> ; T <sub>y</sub>	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

#### Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W	Q <sub>y</sub>	Q <sub>f</sub>	b	α	φ	c	u	T <sub>x</sub> ; T <sub>y</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	20.62	23.99	0.00	10.67 - 0.82	71.923	29.256	0	0.0	
2	54.94	23.99	0.00	0.82	63.840	29.256	0	0.0	
3	79.67	23.99	0.00	0.82	57.593	29.256	0	0.0	
4	102.20	23.99	0.00	0.82	52.303	33.873	36	0.0	
5	121.49	23.99	0.00	0.82	47.592	33.873	36	0.0	
6	137.94	23.99	0.00	0.82	43.278	33.873	36	0.0	
7	152.14	23.99	0.00	0.82	39.252	33.873	36	0.0	
8	164.49	23.99	0.00	0.82	35.447	33.873	36	0.0	
9	175.25	23.99	0.00	0.82	31.815	33.873	36	0.0	
10	184.62	23.99	0.00	0.82	28.322	33.873	36	0.0	
11	208.92	23.99	0.00	0.82	24.940	33.873	36	0.0	
12	203.02	23.99	0.00	0.82	21.649	33.873	36	0.0	
13	208.92	23.99	0.00	0.82	18.431	33.873	36	0.0	
14	211.35	0.24	0.00	0.82	15.274	33.873	36	0.0	
15	151.65	0.00	0.00	0.82	12.163	33.873	36	0.0	
16	142.22	0.00	0.00	0.82	9.088	33.873	36	0.0	
17	131.85	0.00	0.00	0.82	6.039	33.873	36	0.0	
18	119.57	0.00	0.00	0.82	3.008	33.873	36	0.0	
19	106.44	0.00	0.00	0.82	-0.015	33.873	36	0.0	
20	92.45	0.00	0.00	0.82	-3.038	33.873	36	0.0	
21	77.61	0.00	0.00	0.82	-6.070	33.873	36	0.0	
22	61.90	0.00	0.00	0.82	-9.119	33.873	36	0.0	
23	45.30	0.00	0.00	0.82	-12.194	33.873	36	0.0	
24	27.79	0.00	0.00	0.82	-15.305	33.873	36	0.0	
25	9.33	0.00	0.00	-9.84 - 0.82	-18.010	33.873	36	0.0	

Resistenza al taglio pali      0.00      [kN]

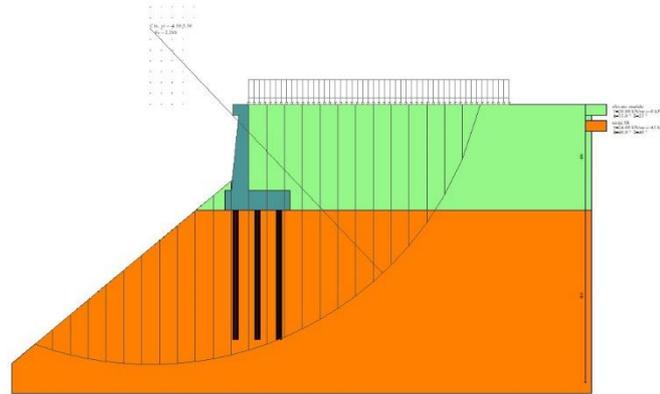


Fig. 6 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

### Cedimenti pali

#### Simbologia adottata

Ic           Indice combinazione  
Ip           Indice palo  
w           Cedimento, espresso in [cm]

Ic	Ip	w [cm]
3	1	0.0213
	2	0.0344
	3	0.0475
4	1	0.0208
	2	0.0333
	3	0.0458
5	1	0.0195
	2	0.0301
	3	0.0407

## Risultati per involucro

### 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	161.01	23.33	147.84	63.76	1.90	-2.84
	Peso/Inerzia muro			0.00	128.36/0.00	0.05	-3.32
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	216.98/0.00	0.95	-2.00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	1.99	-0.93	-3.83
	Resistenza pali			-336.20			

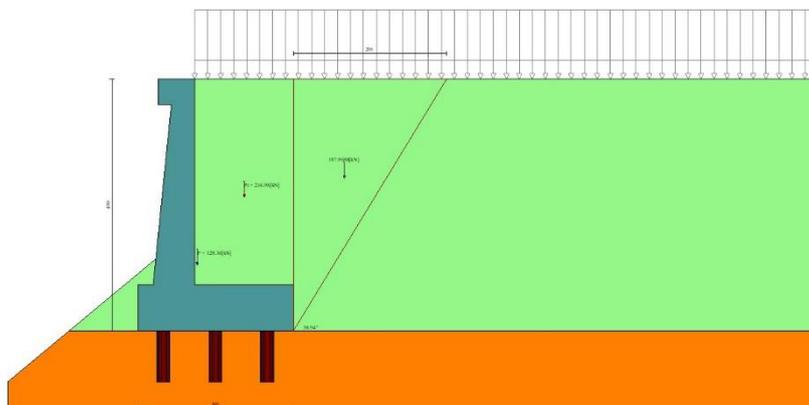


Fig. 10 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

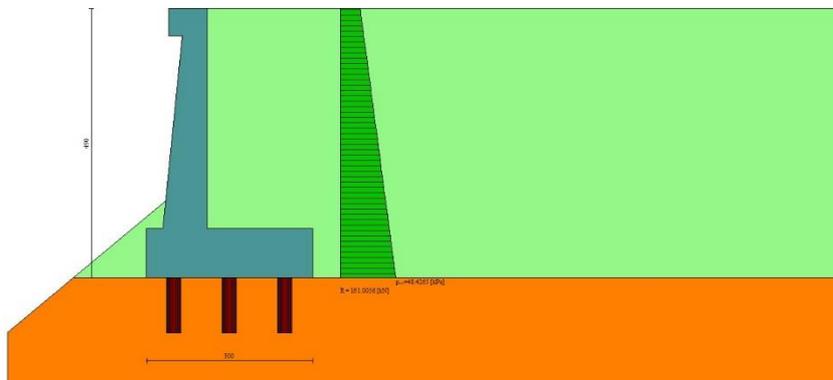


Fig. 11 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

ecc Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	411.09	147.84	305.01	783.64	0.335
2 - GEO (A2-M2-R2)	387.94	145.00	298.48	723.14	0.405
3 - SLER	377.80	112.07	230.56	700.76	0.255
4 - SLEF	365.93	106.57	217.09	674.18	0.251
5 - SLEQ	330.32	90.07	176.68	594.44	0.235

## Scarichi in testa ai pali

### Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione  
Ip Indice palo  
N Sforzo normale, espresso in [kN]  
M Momento, espresso in [kNm]  
T Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	68.18	0.00	-49.28
	2	137.03	0.00	-49.28
	3	205.88	0.00	-49.28

## 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)		2.274					
2 - GEO (A2-M2-R2)					2.288		

### 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 [m]	R [m]	FS
2 - GEO (A2-M2-R2)	-4.50; 3.50	15.56	2.288

## 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]  
Q<sub>y</sub> carico sulla striscia espresso in [kN]  
Q<sub>f</sub> carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
φ 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 [kN]	Q <sub>y</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	20.62	23.99	0.00	10.67 - 0.82	71.923	29.256	0	0.0	
2	54.94	23.99	0.00	0.82	63.840	29.256	0	0.0	
3	79.67	23.99	0.00	0.82	57.593	29.256	0	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
4	102.20	23.99	0.00	0.82	52.303	33.873	36	0.0	
5	121.49	23.99	0.00	0.82	47.592	33.873	36	0.0	
6	137.94	23.99	0.00	0.82	43.278	33.873	36	0.0	
7	152.14	23.99	0.00	0.82	39.252	33.873	36	0.0	
8	164.49	23.99	0.00	0.82	35.447	33.873	36	0.0	
9	175.25	23.99	0.00	0.82	31.815	33.873	36	0.0	
10	184.62	23.99	0.00	0.82	28.322	33.873	36	0.0	
11	208.92	23.99	0.00	0.82	24.940	33.873	36	0.0	
12	203.02	23.99	0.00	0.82	21.649	33.873	36	0.0	
13	208.92	23.99	0.00	0.82	18.431	33.873	36	0.0	
14	211.35	0.24	0.00	0.82	15.274	33.873	36	0.0	
15	151.65	0.00	0.00	0.82	12.163	33.873	36	0.0	
16	142.22	0.00	0.00	0.82	9.088	33.873	36	0.0	
17	131.85	0.00	0.00	0.82	6.039	33.873	36	0.0	
18	119.57	0.00	0.00	0.82	3.008	33.873	36	0.0	
19	106.44	0.00	0.00	0.82	-0.015	33.873	36	0.0	
20	92.45	0.00	0.00	0.82	-3.038	33.873	36	0.0	
21	77.61	0.00	0.00	0.82	-6.070	33.873	36	0.0	
22	61.90	0.00	0.00	0.82	-9.119	33.873	36	0.0	
23	45.30	0.00	0.00	0.82	-12.194	33.873	36	0.0	
24	27.79	0.00	0.00	0.82	-15.305	33.873	36	0.0	
25	9.33	0.00	0.00	-9.84 - 0.82	-18.010	33.873	36	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

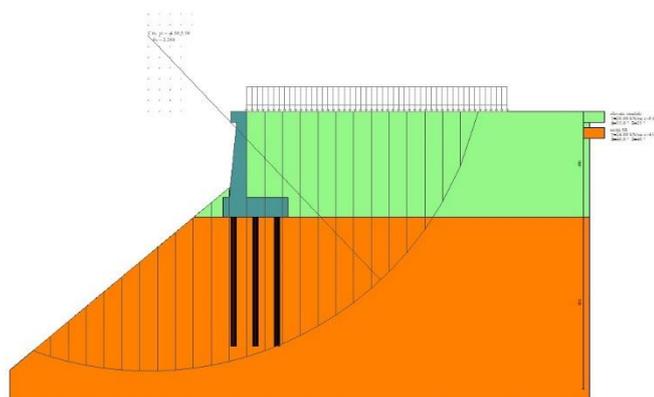


Fig. 12 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

## 10.1.2 Combinazione sismica

### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	v	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24.5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
4	C25/30	C25/30	Precomp	24.5170	30000	31447048	0.30	15.00	0.50

### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
B450C	450000	540000
Precomp	1569089	1863293

### Tipologie pali

#### Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	micropalo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	4	NO	SI	10000.00	10000.00

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata

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

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	15.00	0.00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 40.000 [°]

### Geometria muro

#### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 1.00 [m]

#### Paramento

Materiale C32/40  
 Altezza paramento 4.00 [m]  
 Altezza paramento libero 3.50 [m]  
 Spessore in sommità 0.40 [m]  
 Spessore all'attacco con la fondazione 0.80 [m]  
 Inclinazione paramento esterno 5.70 [°]  
 Inclinazione paramento interno 0.00 [°]

#### Mensola di marciapiede

Posizione rispetto alla testa del muro 0.00 [m]  
 Lunghezza 0.30 [m]  
 Spessore all'estremità libera 0.50 [m]  
 Spessore all'incastro 0.50 [m]

#### Fondazione

Materiale C32/40

Lunghezza mensola di valle	0.30	[m]
Lunghezza mensola di monte	1.90	[m]
Lunghezza totale	3.00	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.90	[m]
Spessore magrone	0.00	[m]

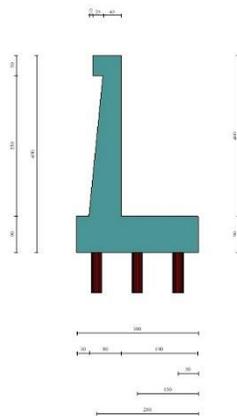


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

### Descrizione pali di fondazione

#### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
$\alpha$	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	$\alpha$ [°]	ALL
1	micropalo	0.50	1.00	0.20	1	25.00	6.00	0.00	Centrati
2	micropalo	1.50	1.00	0.20	1	25.00	6.00	0.00	Centrati
3	micropalo	2.50	1.00	0.20	1	25.00	6.00	0.00	Centrati

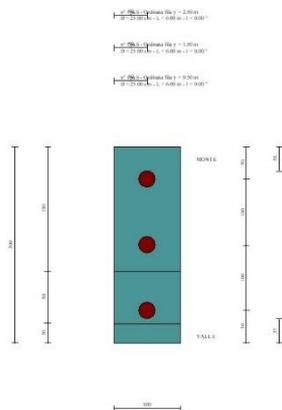


Fig. 2 - Pianta pali

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	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]
<b>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</b>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	rilevato stradale	20.0000	20.0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.333	0	0			(MIN)
				35.000	23.333	0	0			(MED)
2	unità SR	24.0000	24.0000	40.000	40.000	45	22	1.000	0	(CAR)
				40.000	40.000	45	22			(MIN)
				40.000	40.000	45	22			(MED)
3	unità Ra	20.0000	20.0000	35.000	35.000	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	35.000	0	0			(MIN)
				35.000	35.000	0	0			(MED)

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
<b>Per calcolo pali (solo se presenti)</b>	
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')**  
Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	4.90	0.000	rilevato stradale	0.000	0.000	10.000	1.000	0.000	---	---
2	8.00	0.000	unità SR	0.000	0.000	10.000	1.000	0.000	---	---

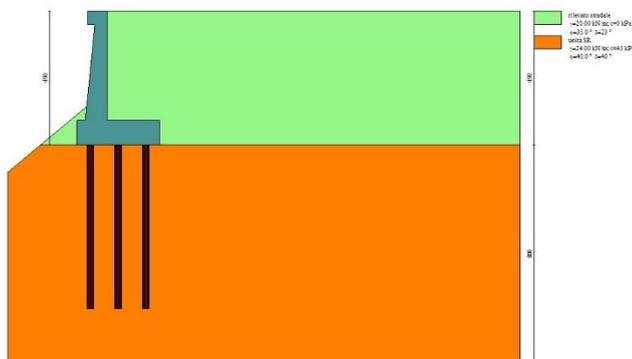


Fig. 3 - Stratigrafia

## 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>r</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>r</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>r</sub> espressa in [kN]

Condizione n° 1 (traffico veicolare) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

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	12.00	20.0000	20.0000

Condizione n° 2 (pavimentazione stradale) - PERMANENTE NS

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	12.00	4.8000	4.8000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	--	--	1.30

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

Numero di verticali indagate 1  
 $\zeta_3=1.70$   $\zeta_4=1.70$

### Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

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) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 2 - 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
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 3 - 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
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 4 - 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
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole

### Dati sismici

Comune	Poggio San Lorenzo
Provincia	Rieti
Regione	Lazio
Latitudine	42.242518
Longitudine	12.826850
Indice punti di interpolazione	26963 - 26964 - 26742 - 26741
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> ]		1.968	0.896
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.201	0.091
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.477	2.443
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.334	0.295
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	1.000	24.074	12.037
Ultimo - Ribaltamento	1.000	24.074	12.037
Esercizio	1.000	10.957	5.479

Forma diagramma incremento sismico  **Rettangolare**

### 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

#### 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	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

#### Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	10.00 [cm]

#### Opzioni calcolo pali

##### Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$ )
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Non attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta $\sigma_v$ con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

##### Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato	Criterio rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore $M=3.00$
- Palo infinitamente elastico	Non attivo

##### Cedimenti

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1.00 [cm]
Spostamento limite laterale	3.00 [cm]

## 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	64.43	23.33	59.17	25.52	1.90	-3.19
	Incremento di spinta sismica		53.02	48.68	21.00	1.90	-2.45
	Peso/Inerzia muro			30.90	128.36/15.45	0.05	-3.32
	Peso/Inerzia terrapieno			38.79	161.12/19.39	0.95	-2.00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.48	1.99	-0.93	-3.83
	Resistenza pali			-349.03			
	2	Spinta statica	64.43	23.33	59.17	25.52	1.90
Incremento di spinta sismica			41.36	37.97	16.38	1.90	-2.45
Peso/Inerzia muro				30.90	128.36/-15.45	0.05	-3.32
Peso/Inerzia terrapieno				38.79	161.12/-19.39	0.95	-2.00
Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle				0.48	1.99	-0.93	-3.83
Resistenza pali				-349.00			

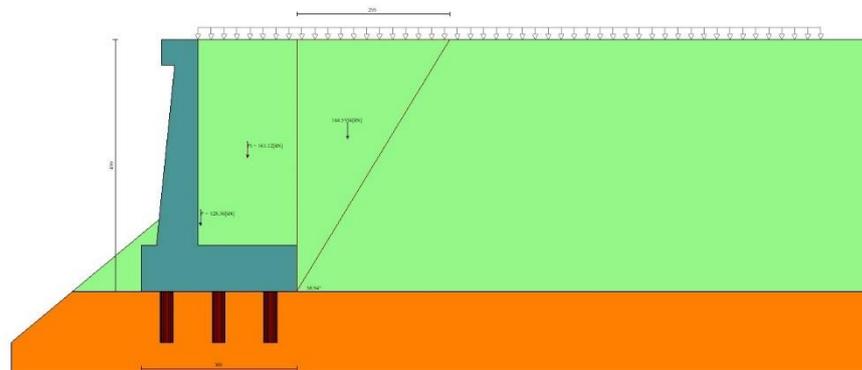


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

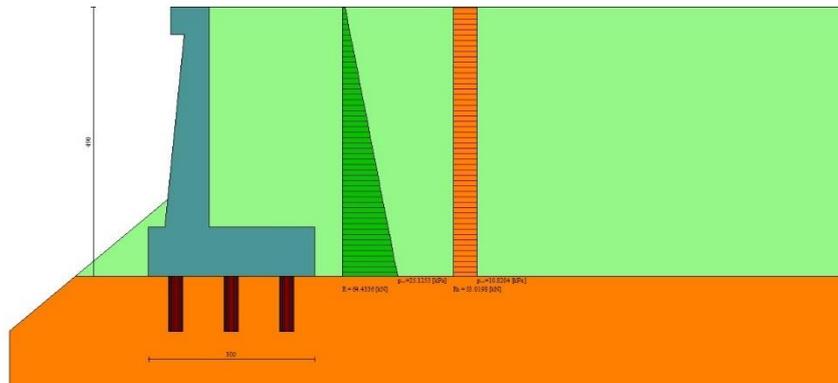


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

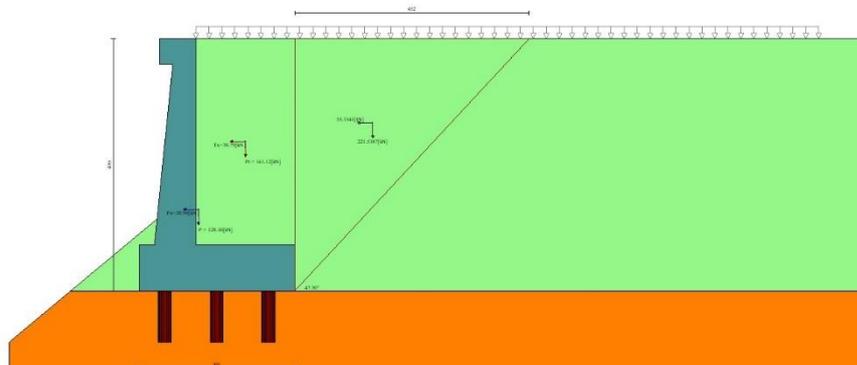


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 1)

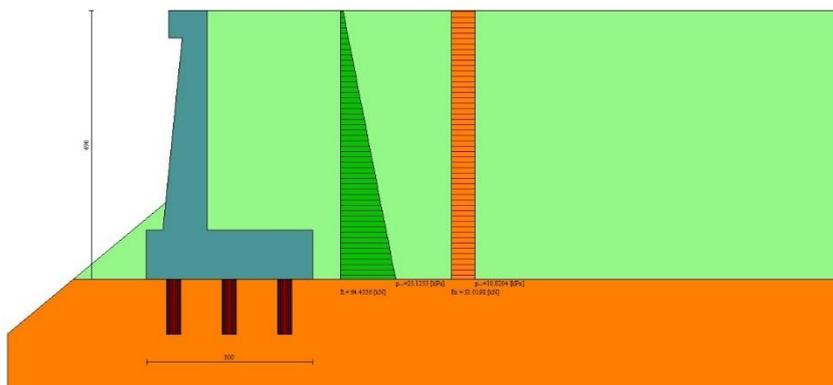


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 1)

## Risultanti globali

### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	372.83	178.02	382.10	674.92	0.714
2 - STR (A1-M1-R3)	298.52	167.31	413.35	603.58	0.862
3 - GEO (A2-M2-R2)	372.83	178.02	382.10	674.92	0.714
4 - GEO (A2-M2-R2)	298.52	167.31	413.35	603.58	0.862

## Scarichi in testa ai pali

### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-8.79	0.00	-59.34
	2	124.28	0.00	-59.34

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
	3	257.34	0.00	-59.34
2 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-29.15	0.00	-55.77
	2	99.51	0.00	-55.77
	3	228.16	0.00	-55.77

### 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>SUPL</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>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.961					
2 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.086					
3 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.117		
4 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.089		

#### 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 [m]	R [m]	FS
3 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4.50; 4.50	16.49	2.117
4 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4.50; 4.50	16.49	2.089

#### 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]
Q <sub>y</sub>	carico sulla striscia espresso in [kN]
Q <sub>f</sub>	carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	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]
T <sub>x</sub> ; T <sub>y</sub>	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

#### Combinazione n° 3 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kN]	Q <sub>y</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	T <sub>x</sub> ; T <sub>y</sub> [kN]
1	19.44	4.07	0.00	11.38 - 0.85	69.693	35.000	0	0.0	
2	52.69	4.07	0.00	0.85	62.488	35.000	0	0.0	
3	77.54	4.07	0.00	0.85	56.619	35.000	0	0.0	
4	100.25	4.07	0.00	0.85	51.569	40.000	45	0.0	
5	120.40	4.07	0.00	0.85	47.036	40.000	45	0.0	
6	137.67	4.07	0.00	0.85	42.863	40.000	45	0.0	
7	152.66	4.07	0.00	0.85	38.958	40.000	45	0.0	
8	165.74	4.07	0.00	0.85	35.259	40.000	45	0.0	
9	177.18	4.07	0.00	0.85	31.722	40.000	45	0.0	
10	187.17	4.07	0.00	0.85	28.316	40.000	45	0.0	
11	195.85	4.07	0.00	0.85	25.016	40.000	45	0.0	
12	220.28	4.07	0.00	0.85	21.803	40.000	45	0.0	
13	213.14	4.07	0.00	0.85	18.661	40.000	45	0.0	
14	223.83	1.68	0.00	0.85	15.576	40.000	45	0.0	
15	167.86	0.00	0.00	0.85	12.537	40.000	45	0.0	
16	148.82	0.00	0.00	0.85	9.534	40.000	45	0.0	
17	138.54	0.00	0.00	0.85	6.556	40.000	45	0.0	
18	125.67	0.00	0.00	0.85	3.597	40.000	45	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
19	111.83	0.00	0.00	0.85	0.647	40.000	45	0.0	
20	97.09	0.00	0.00	0.85	-2.301	40.000	45	0.0	
21	81.47	0.00	0.00	0.85	-5.255	40.000	45	0.0	
22	64.94	0.00	0.00	0.85	-8.224	40.000	45	0.0	
23	47.50	0.00	0.00	0.85	-11.215	40.000	45	0.0	
24	29.11	0.00	0.00	0.85	-14.237	40.000	45	0.0	
25	9.75	0.00	0.00	-9.83 - 0.85	-16.744	40.000	45	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	19.44	4.07	0.00	11.38 - 0.85	69.693	35.000	0	0.0	
2	52.69	4.07	0.00	0.85	62.488	35.000	0	0.0	
3	77.54	4.07	0.00	0.85	56.619	35.000	0	0.0	
4	100.25	4.07	0.00	0.85	51.569	40.000	45	0.0	
5	120.40	4.07	0.00	0.85	47.036	40.000	45	0.0	
6	137.67	4.07	0.00	0.85	42.863	40.000	45	0.0	
7	152.66	4.07	0.00	0.85	38.958	40.000	45	0.0	
8	165.74	4.07	0.00	0.85	35.259	40.000	45	0.0	
9	177.18	4.07	0.00	0.85	31.722	40.000	45	0.0	
10	187.17	4.07	0.00	0.85	28.316	40.000	45	0.0	
11	195.85	4.07	0.00	0.85	25.016	40.000	45	0.0	
12	220.28	4.07	0.00	0.85	21.803	40.000	45	0.0	
13	213.14	4.07	0.00	0.85	18.661	40.000	45	0.0	
14	223.83	1.68	0.00	0.85	15.576	40.000	45	0.0	
15	167.86	0.00	0.00	0.85	12.537	40.000	45	0.0	
16	148.82	0.00	0.00	0.85	9.534	40.000	45	0.0	
17	138.54	0.00	0.00	0.85	6.556	40.000	45	0.0	
18	125.67	0.00	0.00	0.85	3.597	40.000	45	0.0	
19	111.83	0.00	0.00	0.85	0.647	40.000	45	0.0	
20	97.09	0.00	0.00	0.85	-2.301	40.000	45	0.0	
21	81.47	0.00	0.00	0.85	-5.255	40.000	45	0.0	
22	64.94	0.00	0.00	0.85	-8.224	40.000	45	0.0	
23	47.50	0.00	0.00	0.85	-11.215	40.000	45	0.0	
24	29.11	0.00	0.00	0.85	-14.237	40.000	45	0.0	
25	9.75	0.00	0.00	-9.83 - 0.85	-16.744	40.000	45	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

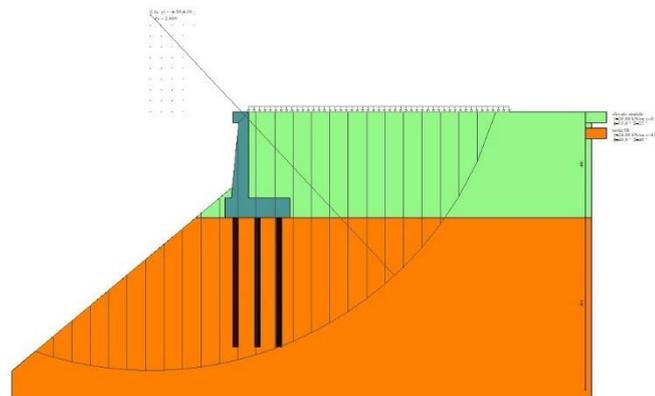


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

##### Simbologia adottata

- 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)

#### Elementi calcolati a piastra

##### Simbologia adottata

- Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]
- Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle

Tx, Ty            Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)  
I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

*Paramento*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	3.43	0.00	0.43
2	-0.10	4.96	1.20	0.40
3	-0.20	6.53	2.45	0.48
4	-0.30	8.15	3.74	0.68
5	-0.40	9.82	5.09	0.99
6	-0.50	11.53	6.49	1.42
7	-0.60	13.29	7.94	1.98
8	-0.70	15.10	9.44	2.67
9	-0.80	16.95	11.00	3.50
10	-0.90	18.85	12.60	4.47
11	-1.00	20.79	14.25	5.59
12	-1.10	22.79	15.96	6.85
13	-1.20	24.83	17.71	8.27
14	-1.30	26.91	19.52	9.85
15	-1.40	29.05	21.37	11.60
16	-1.50	31.23	23.28	13.51
17	-1.60	33.46	25.24	15.60
18	-1.70	35.73	27.25	17.86
19	-1.80	38.05	29.31	20.31
20	-1.90	40.42	31.42	22.94
21	-2.00	42.83	33.58	25.77
22	-2.10	45.29	35.79	28.79
23	-2.20	47.80	38.06	32.02
24	-2.30	50.35	40.37	35.45
25	-2.40	52.96	42.73	39.09
26	-2.50	55.60	45.15	42.95
27	-2.60	58.30	47.62	47.03
28	-2.70	61.04	50.13	51.33
29	-2.80	63.83	52.70	55.86
30	-2.90	66.66	55.32	60.62
31	-3.00	69.55	57.99	65.63
32	-3.10	72.47	60.71	70.87
33	-3.20	75.45	63.48	76.37
34	-3.30	78.47	66.30	82.12
35	-3.40	81.54	69.17	88.12
36	-3.50	84.66	72.09	94.39
37	-3.60	87.82	75.07	100.92
38	-3.70	91.03	78.09	107.73
39	-3.80	94.28	81.17	114.81
40	-3.90	97.59	84.29	122.17
41	-4.00	100.94	87.47	129.81

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	3.07	0.00	0.38
2	-0.10	4.27	1.01	0.36
3	-0.20	5.52	2.08	0.43
4	-0.30	6.81	3.20	0.60
5	-0.40	8.14	4.37	0.87
6	-0.50	9.51	5.58	1.25
7	-0.60	10.93	6.85	1.74
8	-0.70	12.38	8.17	2.34
9	-0.80	13.87	9.54	3.06
10	-0.90	15.41	10.96	3.91
11	-1.00	16.99	12.43	4.89
12	-1.10	18.60	13.96	6.00
13	-1.20	20.26	15.53	7.25
14	-1.30	21.96	17.15	8.65
15	-1.40	23.70	18.83	10.19
16	-1.50	25.48	20.55	11.89
17	-1.60	27.30	22.33	13.74
18	-1.70	29.16	24.16	15.76
19	-1.80	31.06	26.03	17.94
20	-1.90	33.01	27.96	20.30
21	-2.00	34.99	29.94	22.83
22	-2.10	37.02	31.97	25.54
23	-2.20	39.08	34.05	28.44
24	-2.30	41.19	36.18	31.53
25	-2.40	43.34	38.37	34.81
26	-2.50	45.53	40.60	38.30
27	-2.60	47.76	42.88	41.98
28	-2.70	50.03	45.22	45.88
29	-2.80	52.34	47.60	49.99
30	-2.90	54.69	50.04	54.32
31	-3.00	57.09	52.53	58.88

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
32	-3.10	59.52	55.06	63.66
33	-3.20	62.00	57.65	68.67
34	-3.30	64.51	60.29	73.92
35	-3.40	67.07	62.98	79.42
36	-3.50	69.67	65.72	85.16
37	-3.60	72.31	68.52	91.15
38	-3.70	74.99	71.36	97.39
39	-3.80	77.71	74.25	103.90
40	-3.90	80.47	77.20	110.67
41	-4.00	83.27	80.19	117.72

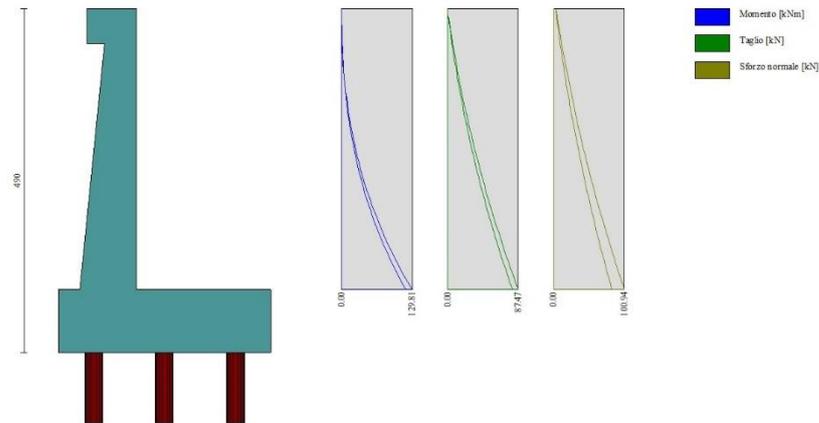


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

*Mensola valle*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.62	0.00	1.14	0.05
3	-0.53	0.00	2.29	0.19
4	-0.45	0.00	3.43	0.43

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.62	0.00	1.02	0.04
3	-0.53	0.00	2.04	0.17
4	-0.45	0.00	3.07	0.38

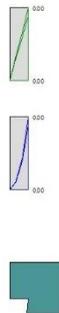


Fig. 10 - Mensola valle (Inviluppo)

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
13	<b>10.37</b>	-110.91	-3.13	-83.96	-101.65	MAX
7	<b>-50.48</b>	-168.27	11.80	0.00	-100.41	MIN
21	0.85	<b>0.59</b>	-1.33	-1.58	-34.30	MAX
7	-50.48	<b>-168.27</b>	11.80	0.00	-100.41	MIN
7	-50.48	-168.27	<b>11.80</b>	0.00	-100.41	MAX
10	-50.48	-168.27	<b>-11.80</b>	0.00	-100.41	MIN
12	10.37	-110.91	3.13	<b>83.96</b>	-101.65	MAX
13	10.37	-110.91	-3.13	<b>-83.96</b>	-101.65	MIN
3	0.10	0.05	0.00	0.00	<b>4.40</b>	MAX
14	1.26	-52.73	0.00	0.00	<b>-131.82</b>	MIN

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
13	<b>10.37</b>	-110.91	-3.13	-83.96	-101.65	MAX
7	<b>-61.65</b>	-205.50	15.62	0.00	-131.11	MIN
22	2.65	<b>2.30</b>	1.65	0.05	-42.24	MAX
7	-61.65	<b>-205.50</b>	15.62	0.00	-131.11	MIN
7	-61.65	-205.50	<b>15.62</b>	0.00	-131.11	MAX
10	-61.65	-205.50	<b>-15.62</b>	0.00	-131.11	MIN
12	10.37	-110.91	3.13	<b>83.96</b>	-101.65	MAX
13	10.37	-110.91	-3.13	<b>-83.96</b>	-101.65	MIN
3	0.10	0.05	0.00	0.00	<b>4.40</b>	MAX
14	1.31	-65.26	0.00	0.00	<b>-150.09</b>	MIN

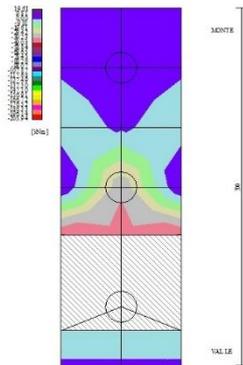


Fig. 11 - Piastra fondazione - Momenti MxMAX (Combinazione n° 1)

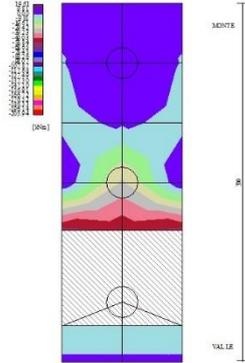


Fig. 12 - Piastra fondazione - Momenti  $M_{xMIN}$  (Combinazione n° 2)

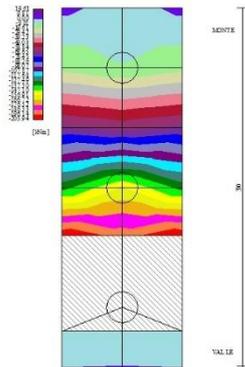


Fig. 13 - Piastra fondazione - Momenti  $M_y$  (Combinazione n° 2)

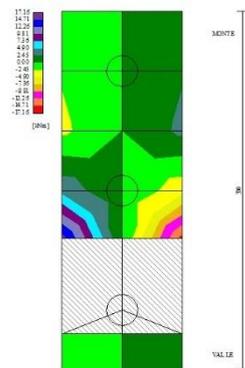


Fig. 14 - Piastra fondazione - Momento  $M_{xy}$  (Combinazione n° 2)

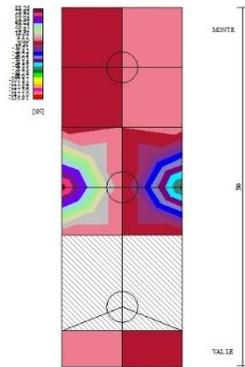


Fig. 15 - Piastra fondazione - Taglio Tx (Combinazione n° 1)

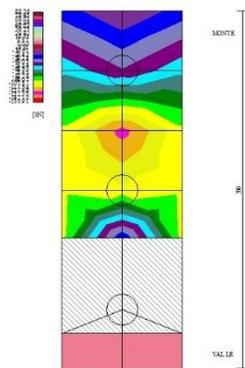


Fig. 16 - Piastra fondazione - Taglio Ty<sub>MAX</sub> (Combinazione n° 1)

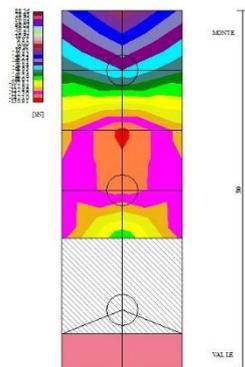


Fig. 17 - Piastra fondazione - Taglio Ty<sub>MIN</sub> (Combinazione n° 2)

## Risultati per involucro

### 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	64.43	23.33	59.17	25.52	1.90	-3.19
	Incremento di spinta sismica		53.02	48.68	21.00	1.90	-2.45
	Peso/Inerzia muro			30.90	128.36/15.45	0.05	-3.32
	Peso/Inerzia terrapieno			38.79	161.12/19.39	0.95	-2.00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.48	1.99	-0.93	-3.83
	Resistenza pali			-349.03			
1	Spinta statica	64.43	23.33	59.17	25.52	1.90	-3.19
	Incremento di spinta sismica		53.02	48.68	21.00	1.90	-2.45
	Peso/Inerzia muro			30.90	128.36/15.45	0.05	-3.32
	Peso/Inerzia terrapieno			38.79	161.12/19.39	0.95	-2.00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.48	1.99	-0.93	-3.83
	Resistenza pali			-349.03			

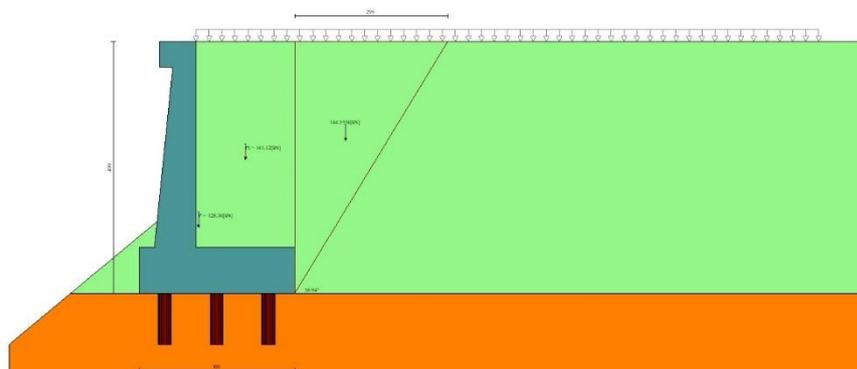


Fig. 21 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

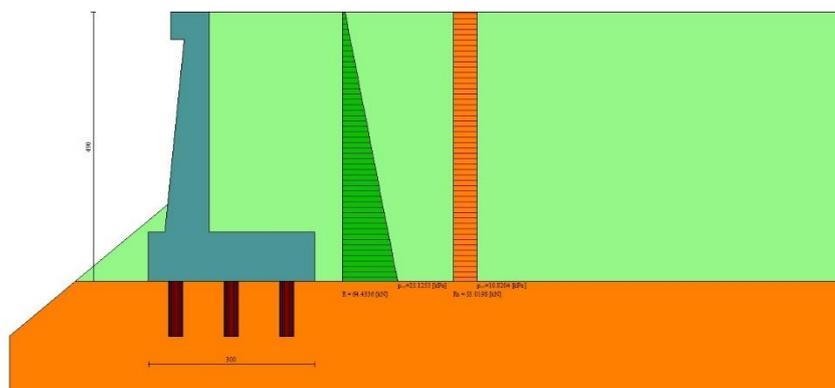


Fig. 22 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

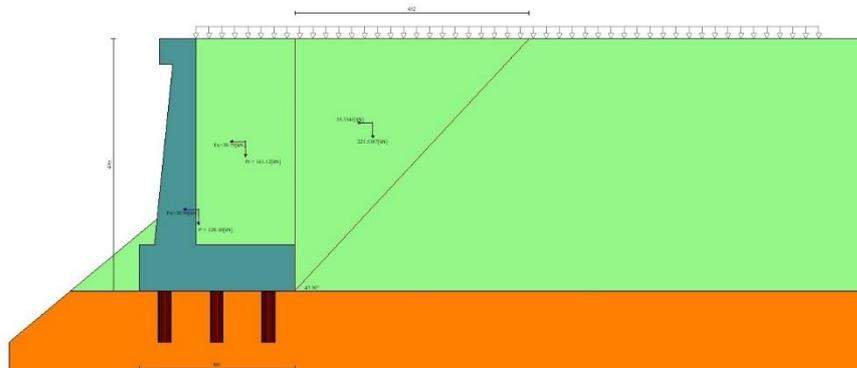


Fig. 23 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 1)

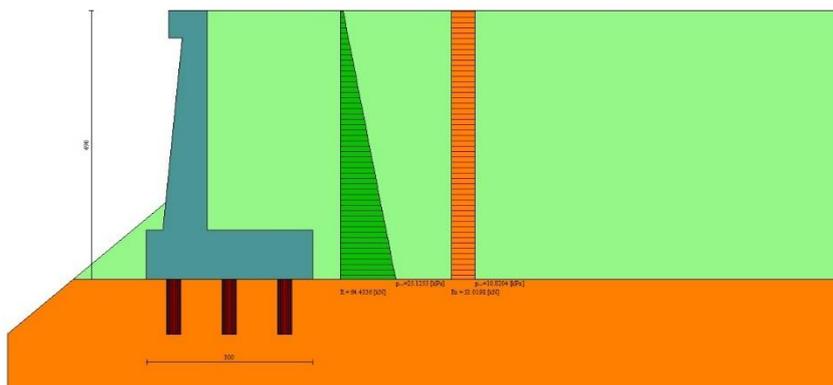


Fig. 24 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 1)

## Risultanti globali

### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	372.83	178.02	382.10	674.92	0.714
2 - STR (A1-M1-R3)	298.52	167.31	413.35	603.58	0.862
3 - GEO (A2-M2-R2)	372.83	178.02	382.10	674.92	0.714
4 - GEO (A2-M2-R2)	298.52	167.31	413.35	603.58	0.862

## Scarichi in testa ai pali

### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-8.79	0.00	-59.34
	2	124.28	0.00	-59.34

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
	3	257.34	0.00	-59.34
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-8.79	0.00	-59.34
	2	124.28	0.00	-59.34
	3	257.34	0.00	-59.34

## 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>SUPL</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>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.961					
2 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.086					
3 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.117		
4 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.089		

### 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 [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4.50; 4.50	16.49	2.089

### 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 [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	19.44	4.07	0.00	11.38 - 0.85	69.693	35.000	0	0.0	
2	52.69	4.07	0.00	0.85	62.488	35.000	0	0.0	
3	77.54	4.07	0.00	0.85	56.619	35.000	0	0.0	
4	100.25	4.07	0.00	0.85	51.569	40.000	45	0.0	
5	120.40	4.07	0.00	0.85	47.036	40.000	45	0.0	
6	137.67	4.07	0.00	0.85	42.863	40.000	45	0.0	
7	152.66	4.07	0.00	0.85	38.958	40.000	45	0.0	
8	165.74	4.07	0.00	0.85	35.259	40.000	45	0.0	
9	177.18	4.07	0.00	0.85	31.722	40.000	45	0.0	
10	187.17	4.07	0.00	0.85	28.316	40.000	45	0.0	
11	195.85	4.07	0.00	0.85	25.016	40.000	45	0.0	
12	220.28	4.07	0.00	0.85	21.803	40.000	45	0.0	
13	213.14	4.07	0.00	0.85	18.661	40.000	45	0.0	
14	223.83	1.68	0.00	0.85	15.576	40.000	45	0.0	
15	167.86	0.00	0.00	0.85	12.537	40.000	45	0.0	
16	148.82	0.00	0.00	0.85	9.534	40.000	45	0.0	
17	138.54	0.00	0.00	0.85	6.556	40.000	45	0.0	
18	125.67	0.00	0.00	0.85	3.597	40.000	45	0.0	
19	111.83	0.00	0.00	0.85	0.647	40.000	45	0.0	
20	97.09	0.00	0.00	0.85	-2.301	40.000	45	0.0	
21	81.47	0.00	0.00	0.85	-5.255	40.000	45	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
22	64.94	0.00	0.00	0.85	-8.224	40.000	45	0.0	
23	47.50	0.00	0.00	0.85	-11.215	40.000	45	0.0	
24	29.11	0.00	0.00	0.85	-14.237	40.000	45	0.0	
25	9.75	0.00	0.00	-9.83 - 0.85	-16.744	40.000	45	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

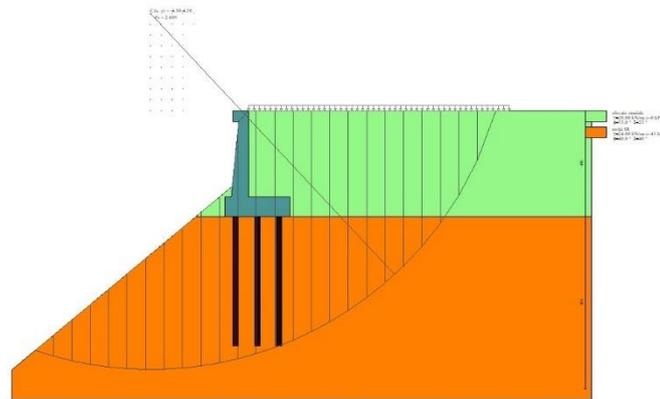


Fig. 25 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

- 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)

### Elementi calcolati a piastra

#### Simbologia adottata

- Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]  
Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle  
Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)  
I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

## Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0.00	3.07	3.43	0.00	0.00	0.38	0.43
2	-0.10	4.27	4.96	1.01	1.20	0.36	0.40
3	-0.20	5.52	6.53	2.08	2.45	0.43	0.48
4	-0.30	6.81	8.15	3.20	3.74	0.60	0.68
5	-0.40	8.14	9.82	4.37	5.09	0.87	0.99
6	-0.50	9.51	11.53	5.58	6.49	1.25	1.42
7	-0.60	10.93	13.29	6.85	7.94	1.74	1.98
8	-0.70	12.38	15.10	8.17	9.44	2.34	2.67
9	-0.80	13.87	16.95	9.54	11.00	3.06	3.50
10	-0.90	15.41	18.85	10.96	12.60	3.91	4.47
11	-1.00	16.99	20.79	12.43	14.25	4.89	5.59
12	-1.10	18.60	22.79	13.96	15.96	6.00	6.85
13	-1.20	20.26	24.83	15.53	17.71	7.25	8.27
14	-1.30	21.96	26.91	17.15	19.52	8.65	9.85
15	-1.40	23.70	29.05	18.83	21.37	10.19	11.60
16	-1.50	25.48	31.23	20.55	23.28	11.89	13.51
17	-1.60	27.30	33.46	22.33	25.24	13.74	15.60
18	-1.70	29.16	35.73	24.16	27.25	15.76	17.86
19	-1.80	31.06	38.05	26.03	29.31	17.94	20.31
20	-1.90	33.01	40.42	27.96	31.42	20.30	22.94
21	-2.00	34.99	42.83	29.94	33.58	22.83	25.77
22	-2.10	37.02	45.29	31.97	35.79	25.54	28.79
23	-2.20	39.08	47.80	34.05	38.06	28.44	32.02
24	-2.30	41.19	50.35	36.18	40.37	31.53	35.45
25	-2.40	43.34	52.96	38.37	42.73	34.81	39.09
26	-2.50	45.53	55.60	40.60	45.15	38.30	42.95
27	-2.60	47.76	58.30	42.88	47.62	41.98	47.03

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
28	-2.70	50.03	61.04	45.22	50.13	45.88	51.33
29	-2.80	52.34	63.83	47.60	52.70	49.99	55.86
30	-2.90	54.69	66.66	50.04	55.32	54.32	60.62
31	-3.00	57.09	69.55	52.53	57.99	58.88	65.63
32	-3.10	59.52	72.47	55.06	60.71	63.66	70.87
33	-3.20	62.00	75.45	57.65	63.48	68.67	76.37
34	-3.30	64.51	78.47	60.29	66.30	73.92	82.12
35	-3.40	67.07	81.54	62.98	69.17	79.42	88.12
36	-3.50	69.67	84.66	65.72	72.09	85.16	94.39
37	-3.60	72.31	87.82	68.52	75.07	91.15	100.92
38	-3.70	74.99	91.03	71.36	78.09	97.39	107.73
39	-3.80	77.71	94.28	74.25	81.17	103.90	114.81
40	-3.90	80.47	97.59	77.20	84.29	110.67	122.17
41	-4.00	83.27	100.94	80.19	87.47	117.72	129.81

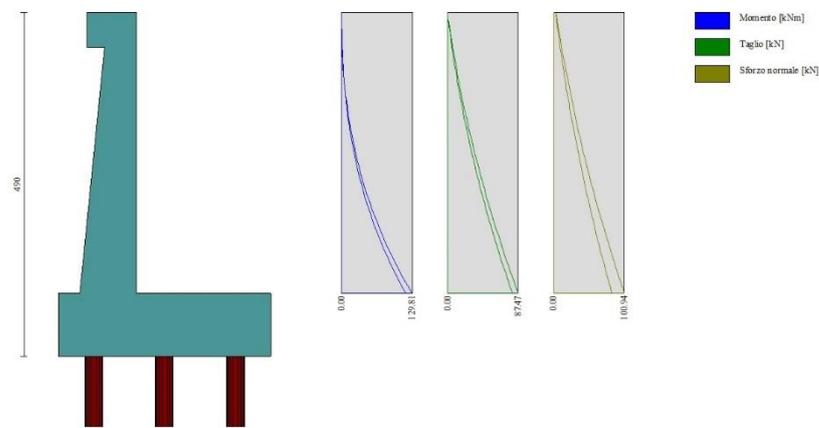


Fig. 26 - Paramento

Mensola valle

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.62	0.00	0.00	1.02	1.14	0.04	0.05
3	-0.53	0.00	0.00	2.04	2.29	0.17	0.19
4	-0.45	0.00	0.00	3.07	3.43	0.38	0.43



Fig. 27 - Mensola valle

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
13	<b>10.37</b> (1)	-110.91 (1)	-3.13 (1)	-83.96 (1)	-101.65 (1)	MAX
7	<b>-61.65</b> (2)	-205.50 (2)	15.62 (2)	0.00 (2)	-131.11 (2)	MIN
22	2.65 (2)	<b>2.30</b> (2)	1.65 (2)	0.05 (2)	-42.24 (2)	MAX
7	-61.65 (2)	<b>-205.50</b> (2)	15.62 (2)	0.00 (2)	-131.11 (2)	MIN
7	-61.65 (2)	-205.50 (2)	<b>15.62</b> (2)	0.00 (2)	-131.11 (2)	MAX
10	-61.65 (2)	-205.50 (2)	<b>-15.62</b> (2)	0.00 (2)	-131.11 (2)	MIN
12	10.37 (1)	-110.91 (1)	3.13 (1)	<b>83.96</b> (1)	-101.65 (1)	MAX
13	10.37 (1)	-110.91 (1)	-3.13 (1)	<b>-83.96</b> (1)	-101.65 (1)	MIN
3	0.10 (1)	0.05 (1)	0.00 (1)	0.00 (1)	<b>4.40</b> (1)	MAX
14	1.31 (2)	-65.26 (2)	0.00 (2)	0.00 (2)	<b>-150.09</b> (2)	MIN

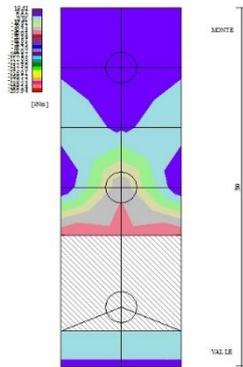


Fig. 28 - Piastra fondazione - Momento  $M_{xMAX}$  (Combinazione n° 1)

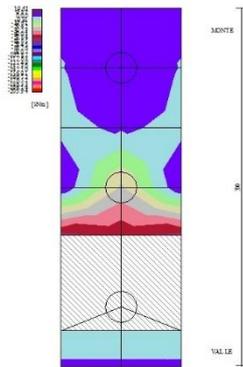


Fig. 29 - Piastra fondazione - Momento  $M_{xMIN}$  (Combinazione n° 2)

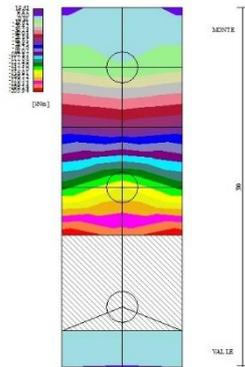


Fig. 30 - Piastra fondazione - Momento My (Combinazione n° 2)

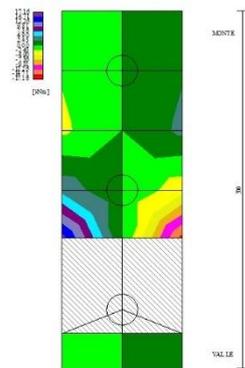


Fig. 31 - Piastra fondazione - Momento Mxy (Combinazione n° 2)

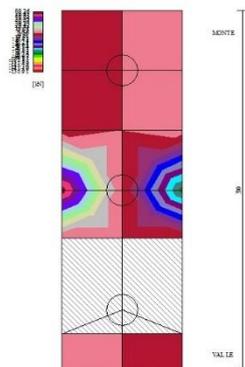


Fig. 32 - Piastra fondazione - Taglio Tx (Combinazione n° 1)

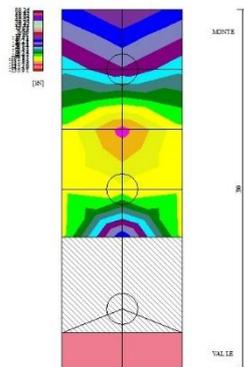


Fig. 33 - Piastra fondazione - Taglio  $T_{yMAX}$  (Combinazione n° 1)

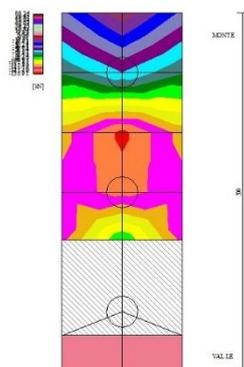


Fig. 34 - Piastra fondazione - Taglio  $T_{yMIN}$  (Combinazione n° 2)

### 10.1.3 Combinazione eccezionale d'urto

#### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
$R_{ck}$	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	$R_{ck}$ [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24.5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
4	C25/30	C25/30	Precomp	24.5170	30000	31447048	0.30	15.00	0.50

## Acciai

Descr	$f_{yk}$ [kPa]	$f_{uk}$ [kPa]
B450C	450000	540000
Precomp	1569089	1863293

## Tipologie pali

### Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	micropalo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	4	NO	SI	10000.00	10000.00

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata

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

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	15.00	0.00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 40.000 [°]

## Geometria muro

### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 1.00 [m]

#### Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	4.00	[m]
Altezza paramento libero	3.50	[m]
Spessore in sommità	0.40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.80	[m]
Inclinazione paramento esterno	5.70	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]

#### Mensola di marciapiede

Posizione rispetto alla testa del muro	0.00	[m]
Lunghezza	0.30	[m]
Spessore all'estremità libera	0.50	[m]
Spessore all'incastro	0.50	[m]

#### Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0.30	[m]
Lunghezza mensola di monte	1.90	[m]
Lunghezza totale	3.00	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.90	[m]

Spessore magrone

0.00

[m]

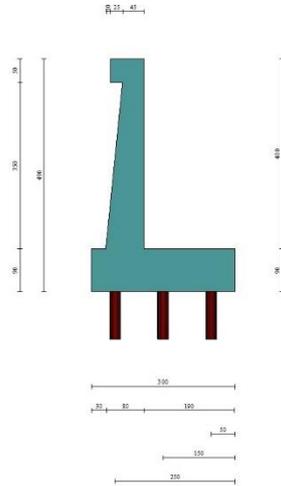


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

### Descrizione pali di fondazione

#### Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della fila
- X ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
- I interasse tra i pali, espressa in [m]
- f franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
- Np Numero di pali della fila
- D diametro dei pali della fila espresso in [cm]
- L lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
- $\alpha$  inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
- ALL allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	$\alpha$ [°]	ALL
1	micropalo	0.50	1.00	0.20	1	23.00	6.00	0.00	Centrati
2	micropalo	1.50	1.00	0.20	1	23.00	6.00	0.00	Centrati
3	micropalo	2.50	1.00	0.20	1	23.00	6.00	0.00	Centrati

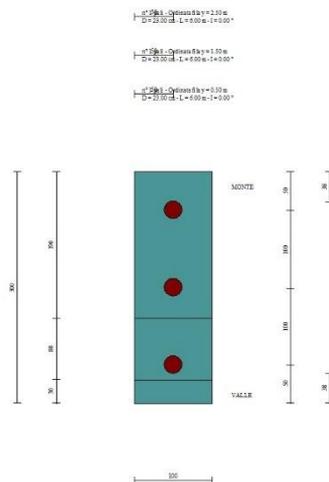


Fig. 2 - Pianta pali

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	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]
Ca	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°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	rilevato stradale	20.0000	20.0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.333	0	0			(MIN)
				35.000	23.333	0	0			(MED)
2	unità SR	24.0000	24.0000	40.000	40.000	45	22	1.000	0	(CAR)
				40.000	40.000	45	22			(MIN)
				40.000	40.000	45	22			(MED)
3	unità Ra	20.0000	20.0000	35.000	35.000	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	35.000	0	0			(MIN)
				35.000	35.000	0	0			(MED)

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Per calcolo pali (solo se presenti)	
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')

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	4.90	0.000	rilevato stradale	0.000	0.000	1.000	0.500	1.000	---	---
2	8.00	0.000	unità SR	0.000	0.000	5.000	1.000	0.000	---	---

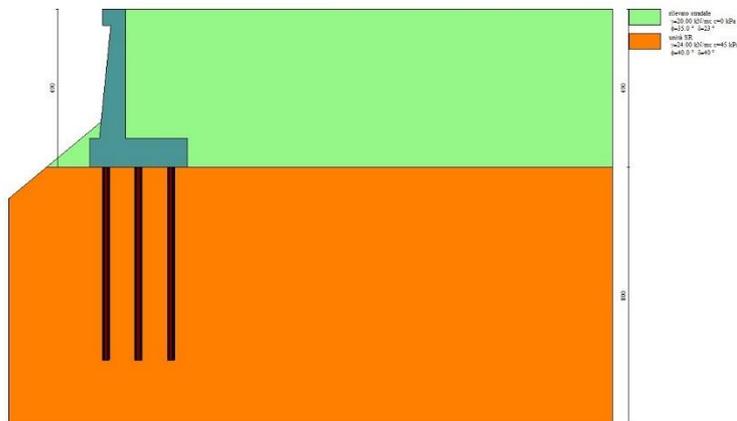


Fig. 3 - Stratigrafia

### 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 (pavimentazione stradale) - PERMANENTE NS

#### 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	12.00	4.8000	4.8000

### Condizione n° 2 (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	Paramento	-0.40; 0.00	59.6400	0.0000	59.6400				

### Condizione n° 3 (Condizione 3) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

### Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

### Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

### Coeff. parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

### Carichi verticali. Coeff. parziali $\gamma_R$ da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	--	--	1.30

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

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$   $\zeta_4=1.70$

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):

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

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili, per 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
pavimentazione stradale	1.50	--	Sfavorevole
urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.30	--	Sfavorevole
urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Poggio San Lorenzo
Provincia	Rieti
Regione	Lazio
Latitudine	42.242518
Longitudine	12.826850
Indice punti di interpolazione	26963 - 26964 - 26742 - 26741
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> ]	1.968	0.896
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.201	0.091
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.477	2.443
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.334	0.295
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	1.000	24.074	12.037
Ultimo - Ribaltamento	1.000	24.074	12.037
Esercizio	1.000	10.957	5.479

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

### Opzioni di calcolo

#### Spinta

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

#### 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	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

#### Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	10.00 [cm]

#### Opzioni calcolo pali

##### *Portanza verticale*

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$ )
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Non attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta $\sigma_v$ con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

##### *Portanza trasversale*

Costante di Winkler: da strato	criterio rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore M=3.00
- Palo infinitamente elastico	Non attivo

##### *Cedimenti*

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1.00 [cm]
Spostamento limite laterale	3.00 [cm]

## 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	128.67	23.33	118.15	50.96	1.90	-2.93
	Peso/Inerzia muro			0.00	128.36/0.00	0.05	-3.32
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	165.68/0.00	0.95	-2.00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	1.99	-0.93	-3.83
	Risultante forze sul muro			59.64	0.00	--	--
	Resistenza pali			-330.85			

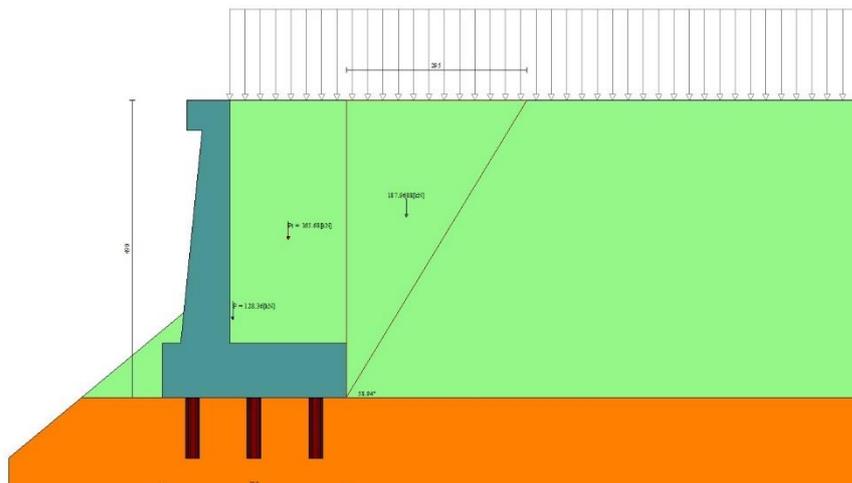


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

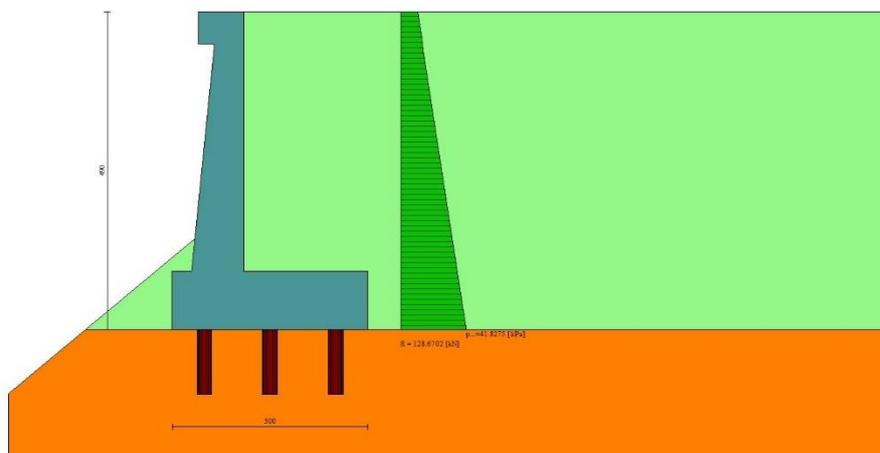


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	346.99	177.79	584.14	640.10	1.338
2 - GEO (A2-M2-R2)	332.97	172.01	570.40	599.81	1.411

### Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-116.47	0.00	-59.26
	2	115.66	0.00	-59.26
	3	347.79	0.00	-59.26

### 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>SUPL</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>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.861					
2 - GEO (A2-M2-R2)					2.462		

### 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 [m]	R [m]	FS
2 - GEO (A2-M2-R2)	-4.50; 3.50	15.56	2.462

### 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]
Q <sub>y</sub>	carico sulla striscia espresso in [kN]
Q <sub>f</sub>	carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	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]
T <sub>x</sub> ; T <sub>y</sub>	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	20.62	5.12	0.00	10.67 - 0.82	71.923	29.256	0	0.0	
2	54.94	5.12	0.00	0.82	63.840	29.256	0	0.0	
3	79.67	5.12	0.00	0.82	57.593	29.256	0	0.0	
4	102.20	5.12	0.00	0.82	52.303	33.873	36	0.0	
5	121.49	5.12	0.00	0.82	47.592	33.873	36	0.0	
6	137.94	5.12	0.00	0.82	43.278	33.873	36	0.0	
7	152.14	5.12	0.00	0.82	39.252	33.873	36	0.0	
8	164.49	5.12	0.00	0.82	35.447	33.873	36	0.0	
9	175.25	5.12	0.00	0.82	31.815	33.873	36	0.0	
10	184.62	5.12	0.00	0.82	28.322	33.873	36	0.0	
11	208.92	5.12	0.00	0.82	24.940	33.873	36	0.0	
12	203.02	5.12	0.00	0.82	21.649	33.873	36	0.0	
13	208.92	5.12	0.00	0.82	18.431	33.873	36	0.0	
14	211.35	0.05	0.00	0.82	15.274	33.873	36	0.0	
15	151.65	0.00	0.00	0.82	12.163	33.873	36	0.0	
16	142.22	0.00	0.00	0.82	9.088	33.873	36	0.0	
17	131.85	0.00	0.00	0.82	6.039	33.873	36	0.0	
18	119.57	0.00	0.00	0.82	3.008	33.873	36	0.0	
19	106.44	0.00	0.00	0.82	-0.015	33.873	36	0.0	
20	92.45	0.00	0.00	0.82	-3.038	33.873	36	0.0	
21	77.61	0.00	0.00	0.82	-6.070	33.873	36	0.0	
22	61.90	0.00	0.00	0.82	-9.119	33.873	36	0.0	
23	45.30	0.00	0.00	0.82	-12.194	33.873	36	0.0	
24	27.79	0.00	0.00	0.82	-15.305	33.873	36	0.0	
25	9.33	0.00	0.00	-9.84 - 0.82	-18.010	33.873	36	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

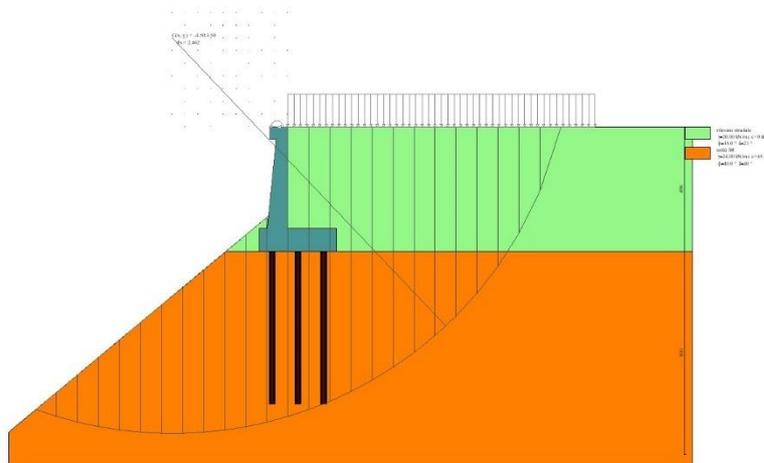


Fig. 6 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- 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)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

- Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]
  - Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
  - Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)
- I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	3.07	59.64	60.02
2	-0.10	4.43	60.50	65.95
3	-0.20	5.84	61.42	71.95
4	-0.30	7.31	62.40	78.04
5	-0.40	8.82	63.43	84.21
6	-0.50	10.38	64.53	90.47
7	-0.60	11.99	65.68	96.82
8	-0.70	13.66	66.89	103.28
9	-0.80	15.37	68.16	109.85
10	-0.90	17.13	69.48	116.52
11	-1.00	18.94	70.87	123.32
12	-1.10	20.80	72.31	130.24
13	-1.20	22.71	73.82	137.28
14	-1.30	24.67	75.38	144.46
15	-1.40	26.68	76.99	151.78
16	-1.50	28.74	78.67	159.24
17	-1.60	30.85	80.41	166.85
18	-1.70	33.00	82.20	174.62
19	-1.80	35.21	84.05	182.55
20	-1.90	37.47	85.96	190.64
21	-2.00	39.78	87.93	198.91
22	-2.10	42.13	89.96	207.35
23	-2.20	44.54	92.04	215.97
24	-2.30	46.99	94.19	224.78
25	-2.40	49.50	96.39	233.78
26	-2.50	52.06	98.65	242.98
27	-2.60	54.66	100.97	252.38
28	-2.70	57.31	103.35	261.99
29	-2.80	60.02	105.78	271.82
30	-2.90	62.77	108.28	281.86
31	-3.00	65.58	110.83	292.13
32	-3.10	68.43	113.44	302.63
33	-3.20	71.33	116.11	313.36
34	-3.30	74.28	118.84	324.33
35	-3.40	77.29	121.62	335.55
36	-3.50	80.34	124.47	347.02
37	-3.60	83.44	127.37	358.75
38	-3.70	86.59	130.33	370.73
39	-3.80	89.79	133.35	382.99
40	-3.90	93.04	136.43	395.51
41	-4.00	96.34	139.56	408.32

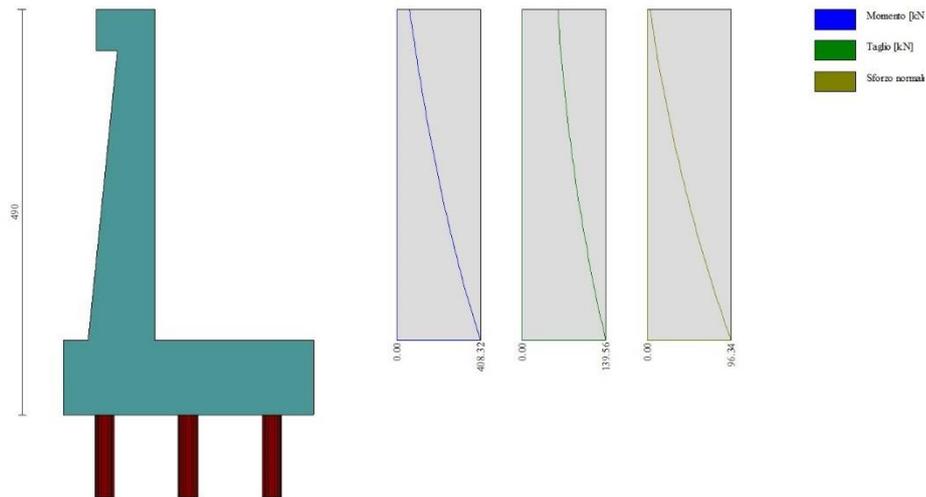


Fig. 7 - Paramento (Inviluppo)

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
1	-0.43	-1.44	-0.07	0.00	4.61
2	0.12	-0.02	-0.05	0.08	4.61

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
3	0.10	0.05	0.00	0.00	4.72
4	-0.42	-1.39	0.00	0.00	4.72
5	-0.42	-1.39	0.00	0.00	4.72
6	-107.70	-358.99	0.00	0.00	-212.42
7	-111.55	-371.84	30.28	0.00	-233.37
8	0.12	-0.02	0.05	-0.08	4.61
9	-0.43	-1.44	0.07	0.00	4.61
10	-111.55	-371.84	-30.28	0.00	-233.37
11	-39.22	-272.15	0.00	0.00	-264.00
12	10.02	-245.02	8.09	90.33	-242.05
13	10.02	-245.02	-8.09	-90.33	-242.05
14	1.75	-125.63	0.00	0.00	-273.75
15	1.30	-123.70	-5.57	-2.25	-226.21
16	1.30	-123.70	5.57	2.25	-226.21
17	33.50	-2.74	0.00	0.00	-108.18
18	-6.67	-31.53	-4.12	-69.30	-142.38
19	-6.67	-31.53	4.12	69.30	-142.38
20	0.77	-13.46	0.00	0.00	15.57
21	10.32	9.70	-3.42	5.72	-83.08
22	10.32	9.70	3.42	-5.72	-83.08

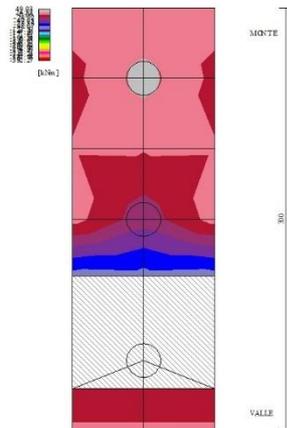


Fig. 8 - Piastra fondazione - Momenti Mx (Combinazione n° 1)

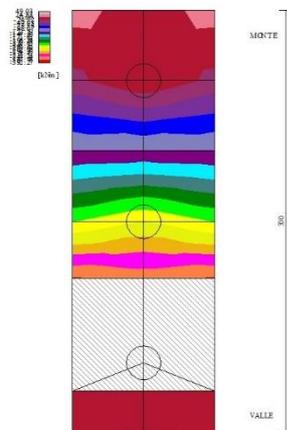


Fig. 9 - Piastra fondazione - Momenti My (Combinazione n° 1)

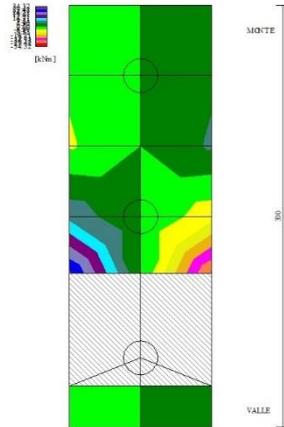


Fig. 10 - Piastra fondazione - Momento Mxy (Combinazione n° 1)

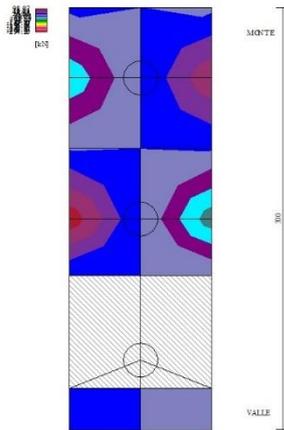


Fig. 11 - Piastra fondazione - Taglio Tx (Combinazione n° 1)

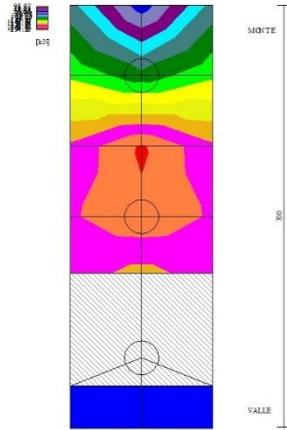


Fig. 12 - Piastra fondazione - Taglio Ty (Combinazione n° 1)

## Risultati per involucro

### 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	128.67	23.33	118.15	50.96	1.90	-2.93
	Peso/Inerzia muro			0.00	128.36/0.00	0.05	-3.32
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	165.68/0.00	0.95	-2.00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	1.99	-0.93	-3.83
	Risultante forze sul muro			59.64	0.00	--	--
	Resistenza pali			-330.85			

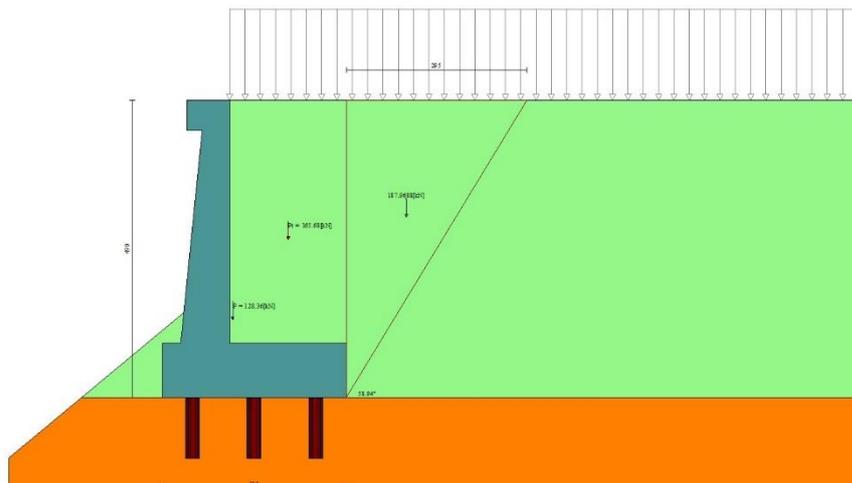


Fig. 16 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

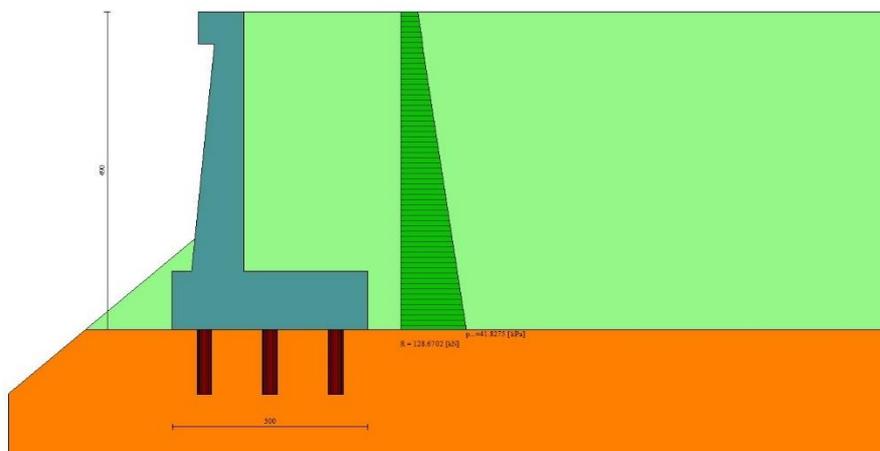


Fig. 17 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	346.99	177.79	584.14	640.10	1.338
2 - GEO (A2-M2-R2)	332.97	172.01	570.40	599.81	1.411

### Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-116.47	0.00	-59.26
	2	115.66	0.00	-59.26
	3	347.79	0.00	-59.26

### 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>SUPL</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>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.861					
2 - GEO (A2-M2-R2)					2.462		

### 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 [m]	R [m]	FS
2 - GEO (A2-M2-R2)	-4.50; 3.50	15.56	2.462

### 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]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	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 [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	20.62	5.12	0.00	10.67 - 0.82	71.923	29.256	0	0.0	
2	54.94	5.12	0.00	0.82	63.840	29.256	0	0.0	
3	79.67	5.12	0.00	0.82	57.593	29.256	0	0.0	
4	102.20	5.12	0.00	0.82	52.303	33.873	36	0.0	
5	121.49	5.12	0.00	0.82	47.592	33.873	36	0.0	
6	137.94	5.12	0.00	0.82	43.278	33.873	36	0.0	
7	152.14	5.12	0.00	0.82	39.252	33.873	36	0.0	
8	164.49	5.12	0.00	0.82	35.447	33.873	36	0.0	
9	175.25	5.12	0.00	0.82	31.815	33.873	36	0.0	
10	184.62	5.12	0.00	0.82	28.322	33.873	36	0.0	
11	208.92	5.12	0.00	0.82	24.940	33.873	36	0.0	
12	203.02	5.12	0.00	0.82	21.649	33.873	36	0.0	
13	208.92	5.12	0.00	0.82	18.431	33.873	36	0.0	
14	211.35	0.05	0.00	0.82	15.274	33.873	36	0.0	
15	151.65	0.00	0.00	0.82	12.163	33.873	36	0.0	
16	142.22	0.00	0.00	0.82	9.088	33.873	36	0.0	
17	131.85	0.00	0.00	0.82	6.039	33.873	36	0.0	
18	119.57	0.00	0.00	0.82	3.008	33.873	36	0.0	
19	106.44	0.00	0.00	0.82	-0.015	33.873	36	0.0	
20	92.45	0.00	0.00	0.82	-3.038	33.873	36	0.0	
21	77.61	0.00	0.00	0.82	-6.070	33.873	36	0.0	
22	61.90	0.00	0.00	0.82	-9.119	33.873	36	0.0	
23	45.30	0.00	0.00	0.82	-12.194	33.873	36	0.0	
24	27.79	0.00	0.00	0.82	-15.305	33.873	36	0.0	
25	9.33	0.00	0.00	-9.84 - 0.82	-18.010	33.873	36	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

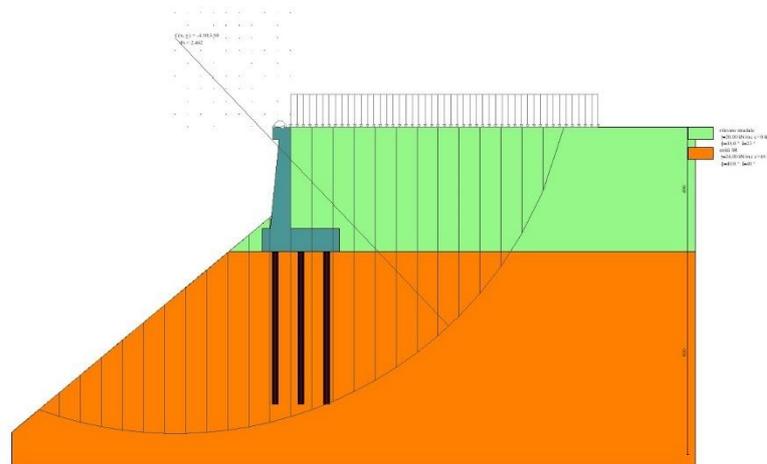


Fig. 18 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

- 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)

### Elementi calcolati a piastra

#### Simbologia adottata

- Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]  
Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle  
Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)  
I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

## 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	3.07	3.07	59.64	59.64	60.02	60.02

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
2	-0.10	4.43	4.43	60.50	60.50	65.95	65.95
3	-0.20	5.84	5.84	61.42	61.42	71.95	71.95
4	-0.30	7.31	7.31	62.40	62.40	78.04	78.04
5	-0.40	8.82	8.82	63.43	63.43	84.21	84.21
6	-0.50	10.38	10.38	64.53	64.53	90.47	90.47
7	-0.60	11.99	11.99	65.68	65.68	96.82	96.82
8	-0.70	13.66	13.66	66.89	66.89	103.28	103.28
9	-0.80	15.37	15.37	68.16	68.16	109.85	109.85
10	-0.90	17.13	17.13	69.48	69.48	116.52	116.52
11	-1.00	18.94	18.94	70.87	70.87	123.32	123.32
12	-1.10	20.80	20.80	72.31	72.31	130.24	130.24
13	-1.20	22.71	22.71	73.82	73.82	137.28	137.28
14	-1.30	24.67	24.67	75.38	75.38	144.46	144.46
15	-1.40	26.68	26.68	76.99	76.99	151.78	151.78
16	-1.50	28.74	28.74	78.67	78.67	159.24	159.24
17	-1.60	30.85	30.85	80.41	80.41	166.85	166.85
18	-1.70	33.00	33.00	82.20	82.20	174.62	174.62
19	-1.80	35.21	35.21	84.05	84.05	182.55	182.55
20	-1.90	37.47	37.47	85.96	85.96	190.64	190.64
21	-2.00	39.78	39.78	87.93	87.93	198.91	198.91
22	-2.10	42.13	42.13	89.96	89.96	207.35	207.35
23	-2.20	44.54	44.54	92.04	92.04	215.97	215.97
24	-2.30	46.99	46.99	94.19	94.19	224.78	224.78
25	-2.40	49.50	49.50	96.39	96.39	233.78	233.78
26	-2.50	52.06	52.06	98.65	98.65	242.98	242.98
27	-2.60	54.66	54.66	100.97	100.97	252.38	252.38
28	-2.70	57.31	57.31	103.35	103.35	261.99	261.99
29	-2.80	60.02	60.02	105.78	105.78	271.82	271.82
30	-2.90	62.77	62.77	108.28	108.28	281.86	281.86
31	-3.00	65.58	65.58	110.83	110.83	292.13	292.13
32	-3.10	68.43	68.43	113.44	113.44	302.63	302.63
33	-3.20	71.33	71.33	116.11	116.11	313.36	313.36
34	-3.30	74.28	74.28	118.84	118.84	324.33	324.33
35	-3.40	77.29	77.29	121.62	121.62	335.55	335.55
36	-3.50	80.34	80.34	124.47	124.47	347.02	347.02
37	-3.60	83.44	83.44	127.37	127.37	358.75	358.75
38	-3.70	86.59	86.59	130.33	130.33	370.73	370.73
39	-3.80	89.79	89.79	133.35	133.35	382.99	382.99
40	-3.90	93.04	93.04	136.43	136.43	395.51	395.51
41	-4.00	96.34	96.34	139.56	139.56	408.32	408.32

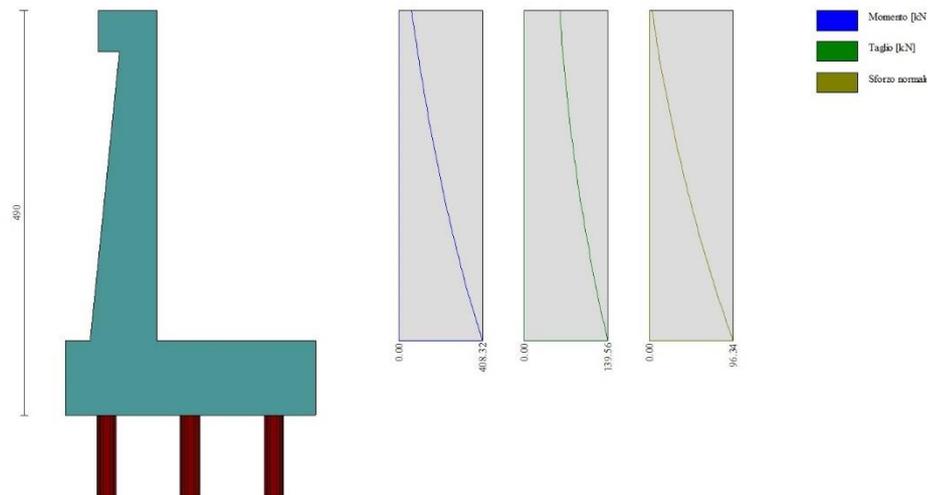


Fig. 19 - Paramento

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
1	-0.43	-1.44	-0.07	0.00	4.61	MAX
	-0.43	-1.44	-0.07	0.00	4.61	MIN
2	0.12	-0.02	-0.05	0.08	4.61	MAX
	0.12	-0.02	-0.05	0.08	4.61	MIN
3	0.10	0.05	0.00	0.00	4.72	MAX
	0.10	0.05	0.00	0.00	4.72	MIN
4	-0.42	-1.39	0.00	0.00	4.72	MAX
	-0.42	-1.39	0.00	0.00	4.72	MIN

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
5	-0.42	-1.39	0.00	0.00	4.72	MAX
	-0.42	-1.39	0.00	0.00	4.72	MIN
6	-107.70	-358.99	0.00	0.00	-212.42	MAX
	-107.70	-358.99	0.00	0.00	-212.42	MIN
7	-111.55	-371.84	30.28	0.00	-233.37	MAX
	-111.55	-371.84	30.28	0.00	-233.37	MIN
8	0.12	-0.02	0.05	-0.08	4.61	MAX
	0.12	-0.02	0.05	-0.08	4.61	MIN
9	-0.43	-1.44	0.07	0.00	4.61	MAX
	-0.43	-1.44	0.07	0.00	4.61	MIN
10	-111.55	-371.84	-30.28	0.00	-233.37	MAX
	-111.55	-371.84	-30.28	0.00	-233.37	MIN
11	-39.22	-272.15	0.00	0.00	-264.00	MAX
	-39.22	-272.15	0.00	0.00	-264.00	MIN
12	10.02	-245.02	8.09	90.33	-242.05	MAX
	10.02	-245.02	8.09	90.33	-242.05	MIN
13	10.02	-245.02	-8.09	-90.33	-242.05	MAX
	10.02	-245.02	-8.09	-90.33	-242.05	MIN
14	1.75	-125.63	0.00	0.00	-273.75	MAX
	1.75	-125.63	0.00	0.00	-273.75	MIN
15	1.30	-123.70	-5.57	-2.25	-226.21	MAX
	1.30	-123.70	-5.57	-2.25	-226.21	MIN
16	1.30	-123.70	5.57	2.25	-226.21	MAX
	1.30	-123.70	5.57	2.25	-226.21	MIN
17	33.50	-2.74	0.00	0.00	-108.18	MAX
	33.50	-2.74	0.00	0.00	-108.18	MIN
18	-6.67	-31.53	-4.12	-69.30	-142.38	MAX
	-6.67	-31.53	-4.12	-69.30	-142.38	MIN
19	-6.67	-31.53	4.12	69.30	-142.38	MAX
	-6.67	-31.53	4.12	69.30	-142.38	MIN
20	0.77	-13.46	0.00	0.00	15.57	MAX
	0.77	-13.46	0.00	0.00	15.57	MIN
21	10.32	9.70	-3.42	5.72	-83.08	MAX
	10.32	9.70	-3.42	5.72	-83.08	MIN
22	10.32	9.70	3.42	-5.72	-83.08	MAX
	10.32	9.70	3.42	-5.72	-83.08	MIN

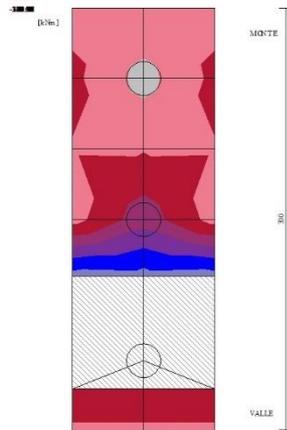


Fig. 20 - Piastra fondazione - Momento Mx (Combinazione n° 1)

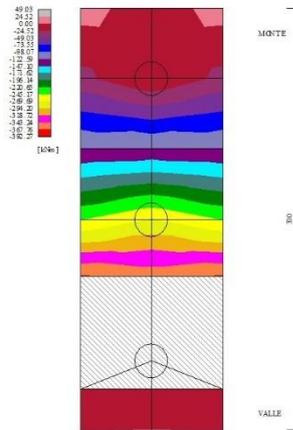


Fig. 21 - Piastra fondazione - Momento My (Combinazione n° 1)

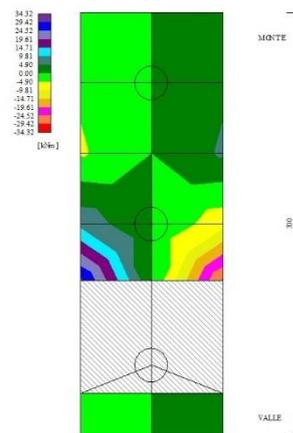


Fig. 22 - Piastra fondazione - Momento Mxy (Combinazione n° 1)

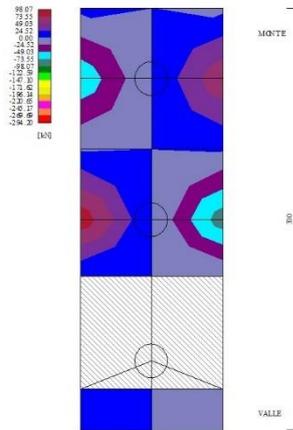


Fig. 23 - Piastra fondazione - Taglio Tx (Combinazione n° 1)

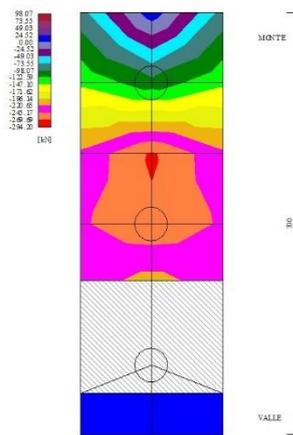


Fig. 24 - Piastra fondazione - Taglio Ty (Combinazione n° 1)

## 10.2 TABULATO DI CALCOLO tipologico F

### 10.2.1 Combinazione statica

#### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24.5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
4	C25/30	C25/30	Precomp	24.5170	30000	31447048	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
B450C	450000	540000
Precomp	1569089	1863293

#### Tipologie pali

##### Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	micropalo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	4	NO	SI	10000.00	10000.00

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

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

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	15.00	0.00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 40.000 [°]

#### Geometria muro

### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	0.90	[m]
<b>Paramento</b>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	7.00	[m]
Altezza paramento libero	6.00	[m]
Spessore in sommità	0.40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.10	[m]
Inclinazione paramento esterno	5.70	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]
<b>Mensola di marciapiede</b>		
Posizione rispetto alla testa del muro	0.00	[m]
Lunghezza	0.30	[m]
Spessore all'estremità libera	0.50	[m]
Spessore all'incastro	0.50	[m]
<b>Fondazione</b>		
Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0.30	[m]
Lunghezza mensola di monte	4.10	[m]
Lunghezza totale	5.50	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	1.20	[m]
Spessore magrone	0.00	[m]

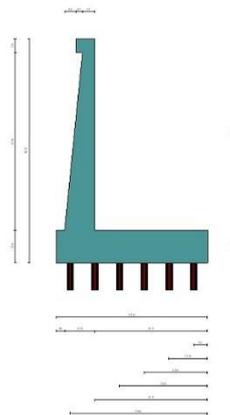


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

### Descrizione pali di fondazione

#### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
α	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	micropalo	0.50	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
2	micropalo	1.40	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
3	micropalo	2.30	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	$\alpha$ [°]	ALL
4	micropalo	3.20	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
5	micropalo	4.10	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
6	micropalo	5.00	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati

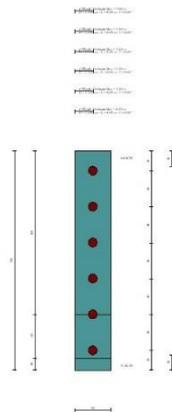


Fig. 2 - Pianta pali

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	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]
ca	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°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	rilevato stradale	20.0000	20.0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.333	0	0			(MIN)
				35.000	23.333	0	0			(MED)
2	unità SRa	24.0000	24.0000	40.000	40.000	45	22	1.000	0	(CAR)
				40.000	40.000	45	22			(MIN)
				40.000	40.000	45	22			(MED)

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Per calcolo pali (solo se presenti)	
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	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	8.20	0.000	rilevato stradale	0.000	0.000	1.000	0.500	1.000	---	---
2	10.00	0.000	unità SRa	0.000	0.000	10.000	0.500	1.000	---	---

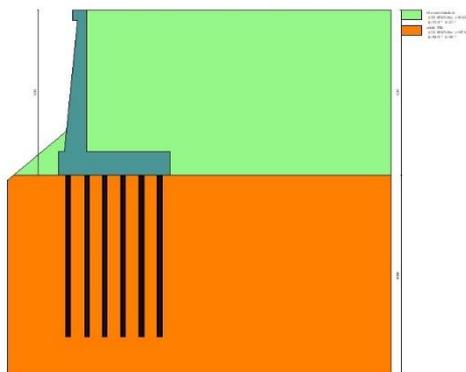


Fig. 3 - Stratigrafia

### 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 (traffico veicolare) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

#### 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	12.00	20.0000	20.0000

#### Condizione n° 2 (pavimentazione stradale) - PERMANENTE NS

#### 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	12.00	4.8000	4.8000

### Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

#### Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

#### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	--	--	1.30

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

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$   $\zeta_4=1.70$

### 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:

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

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili, per 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
pavimentazione stradale	1.50	--	Sfavorevole
traffico veicolare	1.35	1.00	Sfavorevole

### Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.30	--	Sfavorevole
traffico veicolare	1.15	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole
traffico veicolare	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole
traffico veicolare	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Poggio San Lorenzo
Provincia	Rieti
Regione	Lazio
Latitudine	42.242518
Longitudine	12.826850
Indice punti di interpolazione	26963 - 26964 - 26742 - 26741
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> ]	1.968	0.896
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.201	0.091
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.477	2.443
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.334	0.295
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	1.000	24.074	12.037
Ultimo - Ribaltamento	1.000	24.074	12.037
Esercizio	1.000	10.957	5.479

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale  
 Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

**Opzioni di calcolo**

Spinta

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

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	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	10.00 [cm]

Opzioni calcolo pali

*Portanza verticale*

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$ )
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta $\sigma_v$ con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

*Portanza trasversale*

Costante di Winkler: da strato Criterio rottura palo-terreno

- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore $M=3.00$
- Palo infinitamente elastico	Non attivo

*Cedimenti*

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1.00 [cm]
Spostamento limite laterale	0.50 [cm]

## 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	404.73	23.33	371.64	160.28	4.10	-4.82
	Peso/Inerzia muro			0.00	293.75/0.00	0.56	-5.96
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	714.22/0.00	2.05	-3.50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	4.74	-1.24	-6.60
	Resistenza pali			-1064.33			
3	Spinta statica	308.31	23.33	283.10	122.10	4.10	-4.83
	Peso/Inerzia muro			0.00	293.75/0.00	0.56	-5.96
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	675.68/0.00	2.05	-3.50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	4.74	-1.24	-6.60
	Resistenza pali			-1383.66			
4	Spinta statica	298.29	23.33	273.90	118.13	4.10	-4.85
	Peso/Inerzia muro			0.00	293.75/0.00	0.56	-5.96
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	655.18/0.00	2.05	-3.50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	4.74	-1.24	-6.60
	Resistenza pali			-1383.62			
5	Spinta statica	268.23	23.33	246.30	106.22	4.10	-4.94
	Peso/Inerzia muro			0.00	293.75/0.00	0.56	-5.96
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	593.68/0.00	2.05	-3.50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	4.74	-1.24	-6.60
	Resistenza pali			-1383.68			

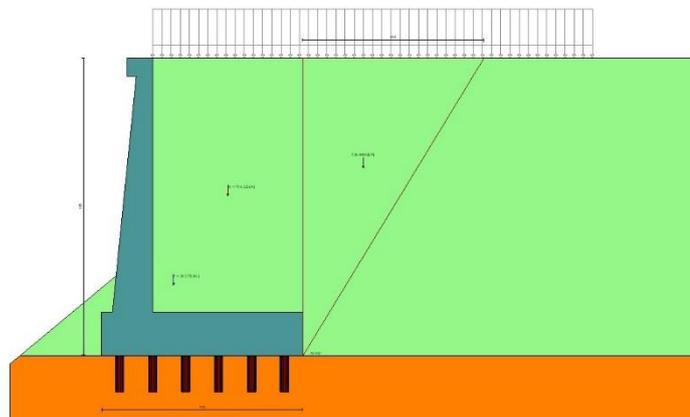


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

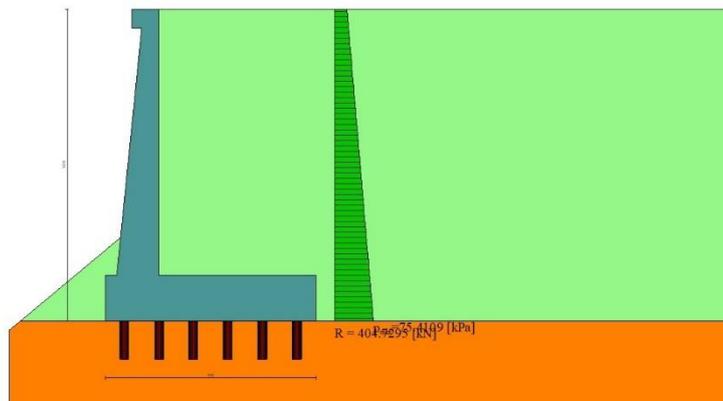


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	1172.99	371.64	1255.62	3921.02	0.477
2 - GEO (A2-M2-R2)	1116.35	359.31	1207.08	3651.23	0.560
3 - SLER	1096.27	283.10	954.49	3578.14	0.356
4 - SLEF	1071.80	273.90	916.76	3485.62	0.353
5 - SLEQ	998.39	246.30	803.58	3208.06	0.341

### Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	96.12	0.00	-55.75
	2	128.05	0.00	-55.75
	3	159.98	0.00	-55.75
	4	191.91	0.00	-55.75
	5	223.84	0.00	-55.75
	6	255.78	0.00	-55.75
3 - SLER	1	108.77	0.00	-42.47
	2	131.04	0.00	-42.47
	3	153.31	0.00	-42.47
	4	175.57	0.00	-42.47
	5	197.84	0.00	-42.47
	6	220.10	0.00	-42.47
4 - SLEF	1	106.88	0.00	-41.08
	2	128.44	0.00	-41.08
	3	149.99	0.00	-41.08
	4	171.55	0.00	-41.08
	5	193.10	0.00	-41.08
	6	214.65	0.00	-41.08
5 - SLEQ	1	101.22	0.00	-36.94
	2	120.63	0.00	-36.94
	3	140.05	0.00	-36.94
	4	159.47	0.00	-36.94
	5	178.88	0.00	-36.94
	6	198.30	0.00	-36.94

## 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>SUPL</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>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)			2.864					
2 - GEO (A2-M2-R2)						2.331		

### 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]	
2 - GEO (A2-M2-R2)		-4.50; 2.50	20.38	2.331

### 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° 2 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W	Qy	Qf	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	53.28	0.00	0.00	15.74 - 1.15	76.104	29.256	0	0.0	
2	135.60	0.00	0.00	1.15	65.581	29.256	0	0.0	
3	187.09	0.00	0.00	1.15	58.576	29.256	0	0.0	
4	232.54	25.08	0.00	1.15	52.808	33.873	36	0.0	
5	270.79	33.57	0.00	1.15	47.736	33.873	36	0.0	
6	303.01	33.57	0.00	1.15	43.124	33.873	36	0.0	
7	330.57	33.57	0.00	1.15	38.839	33.873	36	0.0	
8	354.30	33.57	0.00	1.15	34.801	33.873	36	0.0	
9	374.78	33.57	0.00	1.15	30.952	33.873	36	0.0	
10	392.42	33.57	0.00	1.15	27.254	33.873	36	0.0	
11	454.75	33.57	0.00	1.15	23.675	33.873	36	0.0	
12	426.48	33.57	0.00	1.15	20.193	33.873	36	0.0	
13	437.07	33.57	0.00	1.15	16.787	33.873	36	0.0	
14	456.35	23.65	0.00	1.15	13.441	33.873	36	0.0	
15	371.54	0.00	0.00	1.15	10.141	33.873	36	0.0	
16	292.49	0.00	0.00	1.15	6.875	33.873	36	0.0	
17	273.24	0.00	0.00	1.15	3.632	33.873	36	0.0	
18	249.43	0.00	0.00	1.15	0.400	33.873	36	0.0	
19	222.21	0.00	0.00	1.15	-2.830	33.873	36	0.0	
20	193.20	0.00	0.00	1.15	-6.070	33.873	36	0.0	
21	162.37	0.00	0.00	1.15	-9.329	33.873	36	0.0	
22	129.68	0.00	0.00	1.15	-12.619	33.873	36	0.0	
23	95.07	0.00	0.00	1.15	-15.952	33.873	36	0.0	
24	58.45	0.00	0.00	1.15	-19.342	33.873	36	0.0	
25	19.70	0.00	0.00	-12.97 - 1.15	-22.455	33.873	36	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

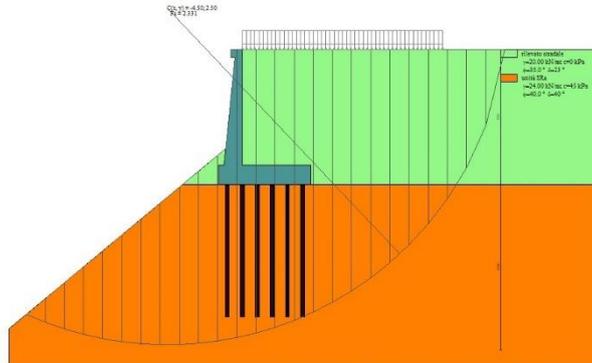


Fig. 6 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

### Cedimenti pali

#### Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
Ip	Indice palo
w	Cedimento, espresso in [cm]

Ic	Ip	w [cm]
3	1	0.0274
	2	0.0330
	3	0.0386
	4	0.0442
	5	0.0498
	6	0.0554
4	1	0.0269
	2	0.0323
	3	0.0378
	4	0.0432
	5	0.0486
	6	0.0540
5	1	0.0255
	2	0.0304
	3	0.0353
	4	0.0401
	5	0.0450
	6	0.0499

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

##### Simbologia adottata

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)

#### Elementi calcolati a piastra

##### Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

### Paramento

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	3.07	0.00	0.38

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
2	-0.10	4.91	1.97	0.30
3	-0.20	6.80	4.00	0.41
4	-0.30	8.74	6.08	0.70
5	-0.40	10.73	8.23	1.18
6	-0.50	12.77	10.43	1.85
7	-0.60	14.86	12.69	2.73
8	-0.70	17.00	15.01	3.82
9	-0.80	19.19	17.38	5.12
10	-0.90	21.43	19.82	6.64
11	-1.00	23.72	22.31	8.38
12	-1.10	26.06	24.86	10.35
13	-1.20	28.44	27.47	12.56
14	-1.30	30.88	30.14	15.01
15	-1.40	33.37	32.87	17.70
16	-1.50	35.91	35.65	20.64
17	-1.60	38.49	38.49	23.83
18	-1.70	41.13	41.40	27.29
19	-1.80	43.81	44.36	31.01
20	-1.90	46.55	47.38	35.01
21	-2.00	49.33	50.45	39.28
22	-2.10	52.17	53.59	43.84
23	-2.20	55.05	56.78	48.68
24	-2.30	57.99	60.03	53.81
25	-2.40	60.97	63.34	59.25
26	-2.50	64.00	66.71	64.99
27	-2.60	67.08	70.14	71.03
28	-2.70	70.22	73.62	77.39
29	-2.80	73.40	77.17	84.07
30	-2.90	76.63	80.77	91.08
31	-3.00	79.91	84.43	98.42
32	-3.10	83.24	88.15	106.09
33	-3.20	86.62	91.92	114.10
34	-3.30	90.05	95.76	122.46
35	-3.40	93.53	99.65	131.17
36	-3.50	97.06	103.61	140.24
37	-3.60	100.64	107.62	149.67
38	-3.70	104.27	111.68	159.47
39	-3.80	107.95	115.81	169.64
40	-3.90	111.68	120.00	180.19
41	-4.00	115.45	124.24	191.12
42	-4.10	119.28	128.54	202.44
43	-4.20	123.16	132.90	214.16
44	-4.30	127.08	137.32	226.27
45	-4.40	131.06	141.80	238.80
46	-4.50	135.09	146.34	251.73
47	-4.60	139.16	150.93	265.07
48	-4.70	143.29	155.58	278.84
49	-4.80	147.46	160.29	293.04
50	-4.90	151.69	165.06	307.67
51	-5.00	155.96	169.89	322.73
52	-5.10	160.28	174.77	338.24
53	-5.20	164.66	179.72	354.19
54	-5.30	169.08	184.72	370.60
55	-5.40	173.55	189.78	387.46
56	-5.50	178.07	194.90	404.79
57	-5.60	182.65	200.08	422.59
58	-5.70	187.27	205.31	440.86
59	-5.80	191.94	210.61	459.62
60	-5.90	196.66	215.96	478.85
61	-6.00	201.43	221.37	498.58
62	-6.10	206.25	226.84	518.81
63	-6.20	211.12	232.37	539.53
64	-6.30	216.04	237.95	560.76
65	-6.40	221.01	243.60	582.51
66	-6.50	226.03	249.30	604.77
67	-6.60	231.09	255.06	627.55
68	-6.70	236.21	260.88	650.86
69	-6.80	241.38	266.76	674.71
70	-6.90	246.60	272.69	699.09
71	-7.00	251.86	278.69	724.02

Combinazione n° 3 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	3.07	0.00	0.38
2	-0.10	4.70	1.48	0.32
3	-0.20	6.37	3.01	0.40
4	-0.30	8.09	4.58	0.61
5	-0.40	9.85	6.19	0.97
6	-0.50	11.66	7.85	1.47
7	-0.60	13.51	9.56	2.13
8	-0.70	15.41	11.31	2.94
9	-0.80	17.34	13.10	3.91
10	-0.90	19.33	14.94	5.04
11	-1.00	21.35	16.82	6.34

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
12	-1.10	23.42	18.75	7.82
13	-1.20	25.53	20.73	9.46
14	-1.30	27.69	22.74	11.29
15	-1.40	29.89	24.81	13.30
16	-1.50	32.14	26.92	15.50
17	-1.60	34.43	29.07	17.89
18	-1.70	36.76	31.27	20.48
19	-1.80	39.14	33.51	23.26
20	-1.90	41.56	35.80	26.25
21	-2.00	44.02	38.13	29.45
22	-2.10	46.53	40.51	32.86
23	-2.20	49.08	42.93	36.49
24	-2.30	51.67	45.40	40.34
25	-2.40	54.31	47.91	44.41
26	-2.50	57.00	50.47	48.71
27	-2.60	59.72	53.07	53.25
28	-2.70	62.50	55.72	58.02
29	-2.80	65.31	58.41	63.03
30	-2.90	68.17	61.15	68.28
31	-3.00	71.07	63.93	73.79
32	-3.10	74.02	66.76	79.55
33	-3.20	77.01	69.63	85.56
34	-3.30	80.04	72.54	91.84
35	-3.40	83.12	75.51	98.38
36	-3.50	86.24	78.51	105.19
37	-3.60	89.41	81.56	112.27
38	-3.70	92.61	84.66	119.63
39	-3.80	95.87	87.80	127.28
40	-3.90	99.16	90.99	135.21
41	-4.00	102.50	94.22	143.43
42	-4.10	105.89	97.49	151.94
43	-4.20	109.32	100.81	160.75
44	-4.30	112.79	104.18	169.86
45	-4.40	116.31	107.59	179.28
46	-4.50	119.87	111.04	189.01
47	-4.60	123.47	114.54	199.05
48	-4.70	127.12	118.09	209.41
49	-4.80	130.81	121.68	220.09
50	-4.90	134.54	125.31	231.10
51	-5.00	138.32	128.99	242.44
52	-5.10	142.14	132.72	254.12
53	-5.20	146.01	136.49	266.13
54	-5.30	149.92	140.30	278.48
55	-5.40	153.88	144.16	291.19
56	-5.50	157.87	148.06	304.24
57	-5.60	161.92	152.01	317.65
58	-5.70	166.00	156.00	331.42
59	-5.80	170.13	160.04	345.55
60	-5.90	174.30	164.13	360.04
61	-6.00	178.52	168.26	374.91
62	-6.10	182.78	172.43	390.16
63	-6.20	187.09	176.65	405.78
64	-6.30	191.44	180.91	421.79
65	-6.40	195.83	185.22	438.18
66	-6.50	200.27	189.57	454.97
67	-6.60	204.75	193.97	472.15
68	-6.70	209.27	198.41	489.73
69	-6.80	213.84	202.90	507.72
70	-6.90	218.45	207.43	526.11
71	-7.00	223.10	212.01	544.92

Combinazione n° 4 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	3.07	0.00	0.38
2	-0.10	4.65	1.37	0.33
3	-0.20	6.28	2.78	0.40
4	-0.30	7.95	4.24	0.59
5	-0.40	9.66	5.74	0.92
6	-0.50	11.42	7.29	1.39
7	-0.60	13.22	8.88	1.99
8	-0.70	15.07	10.52	2.74
9	-0.80	16.96	12.20	3.64
10	-0.90	18.89	13.93	4.69
11	-1.00	20.87	15.70	5.90
12	-1.10	22.89	17.52	7.27
13	-1.20	24.95	19.38	8.81
14	-1.30	27.06	21.29	10.51
15	-1.40	29.22	23.24	12.38
16	-1.50	31.41	25.23	14.44
17	-1.60	33.65	27.27	16.67
18	-1.70	35.94	29.36	19.09
19	-1.80	38.26	31.49	21.70
20	-1.90	40.64	33.67	24.50
21	-2.00	43.05	35.89	27.50

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
22	-2.10	45.51	38.15	30.70
23	-2.20	48.01	40.46	34.11
24	-2.30	50.56	42.82	37.72
25	-2.40	53.15	45.22	41.55
26	-2.50	55.79	47.66	45.60
27	-2.60	58.47	50.16	49.87
28	-2.70	61.19	52.69	54.36
29	-2.80	63.95	55.27	59.09
30	-2.90	66.76	57.89	64.05
31	-3.00	69.62	60.56	69.25
32	-3.10	72.52	63.28	74.69
33	-3.20	75.46	66.04	80.37
34	-3.30	78.44	68.84	86.31
35	-3.40	81.47	71.69	92.50
36	-3.50	84.55	74.59	98.95
37	-3.60	87.66	77.52	105.66
38	-3.70	90.82	80.51	112.64
39	-3.80	94.03	83.54	119.89
40	-3.90	97.28	86.61	127.42
41	-4.00	100.57	89.73	135.22
42	-4.10	103.90	92.89	143.31
43	-4.20	107.28	96.10	151.68
44	-4.30	110.71	99.35	160.35
45	-4.40	114.18	102.65	169.31
46	-4.50	117.69	105.99	178.57
47	-4.60	121.24	109.38	188.13
48	-4.70	124.84	112.81	198.00
49	-4.80	128.48	116.29	208.19
50	-4.90	132.17	119.81	218.68
51	-5.00	135.90	123.38	229.50
52	-5.10	139.68	126.99	240.64
53	-5.20	143.49	130.65	252.11
54	-5.30	147.36	134.35	263.92
55	-5.40	151.26	138.10	276.05
56	-5.50	155.21	141.89	288.53
57	-5.60	159.21	145.73	301.35
58	-5.70	163.24	149.61	314.52
59	-5.80	167.32	153.54	328.05
60	-5.90	171.45	157.51	341.93
61	-6.00	175.62	161.52	356.16
62	-6.10	179.83	165.58	370.77
63	-6.20	184.09	169.69	385.74
64	-6.30	188.39	173.84	401.09
65	-6.40	192.73	178.04	416.81
66	-6.50	197.12	182.28	432.91
67	-6.60	201.55	186.56	449.40
68	-6.70	206.03	190.89	466.28
69	-6.80	210.55	195.27	483.55
70	-6.90	215.11	199.69	501.22
71	-7.00	219.72	204.15	519.28

Combinazione n° 5 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	3.07	0.00	0.38
2	-0.10	4.50	1.03	0.34
3	-0.20	5.99	2.11	0.39
4	-0.30	7.51	3.23	0.54
5	-0.40	9.08	4.40	0.78
6	-0.50	10.69	5.61	1.13
7	-0.60	12.35	6.86	1.59
8	-0.70	14.05	8.16	2.16
9	-0.80	15.80	9.51	2.84
10	-0.90	17.58	10.90	3.65
11	-1.00	19.42	12.33	4.58
12	-1.10	21.29	13.81	5.64
13	-1.20	23.21	15.34	6.83
14	-1.30	25.18	16.91	8.16
15	-1.40	27.18	18.52	9.63
16	-1.50	29.23	20.18	11.25
17	-1.60	31.33	21.89	13.01
18	-1.70	33.47	23.64	14.93
19	-1.80	35.65	25.43	17.00
20	-1.90	37.88	27.27	19.24
21	-2.00	40.15	29.16	21.64
22	-2.10	42.46	31.08	24.21
23	-2.20	44.82	33.06	26.95
24	-2.30	47.22	35.08	29.87
25	-2.40	49.67	37.14	32.97
26	-2.50	52.16	39.25	36.26
27	-2.60	54.69	41.40	39.73
28	-2.70	57.27	43.60	43.41
29	-2.80	59.89	45.84	47.27
30	-2.90	62.55	48.13	51.34
31	-3.00	65.26	50.46	55.62

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
32	-3.10	68.02	52.84	60.11
33	-3.20	70.81	55.27	64.81
34	-3.30	73.65	57.73	69.73
35	-3.40	76.54	60.25	74.87
36	-3.50	79.46	62.80	80.24
37	-3.60	82.44	65.40	85.83
38	-3.70	85.45	68.05	91.67
39	-3.80	88.51	70.74	97.74
40	-3.90	91.61	73.48	104.05
41	-4.00	94.76	76.26	110.61
42	-4.10	97.95	79.09	117.42
43	-4.20	101.19	81.96	124.49
44	-4.30	104.47	84.88	131.81
45	-4.40	107.79	87.84	139.40
46	-4.50	111.15	90.84	147.26
47	-4.60	114.56	93.90	155.39
48	-4.70	118.02	96.99	163.79
49	-4.80	121.52	100.13	172.47
50	-4.90	125.06	103.32	181.43
51	-5.00	128.64	106.55	190.69
52	-5.10	132.27	109.82	200.23
53	-5.20	135.94	113.15	210.07
54	-5.30	139.66	116.51	220.21
55	-5.40	143.42	119.92	230.65
56	-5.50	147.23	123.38	241.40
57	-5.60	151.07	126.88	252.47
58	-5.70	154.97	130.42	263.85
59	-5.80	158.90	134.01	275.54
60	-5.90	162.88	137.64	287.57
61	-6.00	166.91	141.32	299.92
62	-6.10	170.97	145.05	312.60
63	-6.20	175.09	148.82	325.63
64	-6.30	179.24	152.63	338.99
65	-6.40	183.44	156.49	352.69
66	-6.50	187.68	160.39	366.75
67	-6.60	191.97	164.34	381.15
68	-6.70	196.30	168.34	395.92
69	-6.80	200.67	172.38	411.04
70	-6.90	205.09	176.46	426.53
71	-7.00	209.55	180.59	442.39

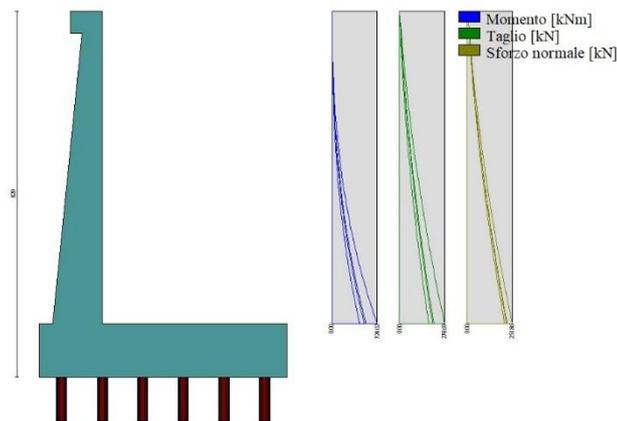


Fig. 7 - Paramento (Inviluppo)

Mensola valle

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.62	0.00	1.02	0.04
3	-0.53	0.00	2.04	0.17
4	-0.45	0.00	3.07	0.38

Combinazione n° 3 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.62	0.00	1.02	0.04
3	-0.53	0.00	2.04	0.17
4	-0.45	0.00	3.07	0.38

Combinazione n° 4 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.62	0.00	1.02	0.04
3	-0.53	0.00	2.04	0.17
4	-0.45	0.00	3.07	0.38

Combinazione n° 5 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.62	0.00	1.02	0.04
3	-0.53	0.00	2.04	0.17
4	-0.45	0.00	3.07	0.38



Fig. 8 - Mensola valle (Inviluppo)

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
1	-0.84	-2.78	-0.25	0.00	8.51
2	0.80	0.03	-0.17	0.54	8.51
3	0.26	0.15	0.05	0.49	7.59
4	-0.71	-2.37	0.35	0.00	7.83
5	-0.71	-2.37	0.35	0.00	7.83
6	-0.71	-2.37	0.35	0.00	7.83
7	-0.71	-2.37	0.35	0.00	7.83
8	-0.31	0.01	0.07	0.43	7.11
9	-0.60	-2.01	0.02	0.00	7.11
10	-0.60	-2.01	0.02	0.00	7.11
11	-167.08	-556.92	0.00	0.00	-236.19
12	-167.90	-559.66	52.12	0.00	-151.56
13	-167.90	-559.66	-52.12	0.00	-151.56
14	6.87	-425.35	0.00	0.00	-135.62
15	3.31	-444.08	12.63	5.03	-159.61
16	3.31	-444.08	-12.63	-5.03	-159.61
17	-50.86	-434.37	0.00	0.00	-157.21
18	19.49	-372.37	-6.24	126.37	-161.16
19	19.49	-372.37	6.24	-126.37	-161.16
20	2.63	-287.96	0.00	0.00	-161.45
21	-16.16	-322.12	-4.79	-20.87	-175.36
22	-16.16	-322.12	4.79	20.87	-175.36
23	-42.28	-273.37	0.00	0.00	-148.01
24	14.77	-230.52	-4.60	107.92	-171.89
25	14.77	-230.52	4.60	-107.92	-171.89
26	2.49	-147.22	0.00	0.00	-146.85

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
27	-13.40	-176.34	-4.16	-17.45	-156.10
28	-13.40	-176.34	4.16	17.45	-156.10
29	-33.50	-132.95	0.00	0.00	-115.81
30	11.81	-99.54	-3.56	86.17	-134.67
31	11.81	-99.54	3.56	-86.17	-134.67
32	2.30	-37.95	0.00	0.00	-98.53
33	-10.42	-61.56	-2.55	-13.77	-99.37
34	-10.42	-61.56	2.55	13.77	-99.37
35	-24.13	-40.01	0.00	0.00	-46.78
36	9.24	-15.10	-1.52	63.25	-57.63
37	9.24	-15.10	1.52	-63.25	-57.63
38	3.19	9.01	0.00	0.00	-86.92
39	-8.72	-10.08	-0.44	-15.11	-21.41
40	-8.72	-10.08	0.44	15.11	-21.41

Combinazione n° 3 - SLER

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
1	-0.75	-2.51	-0.22	0.00	8.51
2	0.80	0.03	-0.15	0.54	8.51
3	0.26	0.15	0.05	0.49	7.59
4	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
5	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
6	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
7	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
8	-0.28	0.01	0.07	0.43	7.11
9	-0.54	-1.81	0.02	0.00	7.11
10	-0.54	-1.81	0.02	0.00	7.11
11	-48.13	-160.42	0.00	0.00	-57.81
12	-47.90	-159.65	52.12	0.00	-26.40
13	-47.90	-159.65	-14.87	0.00	-26.40
14	6.87	-122.00	0.00	0.00	19.94
15	3.31	-139.37	12.63	5.03	-27.13
16	3.31	-139.37	-3.47	5.78	-27.13
17	-46.97	-175.38	0.00	0.00	-25.08
18	19.49	-126.34	-1.39	126.37	-21.57
19	19.49	-126.34	6.24	-116.69	-21.57
20	2.63	-97.34	0.00	0.00	-43.16
21	-15.18	-129.10	-0.98	-19.34	-41.71
22	-15.18	-129.10	4.79	20.87	-41.71
23	-40.77	-133.32	0.00	0.00	-45.47
24	14.77	-91.43	-1.36	107.92	-53.04
25	14.77	-91.43	4.60	-103.60	-53.04
26	2.49	-55.30	0.00	0.00	-56.38
27	-13.19	-83.18	-1.43	-17.03	-55.69
28	-13.19	-83.18	4.16	17.45	-55.69
29	-33.50	-79.82	0.00	0.00	-46.50
30	12.12	-44.60	-1.39	88.43	-54.36
31	12.12	-44.60	3.56	-86.17	-54.36
32	2.30	-12.19	0.00	0.00	-46.45
33	-10.42	-36.23	-1.06	-13.77	-43.13
34	-10.42	-36.23	2.55	14.40	-43.13
35	-24.13	-36.58	0.00	0.00	-21.20
36	10.15	-7.64	-0.73	71.76	-27.97
37	10.15	-7.64	1.52	-63.25	-27.97
38	3.51	10.65	0.00	0.00	-82.20
39	-8.72	-10.08	0.08	-15.11	-4.96
40	-8.72	-10.08	0.44	16.54	-4.96

Combinazione n° 4 - SLEF

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
1	-0.75	-2.51	-0.22	0.00	8.51
2	0.80	0.03	-0.15	0.54	8.51
3	0.26	0.15	0.05	0.49	7.59
4	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
5	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
6	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
7	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
8	-0.28	0.01	0.07	0.43	7.11
9	-0.54	-1.81	0.02	0.00	7.11
10	-0.54	-1.81	0.02	0.00	7.11
11	-48.13	-160.42	0.00	0.00	-57.81
12	-47.90	-159.65	52.12	0.00	-26.40
13	-47.90	-159.65	-14.87	0.00	-26.40
14	6.87	-122.00	0.00	0.00	19.94
15	3.31	-139.37	12.63	5.03	-27.13
16	3.31	-139.37	-3.47	5.78	-27.13
17	-45.84	-175.38	0.00	0.00	-25.08
18	19.49	-126.34	-1.39	126.37	-21.57
19	19.49	-126.34	6.24	-113.91	-21.57
20	2.63	-97.34	0.00	0.00	-43.16
21	-14.84	-129.10	-0.98	-18.93	-41.71

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
22	-14.84	-129.10	4.79	20.87	-41.71
23	-39.86	-133.32	0.00	0.00	-45.47
24	14.77	-91.43	-1.36	107.92	-53.04
25	14.77	-91.43	4.60	-101.34	-53.04
26	2.49	-55.30	0.00	0.00	-56.38
27	-12.92	-83.18	-1.43	-16.69	-55.69
28	-12.92	-83.18	4.16	17.45	-55.69
29	-33.50	-79.82	0.00	0.00	-46.50
30	12.12	-44.60	-1.39	88.43	-54.36
31	12.12	-44.60	3.56	-86.17	-54.36
32	2.30	-12.19	0.00	0.00	-46.45
33	-10.42	-36.23	-1.06	-13.77	-43.13
34	-10.42	-36.23	2.55	14.40	-43.13
35	-24.13	-36.31	0.00	0.00	-21.20
36	10.15	-7.64	-0.73	71.76	-27.97
37	10.15	-7.64	1.52	-63.25	-27.97
38	3.51	10.65	0.00	0.00	-81.46
39	-8.72	-10.08	0.08	-15.11	-4.96
40	-8.72	-10.08	0.44	16.54	-4.96

Combinazione n° 5 - SLEQ

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
1	-0.75	-2.51	-0.22	0.00	8.51
2	0.80	0.03	-0.15	0.54	8.51
3	0.26	0.15	0.05	0.49	7.59
4	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
5	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
6	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
7	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83
8	-0.28	0.01	0.07	0.43	7.11
9	-0.54	-1.81	0.02	0.00	7.11
10	-0.54	-1.81	0.02	0.00	7.11
11	-48.13	-160.42	0.00	0.00	-57.81
12	-47.90	-159.65	52.12	0.00	-26.40
13	-47.90	-159.65	-14.87	0.00	-26.40
14	6.87	-122.00	0.00	0.00	19.94
15	3.31	-139.37	12.63	5.03	-27.13
16	3.31	-139.37	-3.47	5.78	-27.13
17	-42.44	-175.38	0.00	0.00	-25.08
18	19.49	-126.34	-1.39	126.37	-21.57
19	19.49	-126.34	6.24	-105.59	-21.57
20	2.63	-97.34	0.00	0.00	-43.16
21	-13.81	-129.10	-0.98	-17.70	-41.71
22	-13.81	-129.10	4.79	20.87	-41.71
23	-37.13	-133.32	0.00	0.00	-45.47
24	14.77	-91.43	-1.36	107.92	-53.04
25	14.77	-91.43	4.60	-94.56	-53.04
26	2.49	-55.30	0.00	0.00	-56.38
27	-12.10	-83.18	-1.43	-15.69	-55.69
28	-12.10	-83.18	4.16	17.45	-55.69
29	-31.79	-79.82	0.00	0.00	-46.50
30	12.12	-44.60	-1.39	88.43	-54.36
31	12.12	-44.60	3.56	-81.33	-54.36
32	2.30	-12.19	0.00	0.00	-46.45
33	-10.28	-36.23	-1.06	-13.39	-43.13
34	-10.28	-36.23	2.55	14.40	-43.13
35	-24.13	-35.50	0.00	0.00	-21.20
36	10.15	-7.64	-0.73	71.76	-27.97
37	10.15	-7.64	1.52	-63.25	-27.97
38	3.51	10.65	0.00	0.00	-79.25
39	-8.72	-10.08	0.08	-15.11	-4.96
40	-8.72	-10.08	0.44	16.54	-4.96

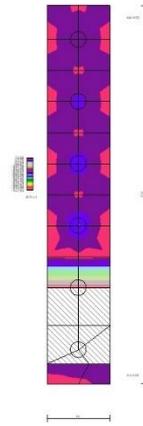


Fig. 9 - Piastra fondazione - Momenti  $M_x$  (Combinazione n° 1)

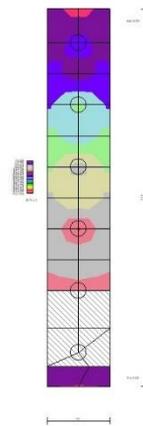


Fig. 10 - Piastra fondazione - Momenti  $M_{y_{MAX}}$  (Combinazione n° 3)

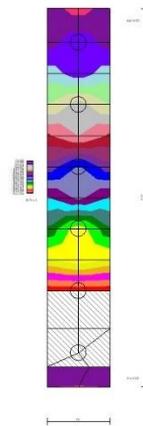


Fig. 11 - Piastra fondazione - Momenti  $M_{y_{MIN}}$  (Combinazione n° 1)

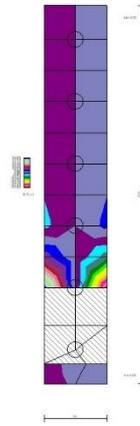


Fig. 12 - Piastra fondazione - Momento  $M_{xy}$  (Combinazione n° 1)

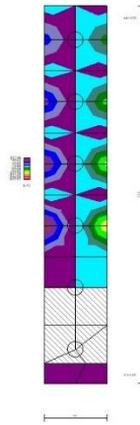


Fig. 13 - Piastra fondazione - Taglio  $T_x$  (Combinazione n° 1)

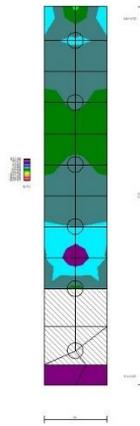


Fig. 14 - Piastra fondazione - Taglio  $T_{yMAX}$  (Combinazione n° 3)

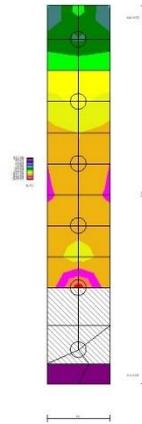


Fig. 15 - Piastra fondazione - Taglio  $Ty_{MIN}$  (Combinazione n° 1)

## Risultati per involucro

### 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	404.73	23.33	371.64	160.28	4.10	-4.82
	Peso/Inerzia muro			0.00	293.75/0.00	0.56	-5.96
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	714.22/0.00	2.05	-3.50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	4.74	-1.24	-6.60
	Resistenza pali			-1064.33			

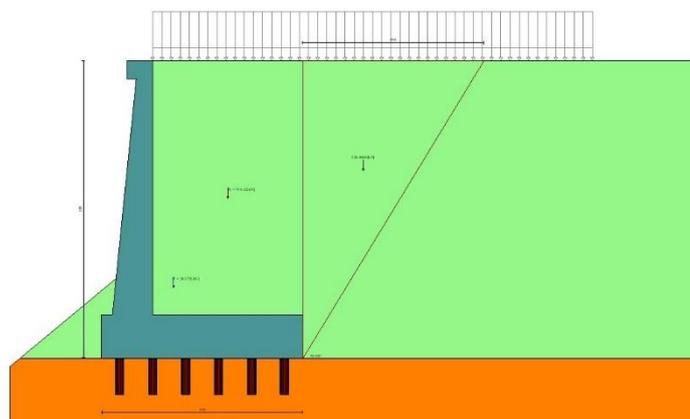


Fig. 22 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

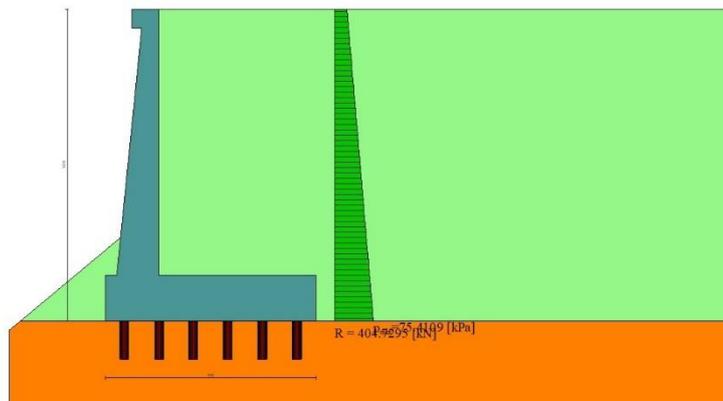


Fig. 23 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	1172.99	371.64	1255.62	3921.02	0.477
2 - GEO (A2-M2-R2)	1116.35	359.31	1207.08	3651.23	0.560
3 - SLER	1096.27	283.10	954.49	3578.14	0.356
4 - SLEF	1071.80	273.90	916.76	3485.62	0.353
5 - SLEQ	998.39	246.30	803.58	3208.06	0.341

### Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	96.12	0.00	-55.75
	2	128.05	0.00	-55.75
	3	159.98	0.00	-55.75
	4	191.91	0.00	-55.75
	5	223.84	0.00	-55.75
	6	255.78	0.00	-55.75

### 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)		2.864					
2 - GEO (A2-M2-R2)					2.331		

### 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]	
2 - GEO (A2-M2-R2)	-4.50; 2.50	20.38	2.331

### 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	53.28	0.00	0.00	15.74 - 1.15	76.104	29.256	0	0.0	
2	135.60	0.00	0.00	1.15	65.581	29.256	0	0.0	
3	187.09	0.00	0.00	1.15	58.576	29.256	0	0.0	
4	232.54	25.08	0.00	1.15	52.808	33.873	36	0.0	
5	270.79	33.57	0.00	1.15	47.736	33.873	36	0.0	
6	303.01	33.57	0.00	1.15	43.124	33.873	36	0.0	
7	330.57	33.57	0.00	1.15	38.839	33.873	36	0.0	
8	354.30	33.57	0.00	1.15	34.801	33.873	36	0.0	
9	374.78	33.57	0.00	1.15	30.952	33.873	36	0.0	
10	392.42	33.57	0.00	1.15	27.254	33.873	36	0.0	
11	454.75	33.57	0.00	1.15	23.675	33.873	36	0.0	
12	426.48	33.57	0.00	1.15	20.193	33.873	36	0.0	
13	437.07	33.57	0.00	1.15	16.787	33.873	36	0.0	
14	456.35	23.65	0.00	1.15	13.441	33.873	36	0.0	
15	371.54	0.00	0.00	1.15	10.141	33.873	36	0.0	
16	292.49	0.00	0.00	1.15	6.875	33.873	36	0.0	
17	273.24	0.00	0.00	1.15	3.632	33.873	36	0.0	
18	249.43	0.00	0.00	1.15	0.400	33.873	36	0.0	
19	222.21	0.00	0.00	1.15	-2.830	33.873	36	0.0	
20	193.20	0.00	0.00	1.15	-6.070	33.873	36	0.0	
21	162.37	0.00	0.00	1.15	-9.329	33.873	36	0.0	
22	129.68	0.00	0.00	1.15	-12.619	33.873	36	0.0	
23	95.07	0.00	0.00	1.15	-15.952	33.873	36	0.0	
24	58.45	0.00	0.00	1.15	-19.342	33.873	36	0.0	
25	19.70	0.00	0.00	-12.97 - 1.15	-22.455	33.873	36	0.0	

Resistenza al taglio pali      0.00      [kN]

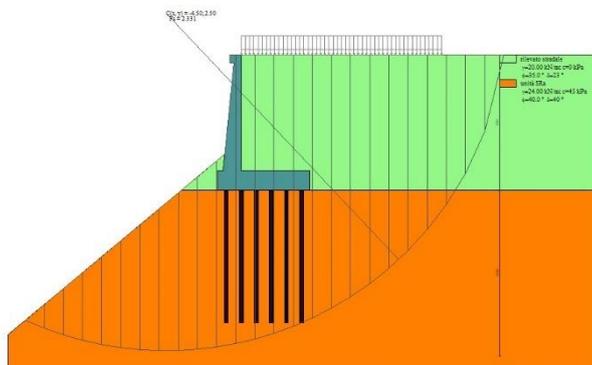


Fig. 24 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

##### Simbologia adottata

- 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)

#### Elementi calcolati a piastra

##### Simbologia adottata

- Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]  
Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle  
Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)  
I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

### Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0.00	3.07	3.07	0.00	0.00	0.38	0.38
2	-0.10	4.50	4.91	1.03	1.97	0.30	0.34
3	-0.20	5.99	6.80	2.11	4.00	0.39	0.41
4	-0.30	7.51	8.74	3.23	6.08	0.54	0.70
5	-0.40	9.08	10.73	4.40	8.23	0.78	1.18
6	-0.50	10.69	12.77	5.61	10.43	1.13	1.85
7	-0.60	12.35	14.86	6.86	12.69	1.59	2.73
8	-0.70	14.05	17.00	8.16	15.01	2.16	3.82
9	-0.80	15.80	19.19	9.51	17.38	2.84	5.12
10	-0.90	17.58	21.43	10.90	19.82	3.65	6.64
11	-1.00	19.42	23.72	12.33	22.31	4.58	8.38
12	-1.10	21.29	26.06	13.81	24.86	5.64	10.35
13	-1.20	23.21	28.44	15.34	27.47	6.83	12.56
14	-1.30	25.18	30.88	16.91	30.14	8.16	15.01
15	-1.40	27.18	33.37	18.52	32.87	9.63	17.70
16	-1.50	29.23	35.91	20.18	35.65	11.25	20.64
17	-1.60	31.33	38.49	21.89	38.49	13.01	23.83
18	-1.70	33.47	41.13	23.64	41.40	14.93	27.29
19	-1.80	35.65	43.81	25.43	44.36	17.00	31.01
20	-1.90	37.88	46.55	27.27	47.38	19.24	35.01
21	-2.00	40.15	49.33	29.16	50.45	21.64	39.28
22	-2.10	42.46	52.17	31.08	53.59	24.21	43.84
23	-2.20	44.82	55.05	33.06	56.78	26.95	48.68
24	-2.30	47.22	57.99	35.08	60.03	29.87	53.81
25	-2.40	49.67	60.97	37.14	63.34	32.97	59.25
26	-2.50	52.16	64.00	39.25	66.71	36.26	64.99
27	-2.60	54.69	67.08	41.40	70.14	39.73	71.03
28	-2.70	57.27	70.22	43.60	73.62	43.41	77.39
29	-2.80	59.89	73.40	45.84	77.17	47.27	84.07
30	-2.90	62.55	76.63	48.13	80.77	51.34	91.08
31	-3.00	65.26	79.91	50.46	84.43	55.62	98.42
32	-3.10	68.02	83.24	52.84	88.15	60.11	106.09
33	-3.20	70.81	86.62	55.27	91.92	64.81	114.10
34	-3.30	73.65	90.05	57.73	95.76	69.73	122.46
35	-3.40	76.54	93.53	60.25	99.65	74.87	131.17
36	-3.50	79.46	97.06	62.80	103.61	80.24	140.24
37	-3.60	82.44	100.64	65.40	107.62	85.83	149.67
38	-3.70	85.45	104.27	68.05	111.68	91.67	159.47

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
39	-3.80	88.51	107.95	70.74	115.81	97.74	169.64
40	-3.90	91.61	111.68	73.48	120.00	104.05	180.19
41	-4.00	94.76	115.45	76.26	124.24	110.61	191.12
42	-4.10	97.95	119.28	79.09	128.54	117.42	202.44
43	-4.20	101.19	123.16	81.96	132.90	124.49	214.16
44	-4.30	104.47	127.08	84.88	137.32	131.81	226.27
45	-4.40	107.79	131.06	87.84	141.80	139.40	238.80
46	-4.50	111.15	135.09	90.84	146.34	147.26	251.73
47	-4.60	114.56	139.16	93.90	150.93	155.39	265.07
48	-4.70	118.02	143.29	96.99	155.58	163.79	278.84
49	-4.80	121.52	147.46	100.13	160.29	172.47	293.04
50	-4.90	125.06	151.69	103.32	165.06	181.43	307.67
51	-5.00	128.64	155.96	106.55	169.89	190.69	322.73
52	-5.10	132.27	160.28	109.82	174.77	200.23	338.24
53	-5.20	135.94	164.66	113.15	179.72	210.07	354.19
54	-5.30	139.66	169.08	116.51	184.72	220.21	370.60
55	-5.40	143.42	173.55	119.92	189.78	230.65	387.46
56	-5.50	147.23	178.07	123.38	194.90	241.40	404.79
57	-5.60	151.07	182.65	126.88	200.08	252.47	422.59
58	-5.70	154.97	187.27	130.42	205.31	263.85	440.86
59	-5.80	158.90	191.94	134.01	210.61	275.54	459.62
60	-5.90	162.88	196.66	137.64	215.96	287.57	478.85
61	-6.00	166.91	201.43	141.32	221.37	299.92	498.58
62	-6.10	170.97	206.25	145.05	226.84	312.60	518.81
63	-6.20	175.09	211.12	148.82	232.37	325.63	539.53
64	-6.30	179.24	216.04	152.63	237.95	338.99	560.76
65	-6.40	183.44	221.01	156.49	243.60	352.69	582.51
66	-6.50	187.68	226.03	160.39	249.30	366.75	604.77
67	-6.60	191.97	231.09	164.34	255.06	381.15	627.55
68	-6.70	196.30	236.21	168.34	260.88	395.92	650.86
69	-6.80	200.67	241.38	172.38	266.76	411.04	674.71
70	-6.90	205.09	246.60	176.46	272.69	426.53	699.09
71	-7.00	209.55	251.86	180.59	278.69	442.39	724.02

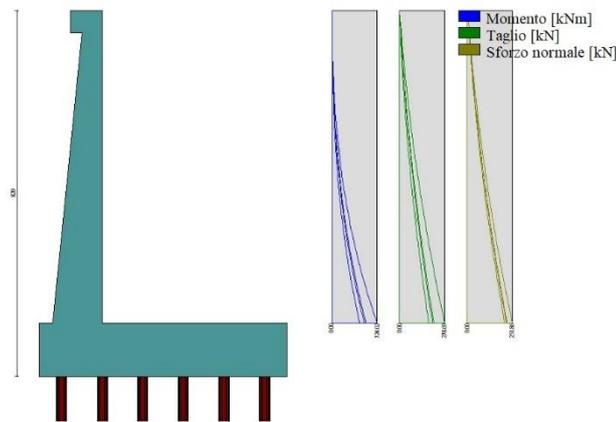


Fig. 25 - Paramento

Mensola valle

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.62	0.00	0.00	1.02	1.02	0.04	0.04
3	-0.53	0.00	0.00	2.04	2.04	0.17	0.17
4	-0.45	0.00	0.00	3.07	3.07	0.38	0.38

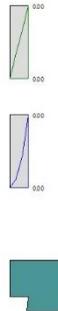


Fig. 26 - Mensola valle

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
1	-0.75	-2.51	-0.22	0.00	8.51	MAX
	-0.84	-2.78	-0.25	0.00	7.65	MIN
2	0.80	0.03	-0.15	0.54	8.51	MAX
	0.72	0.03	-0.17	0.49	7.65	MIN
3	0.26	0.15	0.05	0.49	7.59	MAX
	0.23	0.13	0.05	0.44	6.83	MIN
4	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83	MAX
	-0.71	-2.37	0.32	0.00	7.04	MIN
5	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83	MAX
	-0.71	-2.37	0.32	0.00	7.04	MIN
6	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83	MAX
	-0.71	-2.37	0.32	0.00	7.04	MIN
7	-0.64	-2.13	0.35	0.00	7.83	MAX
	-0.71	-2.37	0.32	0.00	7.04	MIN
8	-0.28	0.01	0.07	0.43	7.11	MAX
	-0.31	0.01	0.07	0.39	6.39	MIN
9	-0.54	-1.81	0.02	0.00	7.11	MAX
	-0.60	-2.01	0.02	0.00	6.39	MIN
10	-0.54	-1.81	0.02	0.00	7.11	MAX
	-0.60	-2.01	0.02	0.00	6.39	MIN
11	-48.13	-160.42	0.00	0.00	-57.81	MAX
	-167.08	-556.92	0.00	0.00	-236.19	MIN
12	-47.90	-159.65	52.12	0.00	-26.40	MAX
	-167.90	-559.66	14.87	0.00	-151.56	MIN
13	-47.90	-159.65	-14.87	0.00	-26.40	MAX
	-167.90	-559.66	-52.12	0.00	-151.56	MIN
14	6.87	-122.00	0.00	0.00	19.94	MAX
	3.23	-425.35	0.00	0.00	-135.62	MIN
15	3.31	-139.37	12.63	5.03	-27.13	MAX
	-4.34	-444.08	3.47	-5.78	-159.61	MIN
16	3.31	-139.37	-3.47	5.78	-27.13	MAX
	-4.34	-444.08	-12.63	-5.03	-159.61	MIN
17	-42.44	-175.38	0.00	0.00	-25.08	MAX
	-50.86	-434.37	0.00	0.00	-157.21	MIN
18	19.49	-126.34	-1.39	126.37	-21.57	MAX
	14.94	-372.37	-6.24	105.59	-161.16	MIN
19	19.49	-126.34	6.24	-105.59	-21.57	MAX
	14.94	-372.37	1.39	-126.37	-161.16	MIN
20	2.63	-97.34	0.00	0.00	-43.16	MAX
	2.17	-287.96	0.00	0.00	-161.45	MIN
21	-13.81	-129.10	-0.98	-17.70	-41.71	MAX
	-16.16	-322.12	-4.79	-20.87	-175.36	MIN
22	-13.81	-129.10	4.79	20.87	-41.71	MAX
	-16.16	-322.12	0.98	17.70	-175.36	MIN
23	-37.13	-133.32	0.00	0.00	-45.47	MAX
	-42.28	-273.37	0.00	0.00	-148.01	MIN
24	14.77	-91.43	-1.36	107.92	-53.04	MAX
	12.96	-230.52	-4.60	94.56	-171.89	MIN
25	14.77	-91.43	4.60	-94.56	-53.04	MAX
	12.96	-230.52	1.36	-107.92	-171.89	MIN
26	2.49	-55.30	0.00	0.00	-56.38	MAX
	2.08	-147.22	0.00	0.00	-146.85	MIN
27	-12.10	-83.18	-1.43	-15.69	-55.69	MAX
	-13.40	-176.34	-4.16	-17.45	-156.10	MIN
28	-12.10	-83.18	4.16	17.45	-55.69	MAX
	-13.40	-176.34	1.43	15.69	-156.10	MIN
29	-31.79	-79.82	0.00	0.00	-46.50	MAX
	-34.65	-132.95	0.00	0.00	-115.81	MIN

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
30	12.12	-44.60	-1.39	88.43	-54.36	MAX
	11.15	-99.54	-3.56	81.33	-134.67	MIN
31	12.12	-44.60	3.56	-81.33	-54.36	MAX
	11.15	-99.54	1.39	-88.43	-134.67	MIN
32	2.30	-12.19	0.00	0.00	-46.45	MAX
	1.96	-37.95	0.00	0.00	-98.53	MIN
33	-10.28	-36.23	-1.06	-13.39	-43.13	MAX
	-11.10	-61.56	-2.55	-14.40	-99.37	MIN
34	-10.28	-36.23	2.55	14.40	-43.13	MAX
	-11.10	-61.56	1.06	13.39	-99.37	MIN
35	-24.13	-35.50	0.00	0.00	-21.20	MAX
	-27.91	-40.01	0.00	0.00	-46.78	MIN
36	10.15	-7.64	-0.73	71.76	-27.97	MAX
	9.24	-15.10	-1.52	63.25	-57.63	MIN
37	10.15	-7.64	1.52	-63.25	-27.97	MAX
	9.24	-15.10	0.73	-71.76	-57.63	MIN
38	3.51	10.65	0.00	0.00	-79.25	MAX
	3.19	9.01	0.00	0.00	-86.92	MIN
39	-8.72	-10.08	0.08	-15.11	-4.96	MAX
	-9.73	-10.91	-0.44	-16.54	-21.41	MIN
40	-8.72	-10.08	0.44	16.54	-4.96	MAX
	-9.73	-10.91	-0.08	15.11	-21.41	MIN

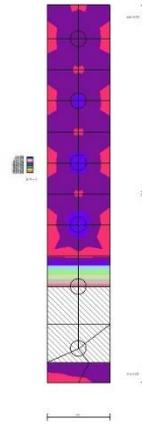


Fig. 27 - Piastra fondazione - Momento Mx (Combinazione n° 1)

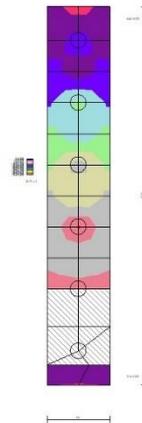


Fig. 28 - Piastra fondazione - Momento My<sub>MAX</sub> (Combinazione n° 3)

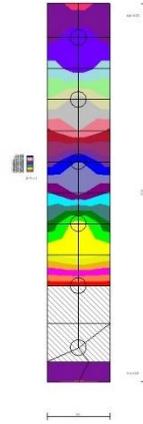


Fig. 29 - Piastra fondazione - Momento  $M_{yMIN}$  (Combinazione n° 1)

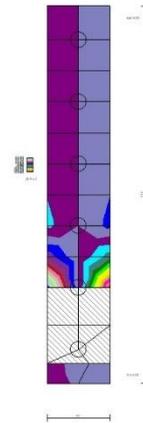


Fig. 30 - Piastra fondazione - Momento  $M_{xy}$  (Combinazione n° 1)

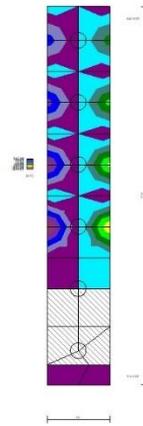


Fig. 31 - Piastra fondazione - Taglio  $T_x$  (Combinazione n° 1)

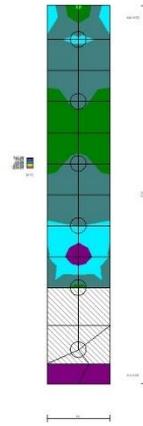


Fig. 32 - Piastra fondazione - Taglio  $T_{yMAX}$  (Combinazione n° 3)

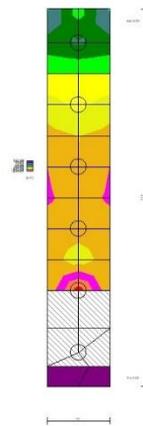


Fig. 33 - Piastra fondazione - Taglio  $T_{yMIN}$  (Combinazione n° 1)

## 10.2.2 Combinazione sismica

### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesato/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24.5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
4	C25/30	C25/30	Precomp	24.5170	30000	31447048	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
B450C	450000	540000
Precomp	1569089	1863293

#### Tipologie pali

##### Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	micropalo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	4	NO	SI	10000.00	10000.00

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

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

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	15.00	0.00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 40.000 [°]

#### Geometria muro

#### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	0.90	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	7.00	[m]
Altezza paramento libero	6.00	[m]
Spessore in sommità	0.40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.10	[m]
Inclinazione paramento esterno	5.70	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]
<u>Mensola di marciapiede</u>		
Posizione rispetto alla testa del muro	0.00	[m]
Lunghezza	0.30	[m]
Spessore all'estremità libera	0.50	[m]
Spessore all'incastro	0.50	[m]
<u>Fondazione</u>		
Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0.30	[m]
Lunghezza mensola di monte	4.10	[m]
Lunghezza totale	5.50	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	1.20	[m]
Spessore magrone	0.00	[m]

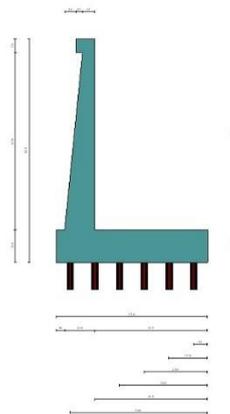


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

### Descrizione pali di fondazione

#### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
$\alpha$	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	$\alpha$ [°]	ALL
1	micropalo	0.50	1.00	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
2	micropalo	1.40	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
3	micropalo	2.30	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
4	micropalo	3.20	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
5	micropalo	4.10	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
6	micropalo	5.00	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati

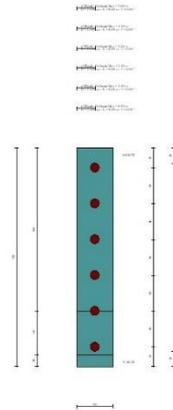


Fig. 2 - Pianta pali

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	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]
ca	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	rilevato stradale	20.0000	20.0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.333	0	0			(MIN)
				35.000	23.333	0	0			(MED)
2	unità SRa	24.0000	24.0000	40.000	40.000	45	22	1.000	0	(CAR)
				40.000	40.000	45	22			(MIN)
				40.000	40.000	45	22			(MED)

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
<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	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	8.20	0.000	rilevato stradale	0.000	0.000	1.000	0.500	1.000	---	---
2	10.00	0.000	unità SRa	0.000	0.000	10.000	0.500	1.000	---	---

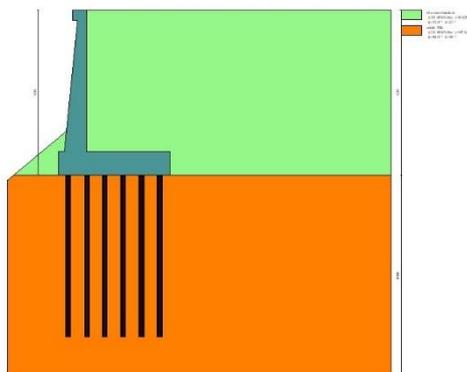


Fig. 3 - Stratigrafia

### 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 (traffico veicolare) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

#### 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	12.00	20.0000	20.0000

#### Condizione n° 2 (pavimentazione stradale) - PERMANENTE NS

#### 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	12.00	4.8000	4.8000

### Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

#### Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche						Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2	
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00	
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00	
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00	

#### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	--	--	1.30

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

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$   $\zeta_4=1.70$

Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

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

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - 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
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - 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
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - 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
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Poggio San Lorenzo
Provincia	Rieti
Regione	Lazio
Latitudine	42.242518
Longitudine	12.826850
Indice punti di interpolazione	26963 - 26964 - 26742 - 26741
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> ]	1.968	0.896
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.201	0.091
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.477	2.443
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.334	0.295
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	1.000	24.074	12.037
Ultimo - Ribaltamento	1.000	24.074	12.037
Esercizio	1.000	10.957	5.479

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

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

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	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	10.00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev ridotto
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + ca$ )
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta $\sigma_v$ con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato	criterio rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore M=3.00

---

- Palo infinitamente elastico  
*Cedimenti*  
Metodo di calcolo  
Spostamento limite alla punta  
Spostamento limite laterale

Non attivo  
Metodo agli elementi finiti  
1.00 [cm]  
0.50 [cm]

## 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	173.96	23.33	159.74	68.89	4.10	-5.39
	Incremento di spinta sismica		143.15	131.44	56.69	4.10	-4.10
	Peso/Inerzia muro			70.72	293.75/35.36	0.56	-5.96
	Peso/Inerzia terrapieno			142.92	593.68/71.46	2.05	-3.50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			1.14	4.74	-1.24	-6.60
	Resistenza pali			-1350.36			
2	Spinta statica	173.96	23.33	159.74	68.89	4.10	-5.39
	Incremento di spinta sismica		110.62	101.58	43.81	4.10	-4.10
	Peso/Inerzia muro			70.72	293.75/-35.36	0.56	-5.96
	Peso/Inerzia terrapieno			142.92	593.68/-71.46	2.05	-3.50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			1.14	4.74	-1.24	-6.60
	Resistenza pali			-1350.48			

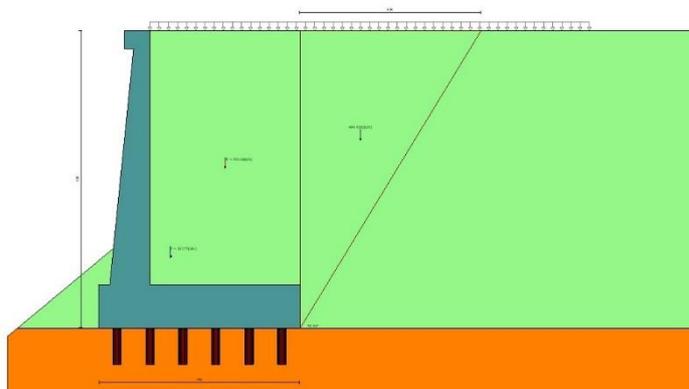


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

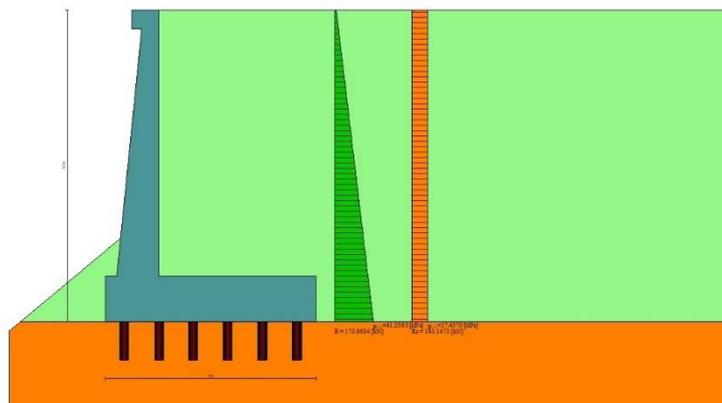


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

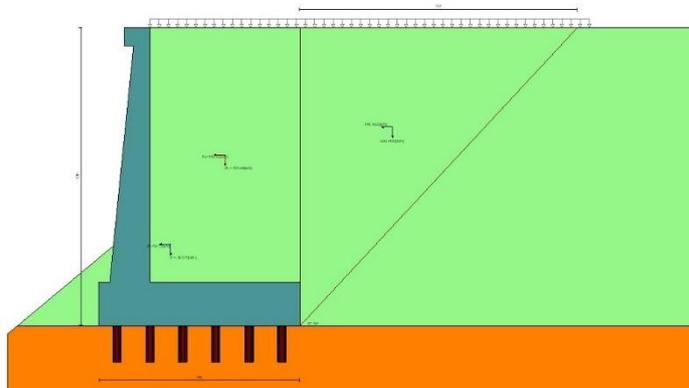


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 1)

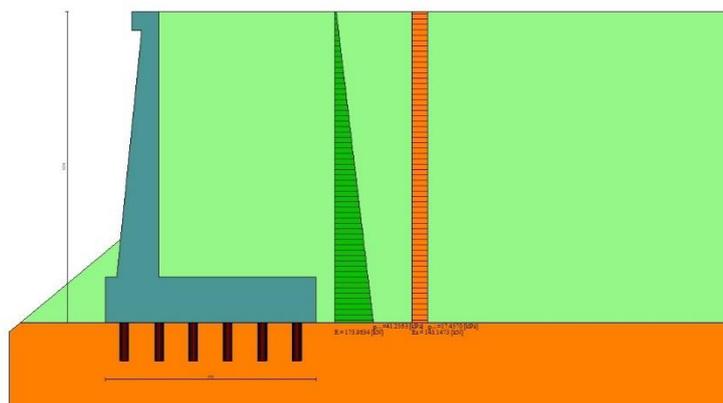


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 1)

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	1124.58	505.97	1819.70	3630.27	1.139
2 - STR (A1-M1-R3)	898.05	476.10	2013.00	3243.68	1.379
3 - GEO (A2-M2-R2)	1124.58	505.97	1819.70	3630.27	1.139
4 - GEO (A2-M2-R2)	898.05	476.10	2013.00	3243.68	1.379

### Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-14.25	0.00	-75.90
	2	58.93	0.00	-75.90

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
	3	132.10	0.00	-75.90
	4	205.27	0.00	-75.90
	5	278.45	0.00	-75.90
	6	351.62	0.00	-75.90
2 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-42.12	0.00	-71.42
	2	28.61	0.00	-71.42
	3	99.34	0.00	-71.42
	4	170.07	0.00	-71.42
	5	240.80	0.00	-71.42
	6	311.53	0.00	-71.42

## 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)	H + V	2.669					
2 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.837					
3 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.074		
4 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.008		

### 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 [m]	R [m]	FS
3 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4.50; 4.50	22.23	2.074
4 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4.50; 4.50	22.23	2.008

## 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]
Q <sub>y</sub>	carico sulla striscia espresso in [kN]
Q <sub>f</sub>	carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	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]
T <sub>x</sub> ; T <sub>y</sub>	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

### Combinazione n° 3 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kN]	Q <sub>y</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	T <sub>x</sub> ; T <sub>y</sub> [kN]
1	47.57	0.00	0.00	17.28 - 1.21	72.881	35.000	0	0.0	
2	125.36	0.00	0.00	1.21	64.135	35.000	0	0.0	
3	178.73	0.00	0.00	1.21	57.641	35.000	0	0.0	
4	225.15	0.00	0.00	1.21	52.180	40.000	45	0.0	
5	266.88	3.72	0.00	1.21	47.332	40.000	45	0.0	
6	302.29	5.81	0.00	1.21	42.900	40.000	45	0.0	
7	332.75	5.81	0.00	1.21	38.768	40.000	45	0.0	
8	359.12	5.81	0.00	1.21	34.865	40.000	45	0.0	
9	381.99	5.81	0.00	1.21	31.141	40.000	45	0.0	
10	401.79	5.81	0.00	1.21	27.558	40.000	45	0.0	
11	458.62	5.81	0.00	1.21	24.088	40.000	45	0.0	
12	439.90	5.81	0.00	1.21	20.711	40.000	45	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
13	452.06	5.81	0.00	1.21	17.408	40.000	45	0.0	
14	462.01	5.81	0.00	1.21	14.164	40.000	45	0.0	
15	472.87	1.59	0.00	1.21	10.965	40.000	45	0.0	
16	319.24	0.00	0.00	1.21	7.801	40.000	45	0.0	
17	293.25	0.00	0.00	1.21	4.661	40.000	45	0.0	
18	269.24	0.00	0.00	1.21	1.535	40.000	45	0.0	
19	239.89	0.00	0.00	1.21	-1.587	40.000	45	0.0	
20	208.45	0.00	0.00	1.21	-4.713	40.000	45	0.0	
21	175.06	0.00	0.00	1.21	-7.854	40.000	45	0.0	
22	139.71	0.00	0.00	1.21	-11.018	40.000	45	0.0	
23	102.32	0.00	0.00	1.21	-14.217	40.000	45	0.0	
24	62.83	0.00	0.00	1.21	-17.463	40.000	45	0.0	
25	21.12	0.00	0.00	-12.98 - 1.21	-20.339	40.000	45	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

Combinazione n° 4 - 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	47.57	0.00	0.00	17.28 - 1.21	72.881	35.000	0	0.0	
2	125.36	0.00	0.00	1.21	64.135	35.000	0	0.0	
3	178.73	0.00	0.00	1.21	57.641	35.000	0	0.0	
4	225.15	0.00	0.00	1.21	52.180	40.000	45	0.0	
5	266.88	3.72	0.00	1.21	47.332	40.000	45	0.0	
6	302.29	5.81	0.00	1.21	42.900	40.000	45	0.0	
7	332.75	5.81	0.00	1.21	38.768	40.000	45	0.0	
8	359.12	5.81	0.00	1.21	34.865	40.000	45	0.0	
9	381.99	5.81	0.00	1.21	31.141	40.000	45	0.0	
10	401.79	5.81	0.00	1.21	27.558	40.000	45	0.0	
11	458.62	5.81	0.00	1.21	24.088	40.000	45	0.0	
12	439.90	5.81	0.00	1.21	20.711	40.000	45	0.0	
13	452.06	5.81	0.00	1.21	17.408	40.000	45	0.0	
14	462.01	5.81	0.00	1.21	14.164	40.000	45	0.0	
15	472.87	1.59	0.00	1.21	10.965	40.000	45	0.0	
16	319.24	0.00	0.00	1.21	7.801	40.000	45	0.0	
17	293.25	0.00	0.00	1.21	4.661	40.000	45	0.0	
18	269.24	0.00	0.00	1.21	1.535	40.000	45	0.0	
19	239.89	0.00	0.00	1.21	-1.587	40.000	45	0.0	
20	208.45	0.00	0.00	1.21	-4.713	40.000	45	0.0	
21	175.06	0.00	0.00	1.21	-7.854	40.000	45	0.0	
22	139.71	0.00	0.00	1.21	-11.018	40.000	45	0.0	
23	102.32	0.00	0.00	1.21	-14.217	40.000	45	0.0	
24	62.83	0.00	0.00	1.21	-17.463	40.000	45	0.0	
25	21.12	0.00	0.00	-12.98 - 1.21	-20.339	40.000	45	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

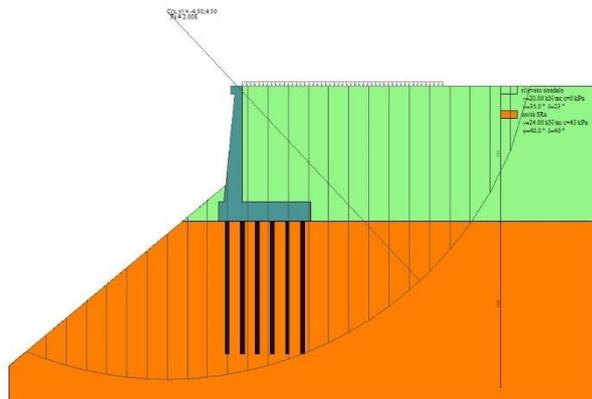


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

- 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)

**Elementi calcolati a piastra**

**Simbologia adottata**

Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]

Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle

Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

*Paramento*

**Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	3.43	0.00	0.43
2	-0.10	5.20	1.75	0.38
3	-0.20	7.01	3.55	0.49
4	-0.30	8.87	5.41	0.77
5	-0.40	10.77	7.31	1.22
6	-0.50	12.73	9.26	1.84
7	-0.60	14.72	11.27	2.65
8	-0.70	16.77	13.32	3.64
9	-0.80	18.86	15.43	4.82
10	-0.90	21.00	17.59	6.19
11	-1.00	23.18	19.79	7.76
12	-1.10	25.42	22.05	9.53
13	-1.20	27.70	24.36	11.52
14	-1.30	30.02	26.72	13.71
15	-1.40	32.39	29.13	16.12
16	-1.50	34.81	31.59	18.76
17	-1.60	37.28	34.10	21.62
18	-1.70	39.79	36.67	24.71
19	-1.80	42.35	39.28	28.04
20	-1.90	44.96	41.95	31.60
21	-2.00	47.61	44.66	35.42
22	-2.10	50.31	47.43	39.48
23	-2.20	53.06	50.24	43.80
24	-2.30	55.85	53.11	48.37
25	-2.40	58.69	56.03	53.21
26	-2.50	61.58	59.00	58.32
27	-2.60	64.51	62.02	63.70
28	-2.70	67.49	65.09	69.36
29	-2.80	70.52	68.21	75.30
30	-2.90	73.59	71.38	81.53
31	-3.00	76.71	74.61	88.05
32	-3.10	79.88	77.88	94.87
33	-3.20	83.10	81.21	101.98
34	-3.30	86.36	84.58	109.41
35	-3.40	89.66	88.01	117.14
36	-3.50	93.02	91.48	125.19
37	-3.60	96.42	95.01	133.55
38	-3.70	99.87	98.59	142.25
39	-3.80	103.36	102.22	151.27
40	-3.90	106.91	105.90	160.62
41	-4.00	110.49	109.63	170.31
42	-4.10	114.13	113.41	180.35
43	-4.20	117.81	117.24	190.73
44	-4.30	121.54	121.13	201.46
45	-4.40	125.32	125.06	212.56
46	-4.50	129.14	129.05	224.01
47	-4.60	133.01	133.08	235.83
48	-4.70	136.92	137.17	248.02
49	-4.80	140.89	141.31	260.58
50	-4.90	144.90	145.49	273.53
51	-5.00	148.95	149.73	286.85
52	-5.10	153.06	154.02	300.57
53	-5.20	157.21	158.36	314.69
54	-5.30	161.40	162.75	329.20
55	-5.40	165.65	167.19	344.11
56	-5.50	169.94	171.69	359.43
57	-5.60	174.27	176.23	375.17
58	-5.70	178.66	180.82	391.32
59	-5.80	183.09	185.47	407.89
60	-5.90	187.56	190.16	424.90
61	-6.00	192.09	194.91	442.33
62	-6.10	196.66	199.71	460.19
63	-6.20	201.28	204.56	478.50
64	-6.30	205.94	209.46	497.26
65	-6.40	210.65	214.40	516.46
66	-6.50	215.41	219.40	536.11
67	-6.60	220.22	224.46	556.23
68	-6.70	225.07	229.56	576.81
69	-6.80	229.97	234.71	597.86
70	-6.90	234.91	239.91	619.38
71	-7.00	239.90	245.17	641.38

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	3.07	0.00	0.38
2	-0.10	4.46	1.45	0.35
3	-0.20	5.90	2.95	0.44
4	-0.30	7.37	4.49	0.68
5	-0.40	8.89	6.09	1.06
6	-0.50	10.45	7.74	1.58
7	-0.60	12.05	9.44	2.26
8	-0.70	13.68	11.20	3.09
9	-0.80	15.37	13.00	4.09
10	-0.90	17.09	14.85	5.25
11	-1.00	18.85	16.75	6.59
12	-1.10	20.65	18.71	8.09
13	-1.20	22.50	20.71	9.78
14	-1.30	24.38	22.77	11.66
15	-1.40	26.31	24.88	13.72
16	-1.50	28.27	27.03	15.98
17	-1.60	30.28	29.24	18.44
18	-1.70	32.33	31.50	21.10
19	-1.80	34.42	33.81	23.97
20	-1.90	36.55	36.17	27.05
21	-2.00	38.72	38.58	30.35
22	-2.10	40.93	41.05	33.88
23	-2.20	43.18	43.56	37.63
24	-2.30	45.48	46.12	41.61
25	-2.40	47.81	48.74	45.83
26	-2.50	50.19	51.40	50.29
27	-2.60	52.60	54.12	54.99
28	-2.70	55.06	56.89	59.95
29	-2.80	57.56	59.70	65.16
30	-2.90	60.10	62.57	70.63
31	-3.00	62.68	65.49	76.37
32	-3.10	65.30	68.46	82.37
33	-3.20	67.96	71.48	88.65
34	-3.30	70.66	74.55	95.21
35	-3.40	73.41	77.68	102.05
36	-3.50	76.19	80.85	109.18
37	-3.60	79.02	84.07	116.60
38	-3.70	81.88	87.35	124.32
39	-3.80	84.79	90.67	132.34
40	-3.90	87.74	94.05	140.67
41	-4.00	90.73	97.48	149.31
42	-4.10	93.76	100.95	158.26
43	-4.20	96.83	104.48	167.54
44	-4.30	99.94	108.06	177.14
45	-4.40	103.09	111.69	187.07
46	-4.50	106.28	115.37	197.34
47	-4.60	109.52	119.10	207.94
48	-4.70	112.79	122.89	218.89
49	-4.80	116.11	126.72	230.19
50	-4.90	119.46	130.60	241.84
51	-5.00	122.86	134.54	253.85
52	-5.10	126.30	138.52	266.23
53	-5.20	129.78	142.56	278.97
54	-5.30	133.30	146.65	292.08
55	-5.40	136.86	150.78	305.57
56	-5.50	140.46	154.97	319.44
57	-5.60	144.11	159.21	333.70
58	-5.70	147.79	163.50	348.35
59	-5.80	151.51	167.84	363.39
60	-5.90	155.28	172.24	378.84
61	-6.00	159.09	176.68	394.69
62	-6.10	162.93	181.17	410.95
63	-6.20	166.82	185.72	427.62
64	-6.30	170.75	190.31	444.71
65	-6.40	174.72	194.96	462.23
66	-6.50	178.73	199.65	480.18
67	-6.60	182.78	204.40	498.55
68	-6.70	186.88	209.20	517.37
69	-6.80	191.01	214.05	536.63
70	-6.90	195.18	218.95	556.33
71	-7.00	199.40	223.90	576.49

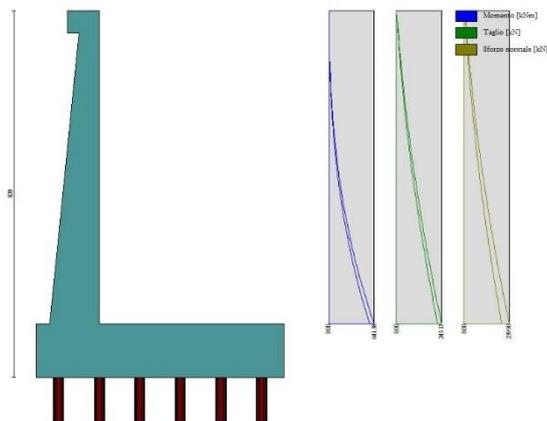


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

*Piastra fondazione*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
1	-264.95	-1022.82	73.46	164.74	-122.31
2	-351.68	-1172.28	44.63	0.00	18.09
3	-0.41	-1.36	0.47	0.00	6.20
4	-178.21	-873.35	102.29	329.48	-262.72
5	-178.21	-873.35	102.29	329.48	-262.72
6	61.10	-217.76	-18.36	64.02	-395.45
7	-24.83	-772.71	-210.86	119.12	-156.13
8	-0.79	-2.62	-0.95	0.00	8.01
9	-0.79	-2.62	-0.95	0.00	8.01
10	-0.82	-2.72	-0.52	0.00	8.69
11	65.96	-909.65	156.31	-238.75	-192.09
12	0.30	0.09	-0.28	-0.05	7.96
13	-1.15	0.11	0.36	-0.79	6.20
14	-70.46	-505.62	140.99	-119.25	-245.35
15	-1.33	-166.95	-34.63	-59.68	-276.25
16	60.78	-541.30	-108.48	166.39	-252.42
17	-10.38	-76.73	27.61	20.44	-235.90
18	-43.99	-232.29	-40.83	85.03	-210.17
19	53.44	-212.22	53.97	-112.29	-222.88
20	35.13	-38.45	2.04	21.60	-141.14
21	31.89	-18.83	-14.06	6.92	-52.37
22	12.37	-42.06	-5.39	17.35	-124.18
23	-0.91	5.79	1.65	0.14	-59.26
24	16.85	2.90	-7.65	-15.72	-58.24

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
1	-264.95	-1022.82	90.04	215.36	-122.31
2	-351.68	-1172.28	59.71	0.00	18.09
3	-0.41	-1.36	0.47	0.00	6.20
4	-178.21	-873.35	120.37	430.71	-262.72
5	-178.21	-873.35	120.37	430.71	-262.72
6	109.76	-217.76	-18.36	64.02	-395.45
7	-24.83	-772.71	-210.86	119.19	-156.13
8	-0.79	-2.62	-0.95	0.00	8.01
9	-0.79	-2.62	-0.95	0.00	8.01
10	-0.82	-2.72	-0.52	0.00	8.69
11	101.10	-909.65	195.90	-238.75	-192.09
12	0.30	0.09	-0.28	-0.05	7.96
13	-1.15	0.11	0.36	-0.79	6.20
14	-70.46	-505.62	168.01	-110.90	-245.35
15	17.48	-166.95	-34.63	-58.58	-276.25
16	81.67	-541.30	-108.48	186.20	-252.42
17	1.88	-76.73	32.25	20.44	-235.90
18	-43.99	-232.29	-40.83	85.03	-210.17
19	63.46	-212.22	61.32	-112.29	-222.88
20	40.77	-38.45	2.04	32.95	-141.14
21	43.82	-13.51	-14.06	16.51	-52.37
22	12.83	-42.06	-5.39	17.35	-124.18
23	2.00	8.50	2.03	0.14	-59.26
24	18.99	3.60	-7.65	-15.72	-58.24

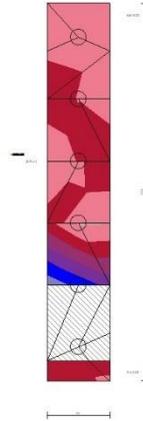


Fig. 10 - Piastra fondazione - Momenti Mx (Combinazione n° 2)



Fig. 11 - Piastra fondazione - Momenti My (Combinazione n° 2)

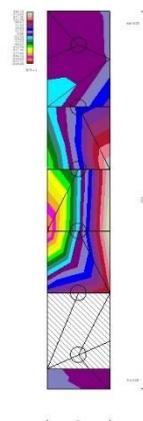


Fig. 12 - Piastra fondazione - Momento Mxy (Combinazione n° 2)

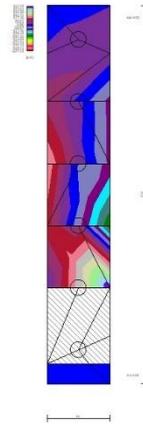


Fig. 13 - Piastra fondazione - Taglio Tx (Combinazione n° 2)

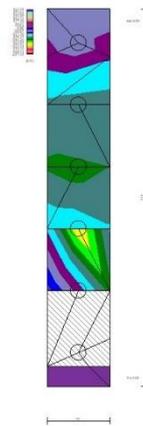


Fig. 14 - Piastra fondazione - Taglio Ty<sub>MAX</sub> (Combinazione n° 1)

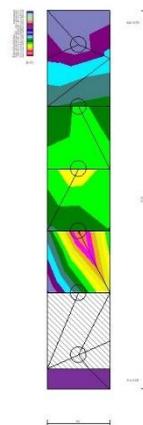


Fig. 15 - Piastra fondazione - Taglio Ty<sub>MIN</sub> (Combinazione n° 2)

## Risultati per involucro

### 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	173.96	23.33	159.74	68.89	4.10	-5.39
	Incremento di spinta sismica		143.15	131.44	56.69	4.10	-4.10
	Peso/Inerzia muro			70.72	293.75/35.36	0.56	-5.96
	Peso/Inerzia terrapieno			142.92	593.68/71.46	2.05	-3.50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			1.14	4.74	-1.24	-6.60
	Resistenza pali			-1350.36			
1	Spinta statica	173.96	23.33	159.74	68.89	4.10	-5.39
	Incremento di spinta sismica		143.15	131.44	56.69	4.10	-4.10
	Peso/Inerzia muro			70.72	293.75/35.36	0.56	-5.96
	Peso/Inerzia terrapieno			142.92	593.68/71.46	2.05	-3.50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			1.14	4.74	-1.24	-6.60
	Resistenza pali			-1350.36			

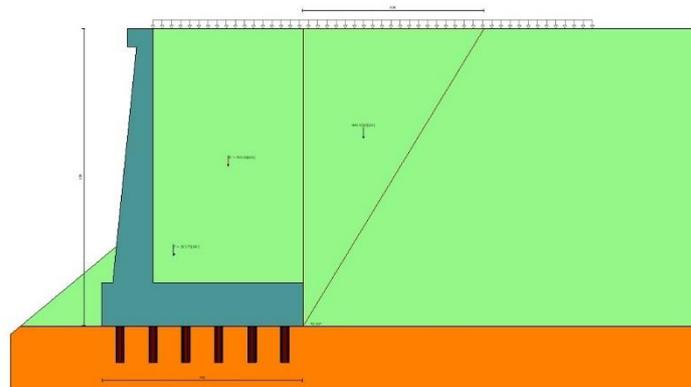


Fig. 22 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

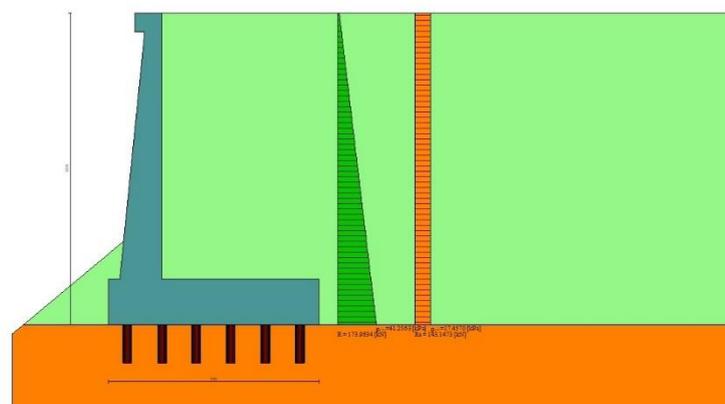


Fig. 23 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

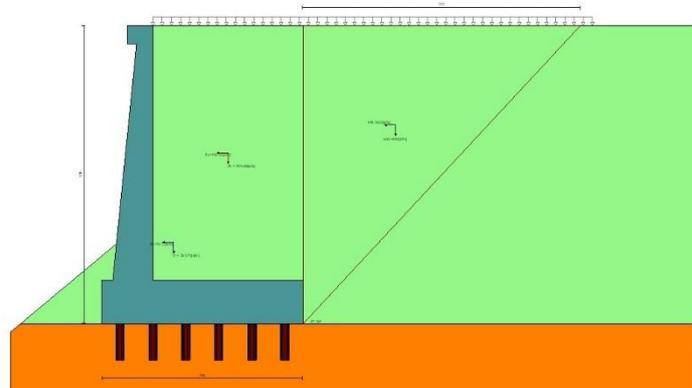


Fig. 24 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 1)

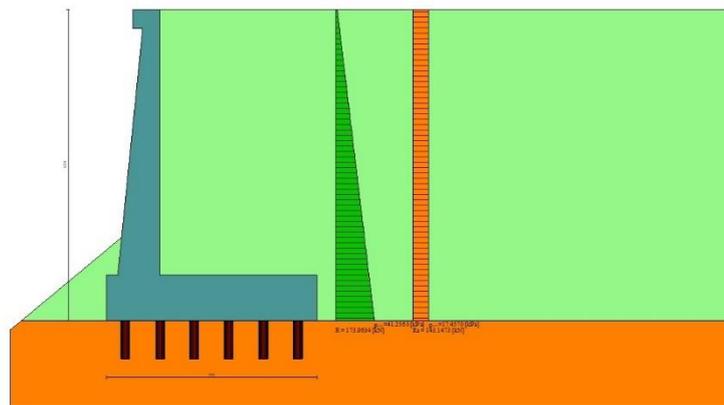


Fig. 25 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 1)

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	1124.58	505.97	1819.70	3630.27	1.139
2 - STR (A1-M1-R3)	898.05	476.10	2013.00	3243.68	1.379
3 - GEO (A2-M2-R2)	1124.58	505.97	1819.70	3630.27	1.139
4 - GEO (A2-M2-R2)	898.05	476.10	2013.00	3243.68	1.379

### Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-14.25	0.00	-75.90
	2	58.93	0.00	-75.90

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
	3	132.10	0.00	-75.90
	4	205.27	0.00	-75.90
	5	278.45	0.00	-75.90
	6	351.62	0.00	-75.90
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-14.25	0.00	-75.90
	2	58.93	0.00	-75.90
	3	132.10	0.00	-75.90
	4	205.27	0.00	-75.90
	5	278.45	0.00	-75.90
	6	351.62	0.00	-75.90

### 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>SUPL</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>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.669					
2 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.837					
3 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.074		
4 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.008		

#### 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 [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4.50; 4.50	22.23	2.008

### 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]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	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 [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	47.57	0.00	0.00	17.28 - 1.21	72.881	35.000	0	0.0	
2	125.36	0.00	0.00	1.21	64.135	35.000	0	0.0	
3	178.73	0.00	0.00	1.21	57.641	35.000	0	0.0	
4	225.15	0.00	0.00	1.21	52.180	40.000	45	0.0	
5	266.88	3.72	0.00	1.21	47.332	40.000	45	0.0	
6	302.29	5.81	0.00	1.21	42.900	40.000	45	0.0	
7	332.75	5.81	0.00	1.21	38.768	40.000	45	0.0	
8	359.12	5.81	0.00	1.21	34.865	40.000	45	0.0	
9	381.99	5.81	0.00	1.21	31.141	40.000	45	0.0	
10	401.79	5.81	0.00	1.21	27.558	40.000	45	0.0	
11	458.62	5.81	0.00	1.21	24.088	40.000	45	0.0	
12	439.90	5.81	0.00	1.21	20.711	40.000	45	0.0	
13	452.06	5.81	0.00	1.21	17.408	40.000	45	0.0	
14	462.01	5.81	0.00	1.21	14.164	40.000	45	0.0	
15	472.87	1.59	0.00	1.21	10.965	40.000	45	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
16	319.24	0.00	0.00	1.21	7.801	40.000	45	0.0	
17	293.25	0.00	0.00	1.21	4.661	40.000	45	0.0	
18	269.24	0.00	0.00	1.21	1.535	40.000	45	0.0	
19	239.89	0.00	0.00	1.21	-1.587	40.000	45	0.0	
20	208.45	0.00	0.00	1.21	-4.713	40.000	45	0.0	
21	175.06	0.00	0.00	1.21	-7.854	40.000	45	0.0	
22	139.71	0.00	0.00	1.21	-11.018	40.000	45	0.0	
23	102.32	0.00	0.00	1.21	-14.217	40.000	45	0.0	
24	62.83	0.00	0.00	1.21	-17.463	40.000	45	0.0	
25	21.12	0.00	0.00	-12.98 - 1.21	-20.339	40.000	45	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

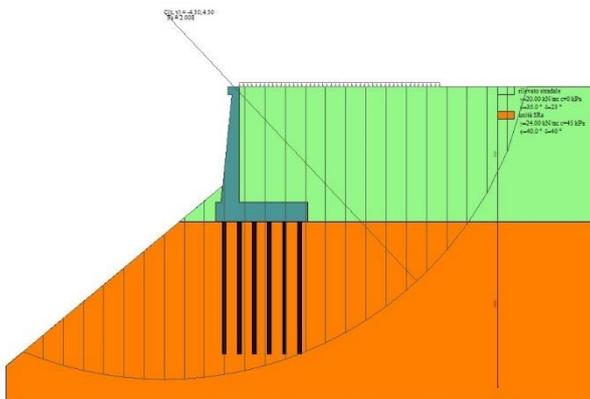


Fig. 26 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

##### Simbologia adottata

- 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)

#### Elementi calcolati a piastra

##### Simbologia adottata

- Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]
  - Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
  - Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)
- I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

### Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0.00	3.07	3.43	0.00	0.00	0.38	0.43
2	-0.10	4.46	5.20	1.45	1.75	0.35	0.38
3	-0.20	5.90	7.01	2.95	3.55	0.44	0.49
4	-0.30	7.37	8.87	4.49	5.41	0.68	0.77
5	-0.40	8.89	10.77	6.09	7.31	1.06	1.22
6	-0.50	10.45	12.73	7.74	9.26	1.58	1.84
7	-0.60	12.05	14.72	9.44	11.27	2.26	2.65
8	-0.70	13.68	16.77	11.20	13.32	3.09	3.64
9	-0.80	15.37	18.86	13.00	15.43	4.09	4.82
10	-0.90	17.09	21.00	14.85	17.59	5.25	6.19
11	-1.00	18.85	23.18	16.75	19.79	6.59	7.76
12	-1.10	20.65	25.42	18.71	22.05	8.09	9.53
13	-1.20	22.50	27.70	20.71	24.36	9.78	11.52
14	-1.30	24.38	30.02	22.77	26.72	11.66	13.71
15	-1.40	26.31	32.39	24.88	29.13	13.72	16.12
16	-1.50	28.27	34.81	27.03	31.59	15.98	18.76
17	-1.60	30.28	37.28	29.24	34.10	18.44	21.62
18	-1.70	32.33	39.79	31.50	36.67	21.10	24.71
19	-1.80	34.42	42.35	33.81	39.28	23.97	28.04
20	-1.90	36.55	44.96	36.17	41.95	27.05	31.60
21	-2.00	38.72	47.61	38.58	44.66	30.35	35.42

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
22	-2.10	40.93	50.31	41.05	47.43	33.88	39.48
23	-2.20	43.18	53.06	43.56	50.24	37.63	43.80
24	-2.30	45.48	55.85	46.12	53.11	41.61	48.37
25	-2.40	47.81	58.69	48.74	56.03	45.83	53.21
26	-2.50	50.19	61.58	51.40	59.00	50.29	58.32
27	-2.60	52.60	64.51	54.12	62.02	54.99	63.70
28	-2.70	55.06	67.49	56.89	65.09	59.95	69.36
29	-2.80	57.56	70.52	59.70	68.21	65.16	75.30
30	-2.90	60.10	73.59	62.57	71.38	70.63	81.53
31	-3.00	62.68	76.71	65.49	74.61	76.37	88.05
32	-3.10	65.30	79.88	68.46	77.88	82.37	94.87
33	-3.20	67.96	83.10	71.48	81.21	88.65	101.98
34	-3.30	70.66	86.36	74.55	84.58	95.21	109.41
35	-3.40	73.41	89.66	77.68	88.01	102.05	117.14
36	-3.50	76.19	93.02	80.85	91.48	109.18	125.19
37	-3.60	79.02	96.42	84.07	95.01	116.60	133.55
38	-3.70	81.88	99.87	87.35	98.59	124.32	142.25
39	-3.80	84.79	103.36	90.67	102.22	132.34	151.27
40	-3.90	87.74	106.91	94.05	105.90	140.67	160.62
41	-4.00	90.73	110.49	97.48	109.63	149.31	170.31
42	-4.10	93.76	114.13	100.95	113.41	158.26	180.35
43	-4.20	96.83	117.81	104.48	117.24	167.54	190.73
44	-4.30	99.94	121.54	108.06	121.13	177.14	201.46
45	-4.40	103.09	125.32	111.69	125.06	187.07	212.56
46	-4.50	106.28	129.14	115.37	129.05	197.34	224.01
47	-4.60	109.52	133.01	119.10	133.08	207.94	235.83
48	-4.70	112.79	136.92	122.89	137.17	218.89	248.02
49	-4.80	116.11	140.89	126.72	141.31	230.19	260.58
50	-4.90	119.46	144.90	130.60	145.49	241.84	273.53
51	-5.00	122.86	148.95	134.54	149.73	253.85	286.85
52	-5.10	126.30	153.06	138.52	154.02	266.23	300.57
53	-5.20	129.78	157.21	142.56	158.36	278.97	314.69
54	-5.30	133.30	161.40	146.65	162.75	292.08	329.20
55	-5.40	136.86	165.65	150.78	167.19	305.57	344.11
56	-5.50	140.46	169.94	154.97	171.69	319.44	359.43
57	-5.60	144.11	174.27	159.21	176.23	333.70	375.17
58	-5.70	147.79	178.66	163.50	180.82	348.35	391.32
59	-5.80	151.51	183.09	167.84	185.47	363.39	407.89
60	-5.90	155.28	187.56	172.24	190.16	378.84	424.90
61	-6.00	159.09	192.09	176.68	194.91	394.69	442.33
62	-6.10	162.93	196.66	181.17	199.71	410.95	460.19
63	-6.20	166.82	201.28	185.72	204.56	427.62	478.50
64	-6.30	170.75	205.94	190.31	209.46	444.71	497.26
65	-6.40	174.72	210.65	194.96	214.40	462.23	516.46
66	-6.50	178.73	215.41	199.65	219.40	480.18	536.11
67	-6.60	182.78	220.22	204.40	224.46	498.55	556.23
68	-6.70	186.88	225.07	209.20	229.56	517.37	576.81
69	-6.80	191.01	229.97	214.05	234.71	536.63	597.86
70	-6.90	195.18	234.91	218.95	239.91	556.33	619.38
71	-7.00	199.40	239.90	223.90	245.17	576.49	641.38

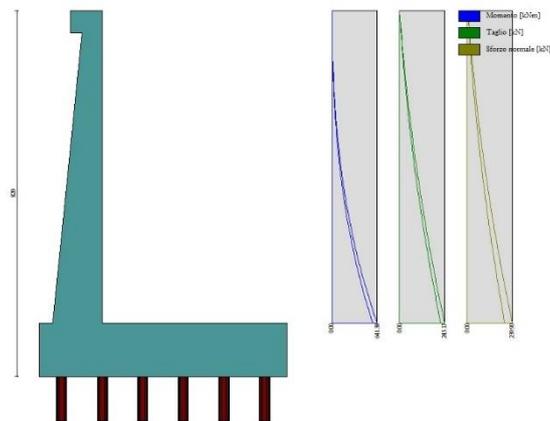


Fig. 27 - Paramento

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
1	-264.95 -363.48	-1022.82 -1366.55	90.04 73.46	215.36 164.74	-122.31 -229.87	MAX MIN

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
2	-351.68	-1172.28	59.71	0.00	18.09	MAX
	-464.48	-1548.27	44.63	0.00	-37.15	MIN
3	-0.41	-1.36	0.47	0.00	6.20	MAX
	-0.41	-1.36	0.47	0.00	6.20	MIN
4	-178.21	-873.35	120.37	430.71	-262.72	MAX
	-262.48	-1184.82	102.29	329.48	-422.59	MIN
5	-178.21	-873.35	120.37	430.71	-262.72	MAX
	-262.48	-1184.82	102.29	329.48	-422.59	MIN
6	109.76	-217.76	-18.36	64.02	-395.45	MAX
	61.10	-257.68	-22.62	63.38	-606.26	MIN
7	-24.83	-772.71	-210.86	119.19	-156.13	MAX
	-36.25	-981.90	-260.28	119.12	-235.37	MIN
8	-0.79	-2.62	-0.95	0.00	8.01	MAX
	-0.79	-2.62	-0.95	0.00	8.01	MIN
9	-0.79	-2.62	-0.95	0.00	8.01	MAX
	-0.79	-2.62	-0.95	0.00	8.01	MIN
10	-0.82	-2.72	-0.52	0.00	8.69	MAX
	-0.82	-2.72	-0.52	0.00	8.69	MIN
11	101.10	-909.65	195.90	-238.75	-192.09	MAX
	65.96	-1134.81	156.31	-288.00	-293.08	MIN
12	0.30	0.09	-0.28	-0.05	7.96	MAX
	0.30	0.09	-0.28	-0.05	7.96	MIN
13	-1.15	0.11	0.36	-0.79	6.20	MAX
	-1.15	0.11	0.36	-0.79	6.20	MIN
14	-70.46	-505.62	168.01	-110.90	-245.35	MAX
	-96.11	-617.12	140.99	-119.25	-314.76	MIN
15	17.48	-166.95	-34.63	-58.58	-276.25	MAX
	-1.33	-191.13	-45.85	-59.68	-388.68	MIN
16	81.67	-541.30	-108.48	186.20	-252.42	MAX
	60.78	-642.00	-129.89	166.39	-322.26	MIN
17	1.88	-76.73	32.25	20.44	-235.90	MAX
	-10.38	-78.60	27.61	16.55	-307.16	MIN
18	-43.99	-232.29	-40.83	85.03	-210.17	MAX
	-53.79	-272.16	-48.29	80.25	-243.59	MIN
19	63.46	-212.22	61.32	-112.29	-222.88	MAX
	53.44	-242.32	53.97	-116.82	-267.39	MIN
20	40.77	-38.45	2.04	32.95	-141.14	MAX
	35.13	-44.76	1.53	21.60	-167.77	MIN
21	43.82	-13.51	-14.06	16.51	-52.37	MAX
	31.89	-18.83	-16.65	6.92	-55.78	MIN
22	12.83	-42.06	-5.39	17.35	-124.18	MAX
	12.37	-46.80	-6.25	6.14	-141.68	MIN
23	2.00	8.50	2.03	0.14	-59.26	MAX
	-0.91	5.79	1.65	-1.41	-70.86	MIN
24	18.99	3.60	-7.65	-15.72	-58.24	MAX
	16.85	2.90	-9.85	-24.89	-60.27	MIN

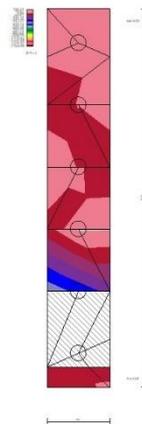


Fig. 28 - Piastra fondazione - Momento Mx (Combinazione n° 2)

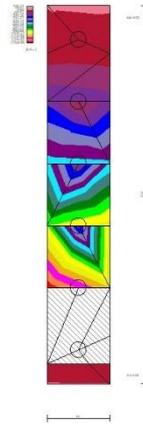


Fig. 29 - Piastra fondazione - Momento  $M_y$  (Combinazione n° 2)

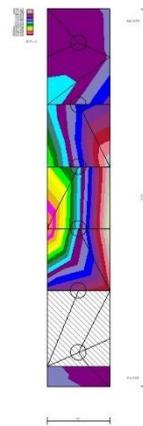


Fig. 30 - Piastra fondazione - Momento  $M_{xy}$  (Combinazione n° 2)

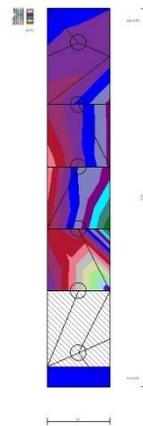


Fig. 31 - Piastra fondazione - Taglio  $T_x$  (Combinazione n° 2)

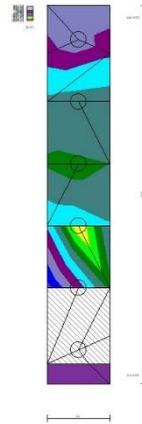


Fig. 32 - Piastra fondazione - Taglio  $T_{yMAX}$  (Combinazione n° 1)

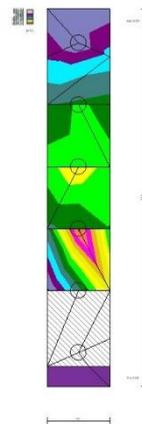


Fig. 33 - Piastra fondazione - Taglio  $T_{yMIN}$  (Combinazione n° 2)

### 10.2.3 Combinazione eccezionale d'urto

#### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
$R_{ck}$	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

*Calcestruzzo armato*

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	v	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24.5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
4	C25/30	C25/30	Precomp	24.5170	30000	31447048	0.30	15.00	0.50

### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
B450C	450000	540000
Precomp	1569089	1863293

### Tipologie pali

#### Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	micropalo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	4	NO	SI	10000.00	10000.00

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata

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

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	15.00	0.00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 40.000 [°]

### Geometria muro

#### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 0.90 [m]

#### Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	7.00	[m]
Altezza paramento libero	6.00	[m]
Spessore in sommità	0.40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.10	[m]
Inclinazione paramento esterno	5.70	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]

#### Mensola di marciapiede

Posizione rispetto alla testa del muro	0.00	[m]
Lunghezza	0.30	[m]
Spessore all'estremità libera	0.50	[m]
Spessore all'incastro	0.50	[m]

#### Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0.30	[m]

Lunghezza mensola di monte	4.10	[m]
Lunghezza totale	5.50	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	1.20	[m]
Spessore magrone	0.00	[m]

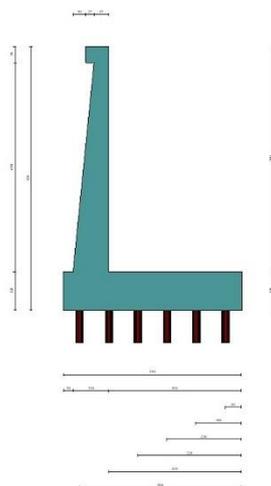


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

### Descrizione pali di fondazione

#### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
$\alpha$	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	$\alpha$ [°]	ALL
1	micropalo	0.50	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
2	micropalo	1.40	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
3	micropalo	2.30	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
4	micropalo	3.20	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
5	micropalo	4.10	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati
6	micropalo	5.00	0.90	0.20	1	23.00	8.00	0.00	Centrati

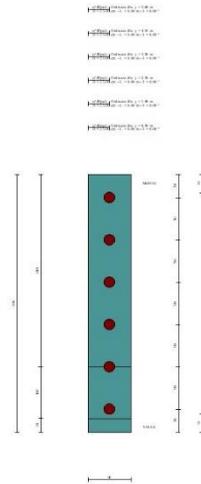


Fig. 2 - Pianta pali

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	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]
ca	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°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	rilevato stradale	20.0000	20.0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.333	0	0		(MIN)	
				35.000	23.333	0	0		(MED)	
2	unità SRa	24.0000	24.0000	40.000	40.000	45	22	1.000	0	(CAR)
				40.000	40.000	45	22		0	(MIN)
				40.000	40.000	45	22		0	(MED)

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Per calcolo pali (solo se presenti)	
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')  
Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	8.20	0.000	rilevato stradale	0.000	0.000	1.000	0.500	1.000	---	---
2	10.00	0.000	unità SRa	0.000	0.000	10.000	0.500	1.000	---	---

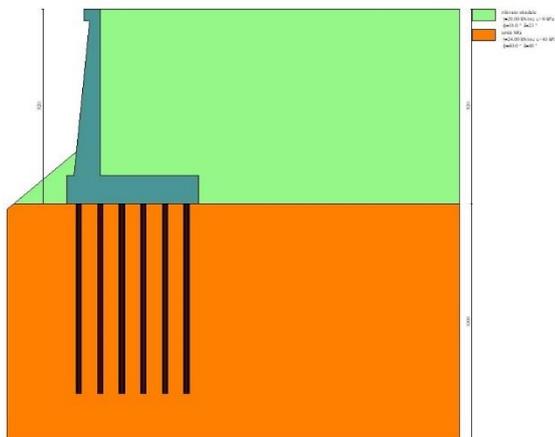


Fig. 3 - Stratigrafia

### 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 (pavimentazione stradale) - PERMANENTE NS

#### 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	12.00	4.8000	4.8000

### Condizione n° 2 (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	Paramento	-0.40; 0.00	53.0200	0.0000	53.0200				

### Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

#### Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche			
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	γ <sub>G1,fav</sub>	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	γ <sub>G1,sfav</sub>	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	γ <sub>G2,fav</sub>	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	γ <sub>G2,sfav</sub>	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	γ <sub>Q1,fav</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	γ <sub>Q1,sfav</sub>	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	γ <sub>Q1,fav</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	γ <sub>Q1,sfav</sub>	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

#### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	--	--	1.30

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

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$   $\zeta_4=1.70$

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):

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

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili, per 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	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole
urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
pavimentazione stradale	1.00	--	Sfavorevole
urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Dati sismici

Comune  
Provincia

Poggio San Lorenzo  
Rieti

Regione	Lazio
Latitudine	42.242518
Longitudine	12.826850
Indice punti di interpolazione	26963 - 26964 - 26742 - 26741
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	$a_a$	[m/s <sup>2</sup> ]		1.968	0.896
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.201	0.091
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.477	2.443
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.334	0.295
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	1.000	24.074	12.037
Ultimo - Ribaltamento	1.000	24.074	12.037
Esercizio	1.000	10.957	5.479

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale  
Forma diagramma incremento sismico  **Rettangolare**

### Opzioni di calcolo

#### Spinta

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

#### 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	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

#### Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	10.00 [cm]

#### Opzioni calcolo pali

##### Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$ )
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infilso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta $\sigma_v$ con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

##### Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato	Critério rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore M=3.00
- Palo infinitamente elastico	Non attivo

##### Cedimenti

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1.00 [cm]
Spostamento limite laterale	0.50 [cm]

## 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	268.23	23.33	246.30	106.22	4.10	-4.94
	Peso/Inerzia muro			0.00	293.75/0.00	0.56	-5.96
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	593.68/0.00	2.05	-3.50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	4.74	-1.24	-6.60
	Risultante forze sul muro			53.02	0.00	--	--
	Resistenza pali			-1064.33			

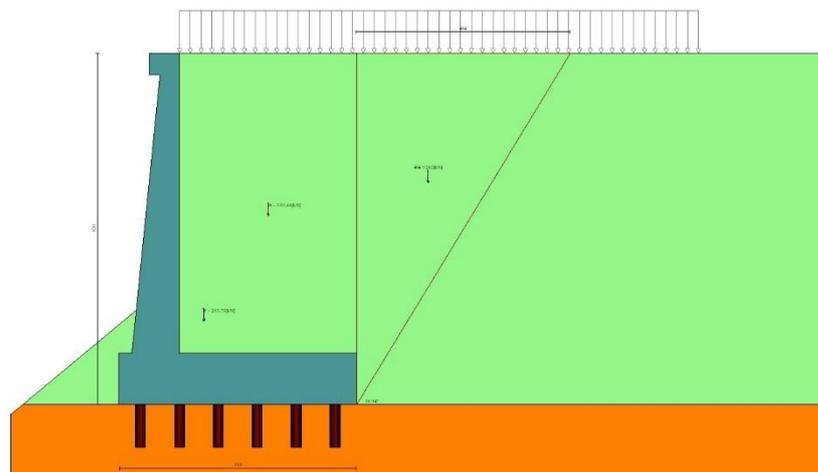


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

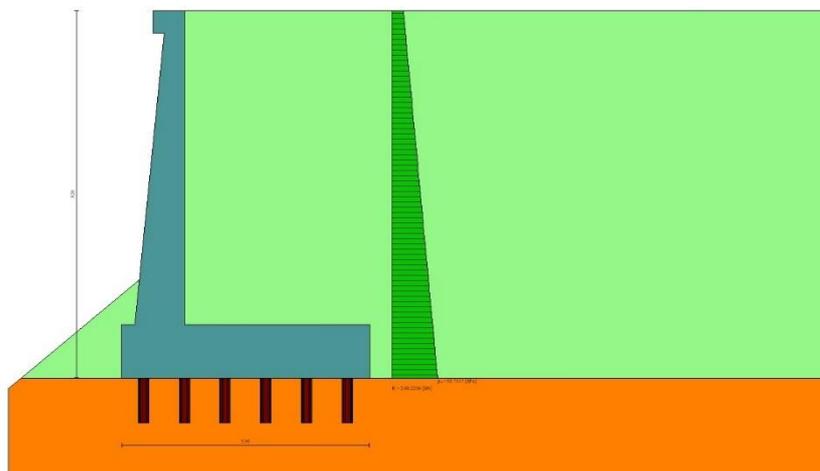


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	998.39	299.32	1291.37	3208.06	0.830
2 - GEO (A2-M2-R2)	998.39	299.32	1291.37	3208.06	0.830

### Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	31.53	0.00	-44.90
	2	78.82	0.00	-44.90
	3	126.11	0.00	-44.90
	4	173.40	0.00	-44.90
	5	220.69	0.00	-44.90
	6	267.99	0.00	-44.90

### 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)		3.556					
2 - GEO (A2-M2-R2)					3.006		

### 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 [m]	R [m]	FS
2 - GEO (A2-M2-R2)	-4.50; 2.50	20.38	3.006

### 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]
Q <sub>y</sub>	carico sulla striscia espresso in [kN]
Q <sub>f</sub>	carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	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° 2 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	53.28	0.00	0.00	15.74 - 1.15	76.104	35.000	0	0.0	
2	135.60	0.00	0.00	1.15	65.581	35.000	0	0.0	
3	187.09	0.00	0.00	1.15	58.576	35.000	0	0.0	
4	232.54	4.12	0.00	1.15	52.808	40.000	45	0.0	
5	270.79	5.51	0.00	1.15	47.736	40.000	45	0.0	
6	303.01	5.51	0.00	1.15	43.124	40.000	45	0.0	
7	330.57	5.51	0.00	1.15	38.839	40.000	45	0.0	
8	354.30	5.51	0.00	1.15	34.801	40.000	45	0.0	
9	374.78	5.51	0.00	1.15	30.952	40.000	45	0.0	
10	392.42	5.51	0.00	1.15	27.254	40.000	45	0.0	
11	454.75	5.51	0.00	1.15	23.675	40.000	45	0.0	
12	426.48	5.51	0.00	1.15	20.193	40.000	45	0.0	
13	437.07	5.51	0.00	1.15	16.787	40.000	45	0.0	
14	456.35	3.88	0.00	1.15	13.441	40.000	45	0.0	
15	371.54	0.00	0.00	1.15	10.141	40.000	45	0.0	
16	292.49	0.00	0.00	1.15	6.875	40.000	45	0.0	
17	273.24	0.00	0.00	1.15	3.632	40.000	45	0.0	
18	249.43	0.00	0.00	1.15	0.400	40.000	45	0.0	
19	222.21	0.00	0.00	1.15	-2.830	40.000	45	0.0	
20	193.20	0.00	0.00	1.15	-6.070	40.000	45	0.0	
21	162.37	0.00	0.00	1.15	-9.329	40.000	45	0.0	
22	129.68	0.00	0.00	1.15	-12.619	40.000	45	0.0	
23	95.07	0.00	0.00	1.15	-15.952	40.000	45	0.0	
24	58.45	0.00	0.00	1.15	-19.342	40.000	45	0.0	
25	19.70	0.00	0.00	-12.97 - 1.15	-22.455	40.000	45	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

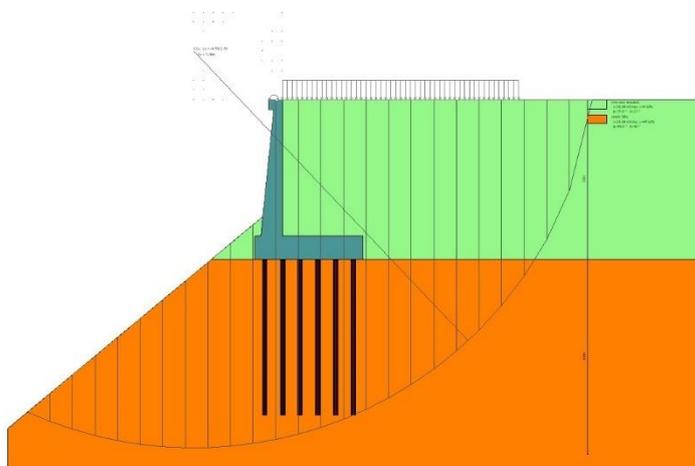


Fig. 6 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- 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)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

- Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]
  - Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
  - Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)
- I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

*Paramento*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	3.07	53.02	53.40
2	-0.10	4.50	54.05	58.66
3	-0.20	5.99	55.13	64.01
4	-0.30	7.51	56.25	69.46
5	-0.40	9.08	57.42	75.01
6	-0.50	10.69	58.63	80.66
7	-0.60	12.35	59.88	86.42
8	-0.70	14.05	61.18	92.29
9	-0.80	15.80	62.53	98.28
10	-0.90	17.58	63.92	104.39
11	-1.00	19.42	65.35	110.62
12	-1.10	21.29	66.83	116.98
13	-1.20	23.21	68.36	123.48
14	-1.30	25.18	69.93	130.11
15	-1.40	27.18	71.54	136.88
16	-1.50	29.23	73.20	143.80
17	-1.60	31.33	74.91	150.86
18	-1.70	33.47	76.66	158.08
19	-1.80	35.65	78.45	165.46
20	-1.90	37.88	80.29	172.99
21	-2.00	40.15	82.18	180.70
22	-2.10	42.46	84.10	188.57
23	-2.20	44.82	86.08	196.61
24	-2.30	47.22	88.10	204.83
25	-2.40	49.67	90.16	213.24
26	-2.50	52.16	92.27	221.83
27	-2.60	54.69	94.42	230.61
28	-2.70	57.27	96.62	239.58
29	-2.80	59.89	98.86	248.75
30	-2.90	62.55	101.15	258.12
31	-3.00	65.26	103.48	267.70
32	-3.10	68.02	105.86	277.49
33	-3.20	70.81	108.29	287.49
34	-3.30	73.65	110.75	297.71
35	-3.40	76.54	113.27	308.16
36	-3.50	79.46	115.82	318.83
37	-3.60	82.44	118.42	329.73
38	-3.70	85.45	121.07	340.86
39	-3.80	88.51	123.76	352.23
40	-3.90	91.61	126.50	363.85
41	-4.00	94.76	129.28	375.71
42	-4.10	97.95	132.11	387.82
43	-4.20	101.19	134.98	400.19
44	-4.30	104.47	137.90	412.82
45	-4.40	107.79	140.86	425.71
46	-4.50	111.15	143.86	438.87
47	-4.60	114.56	146.92	452.30
48	-4.70	118.02	150.01	466.00
49	-4.80	121.52	153.15	479.98
50	-4.90	125.06	156.34	494.25
51	-5.00	128.64	159.57	508.81
52	-5.10	132.27	162.84	523.65
53	-5.20	135.94	166.17	538.79
54	-5.30	139.66	169.53	554.23
55	-5.40	143.42	172.94	569.98
56	-5.50	147.23	176.40	586.03
57	-5.60	151.07	179.90	602.40
58	-5.70	154.97	183.44	619.08
59	-5.80	158.90	187.03	636.08
60	-5.90	162.88	190.66	653.41
61	-6.00	166.91	194.34	671.06
62	-6.10	170.97	198.07	689.05
63	-6.20	175.09	201.84	707.37
64	-6.30	179.24	205.65	726.03
65	-6.40	183.44	209.51	745.04
66	-6.50	187.68	213.41	764.40
67	-6.60	191.97	217.36	784.11
68	-6.70	196.30	221.36	804.17
69	-6.80	200.67	225.40	824.60
70	-6.90	205.09	229.48	845.39
71	-7.00	209.55	233.61	866.55

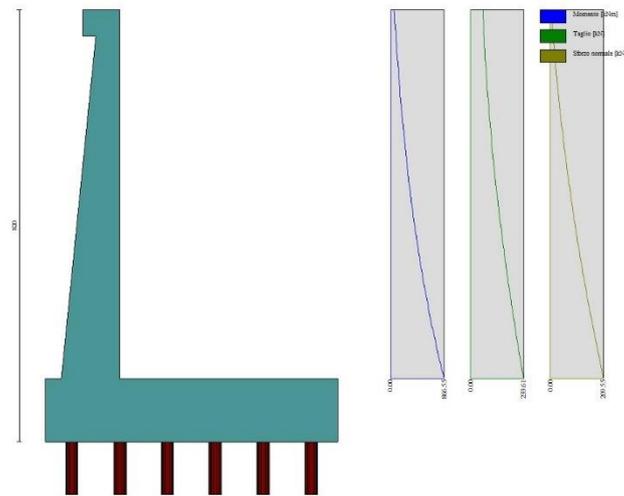


Fig. 7 - Paramento (Inviluppo)

*Mensola valle*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.62	0.00	1.02	0.04
3	-0.53	0.00	2.04	0.17
4	-0.45	0.00	3.07	0.38



Fig. 8 - Mensola valle (Inviluppo)

*Piastra fondazione*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
1	-0.75	-2.51	-0.22	0.00	7.65
2	0.72	0.03	-0.15	0.49	7.65
3	0.23	0.13	0.05	0.44	6.83
4	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04
5	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
6	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04
7	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04
8	-0.28	0.01	0.07	0.39	6.39
9	-0.54	-1.81	0.02	0.00	6.39
10	-0.54	-1.81	0.02	0.00	6.39
11	-210.38	-701.25	0.00	0.00	-267.60
12	-211.94	-706.48	67.45	0.00	-161.66
13	-211.94	-706.48	-67.45	0.00	-161.66
14	7.61	-551.96	0.00	0.00	-176.39
15	6.75	-569.25	16.88	10.57	-180.53
16	6.75	-569.25	-16.88	-10.57	-180.53
17	-45.99	-544.67	0.00	0.00	-196.41
18	18.79	-483.87	-7.61	113.65	-202.22
19	18.79	-483.87	7.61	-113.65	-202.22
20	2.15	-384.20	0.00	0.00	-209.58
21	-13.68	-412.80	-6.15	-17.70	-224.75
22	-13.68	-412.80	6.15	17.70	-224.75
23	-33.30	-336.02	0.00	0.00	-193.13
24	11.61	-302.40	-5.98	85.04	-224.49
25	11.61	-302.40	5.98	-85.04	-224.49
26	1.93	-200.92	0.00	0.00	-195.28
27	-9.55	-222.09	-5.44	-12.52	-205.53
28	-9.55	-222.09	5.44	12.52	-205.53
29	-20.30	-149.52	0.00	0.00	-153.17
30	7.24	-129.86	-4.69	52.84	-178.22
31	7.24	-129.86	4.69	-52.84	-178.22
32	1.66	-56.80	0.00	0.00	-130.86
33	-5.20	-69.84	-3.33	-7.21	-130.96
34	-5.20	-69.84	3.33	7.21	-130.96
35	-7.02	-25.98	0.00	0.00	-61.76
36	3.63	-18.62	-1.91	20.61	-73.61
37	3.63	-18.62	1.91	-20.61	-73.61
38	1.19	2.24	0.00	0.00	-52.29
39	-3.08	-4.02	-1.00	-5.83	-35.18
40	-3.08	-4.02	1.00	5.83	-35.18

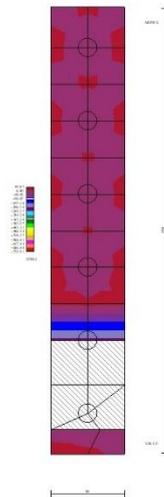


Fig. 9 - Piastra fondazione - Momenti Mx (Combinazione n° 1)

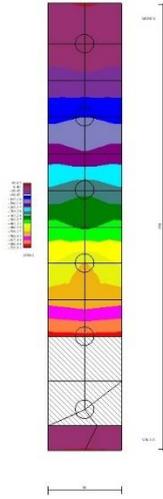


Fig. 10 - Piastra fondazione - Momenti My (Combinazione n° 1)

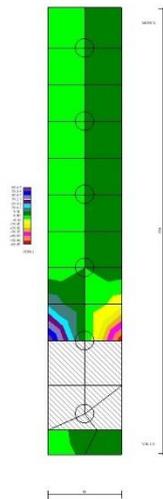


Fig. 11 - Piastra fondazione - Momento Mxy (Combinazione n° 1)

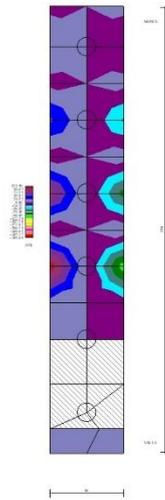


Fig. 12 - Piastra fondazione - Taglio Tx (Combinazione n° 1)

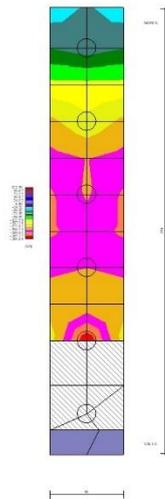


Fig. 13 - Piastra fondazione - Taglio Ty (Combinazione n° 1)

## Risultati per involucro

### 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	268.23	23.33	246.30	106.22	4.10	-4.94
	Peso/Inerzia muro			0.00	293.75/0.00	0.56	-5.96
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	593.68/0.00	2.05	-3.50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	4.74	-1.24	-6.60
	Risultante forze sul muro			53.02	0.00	--	--
	Resistenza pali			-1064.33			

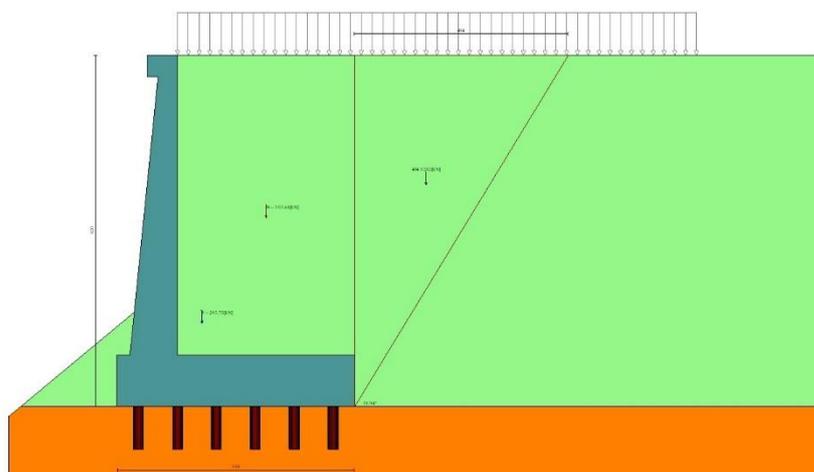


Fig. 20 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

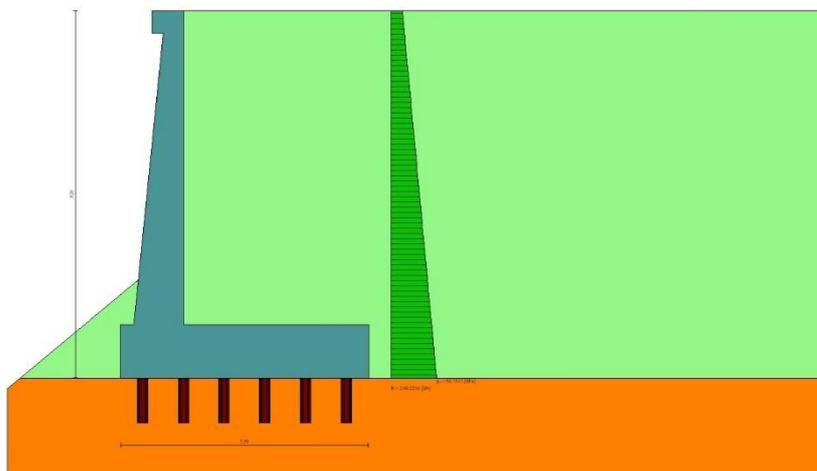


Fig. 21 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

	Ic	N	T	M <sub>r</sub>	M <sub>s</sub>	ecc
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]
1 - STR (A1-M1-R3)		998.39	299.32	1291.37	3208.06	0.830
2 - GEO (A2-M2-R2)		998.39	299.32	1291.37	3208.06	0.830

### Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

	Cmb	Ip	N	M	T
			[kN]	[kNm]	[kN]
1 - STR (A1-M1-R3)		1	31.53	0.00	-44.90
		2	78.82	0.00	-44.90
		3	126.11	0.00	-44.90
		4	173.40	0.00	-44.90
		5	220.69	0.00	-44.90
		6	267.99	0.00	-44.90

### 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)			3.556					
2 - GEO (A2-M2-R2)						3.006		

### 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]	
2 - GEO (A2-M2-R2)		-4.50; 2.50	20.38	3.006

### 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]
Q <sub>y</sub>	carico sulla striscia espresso in [kN]
Q <sub>f</sub>	carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	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 [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	53.28	0.00	0.00	15.74 - 1.15	76.104	35.000	0	0.0	
2	135.60	0.00	0.00	1.15	65.581	35.000	0	0.0	
3	187.09	0.00	0.00	1.15	58.576	35.000	0	0.0	
4	232.54	4.12	0.00	1.15	52.808	40.000	45	0.0	
5	270.79	5.51	0.00	1.15	47.736	40.000	45	0.0	
6	303.01	5.51	0.00	1.15	43.124	40.000	45	0.0	
7	330.57	5.51	0.00	1.15	38.839	40.000	45	0.0	
8	354.30	5.51	0.00	1.15	34.801	40.000	45	0.0	
9	374.78	5.51	0.00	1.15	30.952	40.000	45	0.0	
10	392.42	5.51	0.00	1.15	27.254	40.000	45	0.0	
11	454.75	5.51	0.00	1.15	23.675	40.000	45	0.0	
12	426.48	5.51	0.00	1.15	20.193	40.000	45	0.0	
13	437.07	5.51	0.00	1.15	16.787	40.000	45	0.0	
14	456.35	3.88	0.00	1.15	13.441	40.000	45	0.0	
15	371.54	0.00	0.00	1.15	10.141	40.000	45	0.0	
16	292.49	0.00	0.00	1.15	6.875	40.000	45	0.0	
17	273.24	0.00	0.00	1.15	3.632	40.000	45	0.0	
18	249.43	0.00	0.00	1.15	0.400	40.000	45	0.0	
19	222.21	0.00	0.00	1.15	-2.830	40.000	45	0.0	
20	193.20	0.00	0.00	1.15	-6.070	40.000	45	0.0	
21	162.37	0.00	0.00	1.15	-9.329	40.000	45	0.0	
22	129.68	0.00	0.00	1.15	-12.619	40.000	45	0.0	
23	95.07	0.00	0.00	1.15	-15.952	40.000	45	0.0	
24	58.45	0.00	0.00	1.15	-19.342	40.000	45	0.0	
25	19.70	0.00	0.00	-12.97 - 1.15	-22.455	40.000	45	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

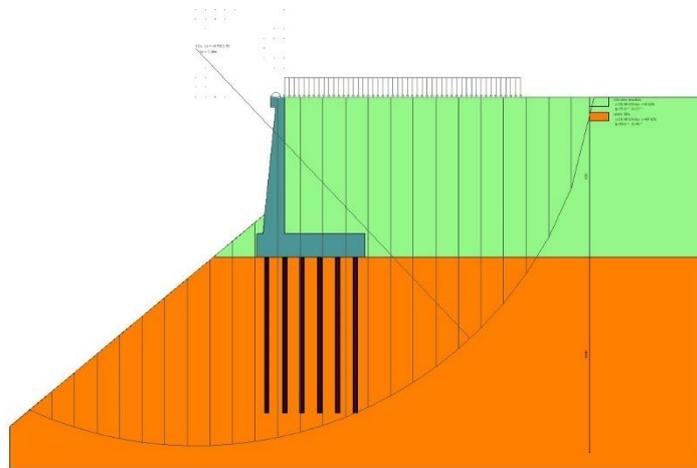


Fig. 22 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

##### Simbologia adottata

- 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)

#### Elementi calcolati a piastra

##### Simbologia adottata

- Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]
  - Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
  - Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)
- I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

### Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0.00	3.07	3.07	53.02	53.02	53.40	53.40
2	-0.10	4.50	4.50	54.05	54.05	58.66	58.66
3	-0.20	5.99	5.99	55.13	55.13	64.01	64.01
4	-0.30	7.51	7.51	56.25	56.25	69.46	69.46
5	-0.40	9.08	9.08	57.42	57.42	75.01	75.01
6	-0.50	10.69	10.69	58.63	58.63	80.66	80.66
7	-0.60	12.35	12.35	59.88	59.88	86.42	86.42
8	-0.70	14.05	14.05	61.18	61.18	92.29	92.29
9	-0.80	15.80	15.80	62.53	62.53	98.28	98.28
10	-0.90	17.58	17.58	63.92	63.92	104.39	104.39
11	-1.00	19.42	19.42	65.35	65.35	110.62	110.62
12	-1.10	21.29	21.29	66.83	66.83	116.98	116.98
13	-1.20	23.21	23.21	68.36	68.36	123.48	123.48
14	-1.30	25.18	25.18	69.93	69.93	130.11	130.11
15	-1.40	27.18	27.18	71.54	71.54	136.88	136.88
16	-1.50	29.23	29.23	73.20	73.20	143.80	143.80
17	-1.60	31.33	31.33	74.91	74.91	150.86	150.86
18	-1.70	33.47	33.47	76.66	76.66	158.08	158.08
19	-1.80	35.65	35.65	78.45	78.45	165.46	165.46
20	-1.90	37.88	37.88	80.29	80.29	172.99	172.99
21	-2.00	40.15	40.15	82.18	82.18	180.70	180.70
22	-2.10	42.46	42.46	84.10	84.10	188.57	188.57
23	-2.20	44.82	44.82	86.08	86.08	196.61	196.61
24	-2.30	47.22	47.22	88.10	88.10	204.83	204.83
25	-2.40	49.67	49.67	90.16	90.16	213.24	213.24
26	-2.50	52.16	52.16	92.27	92.27	221.83	221.83
27	-2.60	54.69	54.69	94.42	94.42	230.61	230.61
28	-2.70	57.27	57.27	96.62	96.62	239.58	239.58
29	-2.80	59.89	59.89	98.86	98.86	248.75	248.75
30	-2.90	62.55	62.55	101.15	101.15	258.12	258.12
31	-3.00	65.26	65.26	103.48	103.48	267.70	267.70
32	-3.10	68.02	68.02	105.86	105.86	277.49	277.49
33	-3.20	70.81	70.81	108.29	108.29	287.49	287.49
34	-3.30	73.65	73.65	110.75	110.75	297.71	297.71
35	-3.40	76.54	76.54	113.27	113.27	308.16	308.16
36	-3.50	79.46	79.46	115.82	115.82	318.83	318.83
37	-3.60	82.44	82.44	118.42	118.42	329.73	329.73
38	-3.70	85.45	85.45	121.07	121.07	340.86	340.86
39	-3.80	88.51	88.51	123.76	123.76	352.23	352.23
40	-3.90	91.61	91.61	126.50	126.50	363.85	363.85
41	-4.00	94.76	94.76	129.28	129.28	375.71	375.71
42	-4.10	97.95	97.95	132.11	132.11	387.82	387.82
43	-4.20	101.19	101.19	134.98	134.98	400.19	400.19
44	-4.30	104.47	104.47	137.90	137.90	412.82	412.82
45	-4.40	107.79	107.79	140.86	140.86	425.71	425.71
46	-4.50	111.15	111.15	143.86	143.86	438.87	438.87
47	-4.60	114.56	114.56	146.92	146.92	452.30	452.30
48	-4.70	118.02	118.02	150.01	150.01	466.00	466.00
49	-4.80	121.52	121.52	153.15	153.15	479.98	479.98
50	-4.90	125.06	125.06	156.34	156.34	494.25	494.25
51	-5.00	128.64	128.64	159.57	159.57	508.81	508.81
52	-5.10	132.27	132.27	162.84	162.84	523.65	523.65
53	-5.20	135.94	135.94	166.17	166.17	538.79	538.79
54	-5.30	139.66	139.66	169.53	169.53	554.23	554.23
55	-5.40	143.42	143.42	172.94	172.94	569.98	569.98
56	-5.50	147.23	147.23	176.40	176.40	586.03	586.03
57	-5.60	151.07	151.07	179.90	179.90	602.40	602.40
58	-5.70	154.97	154.97	183.44	183.44	619.08	619.08
59	-5.80	158.90	158.90	187.03	187.03	636.08	636.08
60	-5.90	162.88	162.88	190.66	190.66	653.41	653.41
61	-6.00	166.91	166.91	194.34	194.34	671.06	671.06
62	-6.10	170.97	170.97	198.07	198.07	689.05	689.05
63	-6.20	175.09	175.09	201.84	201.84	707.37	707.37
64	-6.30	179.24	179.24	205.65	205.65	726.03	726.03
65	-6.40	183.44	183.44	209.51	209.51	745.04	745.04
66	-6.50	187.68	187.68	213.41	213.41	764.40	764.40
67	-6.60	191.97	191.97	217.36	217.36	784.11	784.11
68	-6.70	196.30	196.30	221.36	221.36	804.17	804.17
69	-6.80	200.67	200.67	225.40	225.40	824.60	824.60
70	-6.90	205.09	205.09	229.48	229.48	845.39	845.39
71	-7.00	209.55	209.55	233.61	233.61	866.55	866.55

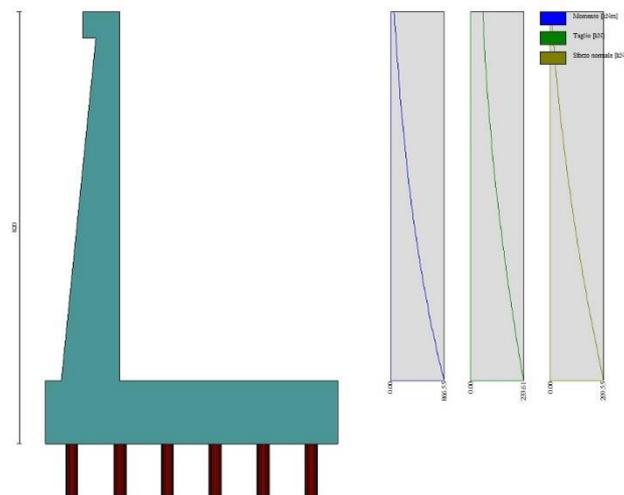


Fig. 23 - Paramento

Mensola valle

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.62	0.00	0.00	1.02	1.02	0.04	0.04
3	-0.53	0.00	0.00	2.04	2.04	0.17	0.17
4	-0.45	0.00	0.00	3.07	3.07	0.38	0.38



Fig. 24 - Mensola valle

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
1	-0.75	-2.51	-0.22	0.00	7.65	MAX
	-0.75	-2.51	-0.22	0.00	7.65	MIN
2	0.72	0.03	-0.15	0.49	7.65	MAX
	0.72	0.03	-0.15	0.49	7.65	MIN
3	0.23	0.13	0.05	0.44	6.83	MAX
	0.23	0.13	0.05	0.44	6.83	MIN
4	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04	MAX
	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04	MIN
5	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04	MAX
	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04	MIN

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
6	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04	MAX
	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04	MIN
7	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04	MAX
	-0.64	-2.13	0.32	0.00	7.04	MIN
8	-0.28	0.01	0.07	0.39	6.39	MAX
	-0.28	0.01	0.07	0.39	6.39	MIN
9	-0.54	-1.81	0.02	0.00	6.39	MAX
	-0.54	-1.81	0.02	0.00	6.39	MIN
10	-0.54	-1.81	0.02	0.00	6.39	MAX
	-0.54	-1.81	0.02	0.00	6.39	MIN
11	-210.38	-701.25	0.00	0.00	-267.60	MAX
	-210.38	-701.25	0.00	0.00	-267.60	MIN
12	-211.94	-706.48	67.45	0.00	-161.66	MAX
	-211.94	-706.48	67.45	0.00	-161.66	MIN
13	-211.94	-706.48	-67.45	0.00	-161.66	MAX
	-211.94	-706.48	-67.45	0.00	-161.66	MIN
14	7.61	-551.96	0.00	0.00	-176.39	MAX
	7.61	-551.96	0.00	0.00	-176.39	MIN
15	6.75	-569.25	16.88	10.57	-180.53	MAX
	6.75	-569.25	16.88	10.57	-180.53	MIN
16	6.75	-569.25	-16.88	-10.57	-180.53	MAX
	6.75	-569.25	-16.88	-10.57	-180.53	MIN
17	-45.99	-544.67	0.00	0.00	-196.41	MAX
	-45.99	-544.67	0.00	0.00	-196.41	MIN
18	18.79	-483.87	-7.61	113.65	-202.22	MAX
	18.79	-483.87	-7.61	113.65	-202.22	MIN
19	18.79	-483.87	7.61	-113.65	-202.22	MAX
	18.79	-483.87	7.61	-113.65	-202.22	MIN
20	2.15	-384.20	0.00	0.00	-209.58	MAX
	2.15	-384.20	0.00	0.00	-209.58	MIN
21	-13.68	-412.80	-6.15	-17.70	-224.75	MAX
	-13.68	-412.80	-6.15	-17.70	-224.75	MIN
22	-13.68	-412.80	6.15	17.70	-224.75	MAX
	-13.68	-412.80	6.15	17.70	-224.75	MIN
23	-33.30	-336.02	0.00	0.00	-193.13	MAX
	-33.30	-336.02	0.00	0.00	-193.13	MIN
24	11.61	-302.40	-5.98	85.04	-224.49	MAX
	11.61	-302.40	-5.98	85.04	-224.49	MIN
25	11.61	-302.40	5.98	-85.04	-224.49	MAX
	11.61	-302.40	5.98	-85.04	-224.49	MIN
26	1.93	-200.92	0.00	0.00	-195.28	MAX
	1.93	-200.92	0.00	0.00	-195.28	MIN
27	-9.55	-222.09	-5.44	-12.52	-205.53	MAX
	-9.55	-222.09	-5.44	-12.52	-205.53	MIN
28	-9.55	-222.09	5.44	12.52	-205.53	MAX
	-9.55	-222.09	5.44	12.52	-205.53	MIN
29	-20.30	-149.52	0.00	0.00	-153.17	MAX
	-20.30	-149.52	0.00	0.00	-153.17	MIN
30	7.24	-129.86	-4.69	52.84	-178.22	MAX
	7.24	-129.86	-4.69	52.84	-178.22	MIN
31	7.24	-129.86	4.69	-52.84	-178.22	MAX
	7.24	-129.86	4.69	-52.84	-178.22	MIN
32	1.66	-56.80	0.00	0.00	-130.86	MAX
	1.66	-56.80	0.00	0.00	-130.86	MIN
33	-5.20	-69.84	-3.33	-7.21	-130.96	MAX
	-5.20	-69.84	-3.33	-7.21	-130.96	MIN
34	-5.20	-69.84	3.33	7.21	-130.96	MAX
	-5.20	-69.84	3.33	7.21	-130.96	MIN
35	-7.02	-25.98	0.00	0.00	-61.76	MAX
	-7.02	-25.98	0.00	0.00	-61.76	MIN
36	3.63	-18.62	-1.91	20.61	-73.61	MAX
	3.63	-18.62	-1.91	20.61	-73.61	MIN
37	3.63	-18.62	1.91	-20.61	-73.61	MAX
	3.63	-18.62	1.91	-20.61	-73.61	MIN
38	1.19	2.24	0.00	0.00	-52.29	MAX
	1.19	2.24	0.00	0.00	-52.29	MIN
39	-3.08	-4.02	-1.00	-5.83	-35.18	MAX
	-3.08	-4.02	-1.00	-5.83	-35.18	MIN
40	-3.08	-4.02	1.00	5.83	-35.18	MAX
	-3.08	-4.02	1.00	5.83	-35.18	MIN

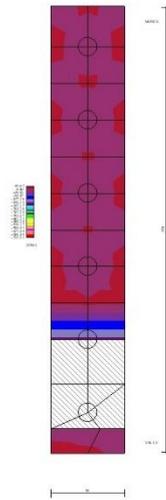


Fig. 25 - Piastra fondazione - Momento Mx (Combinazione n° 1)

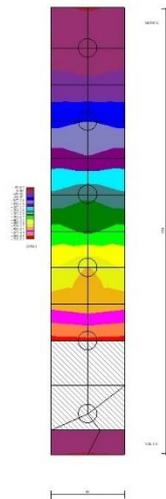


Fig. 26 - Piastra fondazione - Momento My (Combinazione n° 1)

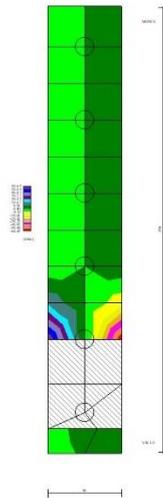


Fig. 27 - Piastra fondazione - Momento Mxy (Combinazione n° 1)

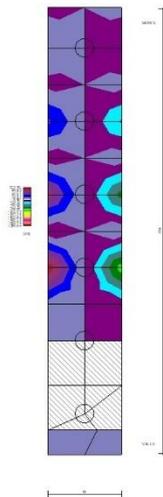


Fig. 28 - Piastra fondazione - Taglio Tx (Combinazione n° 1)

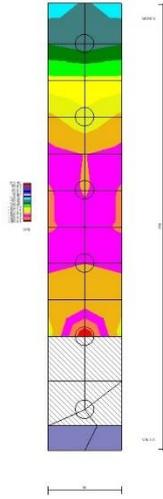


Fig. 29 - Piastra fondazione - Taglio Ty (Combinazione n° 1)