

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. GALLERIE

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampileri (e)

GALLERIA TAORMINA

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

SCALA:

-

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

RS2S 02 D 07 RB GA0600 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
B	Consegna al CSLP	A. Duzi Nelli	Gen 2018	M. Riccio	Gen 2018	P. Carlesimo	Gen 2018	A. Sciotto Gen 2018

n. Elab.:1536

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI	5
4.2	DOCUMENTI CORRELATI.....	5
4.3	DOCUMENTI SUPERATI	5
5	ALLEGATI.....	6
6	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO.....	6
7	DESCRIZIONE DELL’OPERA.....	7
7.1	IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO	7
7.2	INTERFERENZE LUNGO IL TRACCIATO	7
8	FASE CONOSCITIVA.....	8
8.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
8.2	INDAGINI GEOTECNICHE.....	8
8.3	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	8
	8.3.1 <i>Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi</i>	8
	8.3.2 <i>Il regime idraulico</i>	9
8.4	CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA	10
9	SOLUZIONI PROGETTUALI.....	12
10	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	15
11	CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE	17
11.1	OPERE DI SOSTEGNO	17
	11.1.1 <i>Azioni</i>	17

11.1.2	Approcci progettuali e metodi di verifica	17
11.2	GALLERIE ARTIFICIALI	19
11.2.1	Azioni	19
11.2.2	Approcci progettuali e metodi di verifica	20
11.3	OPERE DI SOSTEGNO MURI D'ALA DEFINITIVI	23
11.3.1	Approcci progettuali e metodi di verifica	23
12	VERIFICA DELLE OPERE DELL'IMBOCCO TAORMINA LATO MESSINA	32
12.1	OPERE DI SOSTEGNO	32
12.1.1	Sezione 1 – pk 16+030.00	33
12.1.2	Sezione 2 – pk 16+030.00	48
12.2	VERIFICA DI STABILITÀ DEGLI SCAVI	63
12.3	GALLERIA ARTIFICIALE – SEZIONE DI MASSIMO RITOMBAMENTO – PK. 16+019.00	65
12.3.1	Risultati delle verifiche SLU/SLV	75
12.3.2	Risultati delle verifiche SLE	80
12.4	OPERE DI SOSTEGNO MURI D'ALA DEFINITIVI	81
12.4.1	Sezione – H = 3.0 m	81
13	MONITORAGGIO	103



RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)

GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 07 RB	GA 06 00 001	B	4 di 103

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda la progettazione definitiva degli imbocchi delle gallerie naturali incluse nel raddoppio della tratta ferroviaria Giampilieri – Fiumefreddo sull’itinerario Messina – Catania, che ha una lunghezza complessiva di circa 42 km.

L’area di studio si colloca nella porzione sud-est della regione Sicilia, in corrispondenza del tracciato del collegamento ferroviario tra Messina e Catania, la tratta Giampilieri – Fiumefreddo si sviluppa per circa 42,18 km sulla linea Messina - Catania. Il tracciato di progetto interessa, pertanto, il territorio delle province di Messina (ME) e Catania (CT).

Il tracciato progettuale impegna, quindi, settori di territorio posti a quote comprese tra 12 m s.l.m. e 415 m s.l.m. circa mentre le quote progettuali variano da 17 m s.l.m. a 68 m s.l.m..

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione delle opere di imbocco della galleria Taormina. Per l’inquadramento generale delle opere in sotterraneo si rimanda al documento “Relazione tecnica delle opere in sotterraneo” (Rif. [1])

In questo documento vengono descritte e verificate le opere di imbocco e vengono definite le modalità di realizzazione delle stesse. Nello specifico vengono illustrate le soluzioni progettuali adottate, le verifiche di dimensionamento geotecnico e strutturale delle opere di sostegno, le verifiche di stabilità dell’insieme operaterreno e le verifiche strutturali delle gallerie artificiali.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO</p> <p>Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)</p>												
<p>GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS2S</td> <td>02</td> <td>D 07 RB</td> <td>GA 06 00 001</td> <td>B</td> <td>5 di 103</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS2S	02	D 07 RB	GA 06 00 001	B	5 di 103
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS2S	02	D 07 RB	GA 06 00 001	B	5 di 103								

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Per i riferimenti normativi si rimanda a quanto indicato al paragrafo 3 della relazione tecnica delle opere in sotterraneo (Rif. [1]).

4 **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

4.1 **Documenti Referenziati**

Sono stati utilizzati come input per il presente documento i seguenti elaborati:

- Rif. [1] U.O. Gallerie, documento RS2S02D07RHGN000001B “Relazione tecnica delle opere in sotterraneo” datato Gennaio 2018;
- Rif. [2] U.O. Gallerie, doc. RS2S02D07RBGN0200001B “Galleria Taormina - Relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale” datato Gennaio 2018;
- Rif. [3] U.O. Gallerie, doc. RS2S02D07F5GN0200001B “Galleria Taormina - Profilo geotecnico” datato Gennaio 2018;
- Rif. [4] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, Elaborati Specialistici.

4.2 **Documenti Correlati**

I documenti correlati, la cui lettura è consigliata per allargare la conoscenza dell’ambito del quale il presente documento si inquadra, sono:

- Rif. [5] SLOPE/W (versione 8.12.4.11377) - Manuale d’uso;
- Rif. [6] PARATIE PLUS 2016 (versione 16.0.0) – Manuale d’uso;
- Rif. [7] M. Bustamante, B. Doix (1985). Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés. Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussées, Paris, n. 140, nov-dèc 1985 – Ref. 3047, 75-92.
- Rif. [8] C. Viggiani (1999). Fondazioni, Hevelius Edizioni.
- Rif. [9] A.W. Bishop (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. Geotechnique, 5, 7-17.
- Rif. [10] N. Janbu (1954). Stability analysis of slopes with dimensionless parameters. Harvard Soil Mechanics Series.
- Rif. [11] 46, 811 pp.N.R. Morgenstern & V.E. Price (1965). The analysis of the stability of generalised slip surfaces. Geotechnique, 15, 79-93.

4.3 **Documenti Superati**

Non sono presenti documenti superati.

	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B	FOGLIO 6 di 103

5 ALLEGATI

Il documento è corredato dai seguenti allegati:

- All. [1] [Risultati delle analisi di verifica delle paratie di imbocco Taormina lato Messina];
- All. [2] [Risultati delle analisi di verifica delle Gallerie Artificiali Taormina lato Messina];
- All. [3] [Risultati delle analisi di verifica dei muri d'ala dell'imbocco Taormina lato Messina];

6 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

I contenuti della presente relazione sono utilmente completati e arricchiti dai seguenti elaborati di progetto:

- Rif. [12] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07L9GA0600001B “Galleria Taormina – Imbocco lato Messina – Fase provvisoria - Planimetria e profilo longitudinale” datato Gennaio 2018;
- Rif. [13] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07W9GA0600001B “Galleria Taormina – Imbocco lato Messina – Fase provvisoria – Sezioni caratteristiche” datato Gennaio 2018;
- Rif. [14] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07LZGA0600001B “Galleria Taormina – Imbocco lato Messina – Fase provvisoria - Sviluppata delle opere di imbocco e particolari costruttivi” datato Gennaio 2018;
- Rif. [15] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07L9GA0600002B “Galleria Taormina – Imbocco lato Messina – Sistemazione definitiva - Planimetria e profilo longitudinale” datato Gennaio 2018;
- Rif. [16] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07W9GA0600002B “Galleria Taormina – Imbocco lato Messina – Sistemazione definitiva – Sezioni caratteristiche” datato Gennaio 2018;
- Rif. [17] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07BBGA0600001B “Galleria Taormina – Imbocco lato Messina – Dima e concio d’attacco – Scavo e consolidamenti” datato Gennaio 2018;
- Rif. [18] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07BBGA0600002B “Galleria Taormina – Imbocco lato Messina – Galleria artificiale policentrica – Carpenteria” datato Gennaio 2018;
- Rif. [19] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07BBGA0600003B “Galleria Taormina – Imbocco lato Messina – Portale di imbocco – Carpenteria” datato Gennaio 2018.

7 DESCRIZIONE DELL'OPERA

7.1 Il tracciato e le opere in sotterraneo

La galleria Taormina, di lunghezza complessiva pari a circa 2134 m, sarà realizzata con metodo di scavo tradizionale, ed è costituita da un tratto a singola canna, doppio binario, di circa 258 m separato dal successivo tratto a doppia canna, singolo binario, di lunghezza di circa 1600 m, mediante un camerone di transizione di 249 m.

Di seguito sono elencate le progressive di riferimento dell'opera (binario pari):

- da pk 13+900,0 a pk 14+157,5 (L=257,5 m) galleria naturale;
- da pk 14+157,5 a pk 14+406,5 (L=249,1 m) camerone;
- da pk 14+406,5 a pk 16+014,0 (L=1607,5 m) galleria naturale;
- da pk 16+014,0 a pk 16+034,0 (L=20,0 m) galleria artificiale.

La tratta presenta coperture elevate con valori massimi fino a 185 m ed un andamento altimetrico in salita prima al 2‰ e poi al 8,5‰.

7.2 Interferenze lungo il tracciato

Non si registrano interferenze nella zona di imbocco lato Messina della galleria Taormina.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

8 FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo del mezzo interessato dall'opera. Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica con specifico riferimento al volume significativo interessato dalle opere di imbocchi della galleria naturale Sciglio.

8.1 Inquadramento geologico

Per una dettagliata descrizione del modello geologico del sito si rimanda al documento “Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica” (Rif. [4]) e alla relazione geotecnica e di calcolo della galleria Taormina (Rif. [3]).

8.2 Indagini geotecniche

Per una dettagliata descrizione delle indagini geotecniche eseguite sul sito si rimanda al documento “Relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale” (Rif. [2]).

8.3 Caratterizzazione e modellazione geotecnica

I risultati delle indagini geotecniche, in sito e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico, rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni/rocce interessati dalle opere di imbocco. Il modello geotecnico complessivo dell'opera in sotterraneo è rappresentato nell'elaborato “Galleria Taormina – Profilo Geotecnico” (Rif. [3]).

8.3.1 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi

I parametri geotecnici caratteristici utilizzati nelle analisi di simulazione e verifiche, in riferimento alla stratigrafia assunta, sono riportati nella tabelle seguenti:

Tabella 1 Valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi per l'imbocco

Strato	γ (kN/m ³)	c_k (KPa)	ϕ_k (°)	E (MPa)	c_u (KPa)
CODb/CODd	25	150	47	340	-

Per il materiale di ritombamento si assumono i seguenti parametri:

γ (kN/m ³)	c_k (KPa)	ϕ_k (°)	E (MPa)
20	0	35	40

8.3.2 *Il regime idraulico*

Per informazioni sulla posizione della quota di falda si rimanda all’elaborato “Gallerie Taormina – Profilo Geotecnico” (Rif. [4]).

	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

8.4 Caratteristiche del sito e definizione dell'azione sismica

Le opere in progetto per l'imbocco lato Messina di galleria Taormina ricadono in un sito con le seguenti coordinate geografiche: Latitudine 37.88204, Longitudine 15.29610.

Alle strutture di sostegno, trattandosi di opere provvisionali, si attribuisce una vita nominale V_N di 35 anni e una classe d'uso II a cui corrisponde il coefficiente C_u pari a 1.0 (§ 2.4.2, DM 14/01/2008). Di conseguenza, il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica, V_R , si assume pari a $V_R = V_N \cdot C_u = 35$ anni (DM 14/01/2008).

Per la galleria artificiale si definisce una vita nominale V_N pari a 75 anni e una classe d'uso III a cui corrisponde il coefficiente C_u pari a 1.5 (§ 2.4.2, DM 14/01/2008). Di conseguenza il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica risulta pari a $V_R = V_N \cdot C_u = 112.5$ anni.

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica, P_{VR} , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo V_R dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno T_R del sisma di progetto. Sulla base delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno del sisma di progetto, T_R , sopra definito, si ricavano i parametri che caratterizzano il sisma di progetto relativo al sito di riferimento, rigido ed orizzontale (Tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14/01/2008):

- a_g : accelerazione orizzontale massima
- F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per le opere provvisionali di imbocco il periodo di ritorno si determina con l'espressione:

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

Per tenere conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (DM 14/01/2008):

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

dove:

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici F_0 e a_g/g (Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008);

S_T è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

La categoria di sottosuolo è stata valutata sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica, in particolare sulla base della velocità delle onde di taglio ponderata sui primi 30 metri di profondità. Sulla base degli andamenti delle suddette grandezze con la profondità, con riferimento al documento “Relazione geotecnica e di calcolo” (Rif. [3]) cui si rimanda per maggiori approfondimenti, si individua come categoria di sottosuolo la classe sismica “C”.

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell’azione sismica per le opere d’imbocco sono riassunti nella seguente tabella:

	Imbocco Taormina lato Messina	
	Strutture di sostegno	Galleria artificiale
Coord. geografiche	Lat: 37.88204 Long: 15.29610	
T_R	332 anni	1068 anni
a_g/g	0.192	0.309
F_0	2.446	2.492
Categoria sottosuolo	B	
S_S	1.200	1.093
Categoria topografica	T2	
S_T	1.200	1.200
a_{max}/g	0.2765	0.4053

Tabella 2 – Parametri per la definizione dell’azione sismica di progetto – imbocco Taormina lato Messina



RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)

GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 07 RB	GA 06 00 001	B	12 di 103

9 SOLUZIONI PROGETTUALI

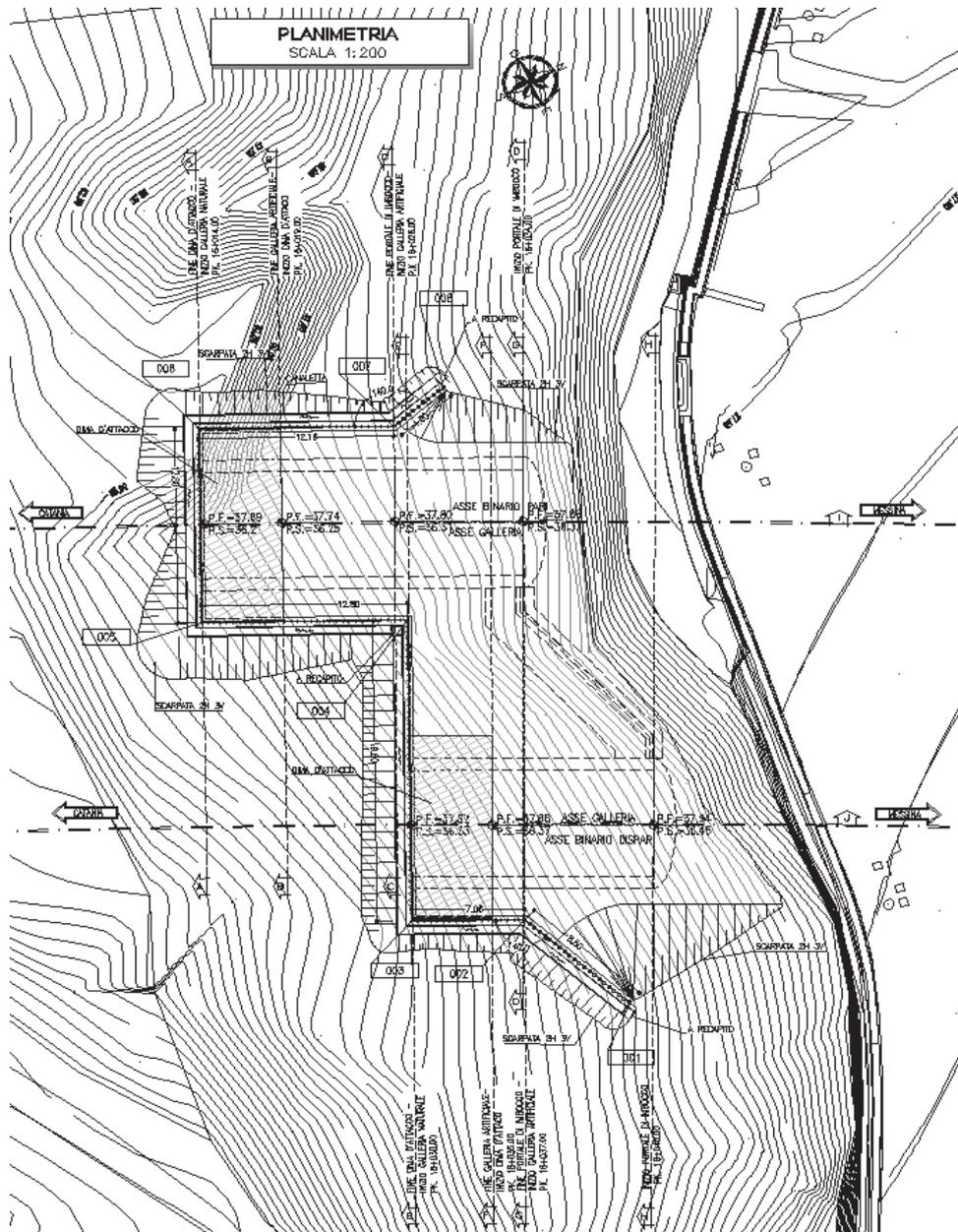
Le trincee di approccio alle pareti di attacco dello scavo in naturale sono realizzate mediante scavi sostenuti da paratie di micropali che si sviluppano per circa 77.12 m; i micropali sono realizzati con un diametro di perforazione $\Phi = 220$ mm e armati con tubo in acciaio $\Phi = 139.7$ mm con spessore $s=8$ mm, posti ad interasse $i = 0.40$ m, collegati in testa da una trave di coronamento in c.a..

Le paratie sono ancorate con più ordini di tiranti (a 3 e 4 trefoli) fino ad un massimo di 4 ordini in corrispondenza della paratia frontale dove si raggiunge la massima altezza di scavo per l'opera di sostegno, pari a circa 14.63 m. Per quanto riguarda le caratteristiche geometriche dei tiranti ed il loro posizionamento, si rimanda allo specifico elaborato (Rif. [14]). L'azione di contrasto dei tiranti è distribuita sui micropali attraverso travi di ripartizione costituite da due profili accoppiati HEB 180 in acciaio. Le paratie sono protette mediante uno strato di spritz-beton fibrorinforzato di spessore pari a 10 cm.

Un adeguato sistema con canalette a tergo dell'opera consente il controllo e la regimazione delle acque di superficie a presidio del cantiere.

Sulle paratie sono inoltre previsti drenaggi costituiti da tubi microfessurati in PVC di lunghezza pari a 3 m, disposti a quinconce su un numero di allineamenti orizzontali variabile tra 2 e 5 in funzione della sezione considerata, con interasse orizzontale massimo di 3.2 m e verticale massimo 3.0 m (dipende dal passo verticale dei tiranti), al fine di evitare locali accumuli d'acqua a tergo dell'opera di sostegno per eventuali falde sospese e infiltrazioni superficiali.

Durante la realizzazione della paratia di micropali per evitare crisi di stabilità sarà necessario procedere realizzando prima tutti i micropali delle paratie, poi gli scavi degli imbocchi e relativi tiranti di ancoraggio parietale, le due dime, poi si procederà solo su uno dei due imbocchi, quello di monte perché più arretrato, e su questo si costruirà la galleria artificiale a contrasto con le paratie laterali, quindi si avanzerà con gli scavi in sotterraneo nella sola canna di valle, quella più parietale, tagliando i tiranti interferenti, fino a superare l'interferenza e solo allora si potranno iniziare gli scavi in sotterraneo della canna di monte.



Preliminarmente all'attacco del tratto in naturale, a contrasto delle paratie frontali, è prevista l'esecuzione di una dima in cls, di lunghezza pari a 5 m, armata all'intradosso con centine metalliche 2IPN200/1.00 m.

A completamento dell'imbotto, è prevista la realizzazione di un tratto in galleria artificiale di lunghezza pari a 7.00 m binario pari e 2.00 m binario dispari, e di un portale ad arco rovescio negli due imbocchi pari e dispari che si raccordano con le scarpate di scavo.

I muri all'imbotto prevedono un paramento verticale, di spessore variabile da circa 0.30m a 0.60m, una fondazione diretta di lunghezza 3.0 m, per un'altezza di circa 3.0 m.

Tali muri presentano un'elevazione di spessore variabile da circa 0.30m a 0.60m, una fondazione diretta con spessore di 0.70m, lunghezza fondazione di 3.0 m. I muri hanno altezza pari a circa 3.0 m.

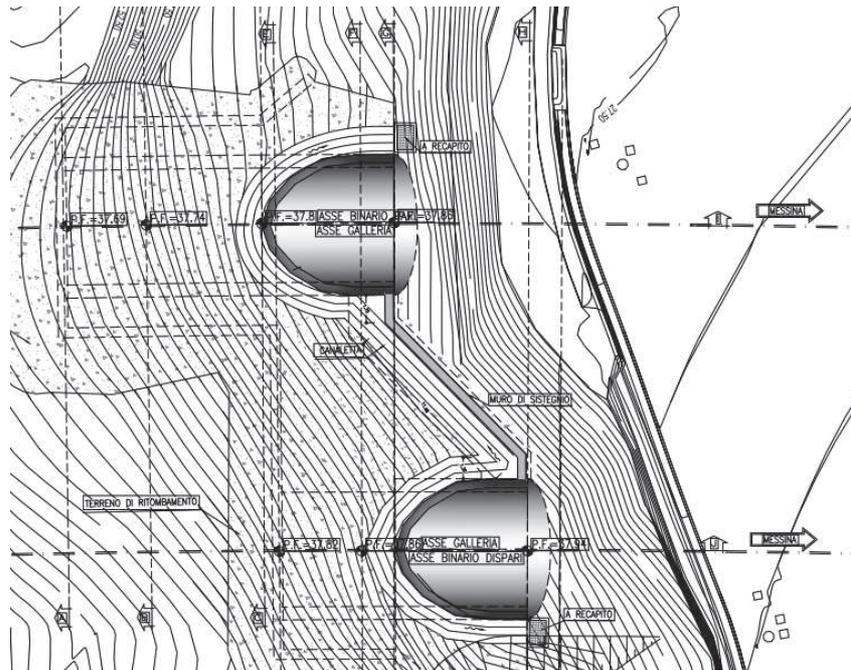


Figura 1 – Stralcio planimetrico con individuazione dei muri d'ala definitivi

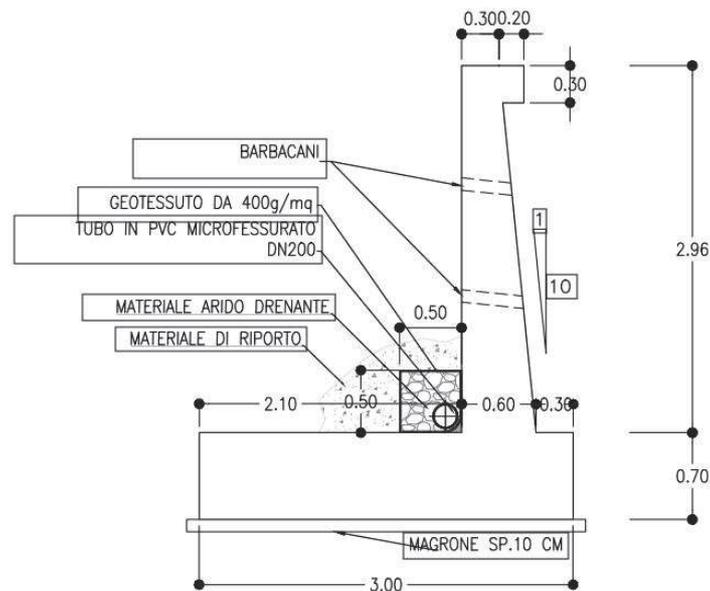


Figura 2 – Sezione trasversale del muro d'ala

10 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 14/01/2008 e del "Manuale di progettazione delle opere civili" RFI DTC SI MA IFS 001 A.

Nelle verifiche di resistenza dei calcestruzzi, a favore di sicurezza, viene sempre considerato un calcestruzzo di classe di resistenza C25/30.

Per la completa e puntuale definizione delle caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione dell'opera si rimanda all'elaborato specifico ("Caratteristiche dei materiali – Note generali" **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Strutture di sostegno provvisionali

Calcestruzzo	
Classe di resistenza	C 25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.16 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 31475 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio	$0.55f_{ck} = 13.75 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara) $0.40f_{ck} = 10.00 \text{ MPa}$ combinazione quasi permanente

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	B 450 C
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1.15 = 391.3 \text{ MPa}$
Tensione massima in condizioni di esercizio	$\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara)

Acciaio per profilati	
Tipo	S 275 JR
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	cfr. 4.2.4 a 4.2.9 del D.M. 14/01/08

Acciaio armonico per tiranti	
Tipo	Trefoli da 0,6''
Tensione di rottura caratteristica	$f_{ptk} \geq 1860$ MPa
Tensione elastica all'1% di deformazione	$f_{p(1)k} \geq 1670$ MPa

Galleria artificiale

Calcestruzzo armato	
Classe di resistenza	C 25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck}/1.5 = 14.16$ MPa
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 31475$ MPa
Tensione massima di compressione in esercizio	$0.55f_{ck} = 13.75$ MPa combinazione caratteristica (rara) $0.40f_{ck} = 10.00$ MPa combinazione quasi permanente

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	B 450 C
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} = 450$ MPa
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = 391.3$ MPa
Tensione massima in condizioni di esercizio	$\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5$ MPa combinazione caratteristica (rara)

	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B	FOGLIO 17 di 103

11 CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare n.617/09 (Rif. [2]).

11.1 Opere di sostegno

11.1.1 Azioni

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno dell'imbocco sono le seguenti:

- **azioni permanenti strutturali:** peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell'opera.
- **azioni variabili:** carico variabile sul piano campagna a monte della struttura di sostegno, Q_{IM} , atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere.
- **azione sismica:** l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 0.

In corrispondenza di un evento sismico è necessario tener conto dell'amplificazione/deamplificazione delle spinte del terreno a monte e a valle dell'opera. Si trascurano gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la struttura di sostegno (DM 14/01/2008).

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 0.2

11.1.2 Approcci progettuali e metodi di verifica

Le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- collasso del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi,
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

Come prescritto dal DM 14/01/2008 per le strutture di sostegno flessibili, è stato adottato l'Approccio Progettuale 1 con le due combinazioni di coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 14/01/2008):

- combinazione 1: A1 + M1 + R1
- combinazione 2: A2 + M2 + R1.

Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 (A2+M2+R1). Per le verifiche di stati limite ultimi STR l'analisi è stata condotta la combinazione 1 (A1+M1+R1), applicando i coefficienti parziali A1 ($\gamma = 1.3$) all'effetto delle azioni. A tale scopo, nelle analisi, i valori caratteristici dei carichi variabili sfavorevoli sono stati amplificati di un coefficiente pari a $1.5/1.3 = 1.15$.

Il corretto dimensionamento nei confronti degli SLU assicura che gli spostamenti dell'opera siano compatibili con le esigenze di funzionalità della stessa; pertanto, trattandosi di opere provvisorie, in assenza di fabbricati o altre opere da salvaguardare a ridosso delle stesse, non si ritengono necessarie ulteriori valutazioni di verifica nei confronti degli SLE.

Per le verifiche di stabilità globale è stato applicato l'Approccio 1- Combinazione 2 (A2+M2+R2 – tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14/01/2008).

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), con riferimento alla configurazione finale dell'opera di sostegno. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità. Si è adottato il metodo pseudostatico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale secondo le prescrizioni della normativa (DM 14/01/2008):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right)$$

dove:

- a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- α è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008),
- β è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008).

L'effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera.

$$\Delta S_E = \left[\frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H,$$

	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

dove: γ rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce, H rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso), K_{aE} e K_a rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

Per la valutazione della spinta passiva si assume $\alpha=1$ (§7.11.6.3 del DM 14/01/2008). Il coefficiente sismico verticale, k_v , si assume pari a 0 (§7.11.6.3 del DM 14/01/2008).

I coefficienti di spinta attiva sono stati determinati attraverso la relazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). I coefficienti di spinta passiva sono stati determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007). L'angolo di attrito terreno/struttura, δ , è stato assunto pari a 2/3 della resistenza al taglio del terreno naturale.

Le verifiche sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo PARATIE (versione 16.0.0).

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il codice di calcolo SLOPE/W (versione 8.12.4.11377).

11.2 Gallerie artificiali

11.2.1 Azioni

Per le gallerie artificiali si individuano le seguenti azioni:

- **azioni permanenti strutturali:** peso proprio della struttura (P.P), spinte del terreno sui fianchi della galleria (SPsx e SPdx), carico verticale P.cop (rappresentato dal terreno di ricoprimento);
- **azioni variabili:** carico variabile Q_1 pari a 20 kN/m² (legato ai mezzi di cantiere), spinte sui fianchi della galleria (SQ₁sx e SQ₁dx) generate dal carico Q_1 .
- **azione sismica:** l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 0. I carichi considerati sono: incremento di spinta del terreno sui fianchi della galleria ($\pm \Delta Sh$), variazione del peso del terreno di ritombamento ($\pm \Delta Sv$), effetti inerziali della struttura della galleria nelle direzioni orizzontale e verticale (Ih e Iv).

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche:

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione caratteristica (SLE): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 1
- combinazione frequente (SLE): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 0.8
- combinazione quasi permanente (SLE): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 0
- combinazione sismica (SLV, SLD): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 0.2.

11.2.2 Approcci progettuali e metodi di verifica

Le verifiche delle gallerie artificiali sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite:

- stati limite ultimi (SLU):
 - instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
 - raggiungimento della resistenza strutturale
- stati limite di esercizio in condizioni statiche (SLE):
 - controllo dello stato tensionale e fessurativo degli elementi strutturali.

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e allo stato limite di danno (SLD). Per tali verifiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità.

Nei prospetti che seguono sono riportate le combinazioni statiche (SLU e SLE) e sismiche (SLV) ritenute più gravose e adottate nelle analisi numeriche della galleria artificiale.

SLU							
Carico	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7
<i>P.P.</i>	1.3	1.3	1.0	1.3	1.0	1.3	1.0
<i>P.cop</i>	1.3	1.3	1.0	1.3	1.0	1.3	1.0
<i>SP.sx</i>	1.3	1.0	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0
<i>SP.dx</i>	1.3	1.0	1.3	1.0	1.0	1.3	1.3
Q_1	1.5	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0
$SQ_1.sx$	1.5	0.0	1.5	1.5	1.5	0.0	0.0
$SQ_1.dx$	1.5	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5	1.5

SLE-C	
Carico	SLE-C
<i>P.P.</i>	1.0
<i>P.cop</i>	1.0
<i>SP.sx</i>	1.0
<i>SP.dx</i>	1.0
Q_1	1.0
$SQ_1.sx$	1.0
$SQ_1.dx$	1.0

SLE-F

Carico	SLE-F-1	SLE-F-2	SLE-F-3
<i>P.P.</i>	1.0	1.0	1.0
<i>P.cop</i>	1.0	1.0	1.0
<i>SP.sx</i>	1.0	1.0	1.0
<i>SP.dx</i>	1.0	1.0	1.0
<i>V</i>	0.8	0.0	0.0
<i>SV.sx</i>	0.0	0.8	0.0
<i>SV.dx</i>	0.0	0.0	0.8

SLE-QP

Carico	SLE-QP
<i>P.P.</i>	1.0
<i>P.cop</i>	1.0
<i>SP.sx</i>	1.0
<i>SP.dx</i>	1.0
<i>Q₁</i>	0.0
<i>SQ₁.sx</i>	0.0
<i>SQ₁.dx</i>	0.0

SLV

Carico	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6	SLV7	SLV8	SLV9	SLV10	SLV11	SLV12	SLV13	SLV14	SLV15	SLV16
<i>P.P.</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>P.cop</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>SP.sx</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>SP.dx</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>Q₁</i>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>SQ₁.sx</i>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>SQ₁.dx</i>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>ΔS.h</i>	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3
<i>ΔS.v</i>	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0
<i>l.h</i>	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-0.3	0.3	-0.3	0.3
<i>l.v</i>	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0	0.3	0.3	-0.3	-0.3	1.0	1.0	-1.0	-1.0

Per la verifica agli stati limite in condizioni sismiche (SLV e SLD) si è adottato il metodo pseudostatico, calcolando i coefficienti sismici orizzontale e verticale in analogia con quanto indicato dalla normativa (DM 14/1/2008) per i muri di sostegno:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)$$

$$k_v = \pm \frac{1}{2} \cdot k_h$$

dove:

- a_{\max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

- β_m è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima assunto pari a 1.

Per il calcolo delle sollecitazioni si è adottato il metodo delle reazioni iperstatiche attraverso una modellazione numerica ad elementi finiti monodimensionali. Si è utilizzato il codice di calcolo SAP2000 (versione 19). Si considera una sezione di galleria di lunghezza unitaria definendo per la struttura un modello costituito da conci monodimensionali (elementi beam). Gli spessori delle diverse aste sono variabili secondo l'elemento strutturale considerato (calotta, piedritto, arco rovescio). L'interazione tra il terreno e la struttura è simulata attraverso elementi elastici radiali: la rigidezza di tali supporti è calcolata secondo le seguenti formulazioni:

$$k = \frac{E'}{R_{eq} \cdot (1+\nu)} \cdot i \quad (\text{per i tratti curvilinei dell'arco di calotta})$$

$$k = \frac{E'}{B \cdot (1-\nu^2)} \cdot i \quad (\text{per tratti rettilinei dell'arco di calotta})$$

$$k = \frac{E'}{B \cdot (1-\nu^2) \cdot c_t} \cdot i \quad (\text{per l'arco rovescio})$$

dove:

- R_{eq} è il raggio di curvatura equivalente dell'anello;
- B è la lunghezza del tratto rettilineo di carpenteria;
- i è l'interasse tra le bielle;
- ν ed E' il coefficiente di Poisson ed il modulo elastico del mezzo al contorno rispettivamente;
- c_t = coefficiente di forma della fondazione ottenuto attraverso le relazioni proposte da Bowles (1960) (L = lato maggiore della fondazione):

$$c_t = 0.853 + 0.534 \cdot \ln(L/B) \quad \text{fondazione rettangolare con } (L / B) \leq 10;$$

$$c_t = 2 + 0.0089 \cdot (L/B) \quad \text{fondazione rettangolare con } (L / B) > 10.$$

Il modulo elastico da assegnare all'elemento è calcolabile attraverso la seguente relazione: $E = K \cdot i$.

	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO					
	Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS2S	02	D 07 RB	GA 06 00 001	B	23 di 103

11.3 Opere di sostegno muri d'ala definitivi

Le azioni considerate per la verifica dei muri di sostegno dell'imbocco sono le seguenti:

- **azioni permanenti strutturali:** peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell'opera.
- **azioni variabili:** carico variabile sul piano campagna a monte della struttura di sostegno, Q_{1M} , atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere.
- **azione dell'acqua:** le elaborazioni numeriche sono state condotte in assenza di spinte idrostatiche, ipotizzando un corretto funzionamento dell'intervento di drenaggio previsto
- **azione sismica:** l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel relativo paragrafo.

In corrispondenza di un evento sismico è necessario tener conto dell'amplificazione/deamplificazione delle spinte del terreno a monte e a valle dell'opera.

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi in condizioni statiche e in condizioni sismiche e stati limite di esercizio.

11.3.1 Approcci progettuali e metodi di verifica

Per i muri di sostegno devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite:

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

accertando che, per ogni stato limite considerato, sia soddisfatta la condizione: $E_d \leq R_d$

con:

E_d valore di progetto dell'azione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

R_d valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'approccio 1:

- Combinazione 2 (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I e 6.2.II del D.M. 14/01/2008 per le azioni e i parametri geotecnici, e nella tabella 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo almeno uno dei seguenti approcci:

approccio 1:

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

approccio 2: (A1+M1+R3)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del D.M. 14/01/2008.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_f	1,0	1,0

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

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), usando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 2.6.I del D.M. 14/01/2008 ed adoperando coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che sia soddisfatta la disequaglianza: $M_s \geq M_r$

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

Con riferimento all'Approccio 2: (A1 + M1 + R3), per il coefficiente γ_R decurtativo dei parametri di resistenza globale del terreno si assume il valore di 1.0.

	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

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

Verifica a scorrimento

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

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.

Con riferimento all'Approccio 2: (A1 + M1 + R3), per il coefficiente γ_R decurtativo della resistenza globale del terreno si assume il valore di 1.1.

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

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

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

Verifica al carico limite

La verifica è soddisfatta se risulta verificata la disuguaglianza: $Q_u \geq P$, dove:

Q_u è il carico limite, P la risultante verticale dei carichi in fondazione.

La verifica viene effettuata con riferimento all'Approccio 2 (A1+M1+R3), utilizzando per il coefficiente γ_R decurtativo della resistenza globale del terreno il valore di 1.4.

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di HANSEN.

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

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

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

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

Caso generale

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

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

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

in cui d_c, d_q, d_γ , sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_γ , sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_γ , sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_γ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

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

$$N_c = (N_q - 1) \tan \phi$$

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

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

Fattori di forma

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

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

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

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

Fattori di profondità

Si definisce il parametro k come

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

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

I vari coefficienti si esprimono come

per $\phi=0$ $d_c = 0.4k$

per $\phi>0$ $d_c = 1 + 0.4k$

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

$$d_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

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

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

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

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

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

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

$$\text{per } \eta > 0 \quad i_{\gamma} = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^{\circ}/450^{\circ})H}{V + A_{\text{r}}c_{\text{a}}\text{ctg}\phi} \right)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

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

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

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

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

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con β la pendenza del pendio i fattori g si ottengono dalle espressioni seguenti:

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

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

$$g_{\text{q}} = g_{\gamma} = (1 - 0.05\text{tg}\beta)^5$$

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

$$H < V\text{tg}\delta + A_{\text{r}}c_{\text{a}}$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_{\text{q}}, i_{\gamma} > 0$$

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale dell'insieme muro-terreno va effettuata con riferimento all'Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), utilizzando per il coefficiente γ_R decurtativo della resistenza globale del terreno il valore di 1.1, valido per i materiali sciolti ed i fronti di scavo.

In condizioni sismiche, i coefficienti parziali amplificativi delle azioni sono posti pari a 1.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo grado di sovrarresistenza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

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

Nel metodo di Bishop viene calcolato:

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

dove il termine m è espresso da

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

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} , c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

La formulazione di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

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

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente: detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

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

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

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

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità:

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

Terreno a permeabilità elevata:

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

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

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

dove il coefficiente A vale

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

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

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

Tale incremento di spinta è applicato allo stesso punto di applicazione della spinta statica, in quanto la forma del diagramma di incremento sismico viene assunta uguale a quella del diagramma statico.

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

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

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

12 VERIFICA DELLE OPERE DELL'IMBOCCO TAORMINA LATO MESSINA

12.1 Opere di sostegno

Sono state verificate le seguenti sezioni sulla paratia frontale:

- sez. 1: paratia frontale: sezione alla pk 16.030.00 (secondo pk. del binario dispari)
- sez. 2: paratia frontale: sezione alla pk 16.030.00 (secondo pk. del binario dispari)

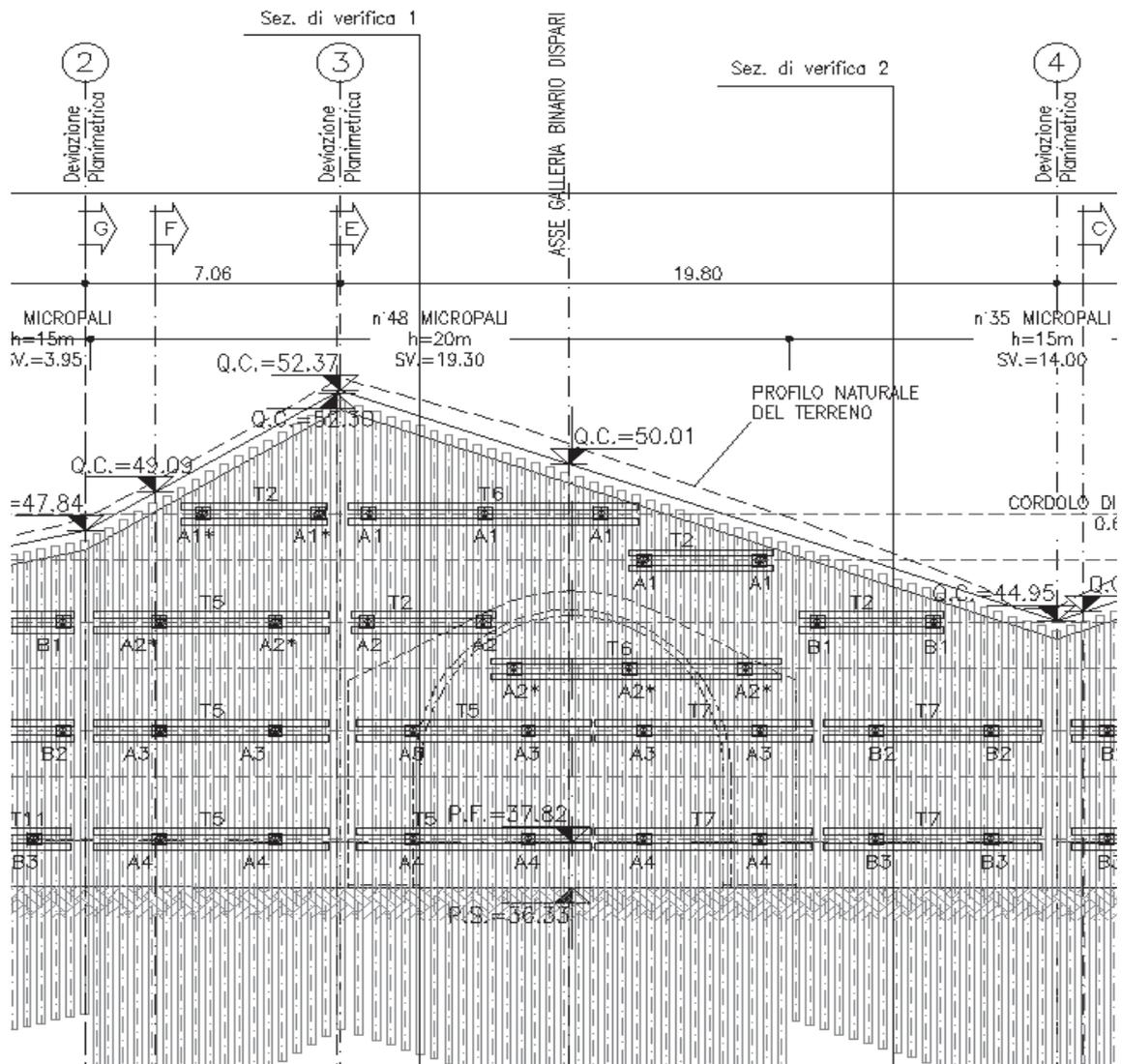


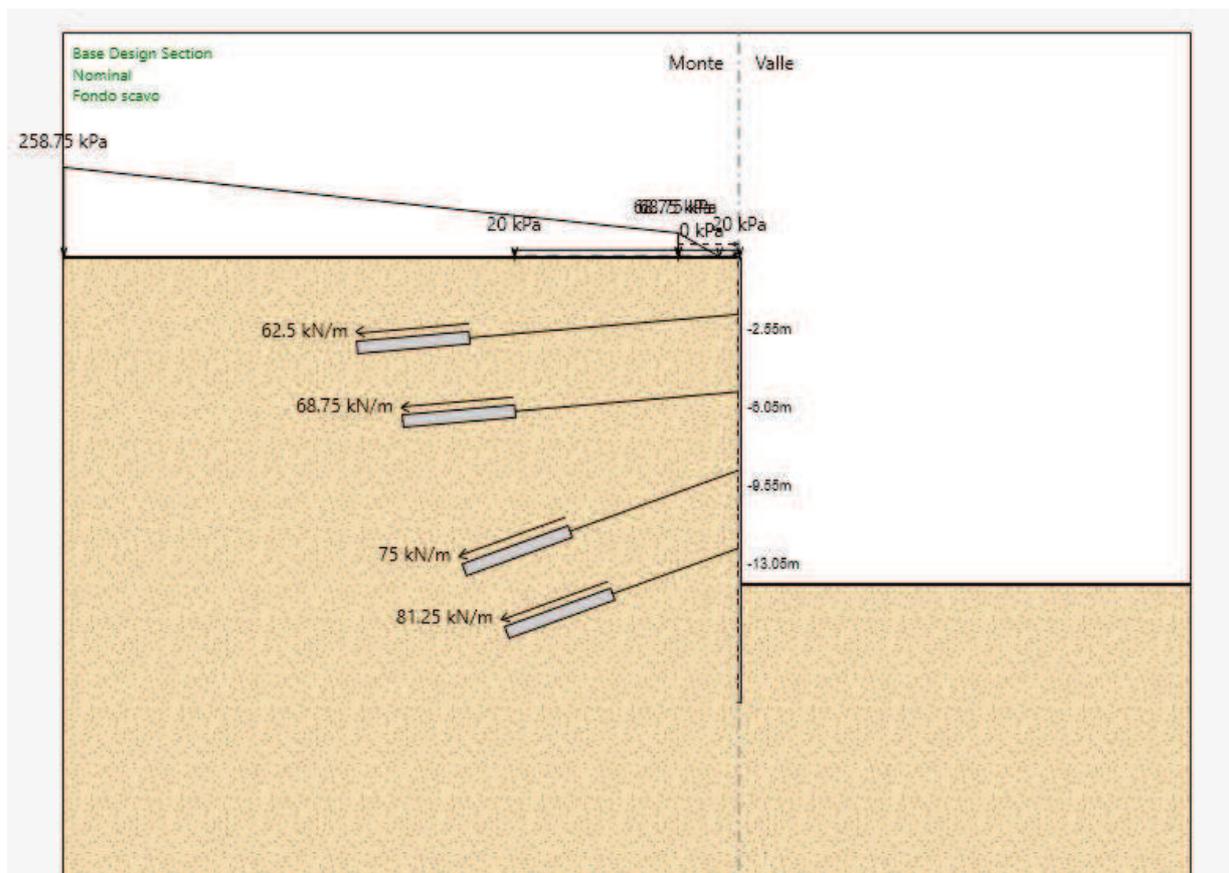
Figura 3 - Sezioni di calcolo

12.1.1 Sezione 1 – pk 16+030.00

Quale sezione di verifica è stata presa a riferimento quella posta alla pk km pk 16+030.00 nel imbocco binario pari (in corrispondenza della paratia frontale) caratterizzata dalla massima altezza di scavo e quattro ordini di tiranti.

Sono di seguito riportate le principali caratteristiche dell'opera di sostegno e del modello geotecnico utilizzati per le analisi di verifica.

La **Figura 4** mostra un confronto tra la sezione reale e quella simulata; si può osservare ad esempio come l'inclinazione del pendio a monte dell'opera sia stata modellata mediante l'applicazione di un carico fittizio equivalente, su un piano campagna simulato orizzontale.



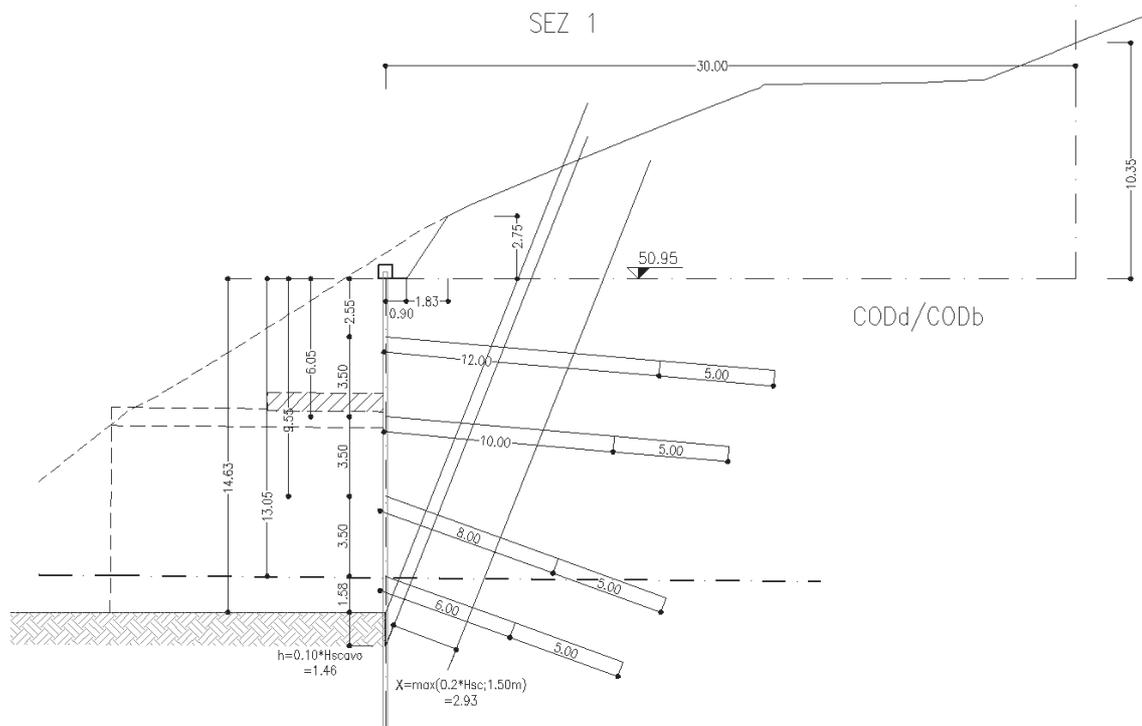


Figura 4 - Confronto tra la sezione modellata (sopra) e quella reale (sotto)

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.

Tipologia struttura di sostegno	Paratia di micropali di medio diametro $\phi = 220$ mm con tubo $\phi = 139.7$ mm spessore $s=8$ mm, posti ad interasse $i = 0.40$ m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 20.00$ m
Altezza libera paratia	$H = 14.63$ m
Ordini di tiranti (n°)	4
Passo orizzontale tiranti	3.20 m
Passo verticale dei tiranti	3.50 m
Inclinazione del piano campagna a monte	Prescavo 2H:3V, terreno naturale circa 21°
Inclinazione del piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	Carico fittizio variabile equivalente alla pendenza del piano campagna

Sovraccarichi permanenti a valle	-
Sovraccarichi variabili a monte	$Q_{1,k} = 20 \text{ kPa}$, estensione 10.00 m
Sovraccarichi variabili a valle	-

Tabella 3 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo

I parametri geotecnici adottati nelle analisi variano a seconda della combinazione di riferimento adottata in considerazione della specifica verifica prevista dal D.M. 14/01/2008 così come riportato nel prospetto che segue.

Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	γ	c_d	φ'_d	δ	E'	E'_{ur}	k_o	K_{ah}	K_{ph}
			(kN/m^3)	(kPa)	($^\circ$)	($^\circ$)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
CODd/CODb	M1	SLU	25	150	47	31.33	340	510	0.800	0.127	18.266
		SLV				0			0.800	-	-
	M2	SLU		120	40.6	27.08			0.800	0.173	10.086
		SLV				0			0.800	-	-

γ = peso dell'unità di volume
 c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)
 φ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)
 δ = angolo d'attrito struttura/terreno
 E' = modulo di Young
 E'_{ur} = modulo di Young (scarico/ricarico)
 k_o = coefficiente di spinta a riposo
 K_a = coefficiente di spinta attiva
 K_p = coefficiente di resistenza passiva

Tabella 4 – Parametri geotecnici di calcolo.

Con riferimento alla valutazione del coefficiente sismico orizzontale k_h , i valori di α e β sono stati assunti rispettivamente pari a 0.960 e 0.391 avendo considerato un sottosuolo di tipo B e uno spostamento massimo ammissibile μ_s pari a $0.005 \times 20 = 0.10 \text{ m}$ (cfr. § 7.11.6.3.2 del D.M. 14/01/2008).

Si sottolinea che i coefficienti di spinta sono stati determinati considerando orizzontale il piano campagna a monte dell'opera.

Sezione di calcolo	H (m)	Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	Categoria sottosuolo	α	u_s	β	K_h	K_{ahE}	K_{phE}
					(-)	(-)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)
1	20	CODb	M1	SLV	B	0.960	0.1	0.391	0.1039	0.170	-
						1			0.1082	-	6.126
			M2	SLV		0.960	0.1	0.391	0.1039	0.225	-
						1			0.1082	-	4.462

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008)
 u_s = spostamento ammissibile
 β = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008)
 k_h = coefficiente sismico
 K_h = coefficiente di spinta sismico orizzontale
 K_{ahE} = coefficiente di spinta attiva orizzontale
 K_{phE} = coefficiente di resistenza passiva orizzontale

Tabella 5 – Parametri per l'analisi sismica.

Si riportano, infine, le fasi di calcolo in cui è articolata l'analisi numerica:

- STAGE 1. Inizializzazione dello stato tensionale geostatico;
- STAGE 2. simulazione della paratia di micropali e applicazione del carico variabile Q_1 (rappresentativo dei mezzi di cantiere);
- STAGE 3. Scavo di ribasso fino a quota -3.55 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 4. Realizzazione del primo ordine di tiranti a quota -2.55 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 5. Scavo di ribasso fino a quota -7.05 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 6. Realizzazione del secondo ordine di tiranti a quota -6.05 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 7. Scavo di ribasso fino a quota -10.55 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 8. Realizzazione del terzo ordine di tiranti a quota -9.55 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 9. Scavo di ribasso fino a quota -14.05 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 10. Realizzazione del quarto ordine di tiranti a quota -13.05 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 11. Scavo di ribasso fino a quota -14.63 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 12. Applicazione dell'azione sismica come definita in Tabella 5.

12.1.1.1 Risultati delle analisi

I risultati delle analisi sono di seguito descritti in sintesi ed illustrati in maggior dettaglio nell'allegato pertinente (All. [1]).

1) Verifiche SLU GEO

- Verifica del complesso opera-terreno

La verifica è finalizzata a garantire il corretto dimensionamento dell'opera con particolare riferimento alla profondità di infissione della paratia, sia in condizioni statiche (SLU) che sismiche (SLV). A tale scopo, nei prospetti che seguono, sono riportati gli output relativi alle fasi finali dell'analisi statica (stage 11) e sismica (stage 12) in termini di deformata dell'opera e percentuale di spinta.

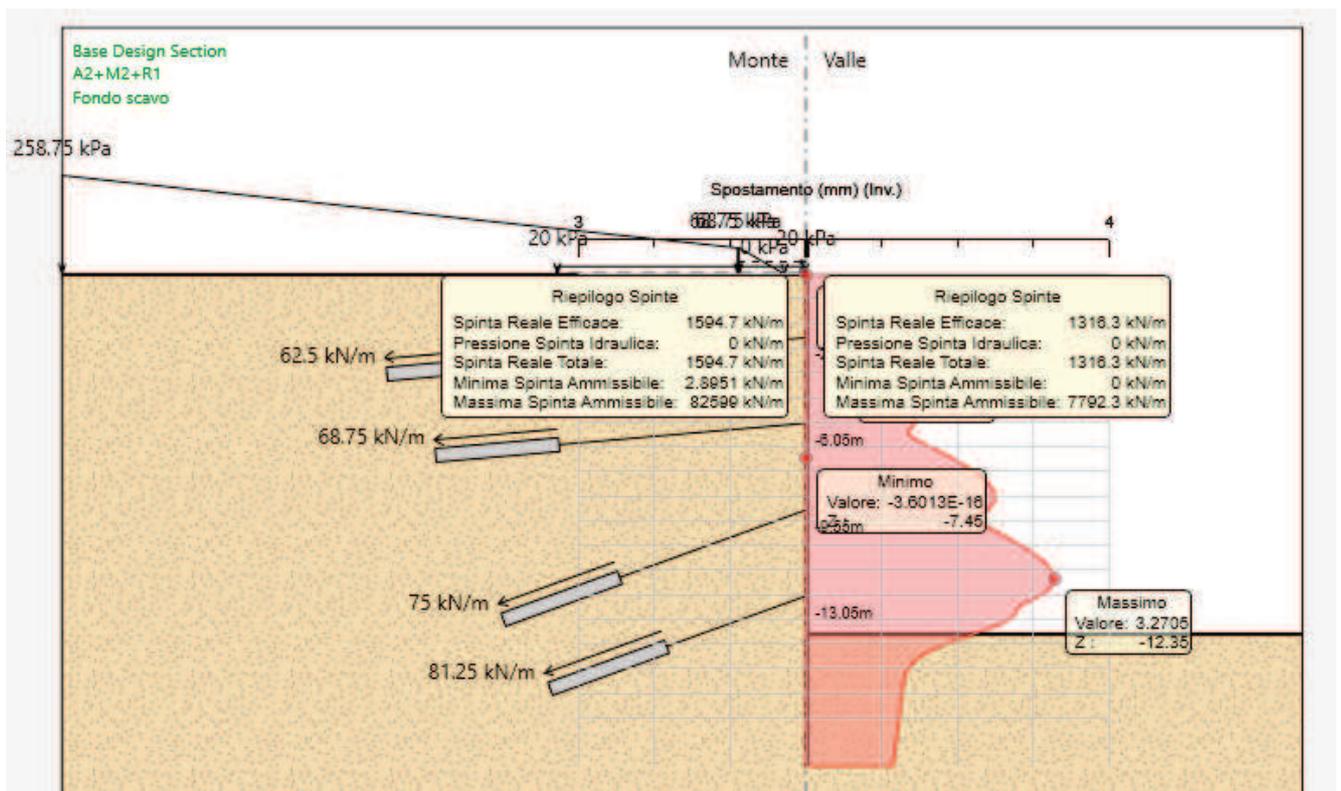


Figura 5 - Risultati dell'analisi SLU-GEO: diagramma degli spostamenti

La percentuale di spinta risulta pari a 16.89%.

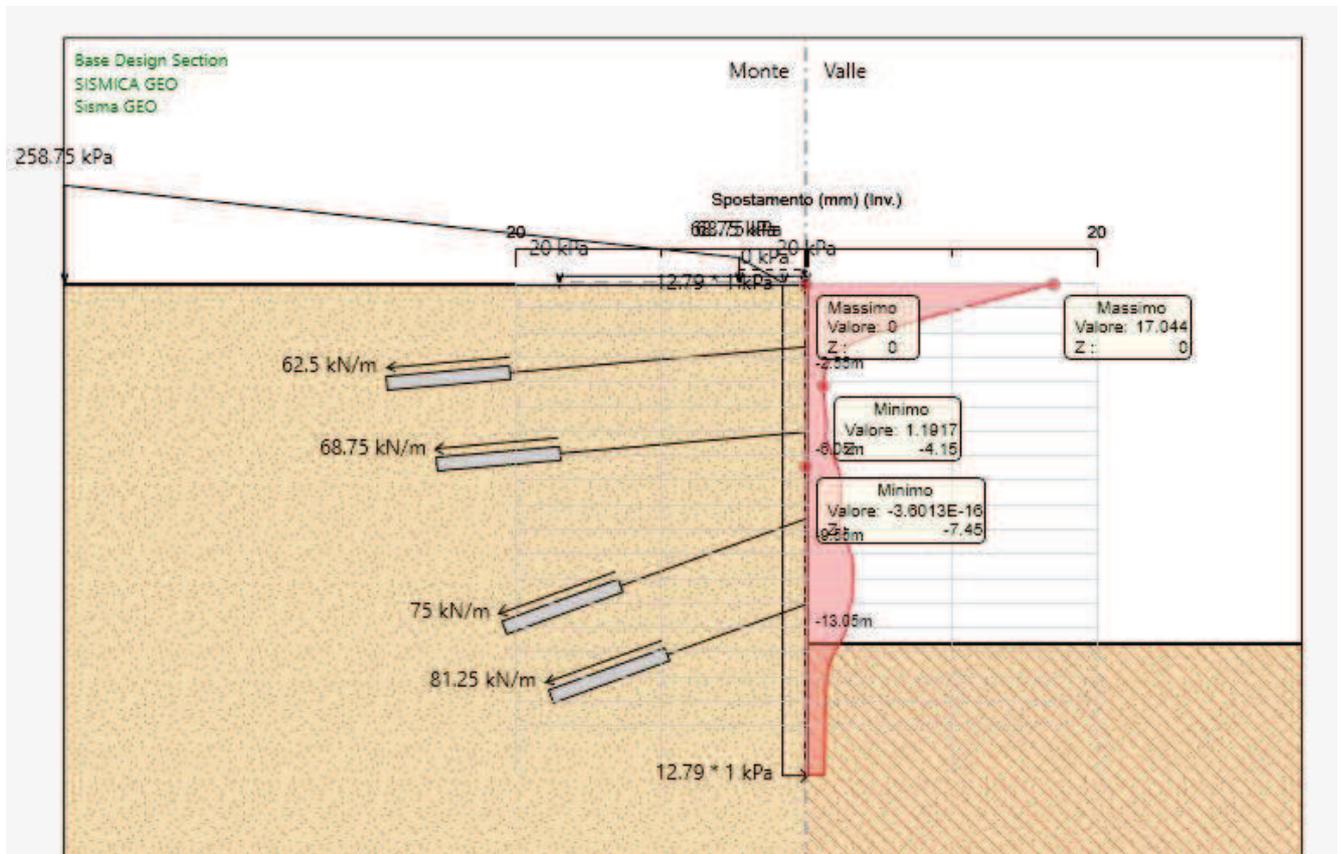


Figura 6 - Risultati dell'analisi SLV-GEO: diagramma degli spostamenti

– Verifica tiranti

Nel prospetto che segue, per ciascun ordine di tiranti, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali e gli sforzi di calcolo massimi tra le combinazioni statica e sismica.

Si sottolinea che la lunghezza libera del tirante, riportata in **Tabella 6**, è da intendersi comprensiva dell'incremento valutato in condizioni sismiche secondo la formulazione proposta dal D.M. 14/01/2008 nel § 7.11.6.4 in funzione della massima accelerazione sismica di progetto.

Ordine	Dp	ntr	Atr	Lp	La	i	α	Pretensione	Condz.	tmax	NS _d
[-]	[mm]	[-]	[mm ²]	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN]	[-]	[kN/m]	[kN]
1	160	3	139	12	5	3.2	5	200	SLU	81.30	260.16
2		3		10	5	3.2	5	220		89.43	286.19
3		3		8	5	3.2	20	240		97.69	312.62
4		3		6	5	3.2	20	260		106.10	339.51
1	160	3	139	12	5	3.2	5	200	SLV	63.58	203.46
2		3		10	5	3.2	5	220		69.07	221.02
3		3		8	5	3.2	20	240		75.43	241.39
4		3		6	5	3.2	20	260		81.92	262.14

Dp = diametro di perforazione della fondazione del tirante;

ntr = numero di trefoli per tirante;

Atr = area del singolo trefolo;

Lp = lunghezza libera del tirante

La = lunghezza della fondazione del tirante

i = interasse longitudinale dei tiranti

α = inclinazione sull'orizzontale del tirante

Tabella 6 - Caratteristiche geometriche dei tiranti e risultati di maggiore rilievo ottenuti dalle analisi

Verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti

Per la verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza caratteristica a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio – terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix '85 (Rif. [7]) e Viggiani '99 (Rif. [8]). Nello specifico per la resistenza a sfilamento dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno, τ_{ak} , viene assunto, per i tiranti ricadenti nel litotipo "CODd/CODb" un valore caratteristico pari a 350 kPa da piano campagna a 90 m s.l.m.

La resistenza a sfilamento di progetto è determinata attraverso la seguente relazione:

$$N_{R,ad} = \frac{N_{R,ak}}{\gamma_{Ra,p}} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot \alpha \cdot \tau_{ak} \cdot L_a}{\gamma_{Ra,p} \cdot \xi}$$

dove:

$N_{R,ad}$ è la resistenza a sfilamento di progetto dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;

D_p è il diametro di perforazione della fondazione del tirante;

α è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico, nel caso in esame assunto pari a 1.2 (Viggiani, '99) in funzione del tipo di iniezione ripetuta selettiva (IRS) e del litotipo di fondazione.

τ_{ak} è la tensione resistente a sfilamento caratteristica dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;

L_a è la lunghezza della fondazione del tirante;

$\gamma_{Ra,p}$ è il coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (R3); a favore di sicurezza si considera il valore del coefficiente parziale relativo agli ancoraggi permanenti;

ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,ad} \geq N_{S,d}$$

dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell'azione sollecitante sui tiranti.

Nella tabella che segue è riassunto il calcolo per la determinazione di $N_{R,ad}$ per le verifiche dei quattro ordini di tiranti e l'esito della verifica.

D_p	α	τ_{ak}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ak}$	$N_{R,ad}$	$N_{S,d}$	Verifica
[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	kN	[kN]	[-]
160	1.2	350	5	1.2	1.75	603.19	502.65	260.16	NR,ad > NS,d → OK
160	1.2	350	5	1.2	1.75	603.19	502.65	286.19	NR,ad > NS,d → OK
160	1.2	350	5	1.2	1.75	603.19	502.65	312.62	NR,ad > NS,d → OK
160	1.2	350	5	1.2	1.75	603.19	502.65	339.51	NR,ad > NS,d → OK

Tabella 7 - Verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti

Verifica strutturale dei tiranti

La resistenza a trazione di calcolo dei tiranti è valutata secondo la seguente relazione:

$$N_{R,pd} = \frac{f_{p(1)k} \cdot A_{tr} \cdot n_{tr}}{\gamma_S}$$

dove:

$f_{p(1)k}$ è la resistenza elastica dell'acciaio armonico alla deformazione dell'1%;

A_{tr} è l'area del singolo trefolo;

n_{tr} è il numero di trefoli per tirante;

γ_s è il coefficiente parziale dell'acciaio.

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,pd} \geq N_{S,d}$$

Nella tabella che segue è riassunto il calcolo per la determinazione di $N_{R,pd}$ per le verifiche dei quattro ordini di tiranti e l'esito della verifica.

$f_{p(1)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pk}$	$N_{R,pd}$	$N_{S,d}$	Verifica
[MPa]	[mm ²]	[-]	[-]	kN	kN	[kN]	[-]
1670	139	3	1.15	696.39	605.56	260.16	$N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$
1670	139	3	1.15	696.39	605.56	286.19	$N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$
1670	139	3	1.15	696.39	605.56	312.62	$N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$
1670	139	3	1.15	696.39	605.56	339.51	$N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$

Tabella 8 - Verifiche Strutturali dell'armatura dei tiranti

Infine, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, è necessario verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza caratteristica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. Dal confronto tra i risultati riportati in **Tabella 7** e in **Tabella 8**, emerge che tale verifica è ampiamente soddisfatta essendo $N_{R,pk} > N_{R,dk}$.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

– Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno (A2+M2+R2)

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geoslope 2007).

In considerazione del contesto geotecnico sostanzialmente omogeneo vengono analizzate superfici di scorrimento circolari secondo la formulazione di Bishop. Considerato lo scopo dell'analisi le superfici di scorrimento indagate sono definite in modo tale da non intersecare l'opera di sostegno, limitando opportunamente l'estensione del cerchio critico a tergo della paratia.

A monte della paratia è previsto anche il carico da traffico, Q1M, atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere; nelle analisi è stato applicato sul piano campagna un carico pari a 4kN/m² in SLV e 20 kN/m² in SLU, per un'estensione lineare di 10 m.

I risultati sono espressi in termini di rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e quella mobilitata lungo le superfici di scorrimento analizzate.

Nella tabella che segue sono riportati i gradi di sovra resistenza (R/E_d) rispetto alle azioni sollecitanti di progetto E_d (= E γ_E) ottenuti per ciascuna combinazione delle azioni. Al fine di cogliere l'effetto derivante dalla riduzione dei parametri geotecnici di resistenza, secondo i coefficienti del gruppo M2, nel prospetto che segue sono riportati anche i risultati dell'analisi condotta con i valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

Combinazione	Formulazione
	Bishop
“Caratteristica”	4.464
“SLU – A2+M2”	3.574
“SLV – A2+M2”	3.186

Tabella 9 - Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità globale

Eseguendo il calcolo mediante il D.M. 14/01/2008, Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), il coefficiente parziale γ_R vale 1.10; quindi considerando la resistenza di progetto $R_d = \frac{R}{\gamma_R}$ (cfr. § 6.2.3.1), risulta sempre verificata la disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

per cui la verifica di stabilità globale può considerarsi soddisfatta.

Nella figura di seguito riportata è rappresentata la superficie critica di scorrimento a cui corrisponde il minor grado di sovraresistenza ($R/E_d = 3.186$).

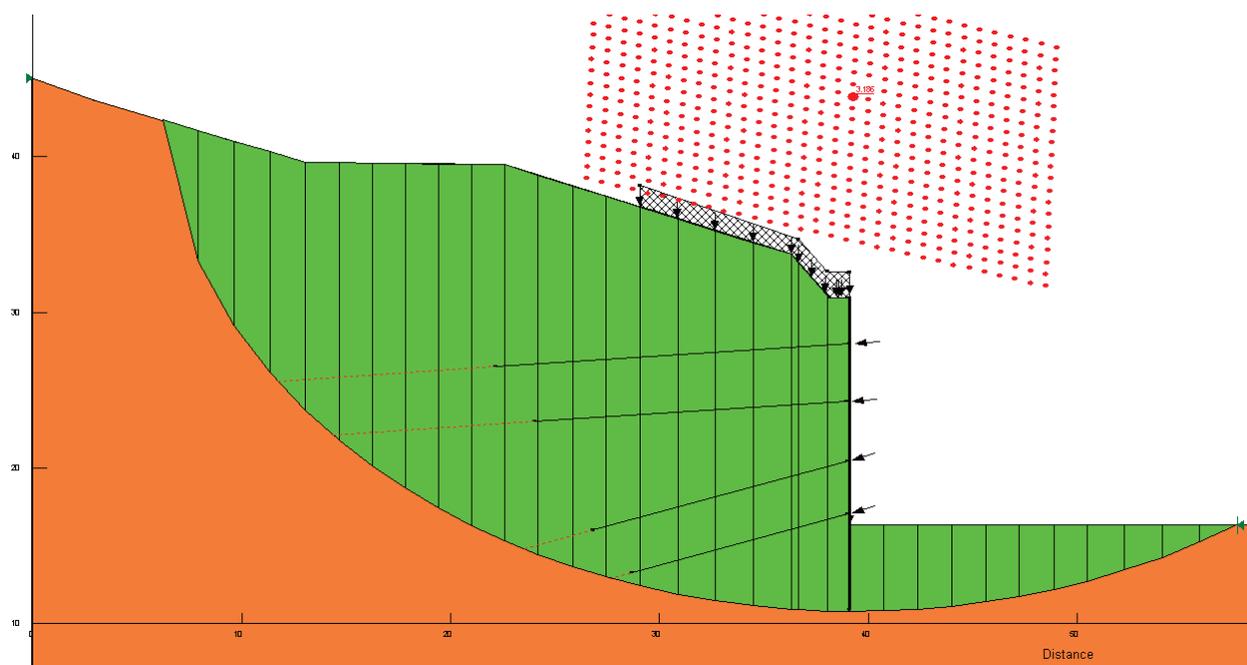


Figura 7 - Modello di calcolo e superficie di scorrimento critica

2) Verifiche SLU STR

Con il modello di calcolo definito geometricamente sulla base del dimensionamento geotecnico di cui sopra, vengono eseguite le verifiche strutturali di tutti gli elementi costituenti l'opera di sostegno (paratia, travi di ripartizione ecc.).

- Verifica dell'elemento strutturale costituente la struttura di sostegno

Nei prospetti che seguono, per le combinazioni STR statica e sismica, si riportano gli involucri degli andamenti delle caratteristiche della sollecitazione sulla paratia di micropali ed i valori numerici relativi alle sezioni di sollecitazioni massime, scelte come rappresentative per le verifiche strutturali.

<i>Condizione</i>	<i>Fase di calcolo</i>	<i>Soll. Max.</i>	<i>Quota</i>	M_{Sd}	T_{Sd}
<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>[m]</i>	<i>[kNm/m]</i>	<i>[kN/m]</i>
SLU	Stage 10	Momento	-9.55	19.13	48.28
	Stage 11	Taglio	-13.05	15.55	49.69
SLV	Stage 12	Momento	-2.55	35.21	34.64
	Stage 12	Taglio	-13.05	12.61	39.18

Tabella 10 - Sollecitazioni allo SLU e SLV nella combinazione A1+M1+R1

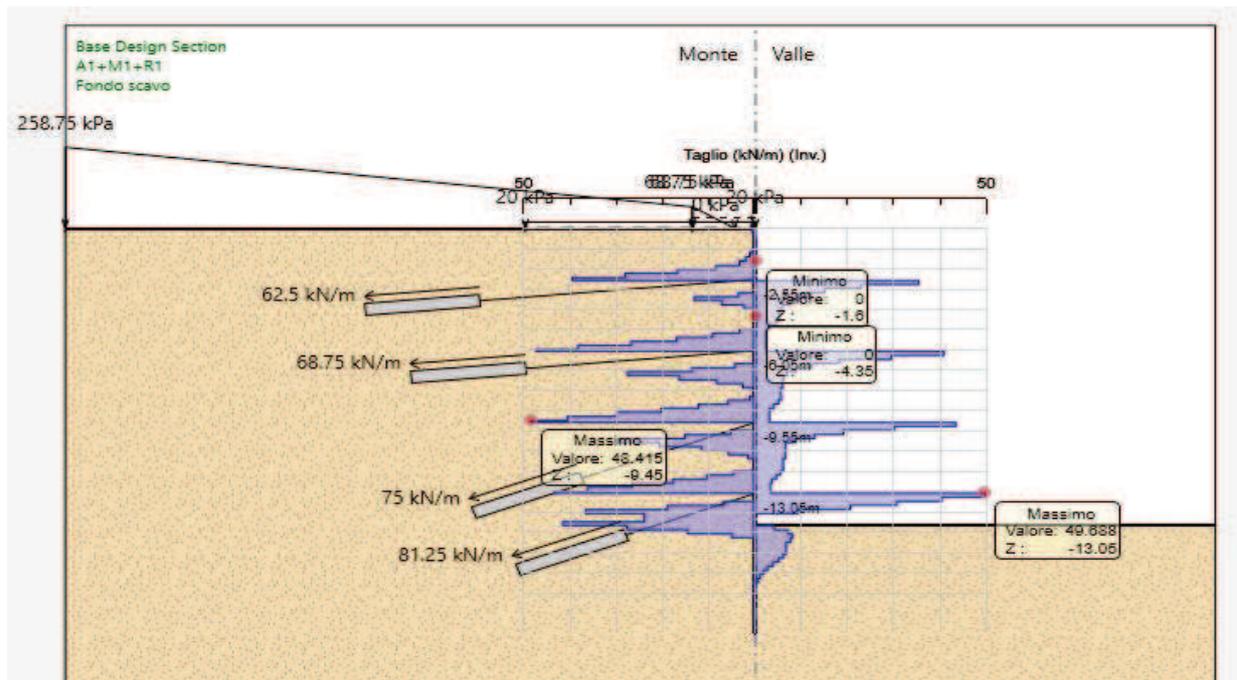
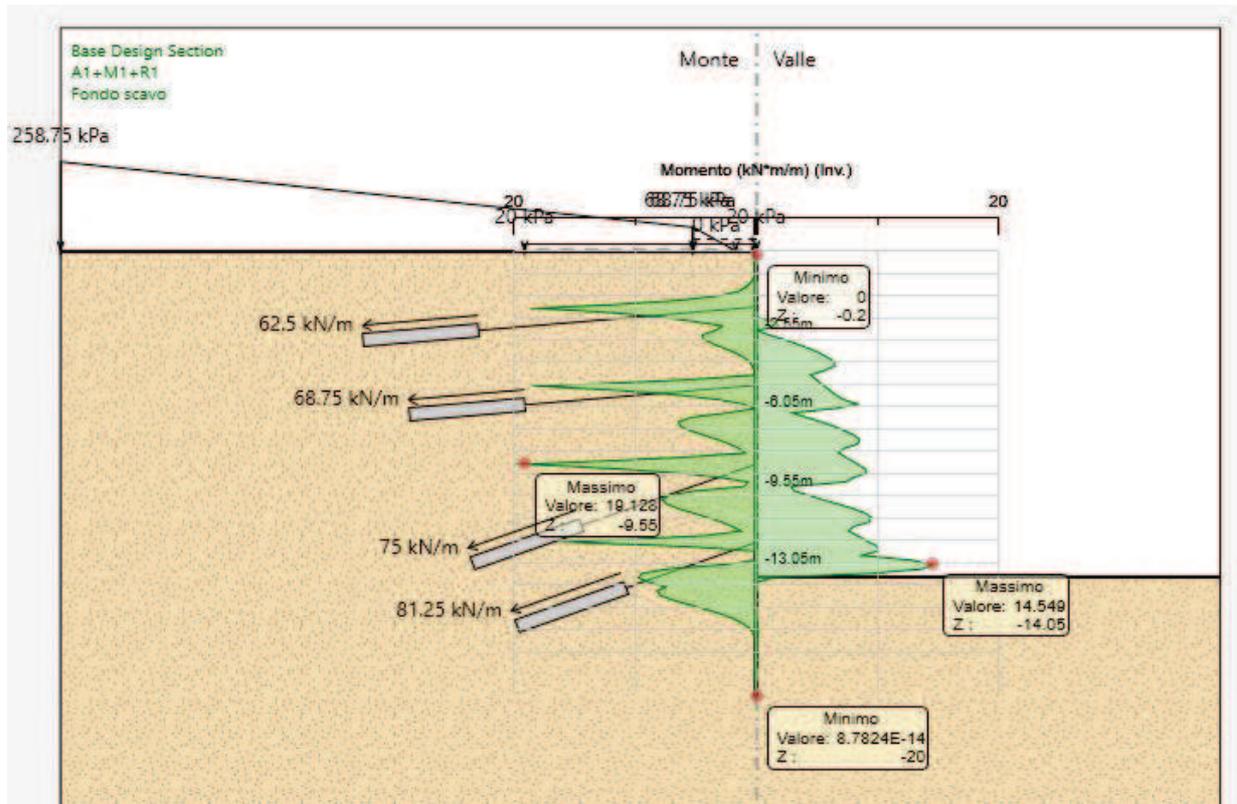
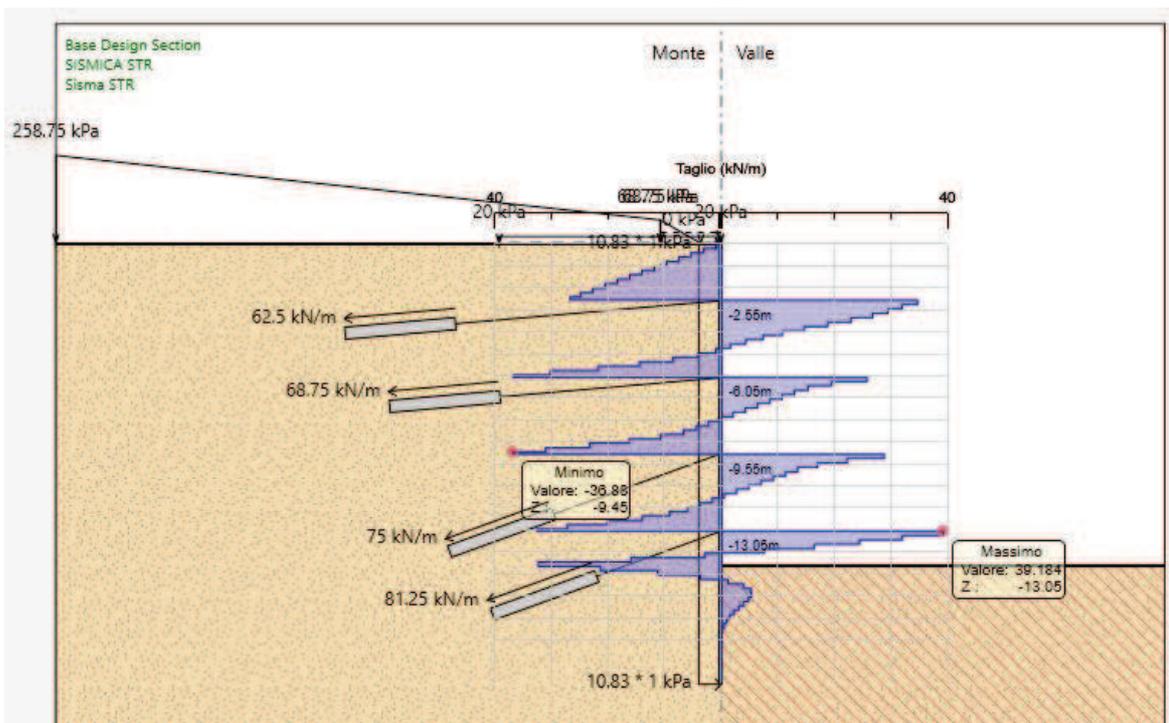
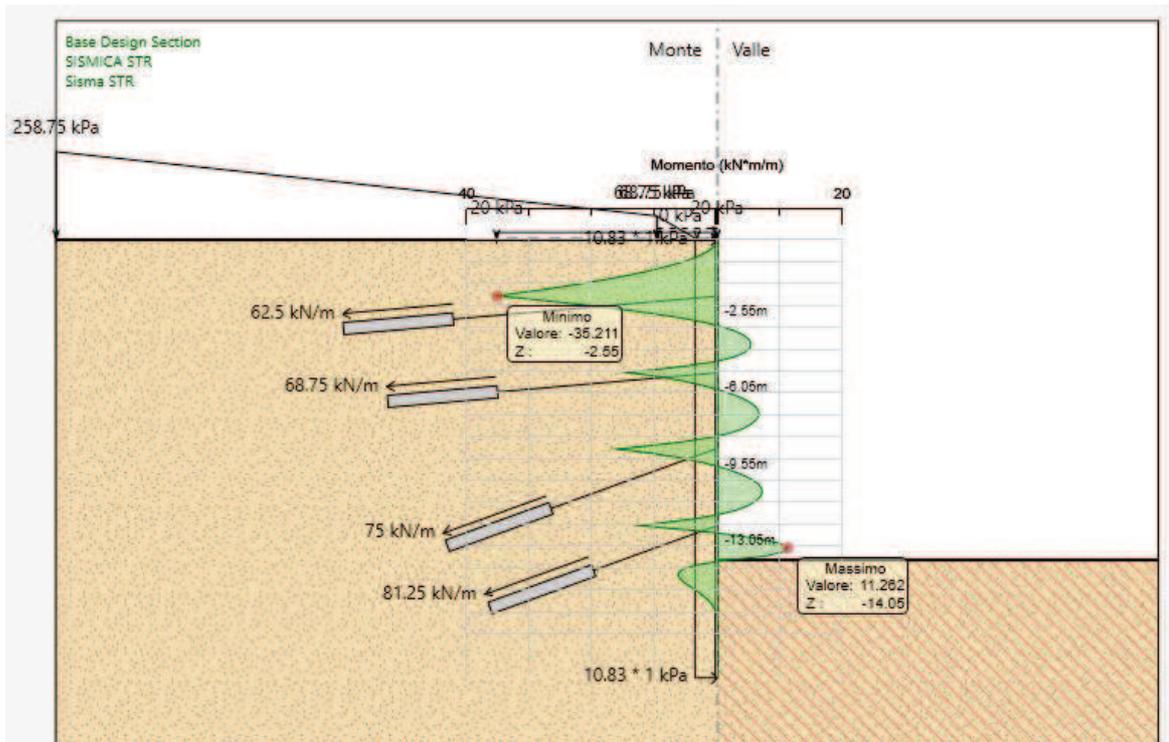


Figura 8 - SLU-STR - Caratteristiche della sollecitazione



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

Figura 9 - SLV-STR - Caratteristiche della sollecitazione

I principali risultati delle analisi sono descritti in sintesi nel seguito; per una più completa rappresentazione degli stessi si rimanda allo specifico allegato. (All. [1]).

Le verifiche strutturali SLU/SLV vengono eseguite per confronto tra le sollecitazioni di calcolo (ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando gli opportuni coefficienti parziali) e le resistenze di calcolo (definite dai punti M_{Rd} , N_{Rd} che definiscono il dominio resistente nel piano M, N).

Nello specifico delle verifiche riportate nel seguito, vengono rappresentate le sollecitazioni relative a tutte le combinazioni SLU/SLV definite nel § 11.1.2. In All. [1] sono invece riportati i tabulati numerici relativi agli involucri delle suddette combinazioni ottenuti considerando il massimo momento flettente e il minimo sforzo normale sulla sezione più sollecitata.

Risultati delle verifiche a flessione e taglio della paratia di micropali

Si riportano qui di seguito i domini di resistenza per la sezione più sollecitata.

Le verifiche strutturali evidenziano, in questo caso, la necessità di un'armatura principale costituita da tubo in acciaio $\Phi = 139.7$ mm con spessore $s=8$ mm, come ben rappresentato dalla Figura 8 e dalla Figura 9.

φ	spessore	i_{longtubi}	A_{tubo}	$W_{\text{pl,tubo}}$	$A_{\text{v,tubo}}$
[mm]	[mm]	[m]	[cm ²]	[cm ³]	[cm ²]
139.7	8	0.4	33.08	138.93	21.06

Soll. Max.	Condiz.	$M_{\text{Sd,tubo}}$	$T_{\text{Sd,tubo}}$	A_{tubo}	$W_{\text{pl,tubo}}$	$A_{\text{v,tubo}}$	σ_{max}	τ_{max}	σ_{id}	Verifica
[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[m ²]	[m ³]	[m ²]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
Momento	SLU	7.7	19.31	0.003308	0.000139	0.002106	55.08	11.67	58.7	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow \text{OK}$
Taglio		6.2	19.88				44.77	12.02	49.4	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow \text{OK}$
Momento	SLV	14.1	13.86				101.37	8.38	102.4	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow \text{OK}$
Taglio		5.0	15.67				36.31	9.47	39.8	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow \text{OK}$

Tabella 11 - Verifiche allo SLU e allo SLV per la paratia di micropali

Essendo soddisfatta la disuguaglianza: $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow \text{OK}$ la verifica a flessione taglio è soddisfatta.

- Verifica strutturale delle travi di ripartizione

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali oggetto di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi; la luce delle campate è data dall'interasse dei tiranti ed il carico,

uniformemente distribuito, è determinato ripartendo le reazioni offerte dagli ancoraggi, ottenute del modello di calcolo dell'opera di sostegno. Definito $N_{S,d}$ il massimo tiro di calcolo corrispondente all'i-esimo ordine di tiranti, il suddetto carico è così calcolato: $q_{S,d} = N_{S,d}/l$ (con l interasse tiranti).

Secondo tale modello le massime azioni di calcolo sull'elemento strutturale saranno:

$$M_{S,d} = \frac{1}{10} \cdot q_{S,d} \cdot l^2,$$

$$T_{S,d} = \frac{1}{2} \cdot q_{S,d} \cdot l,$$

Per le travi di ripartizione costituite da profili metallici accoppiati HEB 180, per la determinazione della tensione agente viene adottata la formulazione proposta da Navier: la tensione sollecitante di calcolo viene valutata come tensione ideale, secondo quanto proposto dal D.M. 14/01/2008 (cfr. § 4.2.4.1.2), mentre la tensione resistente di calcolo dell'acciaio è ottenuta mediante riduzione della tensione resistente caratteristica, f_{yk} (cfr. § 10) attraverso il coefficiente parziale $\gamma_{M0} = 1.05$: $f_{yd} = 261.90$ MPa.

Nel prospetto che segue sono riportate le verifiche strutturali delle travi di ripartizione.

Elem.strutt.	Condiz.	$N_{S,d}$	l	$M_{S,d}$	$T_{S,d}$	A	W_{pl}	A_v	σ_{max}	τ_{max}	σ_{id}	Verifica
[-]	[-]	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]	[m ²]	[m ³]	[m ²]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
Trave di ripartizione 2HEB180	SLU	260.2	3.2	83.3	130.1	0.01305	0.00096	0.00405	86.5	32.1	102.8	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$
		286.2	3.2	91.6	143.1				95.1	35.3	113.1	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$
		312.6	3.2	100.0	156.3				103.9	38.6	123.6	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$
		339.5	3.2	108.6	169.8				112.8	41.9	134.2	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$
	SLV	203.5	3.2	65.1	101.7				67.6	25.1	80.4	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$
		221.0	3.2	70.7	110.5				73.5	27.3	87.4	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$
		241.4	3.2	77.2	120.7				80.2	29.8	95.4	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$
		262.1	3.2	83.9	131.1				87.1	32.4	103.6	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$

Tabella 12 - Verifica strutturale delle travi di ripartizione

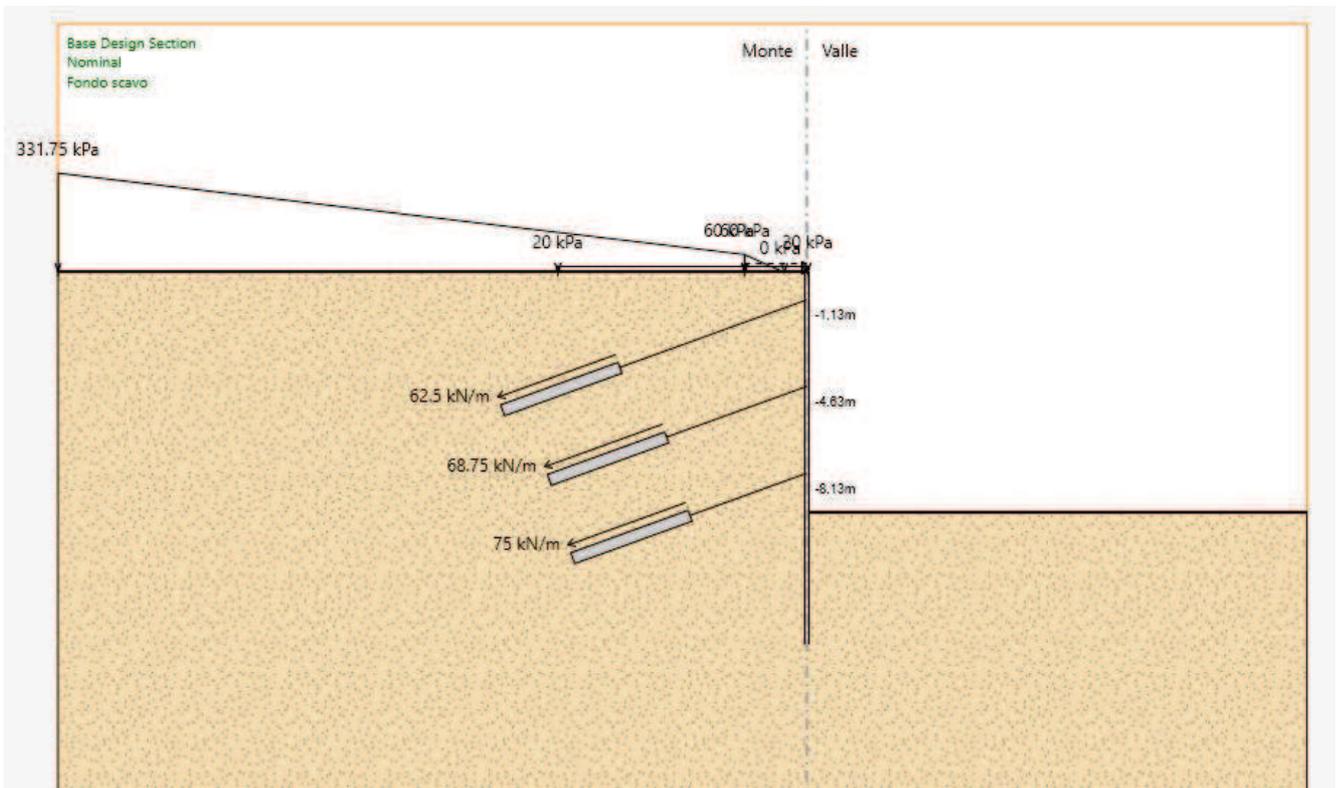
I risultati evidenziano, in tutti i casi, buoni margini rispetto alle condizioni limite a conferma della correttezza della soluzione progettuale individuata.

12.1.2 Sezione 2 – pk 16+030.00

Quale sezione di verifica è stata presa a riferimento quella posta alla pk km pk 16+030.00 nel imbocco binario dispari (in corrispondenza della paratia frontale) caratterizzata da tre ordini di tiranti.

Sono di seguito riportate le principali caratteristiche dell'opera di sostegno e del modello geotecnico utilizzati per le analisi di verifica.

La **Figura 10** mostra un confronto tra la sezione reale e quella simulata; si può osservare ad esempio come l'inclinazione del pendio a monte dell'opera sia stata modellata mediante l'applicazione di un carico fittizio equivalente, su un piano campagna simulato orizzontale.



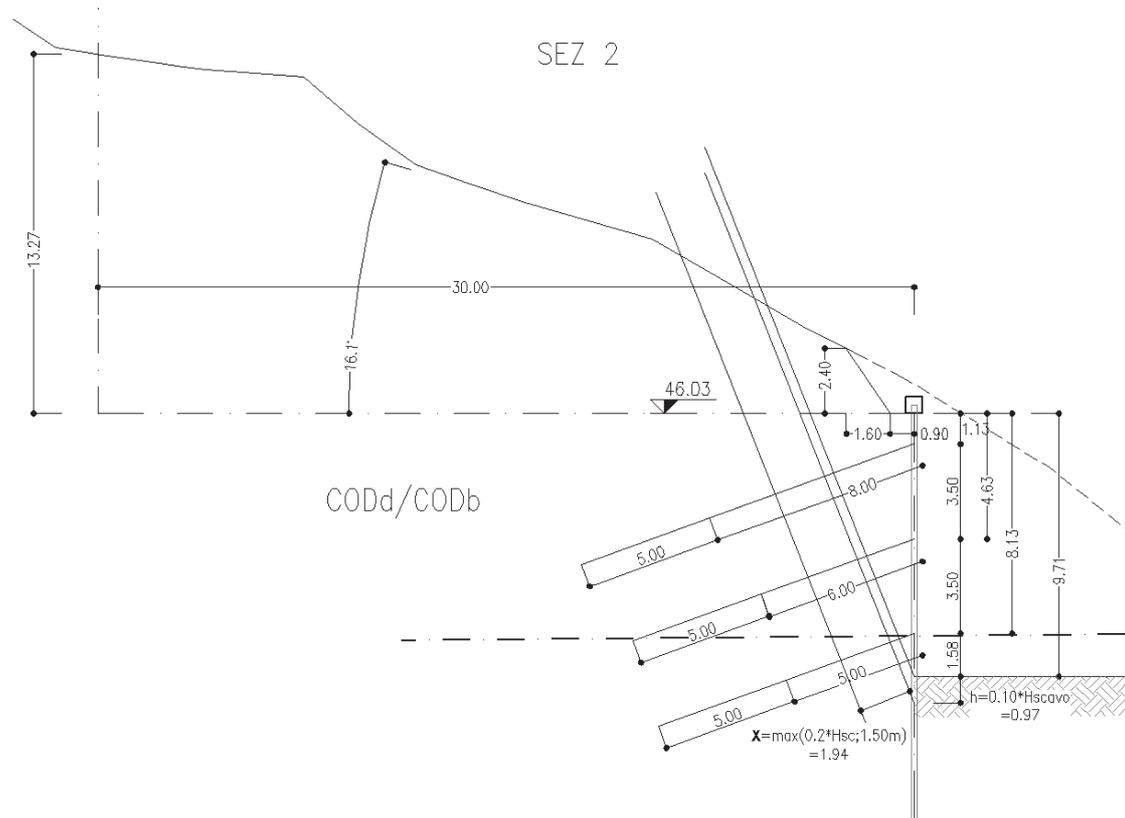


Figura 10 - Confronto tra la sezione modellata (sopra) e quella reale (sotto)

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.

Tipologia struttura di sostegno	Paratia di micropali di medio diametro $\phi = 220$ mm con tubo $\phi = 139.7$ mm spessore $s=8$ mm, posti ad interasse $i = 0.40$ m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 15.00$ m
Altezza libera paratia	$H = 9.71$ m
Ordini di tiranti (n°)	3
Passo orizzontale tiranti	3.20 m
Passo verticale dei tiranti	3.50 m
Inclinazione del piano campagna a monte	Prescavo 2H:3V, terreno naturale circa 16°
Inclinazione del piano campagna a valle	0°

Sovraccarichi permanenti a monte	Carico fittizio variabile equivalente alla pendenza del piano campagna
Sovraccarichi permanenti a valle	-
Sovraccarichi variabili a monte	$Q_{1,k} = 20 \text{ kPa}$, estensione 10.00 m
Sovraccarichi variabili a valle	-

Tabella 13 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo

I parametri geotecnici adottati nelle analisi variano a seconda della combinazione di riferimento adottata in considerazione della specifica verifica prevista dal D.M. 14/01/2008 così come riportato nel prospetto che segue.

Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	γ	c_d	φ'_d	δ	E'	E'_{ur}	k_o	K_{ah}	K_{ph}
			(kN/m^3)	(kPa)	($^\circ$)	($^\circ$)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
CODd/CODb	M1	SLU	25	150	47	31.33	340	510	0.800	0.127	18.266
		SLV				0			0.800	-	-
	M2	SLU		120	40.6	27.08			0.800	0.173	10.086
		SLV				0			0.800	-	-

γ = peso dell'unità di volume
 c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)
 φ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)
 δ = angolo d'attrito struttura/terreno
 E' = modulo di Young
 E'_{ur} = modulo di Young (scarico/ricarico)
 k_o = coefficiente di spinta a riposo
 K_a = coefficiente di spinta attiva
 K_p = coefficiente di resistenza passiva

Tabella 14 – Parametri geotecnici di calcolo.

Con riferimento alla valutazione del coefficiente sismico orizzontale k_h , i valori di α e β sono stati assunti rispettivamente pari a 1.000 e 0.430 avendo considerato un sottosuolo di tipo B e uno spostamento massimo ammissibile μ_s pari a $0.005 \times 15 = 0.075 \text{ m}$ (cfr. § 7.11.6.3.2 del D.M. 14/01/2008).

Si sottolinea che i coefficienti di spinta sono stati determinati considerando orizzontale il piano campagna a monte dell'opera.

Sezione di calcolo	H (m)	Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	Categoria sottosuolo	α	u_s	β	K_h	K_{ahE}	K_{phE}
						(-)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)
2	15	CODd/CODb	M1	SLV	B	1.000	0.075	0.430	0.1190	0.177	-
						1			0.1190	-	6.090
			M2	SLV		1.000	0.075	0.430	0.1190	0.233	-
						1			0.1190	-	4.431

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008)
 u_s = spostamento ammissibile
 β = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008)
 k_h = coefficiente sismico
 K_h = coefficiente di spinta sismico orizzontale
 K_{ahE} = coefficiente di spinta attiva orizzontale
 K_{phE} = coefficiente di resistenza passiva orizzontale

Tabella 15 – Parametri per l'analisi sismica.

Si riportano, infine, le fasi di calcolo in cui è articolata l'analisi numerica:

- STAGE 1. Inizializzazione dello stato tensionale geostatico;
- STAGE 2. simulazione della paratia di micropali e applicazione del carico variabile Q_1 (rappresentativo dei mezzi di cantiere);
- STAGE 3. Scavo di ribasso fino a quota -2.13 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 4. Realizzazione del primo ordine di tiranti a quota -1.13 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 5. Scavo di ribasso fino a quota -5.63 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 6. Realizzazione del secondo ordine di tiranti a quota -4.63 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 7. Scavo di ribasso fino a quota -9.13 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 8. Realizzazione del terzo ordine di tiranti a quota -8.13 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 9. Scavo di ribasso fino a quota -9.71 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 10. Applicazione dell'azione sismica come definita in Tabella 13.

12.1.2.1 Risultati delle analisi

I risultati delle analisi sono di seguito descritti in sintesi ed illustrati in maggior dettaglio nell'allegato pertinente (All. [1]).

3) Verifiche SLU GEO

- Verifica del complesso opera-terreno

La verifica è finalizzata a garantire il corretto dimensionamento dell'opera con particolare riferimento alla profondità di infissione della paratia, sia in condizioni statiche (SLU) che sismiche (SLV). A tale scopo, nei prospetti che seguono, sono riportati gli output relativi alle fasi finali dell'analisi statica (stage 9) e sismica (stage 10) in termini di deformata dell'opera e percentuale di spinta.

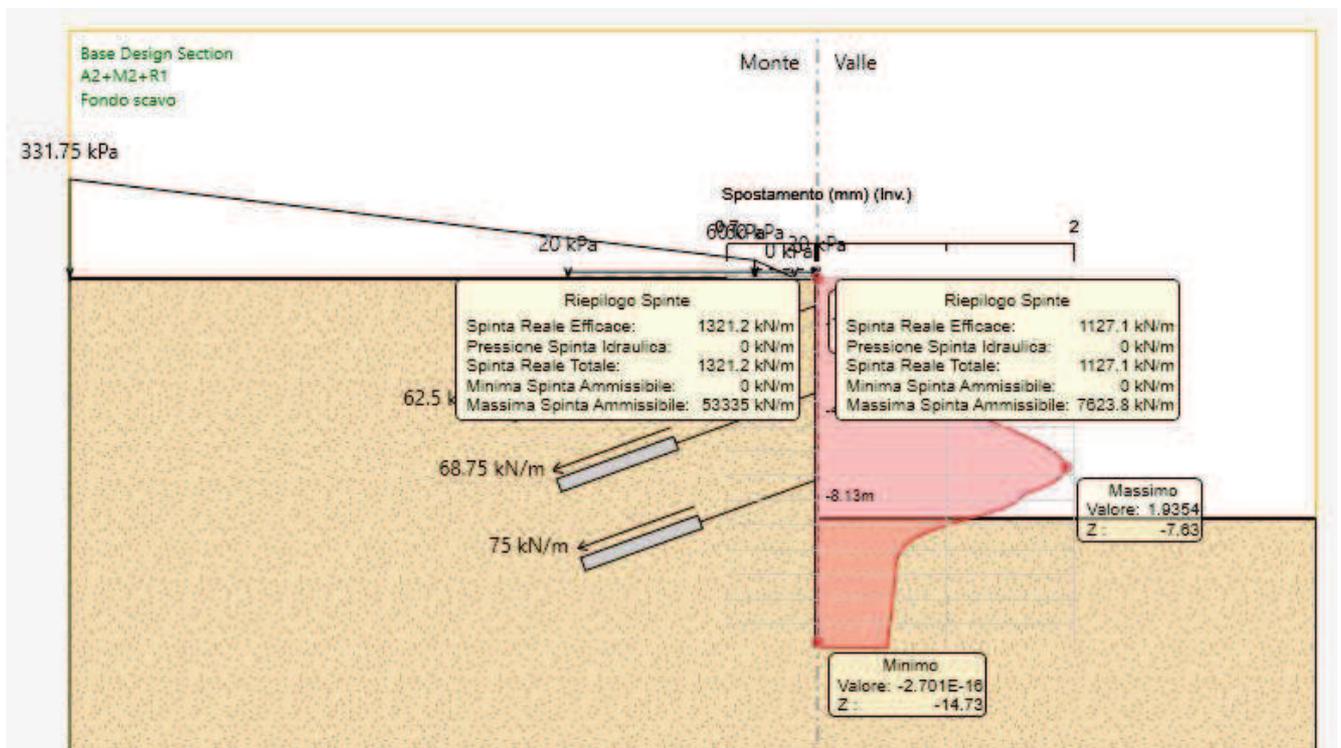


Figura 11 - Risultati dell'analisi SLU-GEO: diagramma degli spostamenti

La percentuale di spinta risulta pari a 14.78%.

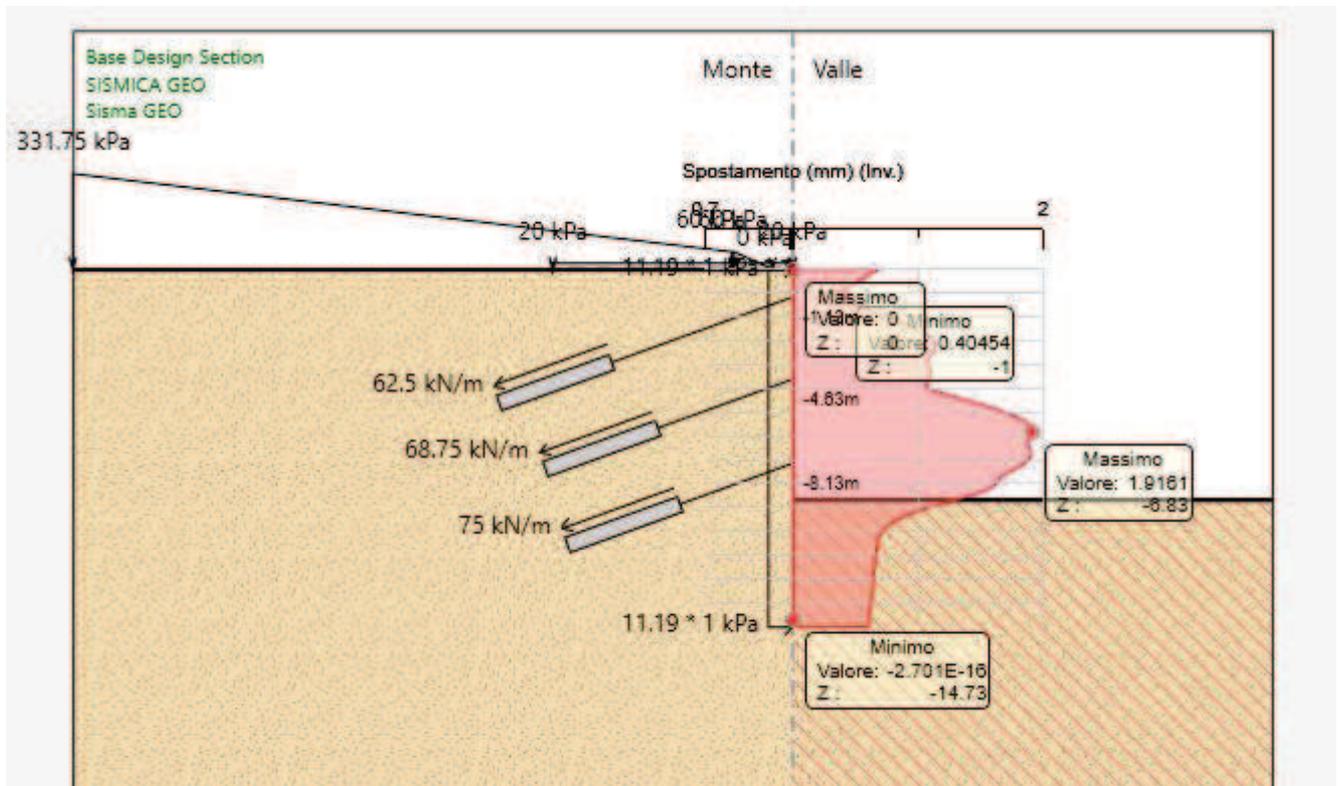


Figura 12 - Risultati dell'analisi SLV-GEO: diagramma degli spostamenti

– Verifica tiranti

Nel prospetto che segue, per ciascun ordine di tiranti, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali e gli sforzi di calcolo massimi tra le combinazioni statica e sismica.

Si sottolinea che la lunghezza libera del tirante, riportata in **Tabella 16**, è da intendersi comprensiva dell'incremento valutato in condizioni sismiche secondo la formulazione proposta dal D.M. 14/01/2008 nel § 7.11.6.4 in funzione della massima accelerazione sismica di progetto.

Ordine	D_p	n_{tr}	A_{tr}	L_p	L_a	i	α	Pretensione	Condiz.	t_{max}	$N_{S,d}$
[-]	[mm]	[-]	[mm ²]	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN]	[-]	[kN/m]	[kN]
1	160	3	139	8	5	3.2	20	200	SLU	81.28	260.10
2		3		6	5	3.2	20	220		89.38	286.01
3		3		5	5	3.2	20	240		97.67	312.53
1	160	3	139	8	5	3.2	20	200	SLV	62.78	200.91
2		3		6	5	3.2	20	220		69.01	220.83
3		3		5	5	3.2	20	240		75.36	241.14

D_p = diametro di perforazione della fondazione del tirante;

n_{tr} = numero di trefoli per tirante;

A_{tr} = area del singolo trefolo;

L_p = lunghezza libera del tirante

L_a = lunghezza della fondazione del tirante

i = interasse longitudinale dei tiranti

α = inclinazione sull'orizzontale del tirante

Tabella 16 - Caratteristiche geometriche dei tiranti e risultati di maggiore rilievo ottenuti dalle analisi

Verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti

Per la verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza caratteristica a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio – terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix '85 (Rif. [7]) e Viggiani '99 (Rif. [8]). Nello specifico per la resistenza a sfilamento dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno, τ_{ak} , viene assunto, per i tiranti ricadenti nel litotipo "CODd/CODb" un valore caratteristico pari a 350 kPa da piano campagna.

La resistenza a sfilamento di progetto è determinata attraverso la seguente relazione:

$$N_{R,ad} = \frac{N_{R,ak}}{\gamma_{Ra,p}} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot \alpha \cdot \tau_{ak} \cdot L_a}{\gamma_{Ra,p} \cdot \xi}$$

dove:

$N_{R,ad}$ è la resistenza a sfilamento di progetto dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;

D_p è il diametro di perforazione della fondazione del tirante;

α è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico, nel caso in esame assunto pari a 1.2 (Viggiani, '99) in funzione del tipo di iniezione ripetuta selettiva (IRS) e del litotipo di fondazione.

τ_{ak} è la tensione resistente a sfilamento caratteristica dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;

L_a è la lunghezza della fondazione del tirante;

$\gamma_{Ra,p}$ è il coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (R3); a favore di sicurezza si considera il valore del coefficiente parziale relativo agli ancoraggi permanenti;

ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,ad} \geq N_{S,d}$$

dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell'azione sollecitante sui tiranti.

Nella tabella che segue è riassunto il calcolo per la determinazione di $N_{R,ad}$ per le verifiche dei tre ordini di tiranti e l'esito della verifica.

D_p	α	τ_{ak}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ak}$	$N_{R,ad}$	$N_{S,d}$	Verifica
[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	kN	[kN]	[-]
160	1.2	350	5	1.2	1.75	603.19	502.65	260.10	NR,ad > NS,d → OK
160	1.2	350	5	1.2	1.75	603.19	502.65	286.01	NR,ad > NS,d → OK
160	1.2	350	5	1.2	1.75	603.19	502.65	312.53	NR,ad > NS,d → OK

Tabella 17 - Verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti

Verifica strutturale dei tiranti

La resistenza a trazione di calcolo dei tiranti è valutata secondo la seguente relazione:

$$N_{R,pd} = \frac{f_{p(1)k} \cdot A_{tr} \cdot n_{tr}}{\gamma_S}$$

dove:

$f_{p(1)k}$ è la resistenza elastica dell'acciaio armonico alla deformazione dell'1%;

A_{tr} è l'area del singolo trefolo;

n_{tr} è il numero di trefoli per tirante;

γ_S è il coefficiente parziale dell'acciaio.

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,pd} \geq N_{S,d}$$

Nella tabella che segue è riassunto il calcolo per la determinazione di $N_{R,pd}$ per le verifiche dei quattro ordini di tiranti e l'esito della verifica.

$f_{p(1)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pk}$	$N_{R,pd}$	$N_{S,d}$	Verifica
[MPa]	[mm ²]	[-]	[-]	kN	kN	[kN]	[-]
1670	139	3	1.15	696.39	605.56	260.10	$N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$
1670	139	3	1.15	696.39	605.56	286.01	$N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$
1670	139	3	1.15	696.39	605.56	312.53	$N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$

Tabella 18 - Verifiche Strutturali dell'armatura dei tiranti

Infine, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, è necessario verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza caratteristica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. Dal confronto tra i risultati riportati in **Tabella 17** e in **Tabella 18**, emerge che tale verifica è ampiamente soddisfatta essendo $N_{R,pk} > N_{R,ak}$.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

- Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno (A2+M2+R2)

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geoslope 2007).

In considerazione del contesto geotecnico sostanzialmente omogeneo vengono analizzate superfici di scorrimento circolari secondo la formulazione di Bishop. Considerato lo scopo dell'analisi le superfici di scorrimento indagate sono definite in modo tale da non intersecare l'opera di sostegno, limitando opportunamente l'estensione del cerchio critico a tergo della paratia.

A monte della paratia è previsto anche il carico da traffico, Q1M, atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere; nelle analisi è stato applicato sul piano campagna un carico pari a 4kN/m² in SLV e 20 kN/m² in SLU, per un'estensione lineare di 10 m.

I risultati sono espressi in termini di rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e quella mobilitata lungo le superfici di scorrimento analizzate.

Nella tabella che segue sono riportati i gradi di sovra resistenza (R/E_d) rispetto alle azioni sollecitanti di progetto E_d (= E γ_E) ottenuti per ciascuna combinazione delle azioni. Al fine di cogliere l'effetto derivante dalla riduzione dei parametri geotecnici di resistenza, secondo i coefficienti del gruppo M2, nel prospetto che segue sono riportati anche i risultati dell'analisi condotta con i valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

Combinazione	Formulazione
	Bishop
“Caratteristica”	4.916
“SLU – A2+M2”	3.940
“SLV – A2+M2”	3.481

Tabella 19 - Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità globale

Eseguendo il calcolo mediante il D.M. 14/01/2008, Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), il coefficiente parziale γ_R vale 1.10; quindi considerando la resistenza di progetto $R_d = \frac{R}{\gamma_R}$ (cfr. § 6.2.3.1), risulta sempre verificata la disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

per cui la verifica di stabilità globale può considerarsi soddisfatta.

Nella figura di seguito riportata è rappresentata la superficie critica di scorrimento a cui corrisponde il minor grado di sovraresistenza ($R/E_d = 3.481$).

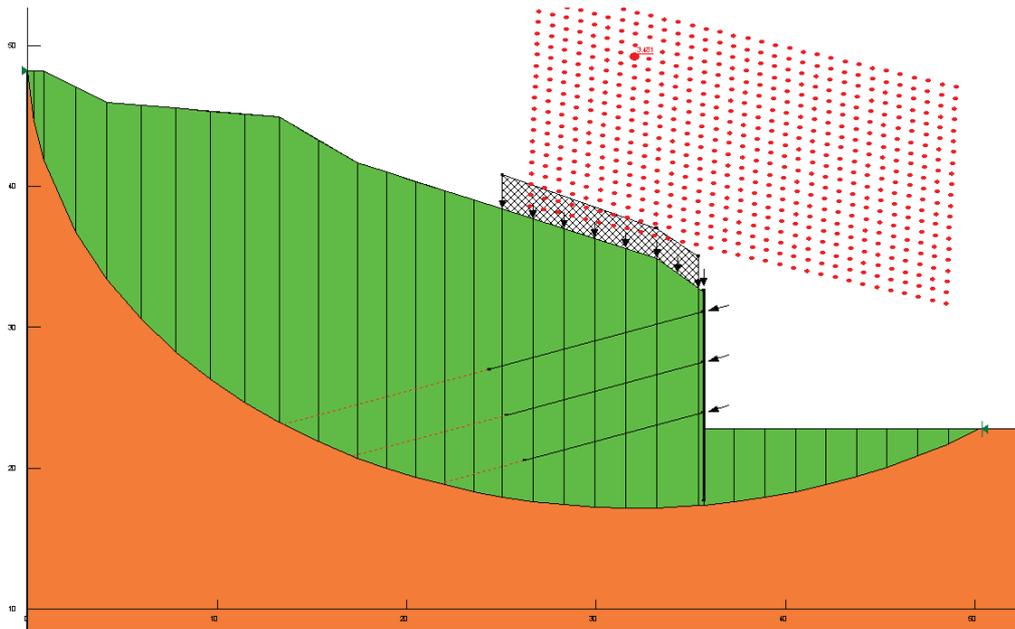


Figura 13 - Modello di calcolo e superficie di scorrimento critica

4) Verifiche SLU STR

Con il modello di calcolo definito geometricamente sulla base del dimensionamento geotecnico di cui sopra, vengono eseguite le verifiche strutturali di tutti gli elementi costituenti l'opera di sostegno (paratia, travi di ripartizione ecc.).

- Verifica dell'elemento strutturale costituente la struttura di sostegno

Nei prospetti che seguono, per le combinazioni STR statica e sismica, si riportano gli involucri degli andamenti delle caratteristiche della sollecitazione sulla paratia di micropali ed i valori numerici relativi alle sezioni di sollecitazioni massime, scelte come rappresentative per le verifiche strutturali.

Condizione	Fase di calcolo	Soll. Max.	Quota	M_{Sd}	T_{Sd}
[-]	[-]	[-]	[m]	[kNm/m]	[kN/m]
SLU	Stage 8	Momento	-4.63	15.38	44.95
	Stage 8	Taglio	-4.53	10.88	44.95
SLV	Stage 10	Momento	-4.63	13.89	34.03
	Stage 10	Taglio	-4.53	10.49	34.03

Tabella 20 - Sollecitazioni allo SLU e SLV nella combinazione A1+M1+R1

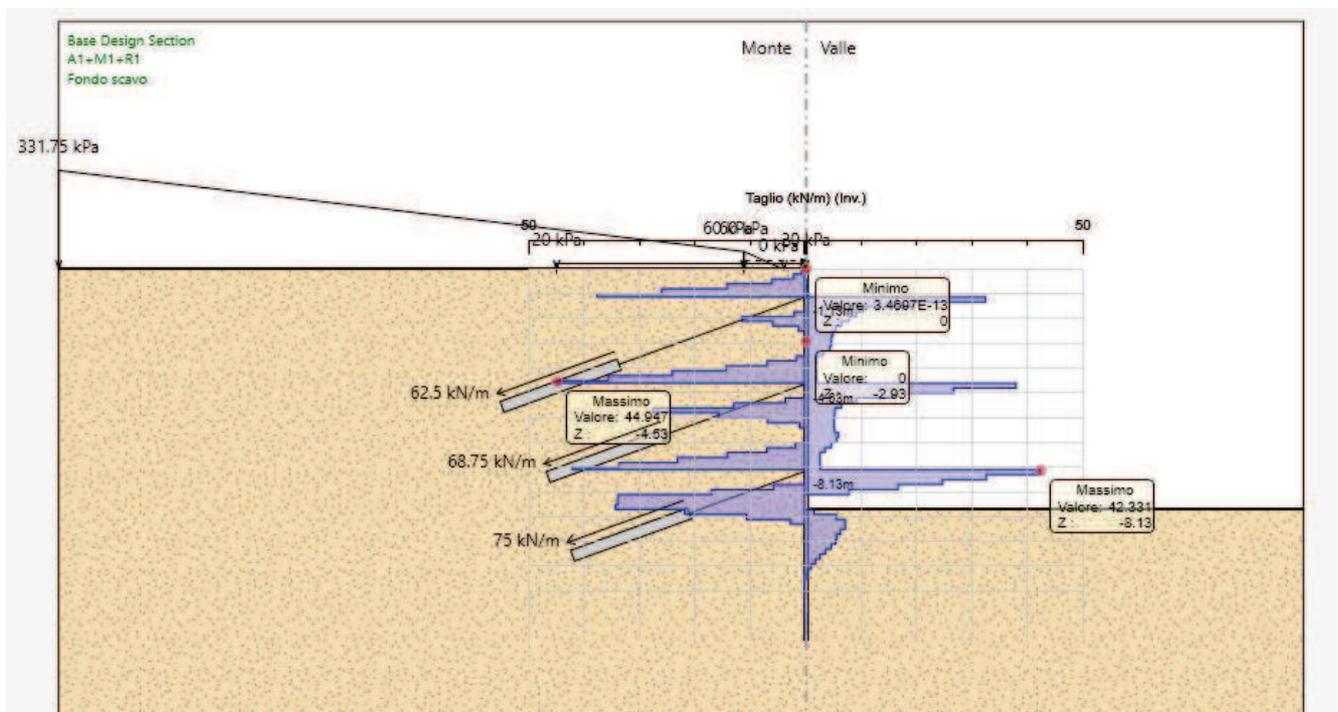
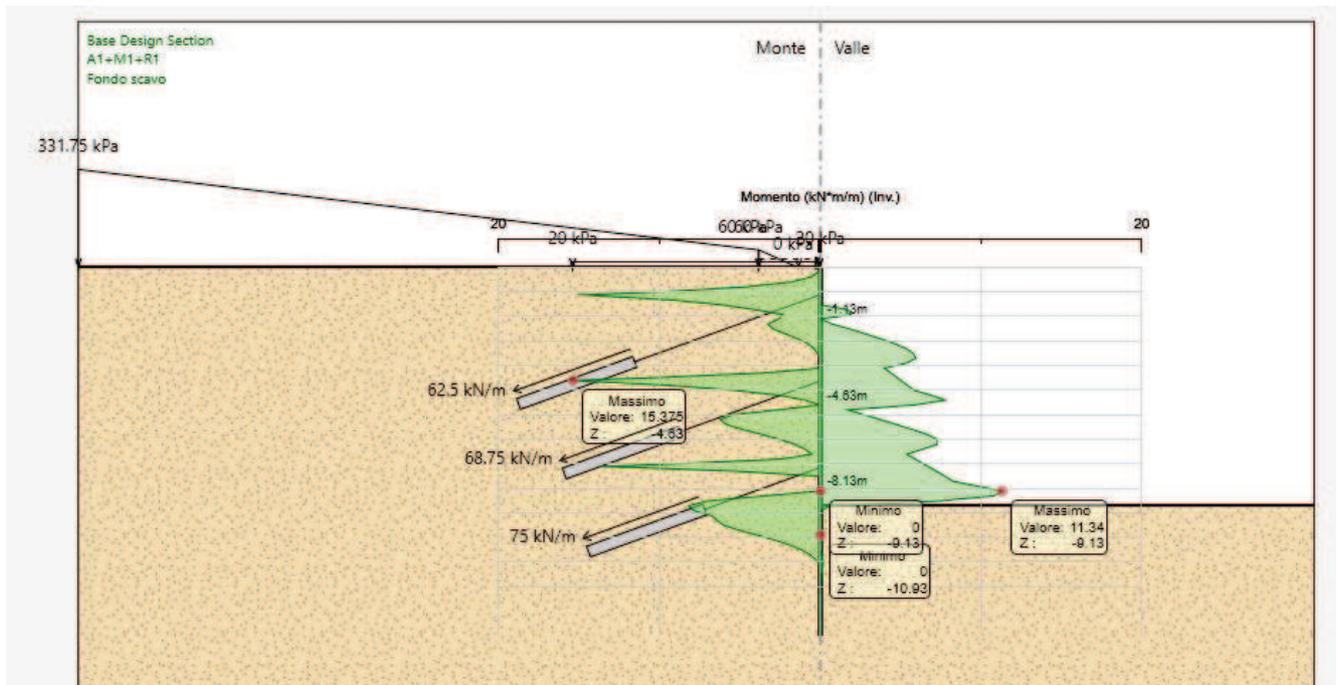


Figura 14 - SLU-STR - Caratteristiche della sollecitazione

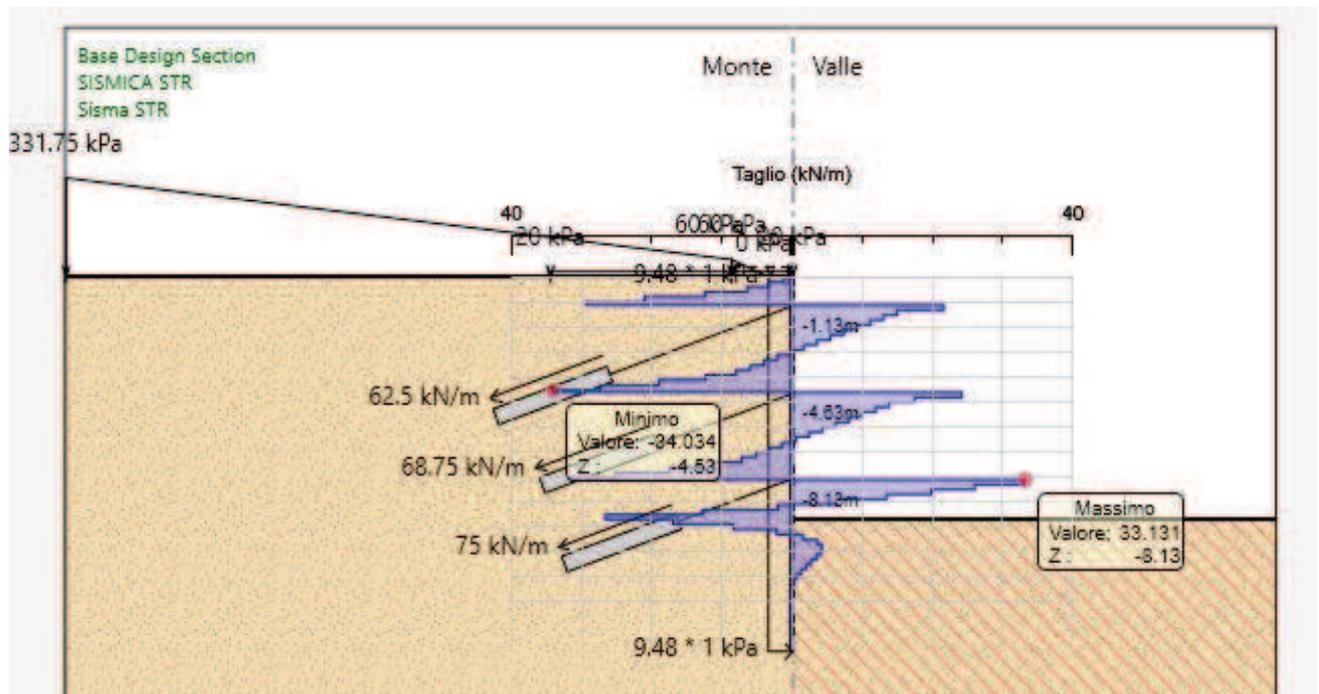
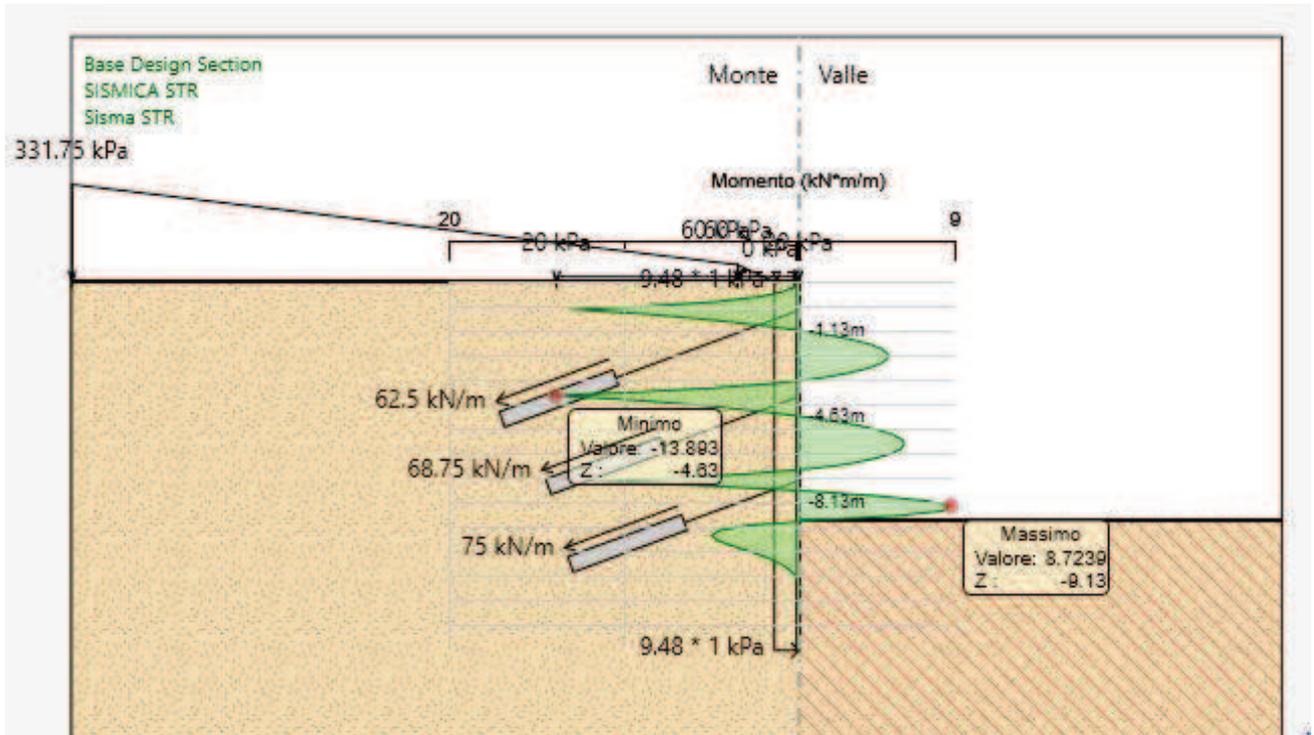


Figura 15 - SLV-STR - Caratteristiche della sollecitazione

I principali risultati delle analisi sono descritti in sintesi nel seguito; per una più completa rappresentazione degli stessi si rimanda allo specifico allegato. (All. [1]).

Le verifiche strutturali SLU/SLV vengono eseguite per confronto tra le sollecitazioni di calcolo (ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando gli opportuni coefficienti parziali) e le resistenze di calcolo (definite dai punti M_{Rd} , N_{Rd} che definiscono il dominio resistente nel piano M, N).

Nello specifico delle verifiche riportate nel seguito, vengono rappresentate le sollecitazioni relative a tutte le combinazioni SLU/SLV definite nel § 11.1.2. In All. [1] sono invece riportati i tabulati numerici relativi agli involucri delle suddette combinazioni ottenuti considerando il massimo momento flettente e il minimo sforzo normale sulla sezione più sollecitata.

Risultati delle verifiche a flessione e taglio della paratia di micropali

Si riportano qui di seguito i domini di resistenza per la sezione più sollecitata.

Le verifiche strutturali evidenziano, in questo caso, la necessità di un'armatura principale costituita da tubo in acciaio $\Phi = 139.7$ mm con spessore $s=8$ mm, come ben rappresentato dalla Figura 14 e dalla Figura 15.

ϕ	spessore	i_{longtubi}	A_{tubo}	$W_{\text{pl,tubo}}$	$A_{\text{v,tubo}}$
[mm]	[mm]	[m]	[cm ²]	[cm ³]	[cm ²]
139.7	8	0.4	33.08	138.93	21.06

<i>Soll. Max.</i>	<i>Condiz.</i>	$M_{\text{Sd,tubo}}$	$T_{\text{Sd,tubo}}$	A_{tubo}	$W_{\text{pl,tubo}}$	$A_{\text{v,tubo}}$	σ_{max}	τ_{max}	σ_{id}	<i>Verifica</i>
[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[m ²]	[m ³]	[m ²]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
Momento	SLU	6.2	17.98	0.003308	0.000139	0.002106	44.28	10.87	48.1	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow \text{OK}$
Taglio		4.4	17.98				31.33	10.87	36.5	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow \text{OK}$
Momento	SLV	5.6	13.61				39.99	8.23	42.5	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow \text{OK}$
Taglio		4.2	13.61				30.20	8.23	33.4	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow \text{OK}$

Tabella 21 - Verifiche allo SLU e allo SLV per la paratia di micropali

Essendo soddisfatta la disuguaglianza: $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow \text{OK}$ la verifica a flessione taglio è soddisfatta.

– Verifica strutturale delle travi di ripartizione

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali oggetto di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi; la luce delle campate è data dall'interasse dei tiranti ed il carico, uniformemente distribuito, è determinato ripartendo le reazioni offerte dagli ancoraggi, ottenute del modello di calcolo dell'opera di sostegno. Definito $N_{S,d}$ il massimo tiro di calcolo corrispondente all'i-esimo ordine di tiranti, il suddetto carico è così calcolato: $q_{S,d} = N_{S,d}/l$ (con l interasse tiranti).

Secondo tale modello le massime azioni di calcolo sull'elemento strutturale saranno:

$$M_{S,d} = \frac{1}{10} \cdot q_{S,d} \cdot l^2,$$

$$T_{S,d} = \frac{1}{2} \cdot q_{S,d} \cdot l,$$

Per le travi di ripartizione costituite da profili metallici accoppiati HEB 180, per la determinazione della tensione agente viene adottata la formulazione proposta da Navier: la tensione sollecitante di calcolo viene valutata come tensione ideale, secondo quanto proposto dal D.M. 14/01/2008 (cfr. § 4.2.4.1.2), mentre la tensione resistente di calcolo dell'acciaio è ottenuta mediante riduzione della tensione resistente caratteristica, f_{yk} (cfr. § 10) attraverso il coefficiente parziale $\gamma_{M0} = 1.05$: $f_{yd} = 261.90$ MPa.

Nel prospetto che segue sono riportate le verifiche strutturali delle travi di ripartizione.

Elem.strutt.	Condiz.	$N_{S,d}$	l	$M_{S,d}$	$T_{S,d}$	A	W_{pl}	A_v	σ_{max}	τ_{max}	σ_{id}	Verifica
[-]	[-]	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]	[m ²]	[m ³]	[m ²]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
Trave di ripartizione 2HEB180	SLU	260.1	3.2	83.2	130.1	0.01305	0.00096	0.00405	86.4	32.1	102.8	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK
		286.0	3.2	91.5	143.0				95.1	35.3	113.1	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK
		312.5	3.2	100.0	156.3				103.9	38.6	123.5	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK
	SLV	200.9	3.2	64.3	100.5				66.8	24.8	79.4	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK
		220.8	3.2	70.7	110.4				73.4	27.3	87.3	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK
		241.1	3.2	77.2	120.6				80.1	29.8	95.3	$f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK

Tabella 22 - Verifica strutturale delle travi di ripartizione

I risultati evidenziano, in tutti i casi, buoni margini rispetto alle condizioni limite a conferma della correttezza della soluzione progettuale individuata.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

12.2 Verifica di stabilità degli scavi

Le verifiche di stabilità delle scarpate previste nell'ambito degli scavi per le opere di imbocco sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geoslope 2007). Anche in questo caso vengono analizzate superfici di scorrimento circolari secondo la formulazione di Bishop.

Come sezioni di analisi per ciascun imbocco sono state scelte le condizioni più gravose per stratigrafia, pendenza ed altezza degli scavi. E' stata considerata anche la falda con riferimento alle condizioni definite sui profili geotecnici.

I risultati sono espressi in termini di rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e quella mobilitata lungo le superfici di scorrimento analizzate.

Nella tabella che segue sono riportati i gradi di sovraresistenza (R/Ed) rispetto alle azioni sollecitanti di progetto Ed (= E γ E) ottenuti secondo la formulazione di Bishop, in assenza di intervento.

<i>Combinazione</i>	<i>Formulazione</i>
	<i>Bishop</i>
"Caratteristica"	8.755
"SLU - A2+M2"	7.003
"SLV - A2+M2"	6.000

Tabella 23 - Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità globale in assenza di intervento

Nella figura di seguito riportata è rappresentata la superficie critica di scorrimento a cui corrisponde il minor grado di sovraresistenza, in assenza di intervento (R/Ed =6.000).

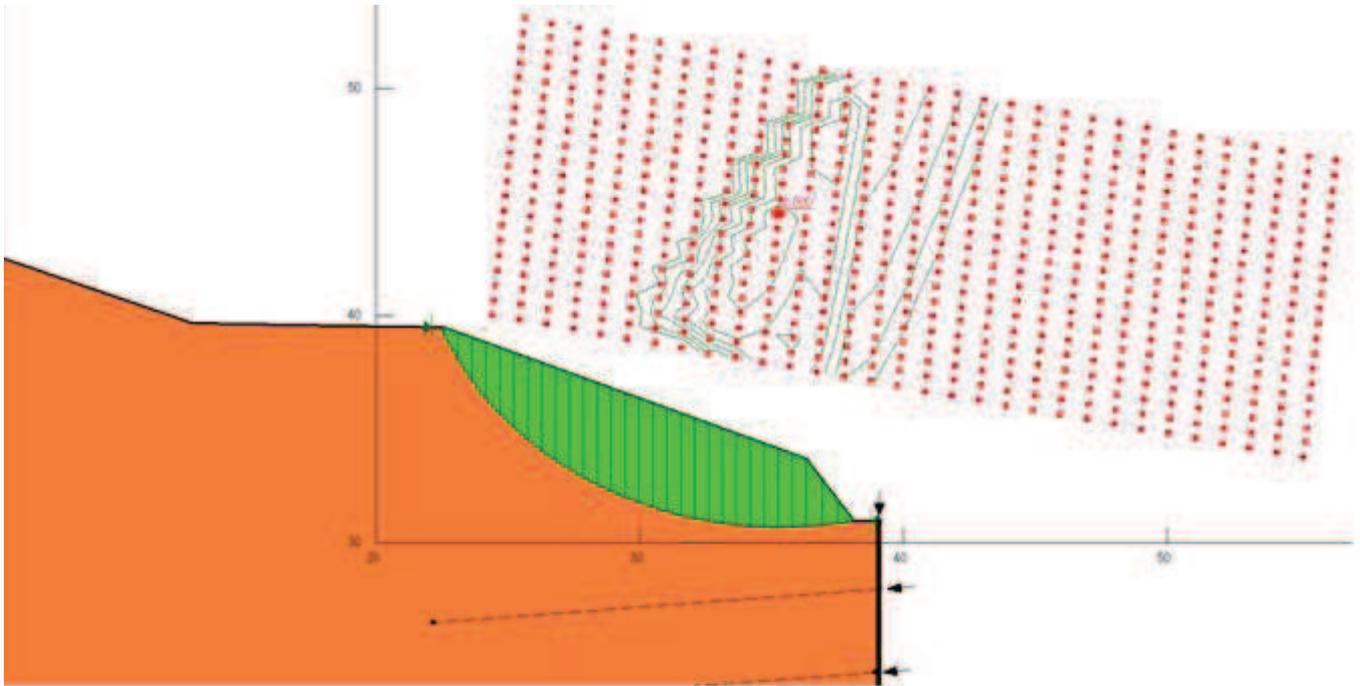


Figura 16 - Modello di calcolo Slope/W e superficie di scorrimento critica in assenza di intervento ($F_s=6.000$).

12.3 Galleria artificiale – sezione di massimo ritombamento – pk. 16+019.00

La galleria artificiale è stata verificata secondo la configurazione di massimo ritombamento (pk. km 16+019.00). Di seguito è fornita una descrizione delle principali caratteristiche geometriche della sezione di analisi e uno schema del modello di calcolo.

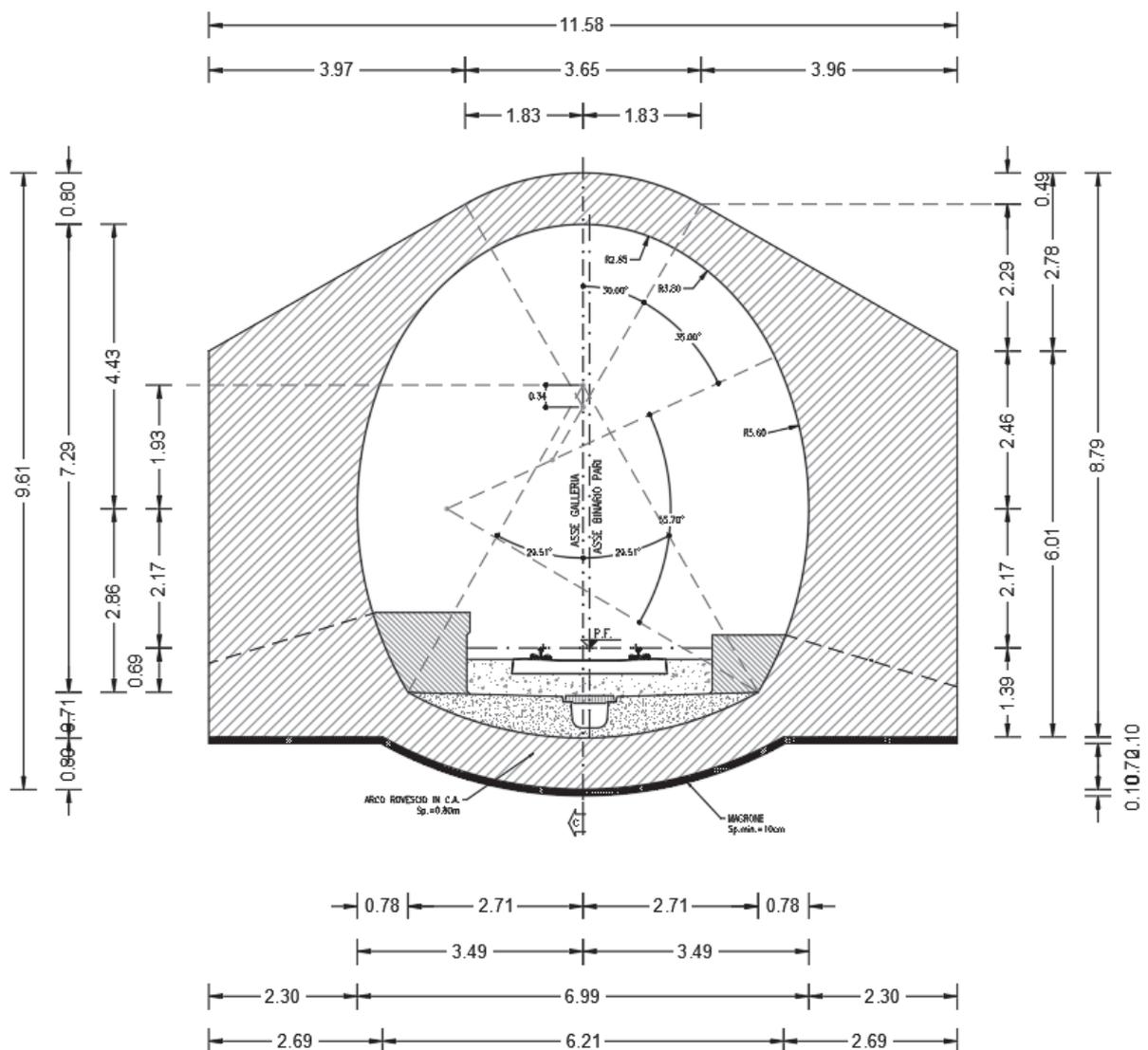


Figura 17 - Sezione di analisi

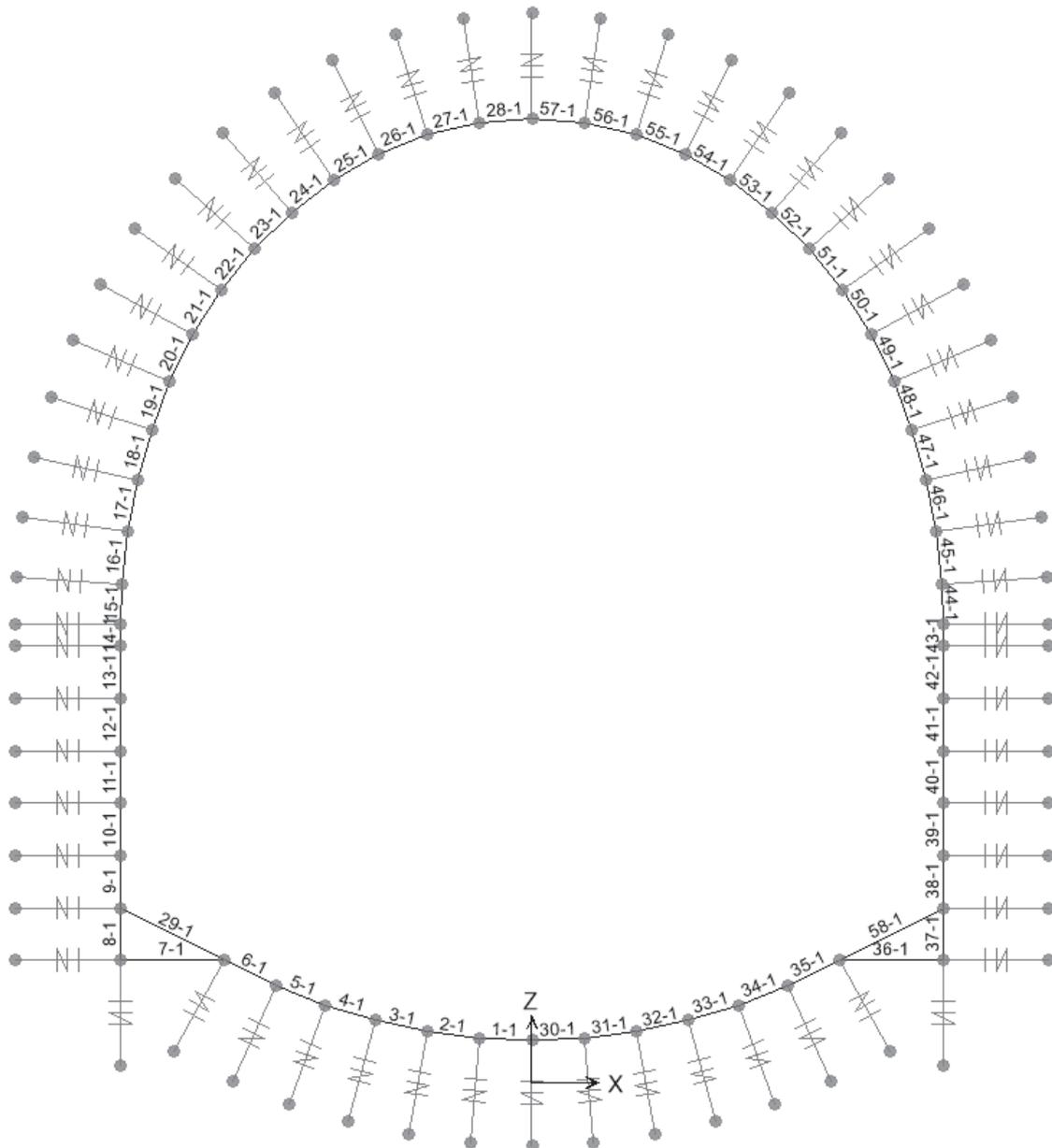


Figura 18 - Schema del modello di calcolo agli elementi finiti: numerazione dei frames

Si presentano in seguito i parametri del modello:

Tipologia opera	Galleria artificiale
Altezza simulata dell'opera	$H_{tot} = 9.60$ m
Larghezza simulata dell'opera	$L_{tot} = 8.60$ m
<i>Spessori simulati del rivestimento</i>	
Calotta	0.80-2.30 m
Piedritti	2.30-3.00 m
Fondazione	0.80 m
Rigidezze molle terreno	
Calotta - ritombamento	11834
Calotta - riempimento	9158
Piedritti	116758
Fondazione	79760

Tabella 24 - Caratteristiche del modello di calcolo

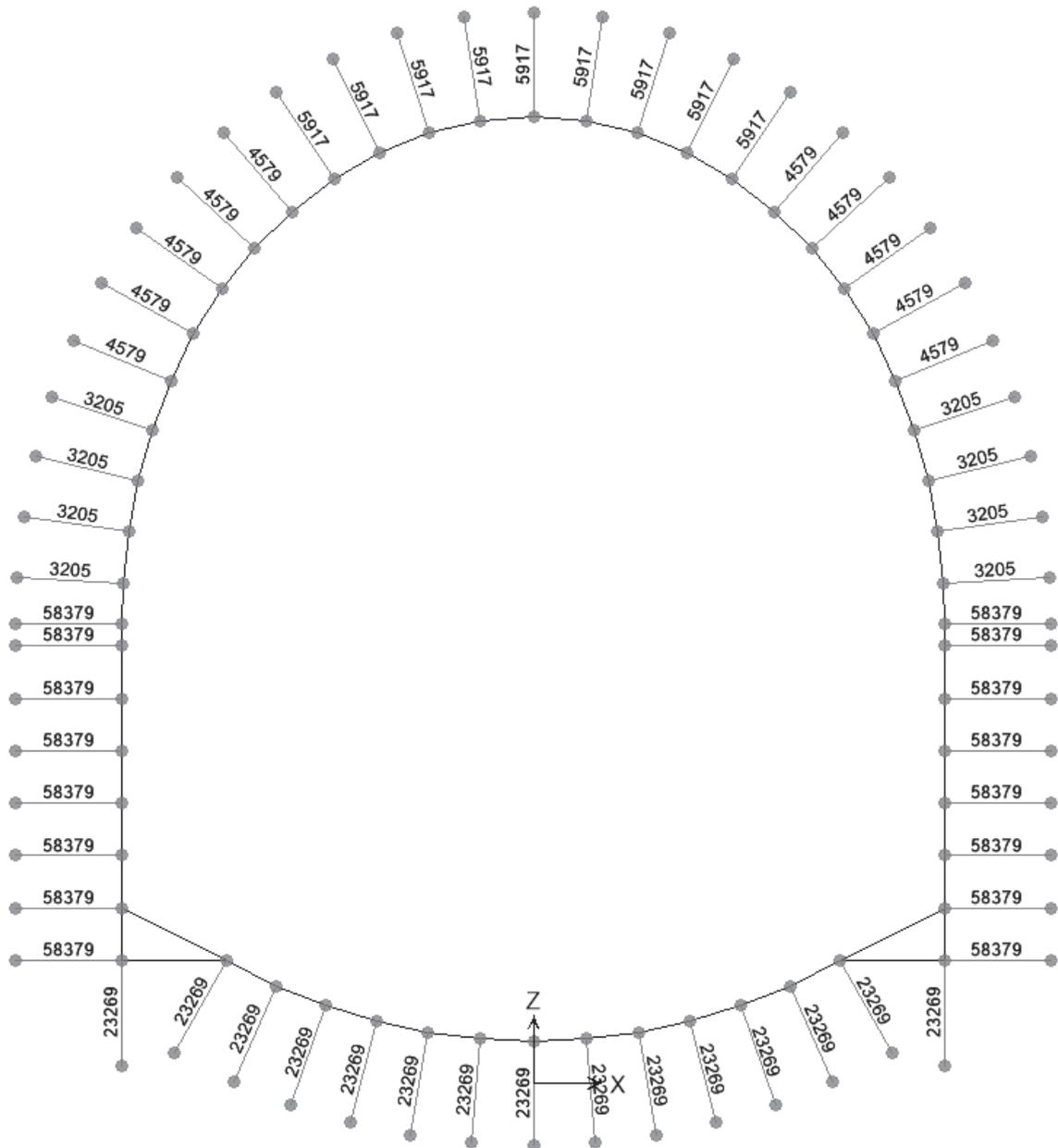


Figura 19 – Rigidezza molle modello

La rigidezza delle molle al contorno è funzione dell'altezza del ritombamento, in quanto essa determina una diversa rigidezza del terreno; per la sezione di massimo ritombamento si ottengono valori pari a:

<i>Calotta</i>			
Req [m]	E' [Mpa]	k/i [kN/m ³]	
3.25	50	11834	
<i>Calotta</i>			
Req [m]	E' [Mpa]	k/i [kN/m ³]	
4.20	50	9158	
<i>Calotta</i>			
Req [m]	E' [Mpa]	k/i [kN/m ³]	
6.00	50	6410	
<i>Piedritti</i>			
B [m]	E' [Mpa]	k/i [kN/m ³]	
3.20	340	116758	
<i>Fondazione</i>			
B [m]	Ct []	E' [Mpa]	k/i [kN/m ³]
11.58	0.405	340	79760

$$c_t = 0.853 + 0.534 \cdot \ln(L/B)$$

$$k = \frac{E'}{R_{eq} \cdot (1+\nu)} \cdot i \quad (\text{per i tratti curvilinei dell'arco di calotta})$$

$$k = \frac{E'}{B \cdot (1-\nu^2)} \cdot i \quad (\text{per tratti rettilinei dell'arco di calotta})$$

$$k = \frac{E'}{B \cdot (1-\nu^2) \cdot c_t} \cdot i \quad (\text{per l'arco rovescio})$$

Moltiplicando i moduli di reazione ottenuti per la distanza fra i nodi del modello ($i = 0.5$ m) si ottiene:

Calotta - ritombamento: $k = 11834 \times 1 \times 0.5 = 5917$ kN/m

Calotta - riempimento: $k = 9158 \times 1 \times 0.5 = 4579$ kN/m

Calotta - riempimento: $k = 6410 \times 1 \times 0.5 = 3205$ kN/m

Piedritto: $k = 116758 \times 1 \times 0.5 = 58379$ kN/m

Fondazione: $k = 79760 \times 1 \times 0.5 = 39880$ kN/m

Per ciò che riguarda la stratigrafia dei terreni si rimanda all'inquadramento geologico-geotecnico del capitolo 8 della presente relazione; si riporta comunque qui di seguito uno schema delle assunzioni alla base del calcolo.

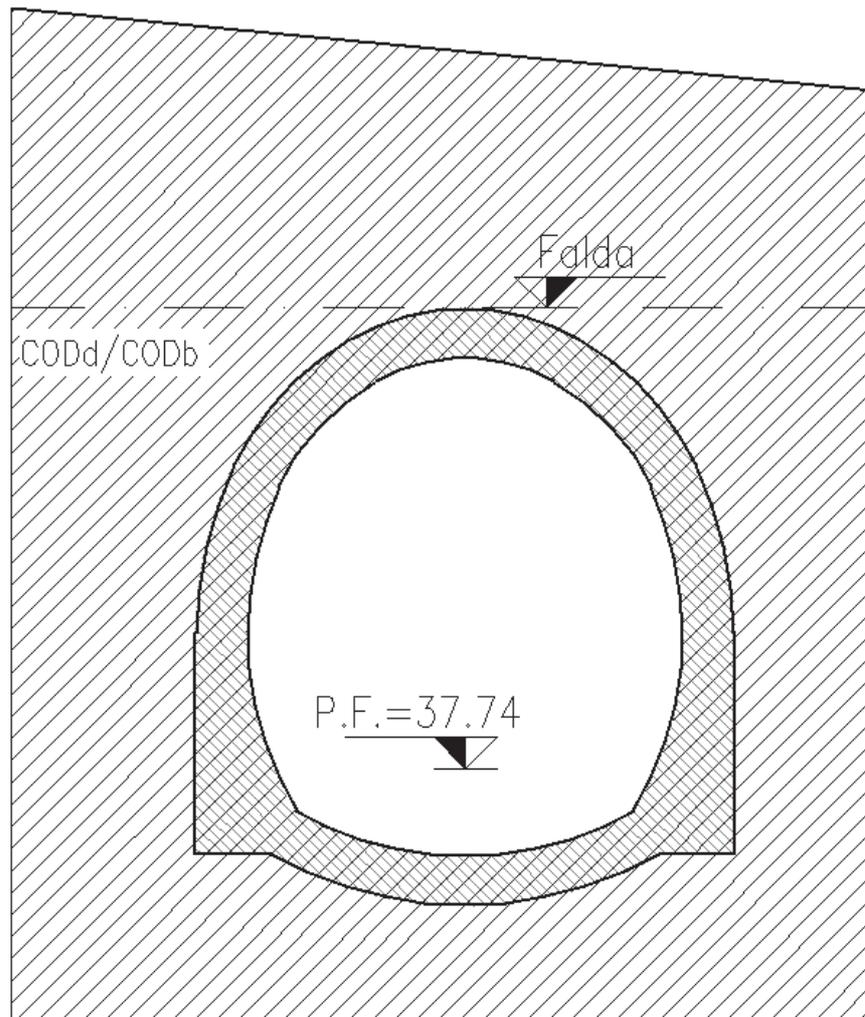


Figura 20 - stratigrafia terreni

Riprendendo la schematizzazione dei carichi applicati alla struttura, definiscono i valori dei carichi elementari, considerando un angolo di attrito per il terreno di ricoprimento pari a 35° e dunque un coefficiente di spinta a riposo $K_0 = 1 - \sin(35^\circ) = 0.426$. Per i piedritti e il tratto di fondazione si considerano le caratteristiche della formazione CODb a cui corrisponde un angolo di attrito pari a 47° e un coefficiente di spinta a riposo $K_0 = 0.80$.

- **azioni permanenti strutturali (indicate in verde):**

- peso proprio della struttura (P.P); in automatico dal programma di calcolo.

Si controlla che il peso assegnato dal software sia coerente a quello calcolato, pari a :

$$P.P. = \gamma \times A = 25 \text{ kN/m}^3 \times 23.83 \text{ m}^2 = 595.75 \text{ kN/m}$$

- spinte del terreno sui fianchi della galleria (SPsx e SPdx); sono state suddivise in carico da riempimento (ritombamento fino alla calotta di galleria) e in carico da ritombamento (per quote di terreno al di sopra della calotta); visto che l'artificiale risulta prossima alla paratia, per evitare l'impiego di casseri e di materiale da riempimento da costipare in spazi ristretti, si effettua il getto di piedritti e parte della calotta fino alla paratia stessa. Quindi nel calcolo la spinta e le rigidezze da considerare sono quelle prodotte dai terreni del sito (in particolare dal litotipo CODb). Il materiale di riempimento verrà impiegato solamente sulla calotta dell'artificiale per ripristinare lo stato originario dei luoghi.

$$\text{Rit. vert sx} = \gamma \times H_{\text{rit}} = 20 \text{ kN/mc} \times 4.60 \text{ m} = 92.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Rit. vert dx} = \gamma \times H_{\text{rit}} = 20 \text{ kN/mc} \times 3.80 \text{ m} = 76.0 \text{ kN/m}$$

$$\text{Rit. oriz sx} = \gamma \times H_{\text{rit,max}} \times k_0 = 20 \text{ kN/mc} \times 4.60 \text{ m} \times 0.80 = 73.60 \text{ kN/m}$$

$$\text{Rit. oriz dx} = \gamma \times H_{\text{rit,max}} \times k_0 = 20 \text{ kN/mc} \times 3.80 \text{ m} \times 0.80 = 60.80 \text{ kN/m}$$

$$\text{Riemp. vert} = \gamma \times h_{\text{var}} = 20 \text{ kN/mc} \times h_{\text{var}}$$

$$\text{Riemp. oriz sx} = \gamma \times H(z) \times k_0 = 25 \text{ kN/mc} \times H(z) \times 0.80$$

$$S_{\text{h}_2\text{O}} \text{ SX} = \gamma_{\text{H}_2\text{O}} \times (H(z) - H(\text{falda})) \times 1 = (10 \times (H(z) - 0)) \times 1$$

$$\text{Riemp. oriz sx} = \text{Riemp. oriz dx}$$

$$S_{\text{h}_2\text{O}} \text{ SX} = S_{\text{h}_2\text{O}} \text{ dx}$$

- **azioni accidentali (indicate in rosso):**

Si considera un carico accidentale Q_1 pari a 20 kN/m^2 (legato ai mezzi di cantiere); esso provoca spinte sui fianchi della galleria (SQ_{1sx} e SQ_{1dx}) calcolate come in seguito:

$$\text{Carico accidentale} = Q = 20 \text{ kN/m}$$

$$\text{Spinte sul fianco dx} = \text{Spinte sul fianco sx} = Q \times k_0 = 20 \text{ kN/m} \times 0.80 = 16.0 \text{ kN/m}$$

- **azioni sismiche (indicate in blu):**

L'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 0. In presenza di sisma è necessario considerare gli effetti inerziali indotti da entrambe le componenti del moto sismico sui carichi. I carichi considerati sono:

- incremento di spinta del terreno sui fianchi della galleria ($\pm \Delta S_H$); l'incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell'azione sismica orizzontale può calcolarsi secondo:

$$\Delta S_H = \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \gamma \cdot H^2$$

La spinta viene applicata su un solo lato dell'anello di rivestimento, uniformemente distribuita lungo l'altezza dell'opera.

$$\Delta S_H = 0.405 \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 9.60^2 \text{ m} = 933.12 \text{ kN}$$

Si considera uniformemente distribuito: $q_{\Delta S_H} = \Delta S_H / H = 933.12 / 9.60 = 97.20 \text{ kN/m}$

- variazione del peso del terreno di ritombamento ($\pm \Delta S_V$); l'incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell'azione sismica verticale è:

$$\Delta S_V = 0.5 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \gamma \cdot A$$

La spinta viene applicata sulla calotta, considerando il diverso spessore del riempimento e del ritombamento.

$$\Delta S_V = 0.5 \times 0.405 \times 20 \text{ kN/m}^3 \times h_{rit-var} + 0.5 \times 0.405 \times 25 \text{ kN/m}^3 \times h_{riemp-var}$$

- effetti inerziali della struttura della galleria nella direzione orizzontale (I_h); viene applicato un carico gravitazionale con direzione X e accelerazione pari a:

$$k_h = \beta_m \times (a_{max}/g) = 1 \times 0.405 = 0.405$$

$\beta_m = 1$ (per strutture non in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

Il programma provvede automaticamente ad associare delle forze aggiuntive in direzione X in funzione delle masse strutturali.

- effetti inerziali della struttura della galleria nella direzione verticale (Iv); viene applicato un carico gravitazionale con direzione Z e accelerazione pari a:

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h = \pm 0.5 \times 0.405 = 0.2025$$

Il programma provvede automaticamente ad associare delle forze aggiuntive in direzione Z in funzione delle masse strutturali.

Imbocco Taormina lato Messina	
Galleria artificiale	
Coordinate Geografiche	Lat: 37.88204 Long: 15.29610
T _R	1068 anni
a _g /g	0.309
F0	2.492
Cat. Sottosuolo	B
Ss	1.093
Cat. Topografica	T2
St	1.200
a _{max} /g	0.405

Si riporta qui di seguito lo schema dei carichi applicati.

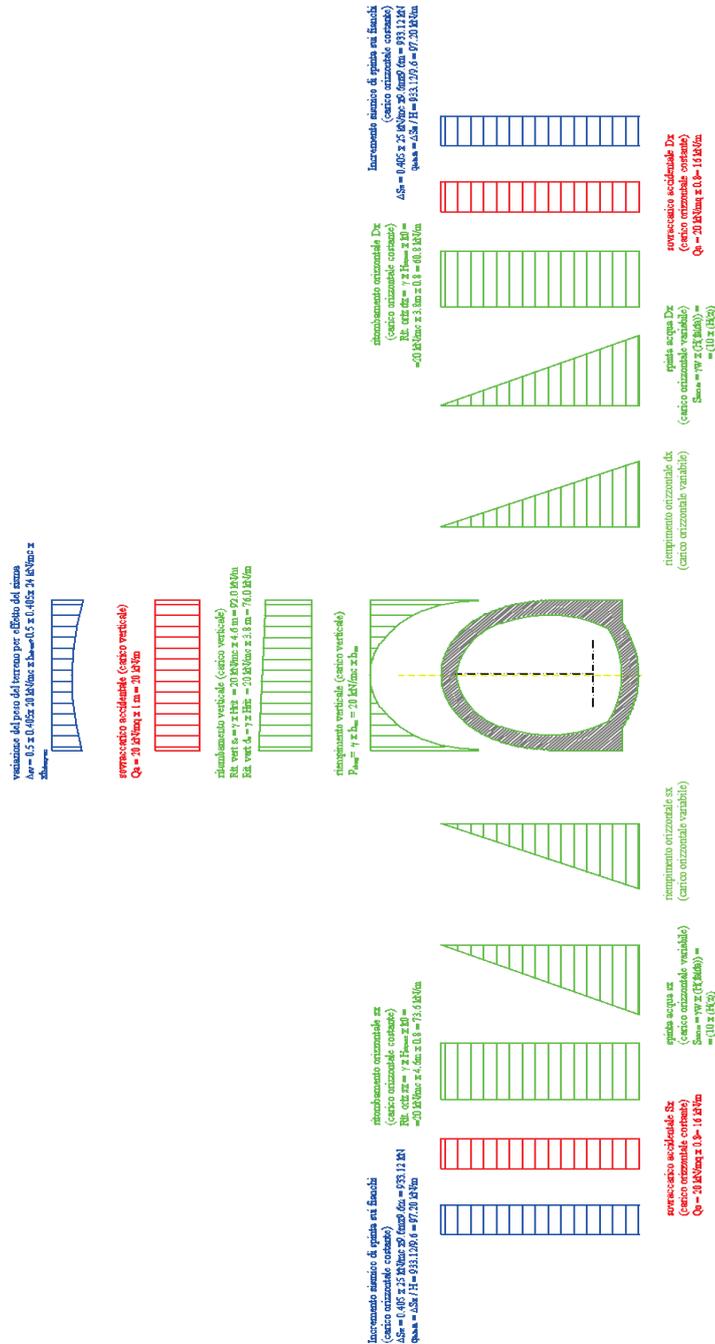


Figura 21 - Schema dei carichi

	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

12.3.1 Risultati delle verifiche SLU/SLV

I principali risultati delle analisi sono descritti in sintesi nel seguito; per una più completa rappresentazione degli stessi si rimanda allo specifico allegato (All. [2]).

L'esame dei risultati dell'analisi numerica in termini di andamenti delle caratteristiche della sollecitazione agli SLU evidenzia una distribuzione pressochè costante dello sforzo normale lungo la calotta e i piedritti dove si raggiungono valori più elevati; la struttura presenta caratteristiche di simmetria che permettono di considerare le sollecitazioni massime su una sola parte della stessa; si verificano dunque le sezioni sul lato che presenta maggior ricoprimento in quanto queste risultano più sollecitate; in particolare, per quel che riguarda il taglio e il momento flettente, le sezioni maggiormente sollecitate sono localizzate in prossimità delle murette.

Le verifiche strutturali SLU/SLV del rivestimento definitivo vengono eseguite per confronto tra le sollecitazioni di calcolo (ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando gli opportuni coefficienti parziali) e

le resistenze di calcolo (definite dai punti M_{Rd} , N_{Rd} che definiscono il dominio resistente nel piano M, N). Nello specifico delle verifiche riportate nel seguito, vengono rappresentate le sollecitazioni relative a tutte le combinazioni SLU/SLV definite nel 11.2.2. In All. [2] sono invece riportati i relativi tabulati numerici.

Per la galleria artificiale è prevista una carpenteria in calcestruzzo armato. Si presenta di seguito uno schema che riassume le sezioni maggiormente sollecitate dunque oggetto di verifica.

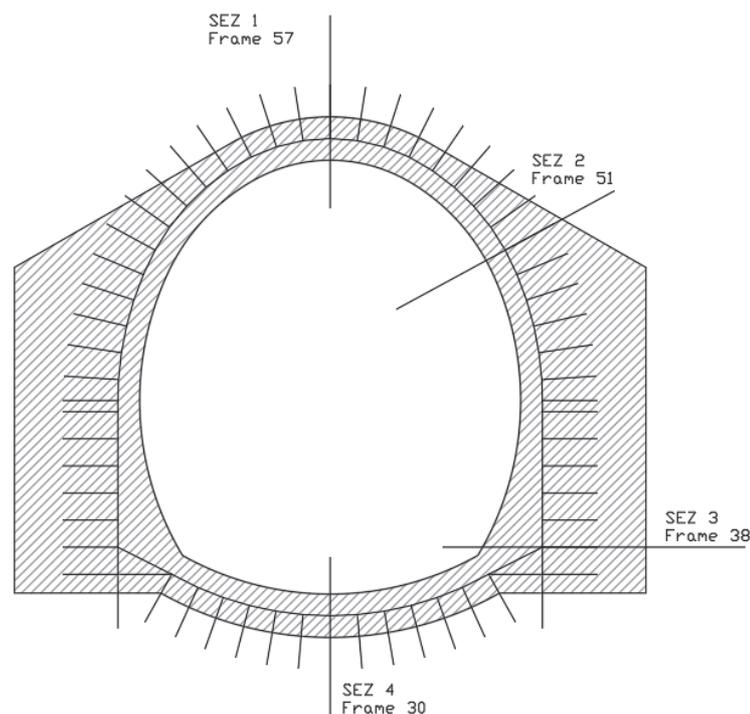


Figura 22 - schema delle sezioni di verifica

Si riportano le verifiche condotte nelle sezioni evidenziate nello schema precedente.

Le verifiche strutturali condotte in calotta evidenziano la necessità di un'armatura principale simmetrica costituita da $5\phi 24/100\text{cm}$ all'estradosso e $5\phi 24/100\text{cm}$ all'intradosso (ipotizzando un copriferro di circa 7.00 cm); per l'armatura a taglio si prevede l'utilizzo di 9ganci $\Phi 14/\text{m}^2$ ($V_{Rd} = 878 \text{ kN} > V_{ed,max} = 149.53 \text{ kN}$).

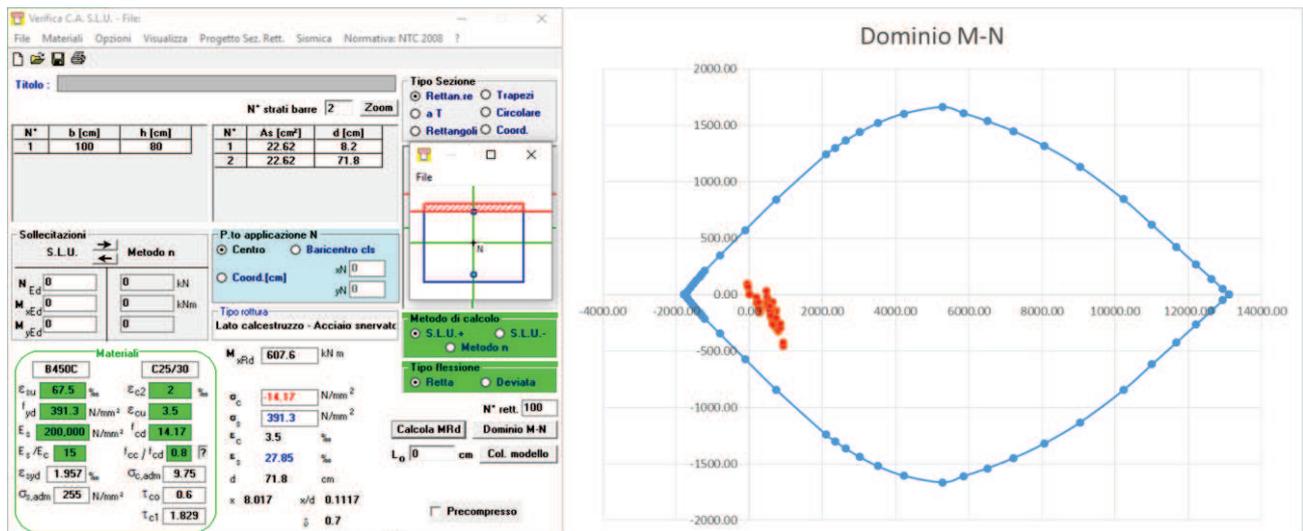


Figura 23 - Verifica sezione 1: dominio resistente e verifiche allo SLU per il rivestimento definitivo della calotta $B = 1.00 \text{ m}$, $H = 0.80\text{m}$ $5\phi 24$ sul lato esterno (estradosso) e $5\phi 24$ sul lato interno (intradosso)

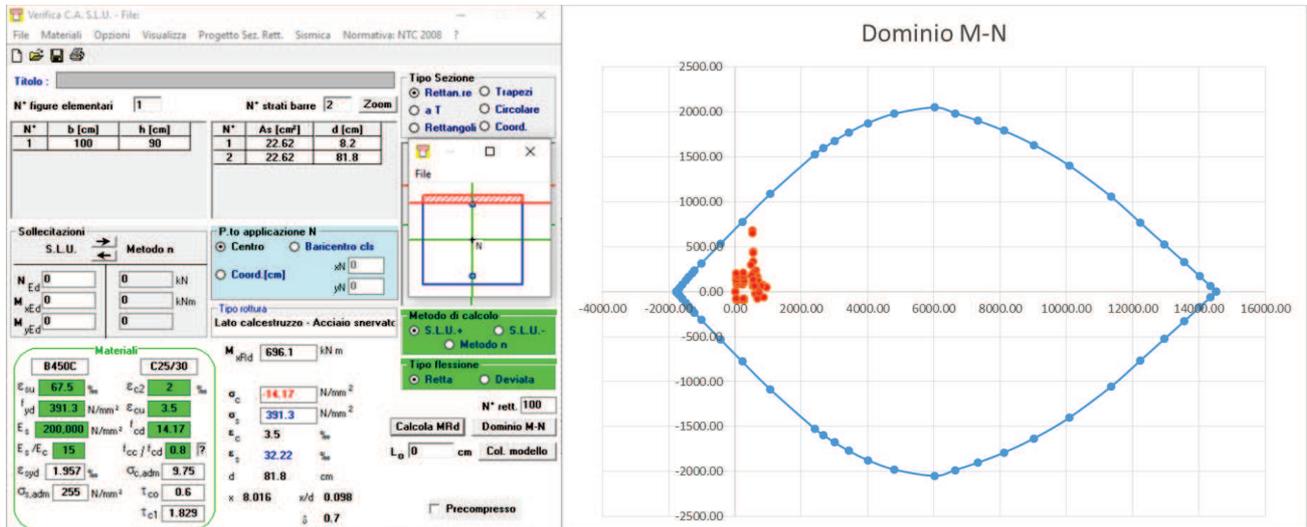


Figura 24 - Verifica sezione 2: dominio resistente e verifiche allo SLU per il rivestimento definitivo della calotta B = 1.00 m, H = 0.90m 5 ϕ 24 sul lato esterno (estradosso) e 5 ϕ 24 sul lato interno (intradosso)

Le verifiche strutturali condotte sui piedritti evidenziano la necessità di un'armatura principale costituita da $5\phi 24/100\text{cm}$ all'estradosso e $5\phi 24/100\text{cm}$ all'intradosso (lato interno) del rivestimento (ipotizzando un copriferro di circa 7.00 cm); per l'armatura a taglio si prevede l'utilizzo di $9\text{ganci}\phi 14/\text{m}^2$ ($V_{Rd} = 3559 \text{ kN} > V_{ed,max} = 1004.47 \text{ kN}$).

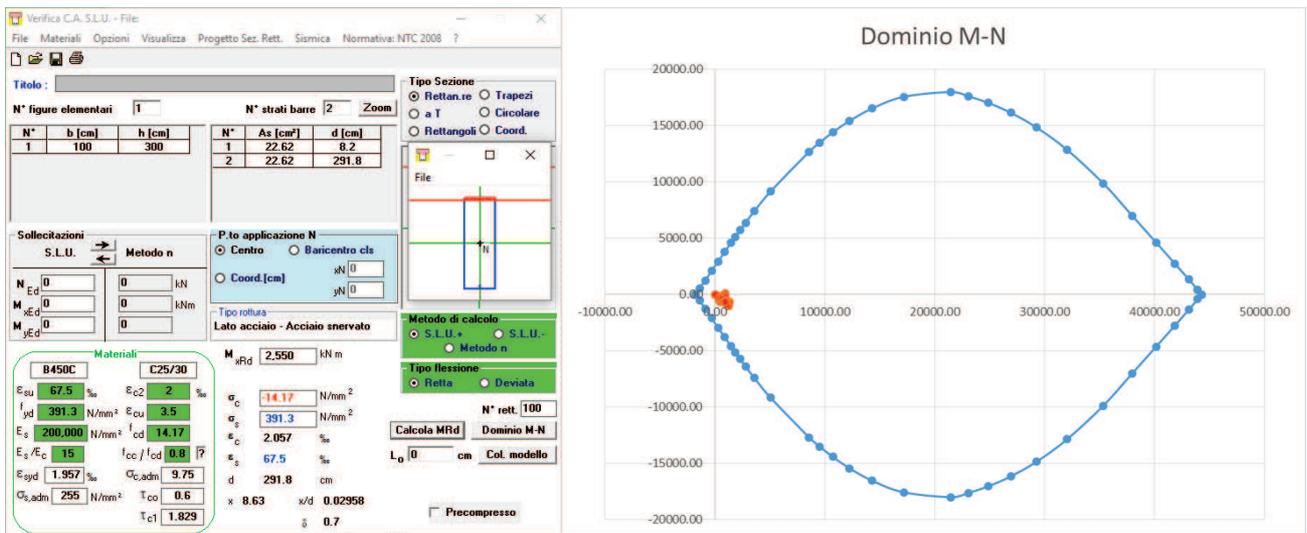


Figura 25 - Verifica sezione 3: dominio resistente e verifiche allo SLU per il rivestimento definitivo dei piedritti B = 1.00 m, H = 3.00 m $5\phi 24$ sul lato esterno (estradosso) e $5\phi 24$ sul lato interno (intradosso)

Le verifiche strutturali condotte sulla fondazione evidenziano la necessità di un'armatura principale simmetrica, costituita da $5\Phi 24/100\text{cm}$ (ipotizzando un copriferro di circa 7 cm).

Trasversalmente si prevede l'utilizzo di 9ganci $\Phi 14/\text{m}^2$ ($V_{Rd} = 869 \text{ kN} > V_{ed,max} = 191.55 \text{ kN}$)

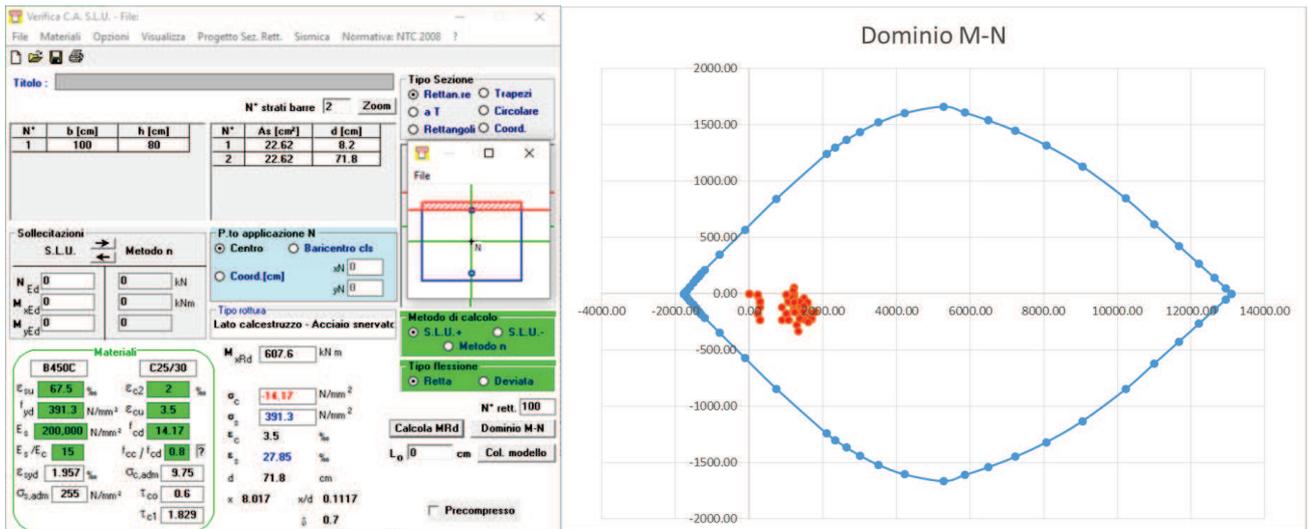


Figura 26 - Verifica sezione 4: dominio resistente e verifiche allo SLU per il rivestimento definitivo di fondazione; $B = 1.00 \text{ m}$, $H = 0.80 \text{ m}$ $5\phi 24$ sul lato esterno (estradosso) e $5\phi 24$ sul lato interno (intradosso)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

12.3.2 Risultati delle verifiche SLE

Le verifiche SLE del rivestimento definitivo sono finalizzate a prevenire la formazione di un quadro fessurativo non controllato tale da compromettere la durabilità dell'opera. A tal fine la Normativa stabilisce un limite massimo all'ampiezza delle fessure (SL di fessurazione) e al contempo impone il rispetto di opportuni limiti tensionali sia nell'acciaio che nel calcestruzzo (SL di tensione).

Nello specifico dei risultati descritti nei paragrafi a seguire (e come riportato in All. [2]), sono state considerate le sollecitazioni relative agli inviluppi SLE delle combinazioni riportate nel 11.2.2.

Risultati delle verifiche Tensionali

Le verifiche allo stato limite di tensione eseguite sul rivestimento in calcestruzzo, armato secondo quanto definito nel § 12.3.1, risultano soddisfatte. In particolare si osserva quanto segue:

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI ($f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$)
 Comb. rara n.ro 2: Tens. cls= $2.89 < 0.60 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$
 Comb. rara n.ro 2: Tens. acciaio= $5.63 > -0.80 \cdot f_{yk} = -360.00 \text{ N/mm}^2$
 Comb. q. per. n.ro 2: Tens. cls= $2.67 < 0.45 \cdot f_{ck} = 11.20 \text{ N/mm}^2$
 VERIFICHE POSITIVE

Risultati delle verifiche a Fessurazione

Le verifiche del quadro fessurativo riscontrato sul rivestimento in calcestruzzo, armato secondo quanto definito nel § 12.3.1, risultano soddisfatte. In particolare si osserva quanto segue:

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE
 Comb. freq. n.ro 2: Tens. min. cls= -0.13 N/mm^2 ; $\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = -2.13 \text{ N/mm}^2$, $f_{ctk} = -2.15 \text{ N/mm}^2$
 $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0000 \text{ mm} < w_3 = 0.4 \text{ mm} \dots$ VERIFICA POSITIVA
 Comb. q. per. n.ro 2: Tens. min. cls= -1.18 N/mm^2 ; $\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = -2.13 \text{ N/mm}^2$, $f_{ctk} = -2.15 \text{ N/mm}^2$
 $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0000 \text{ mm} < w_2 = 0.3 \text{ mm} \dots$ VERIFICA POSITIVA

definitiva i valori di cui sopra si mantengono sempre al di sotto dei limiti imposti dalla Normativa, ragion per cui le verifiche dello stato tensionale e fessurativo in condizioni di esercizio risultano soddisfatte.

In conclusione, sulla base dei risultati delle verifiche strutturali condotte sia nei confronti degli SLU/SLV che degli SLE, può essere definita un'incidenza media di armatura:

per arco rovescio e murette **90 kg/m³**

per calotta e piedritti **90 kg/m³**

12.4 Opere di sostegno muri d'ala definitivi

Conoscendo le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e di ritombamento dei muri d'ala per l'imbocco lato ME, è stato possibile verificare la sezione, scegliendo quella con l'altezza massima.

In particolare è stata verificata la seguente sezione:

- Muro di altezza massima pari a $H = 3.00$ m, per fondazione di larghezza pari a 3.0 m e spessore 0.7m;

12.4.1 Sezione – $H = 3.0$ m

Sono di seguito riportate le principali caratteristiche del muro di sostegno e del modello geotecnico utilizzati per le analisi di verifica.

La seguente mostra la sezione simulata.

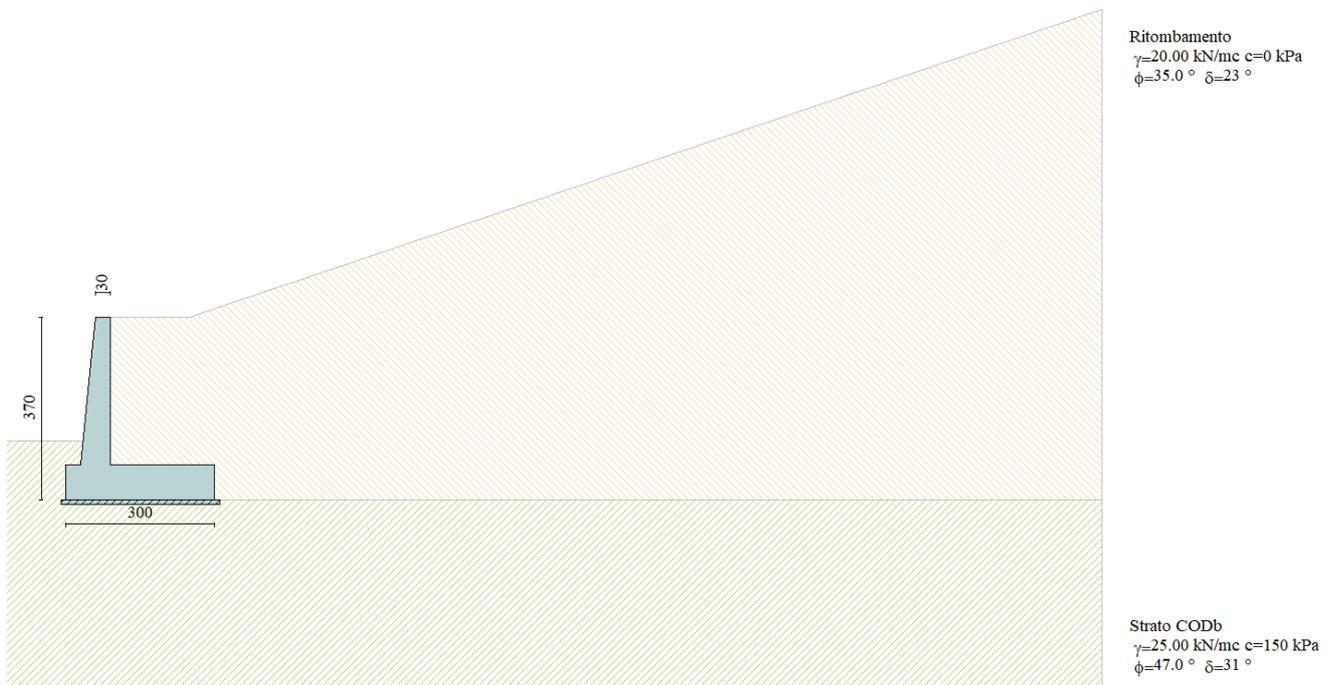


Figura 27 - Sezione di calcolo

Tipologia struttura di sostegno	Muro di sostegno
Altezza totale paramento	$H_{tot} = 3.00$ m
Altezza paramento libera	$H = 2.50$ m
Spessore in testa	0.30 m
Inclinazione interna del paramento (°)	5.7°
Inclinazione esterna del paramento (°)	0
Base inferiore del muro	0.60 m
Lunghezza del muro	13.80 m
Lunghezza mensola di valle	0.30 m
Lunghezza mensola di monte	2.10 m
Lunghezza totale fondazione	3.0 m
Altezza fondazione	0.7 m
Sovraccarichi permanenti a valle	-
Sovraccarichi variabili a monte	-
Sovraccarichi variabili a valle	-

Tabella 25 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo

I parametri geotecnici adottati nelle analisi variano a seconda della combinazione di riferimento adottata in considerazione della specifica verifica prevista dal D.M. 14/01/2008 così come riportato nel prospetto che segue. Si sottolinea che i coefficienti di spinta sono stati determinati considerando la pendenza reale del terreno a tergo del muro.

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Strato CODb	25.00	25.00	47.00	31.33	150.0	75.0
Ritombamento	20.00	20.00	35.00	23.33	0.0	0.0

Descrizione Descrizione terreno

γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]

γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]

ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]

δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]

c Coesione espressa in [kPa]

c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]

	Imbocco lato Messina
	Muri d'ala
Coord. geografiche	Lat: 37.88204 Long: 15.29610
T_R	1068 anni
a_g/g	0.309
F_0	2.492
Categoria sottosuolo	B
S_S	1.093
Categoria topografica	T2
S_T	1.200
a_{max}/g	0.4053

Tabella 26 – Parametri per l'analisi sismica

Materiali utilizzati

Calcestruzzo: C25/30

Acciaio Armature : tipo B450C

Descrizione combinazioni di carico
Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0.90	1.00	0.90
Peso proprio terrapieno	FAV	0.90	1.00	0.90
Spinta terreno	SFAV	1.10	1.00	1.10

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
--	-----	----------	--------	-----------------

Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

 12.4.1.1 Verifiche SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)

I risultati delle analisi sono di seguito descritti in sintesi ed illustrati in maggior dettaglio nell'allegato pertinente (All. n.3)

1) Quadro riassuntivo delle verifiche GEO e EQU

Verifica a scorrimento

Combinazione	Tipo	Sisma	Verifica a scorrimento		
			Approccio 2: (A1 + M1 + R3) $\gamma_R = 1.1$		
			$F_s = E_d$	$F_r = R$	$R_d = R/\gamma_R$
1	A1-M1 - [1]	-	56.30	369.5	335.90
2	A1-M1 - [1]	-	56.30	408.41	371.28
3	A1-M1 - [1]	-	56.30	392.66	356.97
4	A1-M1 - [1]	-	56.30	385.25	350.23
7	A1-M1 - [2]	Orizz + Vert neg	88.84	362.67	329.7
8	A1-M1 - [2]	Orizz + Vert pos	93.48	380.40	345.81

Essendo verificata la disuguaglianza: $E_d < R_d$ la verifica risulta soddisfatta.

Verifica a ribaltamento

Combinazione	Tipo	Sisma	Verifica a ribaltamento		
			Approccio 2: (A1 + M1 + R3) $\gamma_R = 1.0$		
			$M_r = E_d$	$M_s = R$	$R_d = R/\gamma_R$
5	EQU - [1]	-	83.81	381.63	381.63
9	EQU - [2]	Oriz + Vert neg	184.21	441.76	441.76
10	EQU - [3]	Oriz + Vert pos	168.34	469.09	469.09

Essendo verificata la disuguaglianza: $E_d < R_d$ la verifica risulta soddisfatta.

Verifica a carico limite

Combinazione	Tipo	Sisma	Verifica a carico limite		
			Approccio 2: (A1 + M1 + R3) $\gamma_R = 1.4$		
			$P = E_d$	$Q_u = R$	$R_d = R/\gamma_R$
1	A1-M1 - [1]	-	237.38	94850.74	67750.52
2	A1-M1 - [1]	-	301.31	100906.31	72075.93
3	A1-M1 - [1]	-	275.44	96797.44	69141.02
4	A1-M1 - [1]	-	263.26	94596.52	67568.94
7	A1-M1 - [2]	Oriz + Vert neg	226.16	59946.44	42818.88
8	A1-M1 - [2]	Oriz + Vert pos	255.29	62786.55	44847.53

Essendo verificata la disuguaglianza: $E_d < R_d$ la verifica risulta soddisfatta.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

Verifica di stabilità globale

Le analisi sono condotte mediante il metodo dell'equilibrio limite implementato con le formulazioni di Bishop; i risultati sono espressi in termini di rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e quella mobilitata lungo le superfici di scorrimento analizzate.

Nella tabella che segue sono riportati i gradi di sovraresistenza (R/E_d) rispetto alle azioni sollecitanti di progetto $E_d (= E \gamma_E)$ ottenuti secondo la formulazione di Bishop e per ciascuna combinazione delle azioni.

<i>Combinazione</i>	<i>Formulazione</i>
	<i>Bishop</i>
<i>Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)</i>	5.64
<i>Comb. n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo</i>	4.29
<i>Comb. n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo</i>	4.47

Tabella 27 - Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità globale

Eseguendo il calcolo mediante il D.M. 14/01/2008, Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), il coefficiente parziale γ_R vale 1.10; quindi considerando la resistenza di progetto $R_d = \frac{R}{\gamma_R}$ (cfr. § 6.2.3.1), risulta sempre verificata la disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

per cui la verifica di stabilità globale può considerarsi soddisfatta.

Nella figura di seguito riportata è rappresentata la superficie di scorrimento della combinazione critica (*Comb. n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)*) a cui corrisponde il minor grado di sovraresistenza ($R/E_d = 4.29$).

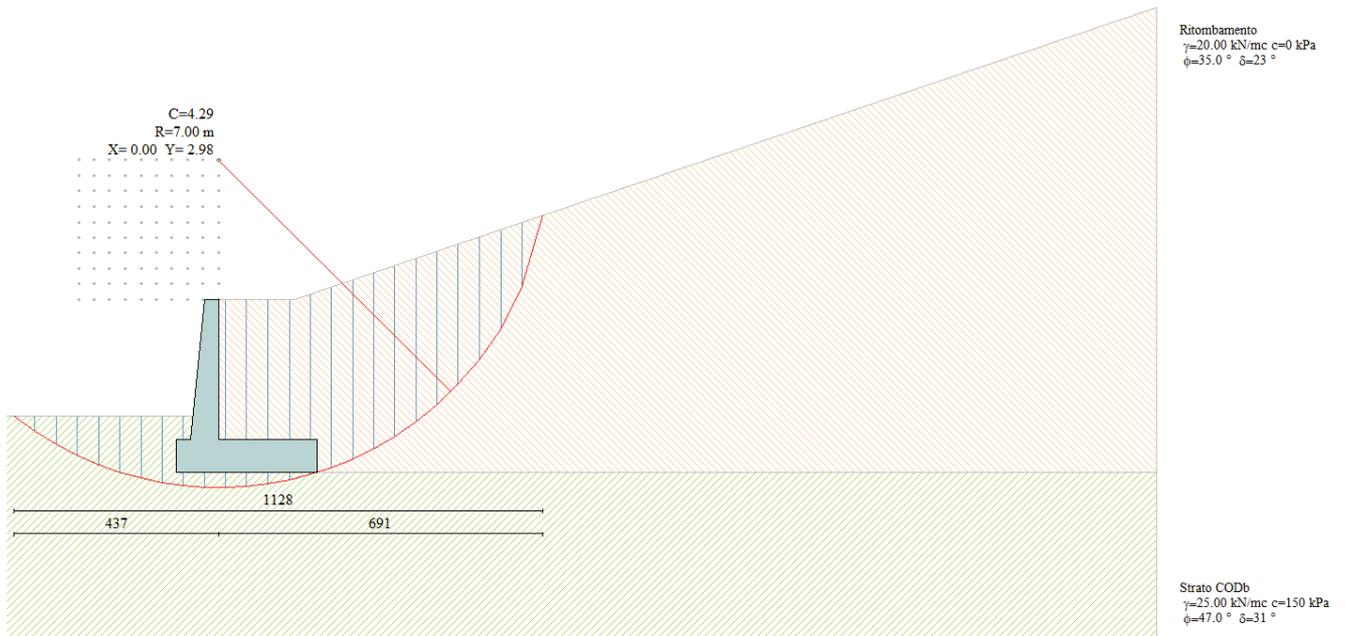


Figura 28 - Modello di calcolo e superficie di scorrimento della combinazione critica

	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

2) Verifiche SLU STR

Vengono riportate le verifiche strutturali degli elementi costituenti l'opera di sostegno (paramento e fondazione).

I principali risultati delle analisi sono descritti in sintesi nel seguito; per una più completa rappresentazione degli stessi si rimanda allo specifico allegato.

Le verifiche strutturali SLU/SLV vengono eseguite per confronto tra le sollecitazioni di calcolo (ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando gli opportuni coefficienti parziali) e le resistenze di calcolo (definite dai punti M_{Rd} , N_{Rd} che definiscono il dominio resistente nel piano M, N). Le verifiche riportate in seguito vengono condotte sugli elementi strutturali considerando le sollecitazioni più significative. In allegato sono invece riportati i tabulati numerici relativi alle sollecitazioni su tutti gli elementi strutturali delle suddette combinazioni SLU/SLV, complete delle verifiche numeriche.

Verifiche strutturali del paramento

Nei prospetti che seguono, per le combinazioni STR statica e sismica, si riportano gli involuppi degli andamenti delle caratteristiche della sollecitazione sul paramento, ed i valori numerici relativi alle sezioni di sollecitazioni massime, scelte come rappresentative per le verifiche strutturali.

<i>Condizione</i>	M_{Sd}	T_{Sd}	N_{Sd}
<i>[-]</i>	<i>[kNm/m]</i>	<i>[kN/m]</i>	<i>[kN/m]</i>
SLU	24.02	26.37	33.71
SLV	32.83	33.76	33.71

Tabella 28 - Sollecitazioni allo SLU e SLV nella combinazione A1+M1+R1

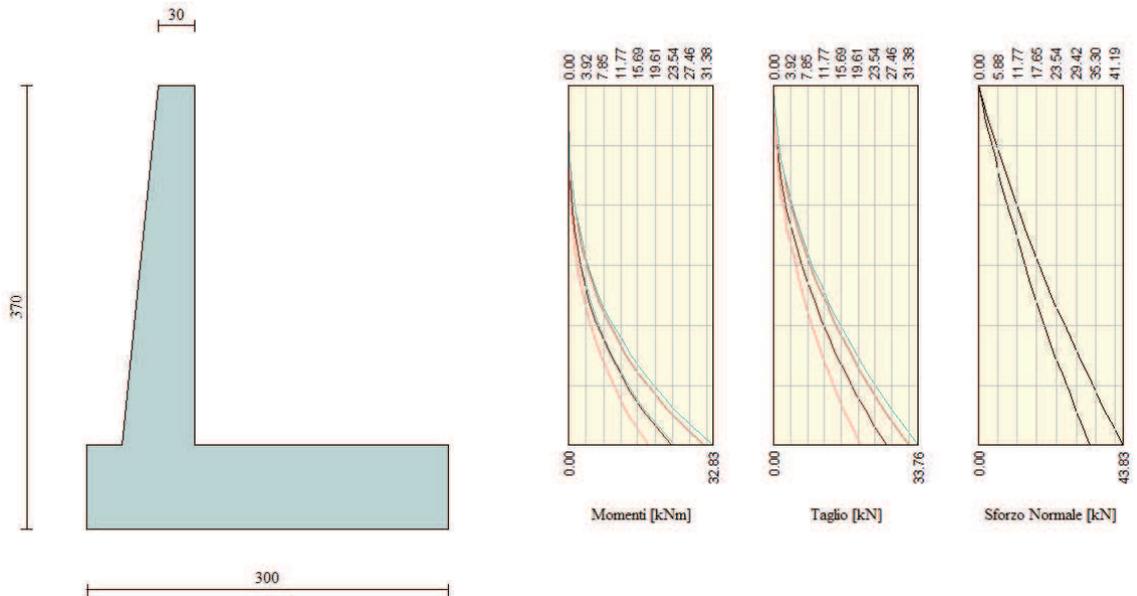


Figura 29 – Involuppo caratteristiche della sollecitazione sul paramento

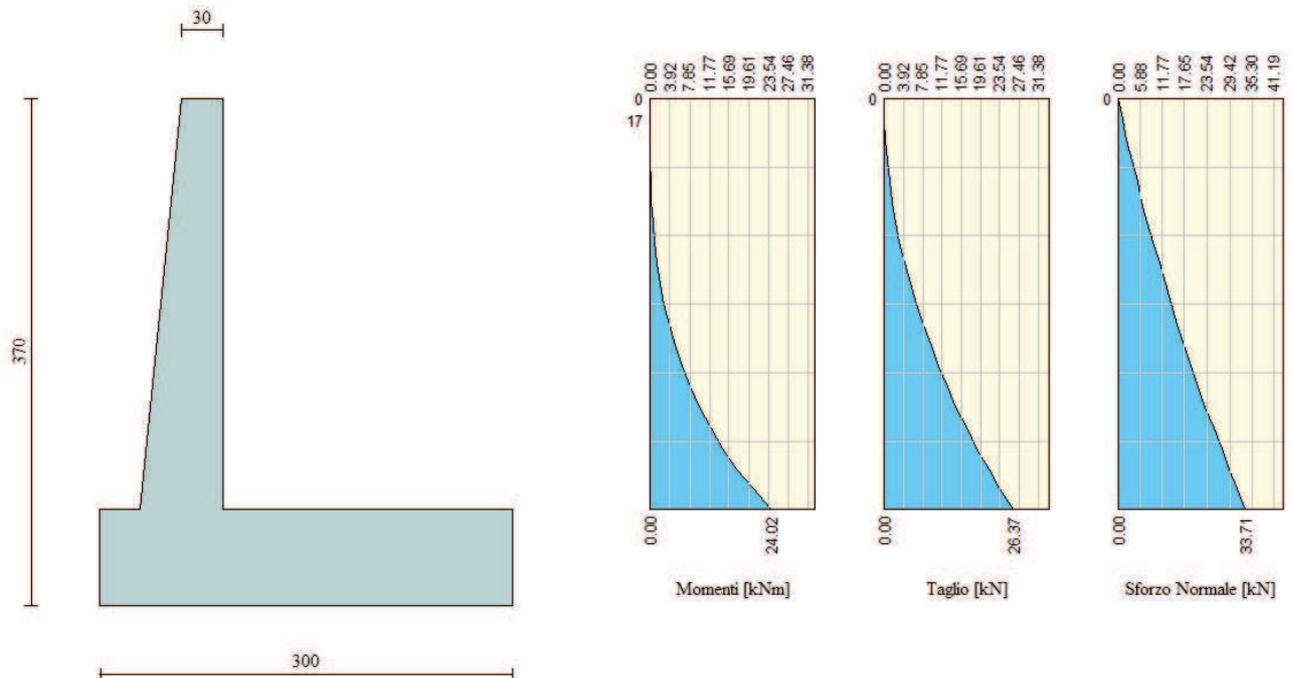


Figura 30 – SLU-STR – Caratteristiche della sollecitazione sul paramento

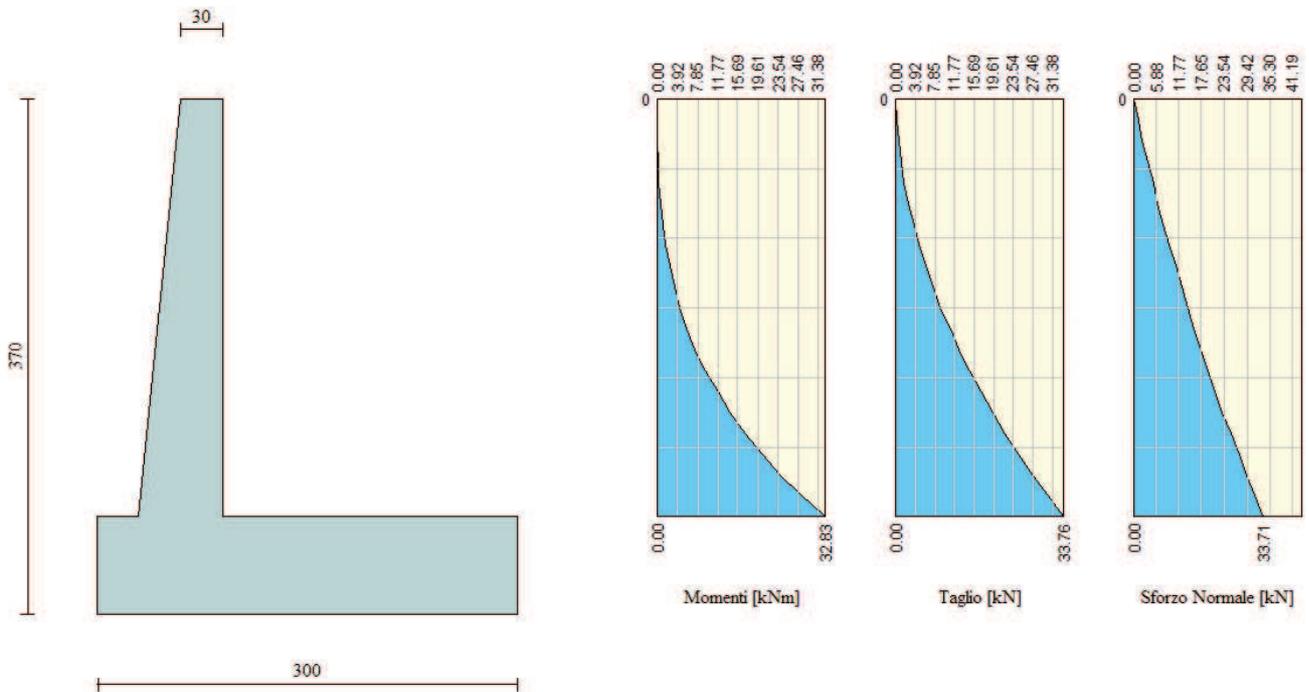


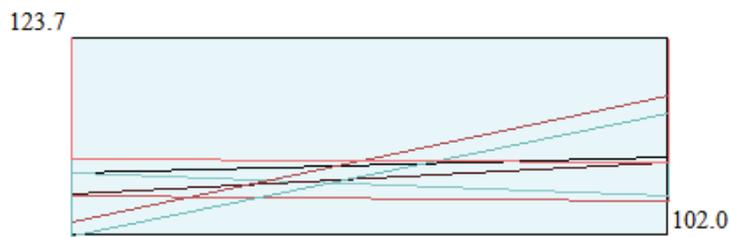
Figura 31 – SLV-STR – Caratteristiche della sollecitazione sul paramento

Verifiche strutturali della fondazione

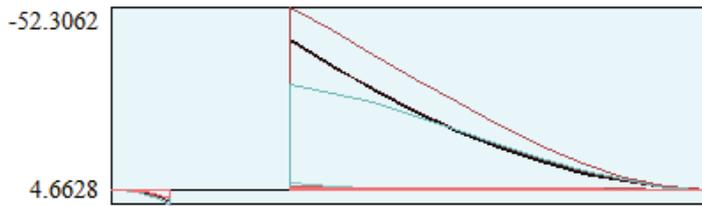
Nei prospetti che seguono, per le combinazioni STR statica e sismica, si riportano gli involuipi degli andamenti delle caratteristiche della sollecitazione sulla fondazione, ed i valori numerici relativi alle sezioni di sollecitazioni massime, scelte come rappresentative per le verifiche strutturali.

Condizione	M_{Sd}	T_{Sd}
[-]	[kNm/m]	[kN/m]
SLU	-43.3690	-38.2356
SLV	-52.3062	-38.2356

Tabella 29 - Sollecitazioni allo SLU e SLV nella combinazione A1+M1+R1



Pressioni sul terreno

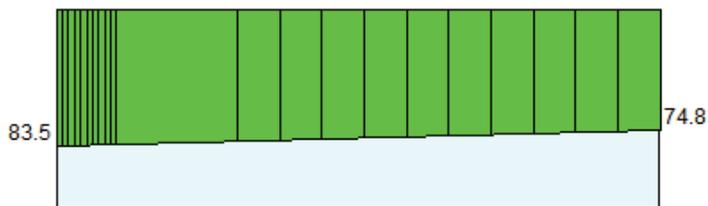


Momento



Taglio

Figura 32 – Involuppo caratteristiche della sollecitazione sulla fondazione



Pressioni sul terreno



Momento



Taglio

Figura 33 – SLU-STR – Caratteristiche della sollecitazione sulla fondazione

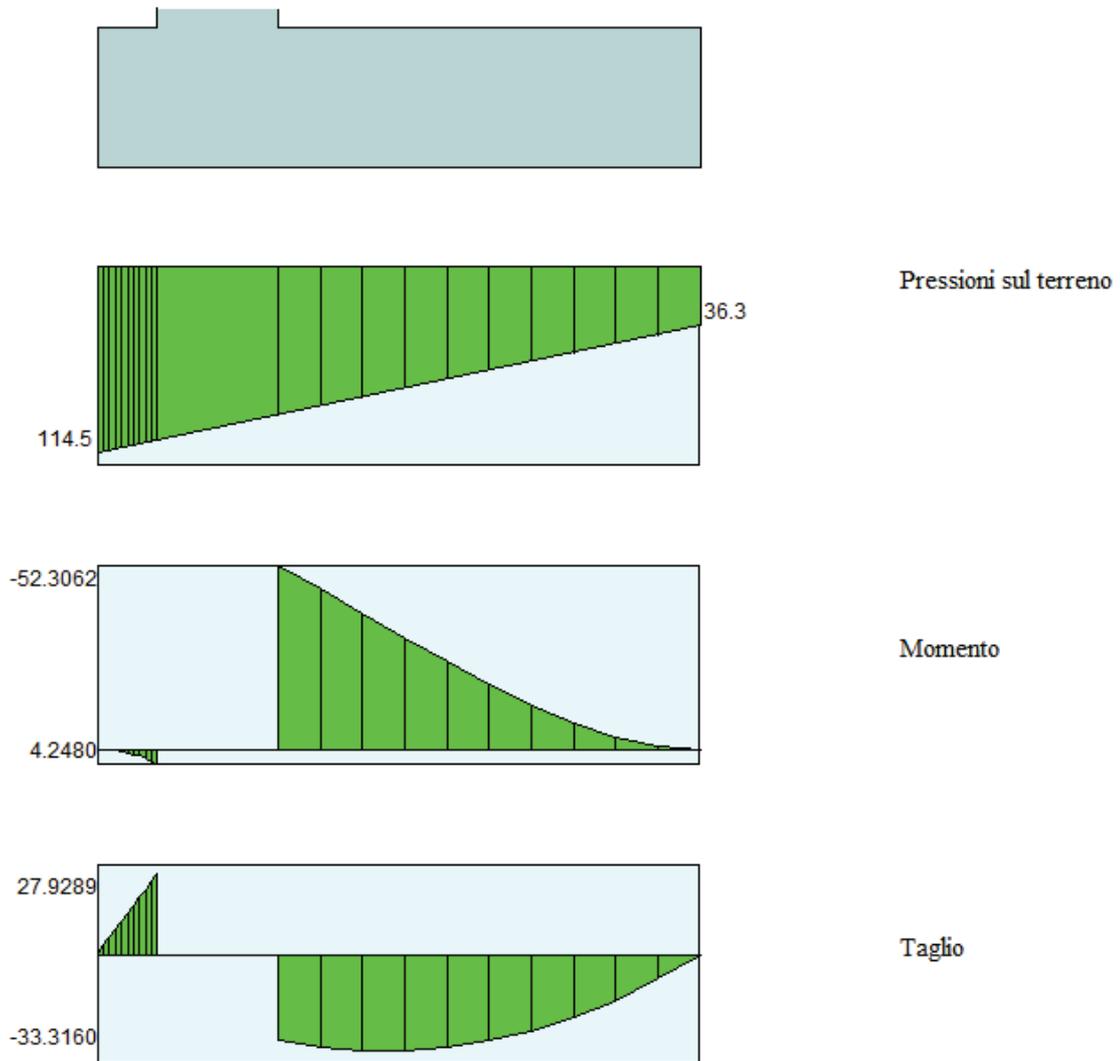


Figura 34 – SLV-STR – Caratteristiche della sollecitazione sulla fondazione

12.4.1.2 Risultati delle verifiche SLU/SLV

Risultati delle verifiche a pressoflessione del paramento

Si riportano qui di seguito i domini di resistenza per la sezione più sollecitata.

La sezione considerata ha le seguenti dimensioni: $b = 100 \text{ cm}$; $H = 60 \text{ cm}$.

Le verifiche strutturali evidenziano, in questo caso, la necessità di un'armatura principale costituita da $\Phi 16/20$ cm lato terreno e $\Phi 16/20$ lato valle (ipotizzando un copriferro di 5 cm).

Si considera un'armatura di ripartizione composta da barre $\Phi 12/20$ e n.9 ganci $\Phi 8$ al m^2 .

Condizione	M_{Sd}	M_{Rd}
[-]	[kNm/m]	[kNm/m]
SLU	24.02	221.1
SLV	32.83	221.1

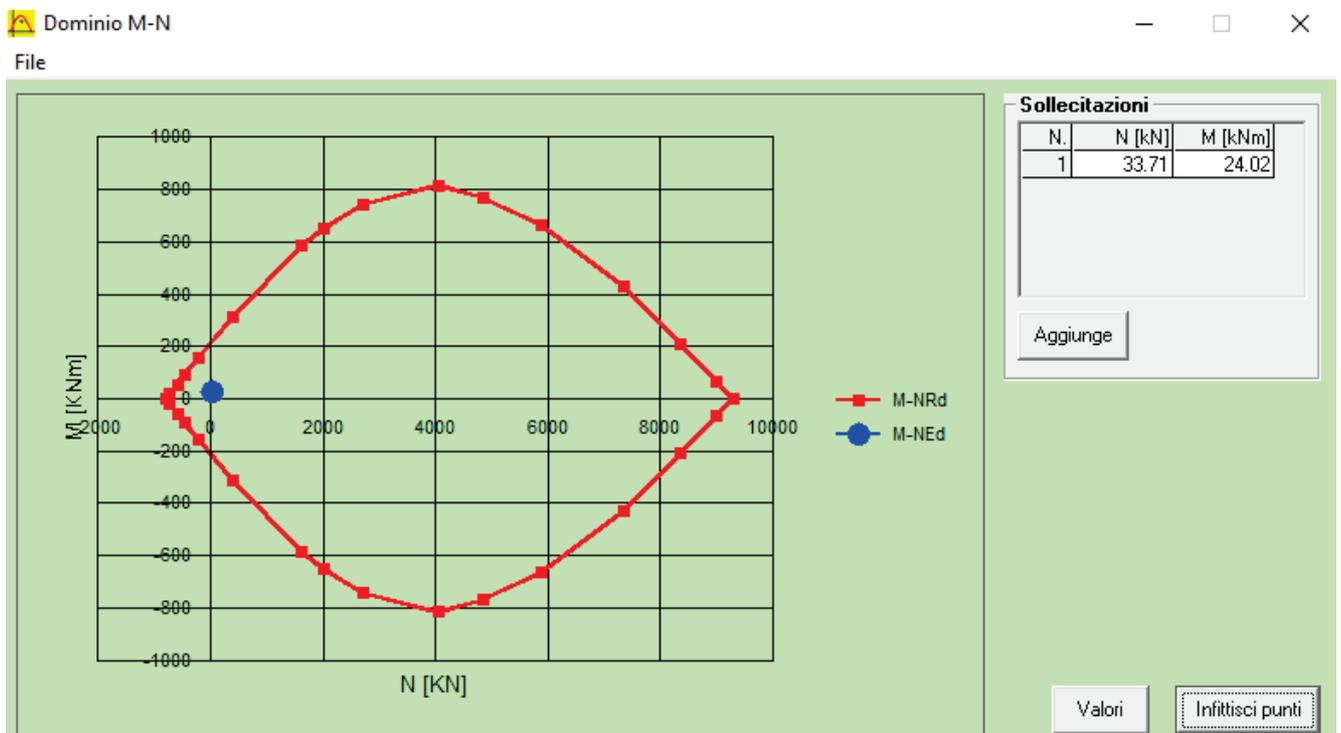


Figura 35 – Dominio resistente e verifiche allo SLU del paramento $B = 100 \text{ cm}$ $H = 60 \text{ cm}$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

Essendo soddisfatta la disuguaglianza: $M_{rd} = 221.1 \text{ kNm} > M_{sd} = 24.02 \text{ kNm}$ la verifica a pressoflessione è soddisfatta.

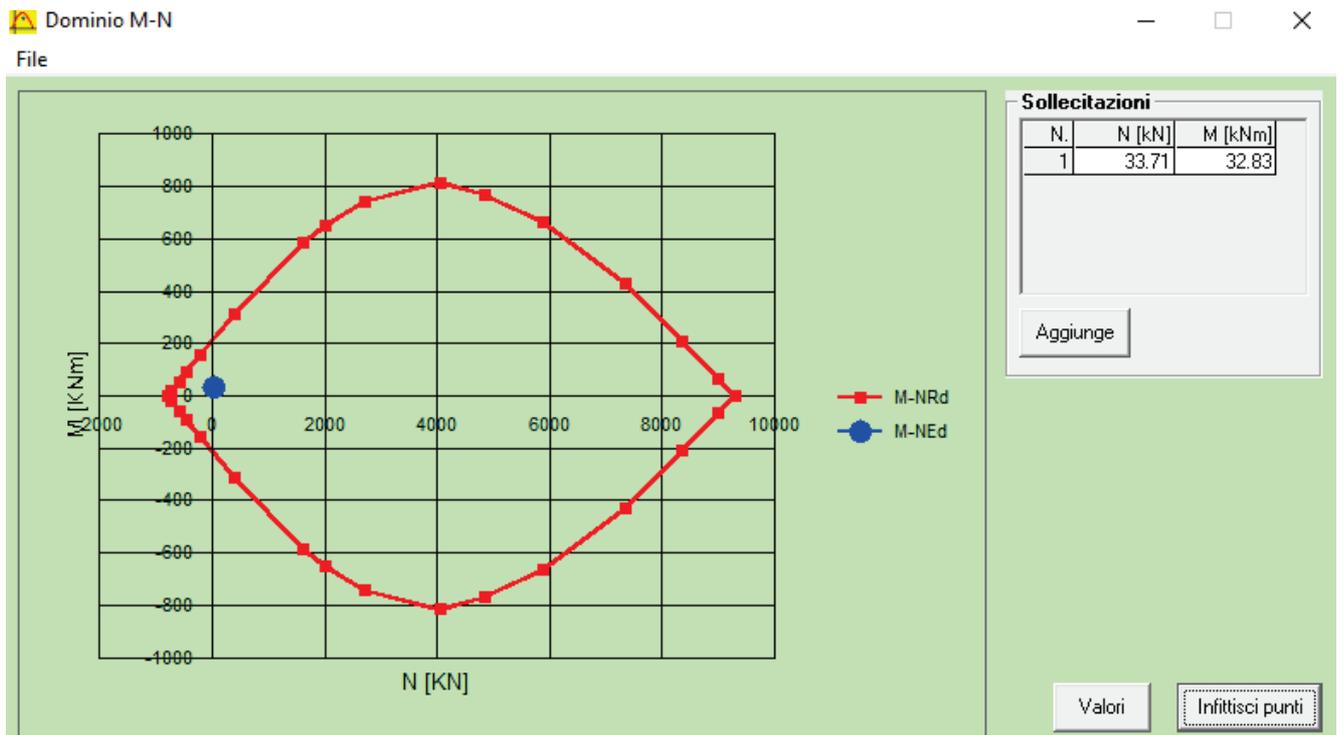


Figura 36 – Dominio resistente e verifiche allo SLV del paramento B = 100 cm H = 60 cm

Essendo soddisfatta la disuguaglianza: $M_{rd} = 221.1 \text{ kNm} > M_{sd} = 32.83 \text{ kNm}$ la verifica a pressoflessione è soddisfatta.

VERIFICA ALLO SLU A TAGLIO PER ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
classe cls	Rck		30.0		N/mm ²
resist. caratteristica cilindrica	fck		24.90		N/mm ²
resist. media a compressione cilindrica	fc _m		32.90		N/mm ²
coeff riduttivo per carichi lunga durata	α _{cc}		0.85		
coeff. parziale	γ _c		1.50		
resist. di calcolo a compressione	fcd		14.11		N/mm ²
resist. media trazione cls (trazione semplice)	fct _m		2.56		N/mm ²
resist. media trazione cls (flessione)	fct _m		3.07		N/mm ²
resist. caratteristica a trazione cls (flessione)	fct _k		1.79		N/mm ²
resist. caratteristica a trazione cls (flessione)	fct _k		2.15		N/mm ²
resist. progetto a trazione cls (flessione)	fct _d		1.19		N/mm ²
resist. progetto a trazione cls (trazione)	fct _d		1.43		N/mm ²
altezza membratura resistente a V	D		0.60		m
altezza utile sezione	d		0.55		m
tensione media di compressione nella sezione < 0.2fcd			0.00		N/mm ²
larghezza membratura resist. a V	bw		1.00		m
k				1.60	
v _{min}				0.35	
Asl= armatura trazione ancorata (1)	n ferri	5	diametro (mm)		16
Asl= armatura trazione ancorata (2)	n ferri		diametro (mm)		
Asl= armatura trazione ancorata (3)	n ferri		diametro (mm)		
Asl= armatura trazione ancorata (4)	n ferri		diametro (mm)		
		Area tot	1005		mm ²
percentuale geometrica di armatura	ρ _t		0.0018		
Resistenza taglio elemento fessurato					
TAGLIO RESISTENTE	V_{rd}		195		kN
TAGLIO AGENTE	V_{sdu}		33.76		kN
			ok		
			F.S. =		5.77
Resistenza taglio elemento non fessurato					
TAGLIO RESISTENTE	V_{rd}		460		kN
TAGLIO AGENTE	V_{sdu}		33.76		kN
			ok		
			F.S. =		13.61

Essendo soddisfatta la disuguaglianza: $V_{rd} = 195 \text{ kN} > 33.76 \text{ kN}$, la verifica a taglio risulta soddisfatta.

La sezione risulta soddisfatta anche senza armatura a taglio; si dispone il quantitativo minimo di armatura nel numero di 9 ganci $\phi 8$ al m².

Risultati delle verifiche a pressoflessione della fondazione

Si riportano qui di seguito i domini di resistenza per la sezione più sollecitata.

La sezione considerata ha le seguenti dimensioni: $b = 100 \text{ cm}$; $H = 70 \text{ cm}$.

Le verifiche strutturali evidenziano, in questo caso, la necessità di un'armatura principale costituita da $\Phi 16/20$ cm all'estradosso e $\Phi 16/20$ all'intradosso (ipotizzando un copriferro di 5 cm).

Si considera un'armatura di ripartizione composta da barre $\Phi 12/20$ e n.1 cavallotto $\Phi 16$ al m^2 .

Condizione	M_{Sd}	M_{Rd}
[-]	[kNm/m]	[kN/m]
SLU	-43.37	251.8
SLV	-52.31	251.8

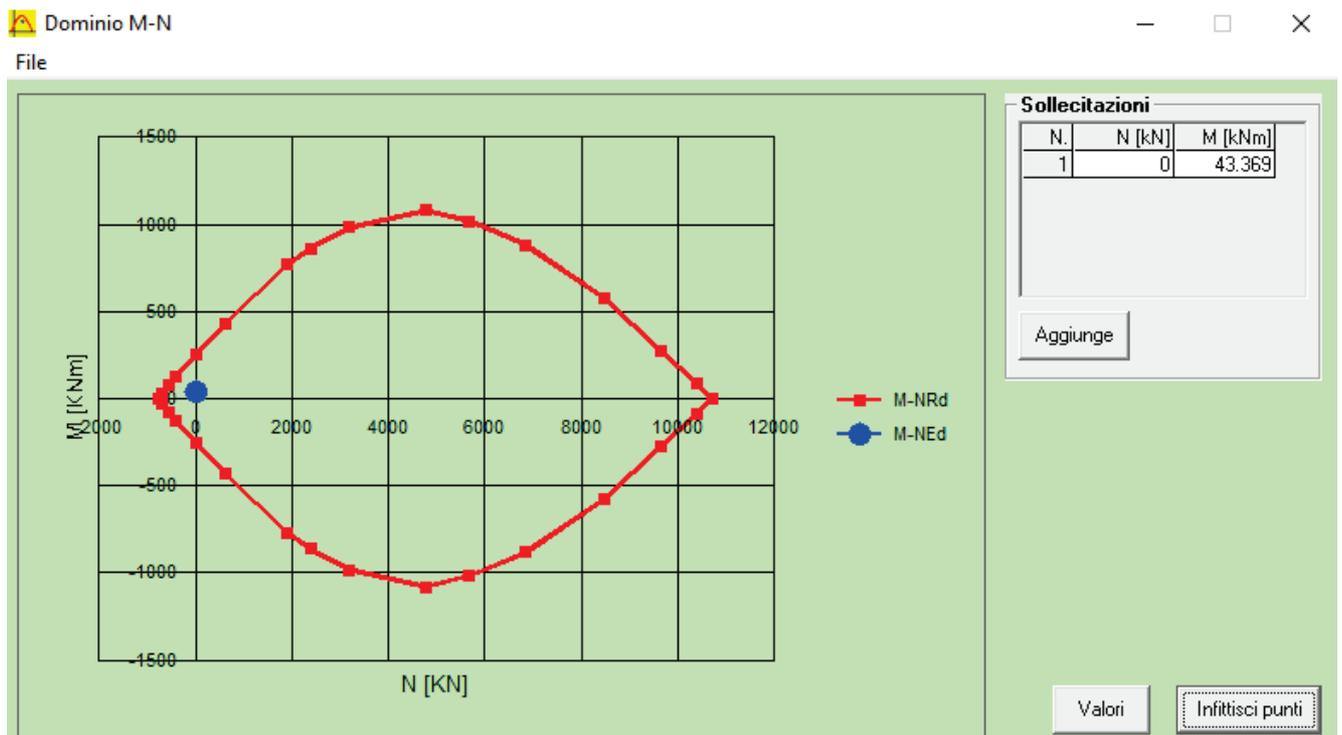


Figura 37 – Dominio resistente e verifiche allo SLU della fondazione $B = 100 \text{ cm}$ $H = 70 \text{ cm}$

Essendo soddisfatta la disuguaglianza: $M_{rd} = 251.8 \text{ kNm} > M_{sd} = 43.37 \text{ kNm}$ la verifica a pressoflessione è soddisfatta.

Dominio M-N

File

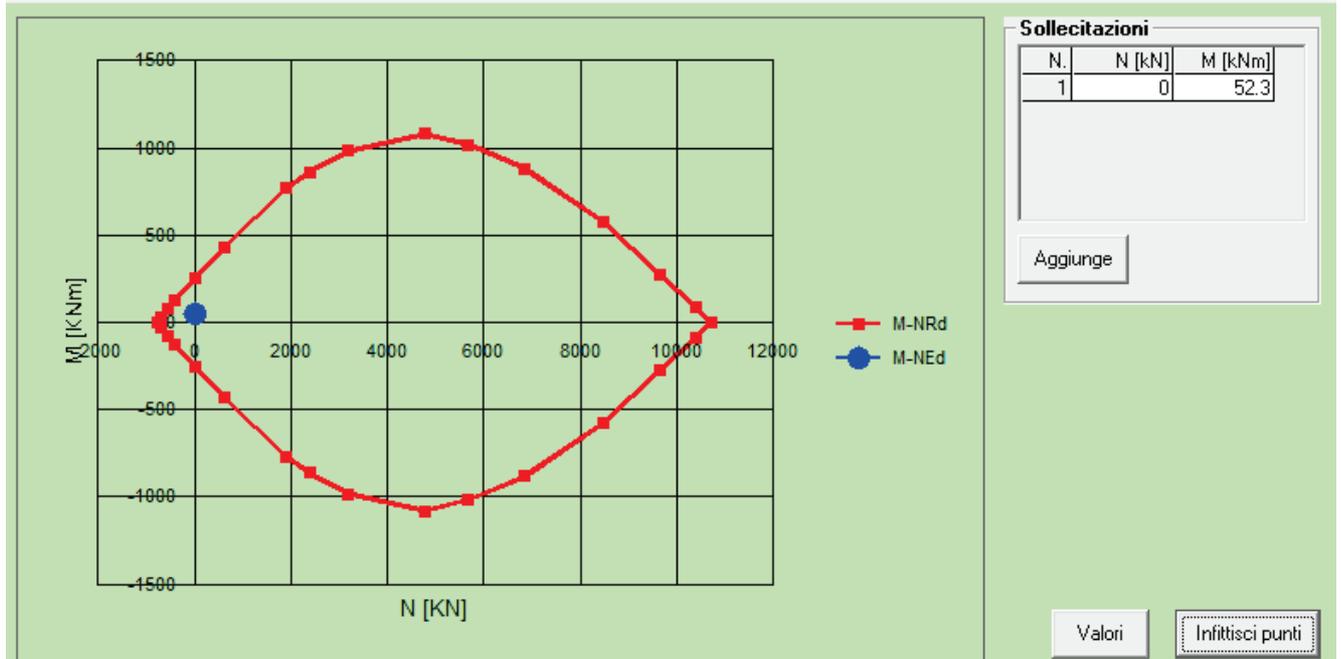


Figura 38 – Dominio resistente e verifiche allo SLV della fondazione B = 100 cm H = 70 cm

Essendo soddisfatta la disuguaglianza: $M_{rd} = 251.8 \text{ kNm} > M_{sd} = 52.3 \text{ kNm}$ la verifica a pressoflessione è soddisfatta.

VERIFICA ALLO SLU A TAGLIO PER ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

classe cls		Rck		30.0	N/mm ²
resist. caratteristica cilindrica		fck		24.90	N/mm ²
resist. media a compressione cilindrica		fcm		32.90	N/mm ²
coeff riduttivo per carichi lunga durata		α_{cc}		0.85	
coeff. parziale		γ_c		1.50	
resist. di calcolo a compressione		fcd		14.11	N/mm ²
resist. media trazione cls (trazione semplice)		fctm		2.56	N/mm ²
resist. media trazione cls (flessione)		fctfm		3.07	N/mm ²
resist. caratteristica a trazione cls (flessione)		fctk		1.79	N/mm ²
resist. caratteristica a trazione cls (flessione)		fck		2.15	N/mm ²
resist. progetto a trazione cls (flessione)		fctd		1.19	N/mm ²
resist. progetto a trazione cls (trazione)		fctd		1.43	N/mm ²
altezza membratura resistente a V		D		0.70	m
altezza utile sezione		d		0.65	m
tensione media di compressione nella sezione < 0.2fcd				0.00	N/mm ²
larghezza membratura resist. a V		bw		1.00	m
k				1.55	
vmin				0.34	
Asl= armatura trazione ancorata (1)	n ferri	5	diametro (mm)		16
Asl= armatura trazione ancorata (2)	n ferri		diametro (mm)		
Asl= armatura trazione ancorata (3)	n ferri		diametro (mm)		
Asl= armatura trazione ancorata (4)	n ferri		diametro (mm)		
		Area tot		1005	mm ²
percentuale geometrica di armatura	ρ_l			0.0015	
Resistenza taglio elemento fessurato					
TAGLIO RESISTENTE	Vrd			220	kN
TAGLIO AGENTE	Vsdu			38.2356	kN
				ok	
				F.S. =	5.76
Resistenza taglio elemento non fessurato					
TAGLIO RESISTENTE	Vrd			543	kN
TAGLIO AGENTE	Vsdu			38.2356	kN
				ok	
				F.S. =	14.21

Essendo soddisfatta la disuguaglianza: $V_{rd} = 220 \text{ kN} > V_{sd} = 38.23 \text{ kN}$ la verifica a taglio è soddisfatta.

La sezione risulta soddisfatta anche senza armatura a taglio; si dispongono cavallotti nel numero di 1 $\Phi 16$ al m² per facilitare le fasi di messa in opera dell'armatura.

	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D 07 RB	DOCUMENTO GA 06 00 001	REV. B

12.4.1.3 Risultati delle verifiche SLE

Le verifiche SLE sono finalizzate a prevenire la formazione di un quadro fessurativo non controllato tale da compromettere la durabilità dell'opera. A tal fine la Normativa stabilisce un limite massimo all'ampiezza delle fessure (SL di fessurazione) e al contempo impone il rispetto di opportuni limiti tensionali sia nell'acciaio che nel calcestruzzo (SL di tensione).

Nello specifico dei risultati descritti nei paragrafi a seguire sono state considerate le sollecitazioni relative agli involuppi SLE delle combinazioni definite; questi ultimi sono ottenuti, come detto, considerando il massimo momento flettente e il minimo sforzo normale su ciascun elemento strutturale.

Risultati delle verifiche Tensionali

Le verifiche allo stato limite di tensione eseguite sul paramento risultano soddisfatte. In particolare si osserva quanto segue:

- nella combinazione “Caratteristica” (o “Rara”) nella sezione di verifica le massime tensioni sollecitanti di calcolo sono pari rispettivamente a 0.55 MPa nel calcestruzzo e 19.037 MPa nell'acciaio sul paramento e a 0.062 MPa nel calcestruzzo e 4.229 MPa nell'acciaio in fondazione; tali massimi delle tensioni sollecitanti risultano comunque inferiori alle tensioni resistenti di calcolo ($0.55 f_{ck} = 13.75$ MPa per il calcestruzzo e $0.75 f_{yk} = 337.50$ MPa per l'acciaio): le verifiche risultano soddisfatte.
- nella combinazione “Quasi permanente” nella sezione di verifica le massime tensioni sollecitanti di calcolo sono pari rispettivamente a 0.55 MPa nel calcestruzzo e 19.037 MPa nell'acciaio sul paramento e a 0.062 MPa nel calcestruzzo e 4.229 MPa nell'acciaio in fondazione; tali massimi delle tensioni sollecitanti risultano comunque inferiori alle tensioni resistenti di calcolo ($0.40 f_{ck} = 10.00$ MPa per il calcestruzzo e $0.75 f_{yk} = 337.50$ MPa per l'acciaio): le verifiche risultano soddisfatte.

Risultati delle verifiche a Fessurazione

Le verifiche del quadro fessurativo riscontrato sul rivestimento in calcestruzzo, armato secondo quanto definito nel paragrafo precedente, risultano soddisfatte. In particolare si osserva quanto segue:

- nella combinazione “Frequente” sia sul paramento che in fondazione non sono presenti sollecitazioni sufficienti a portare alla fessurazione degli elementi; la verifica risulta quindi soddisfatta.
- nella combinazione “Quasi Permanente” sia sul paramento che in fondazione non sono presenti sollecitazioni sufficienti a portare alla fessurazione degli elementi; la verifica risulta quindi soddisfatta..

In definitiva i valori di cui sopra si mantengono sempre al di sotto dei limiti imposti dalla Normativa (0.20 mm), ragion per cui le verifiche dello stato tensionale e fessurativo in condizioni di esercizio risultano soddisfatte.

In conclusione, sulla base dei risultati delle verifiche strutturali condotte può essere definita la seguente incidenza di armatura:

- elevazione: 70 kg/m^3 .
- fondazione: 60 kg/m^3 .

13 MONITORAGGIO

Per il monitoraggio delle opere di imbocco della Galleria Taormina si rimanda alla Relazione tecnica delle opere in sotterraneo (Rif. [1]).

CONCLUSIONI

Nella presente relazione, parte integrante del progetto definitivo per il raddoppio della linea Giampilieri-Fiumefreddo sull'itinerario Messina-Catania, per una estensione complessiva di circa 42 km, sono stati definiti gli aspetti principali della progettazione definitiva delle opere di imbocco della galleria Taormina.

Sono state descritte e verificate le opere di imbocco. In particolare sono state verificate le opere di sostegno, la stabilità degli scavi e le tratte di galleria artificiale.

Il soddisfacimento di tutte le verifiche previste dalla Normativa dimostra l'adeguatezza e l'efficacia delle soluzioni progettuali, sia in fase costruttiva, sia nella configurazione finale ed in condizioni sismiche.

GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA
E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO LATO
MESSINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO
RS2S	02	D 07 RB	GA 06 00 001	B	1

ALLEGATO 1

TITOLO	Analisi e verifica dell'opera di sostegno
TIPO DI DOCUMENTO:	Documento - Formato A4
CODIFICA:	-
PAGINE:	@
DATA:	Settembre 2017
SORGENTE:	U.O. Gallerie Italferr S.p.A.
NOTE:	-

PARATIE *plus*TM
2016.1

1. GALLERIA TAORMINA – IMBOCCO LATO MESSINA - SEZ 1

2. Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry kN/m ³	γ sat kN/m ³	ϕ' °	c_v °	ϕ_p °	c' kPa	Su kPa	Modulo Elastico Eu	Evc kPa	Eur kPa	Ah kPa	Avexp kPa	Rur/Rvc kPa	Rvc kPa	Ku kPa	Kvc kN/m ³	Kur kN/m ³
1	CODd/CODb	25	25	47			150		Constant	340000	544000							

3. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Muro di sinistra

Sezione : Micropali/0.40m

Area equivalente : 0.0184298855607986 m

Inerzia equivalente : 0 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.4 m

Diametro : 0.22 m

Efficacia : 0.8

Materiale acciaio : S275

Sezione : CHS139.7*8

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.4 m

Spessore : 0.008 m

Diametro : 0.1397 m

4. Fasi di Calcolo

Geostatica

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.73 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 68.75 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.73 m

Pressione iniziale : 258.75 kPa

Pressione finale : 68.75 kPa

Paratia

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.73 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 68.75 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.73 m

Pressione iniziale : 258.75 kPa

Pressione finale : 68.75 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Scavo -3.55m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.55 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3.55 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.73 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 68.75 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.73 m

Pressione iniziale : 258.75 kPa

Pressione finale : 68.75 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tir 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.55 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3.55 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.73 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 68.75 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.73 m

Pressione iniziale : 258.75 kPa

Pressione finale : 68.75 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2.55 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 12 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Scavo -7.05m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.05 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7.05 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.73 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 68.75 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.73 m

Pressione iniziale : 258.75 kPa

Pressione finale : 68.75 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2.55 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 12 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tir 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.05 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7.05 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.73 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 68.75 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.73 m

Pressione iniziale : 258.75 kPa

Pressione finale : 68.75 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -6.05 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 10 m

Precarico : 220 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2.55 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 12 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Scavo -10.55m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -10.55 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-10.55 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.73 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 68.75 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.73 m

Pressione iniziale : 258.75 kPa

Pressione finale : 68.75 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -6.05 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 10 m

Precarico : 220 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2.55 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 12 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tir 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -10.55 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-10.55 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.73 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 68.75 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.73 m

Pressione iniziale : 258.75 kPa

Pressione finale : 68.75 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -6.05 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 10 m

Precarico : 220 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m
Z : -9.55 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 8 m
Precarico : 240 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m
Z : -2.55 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 12 m
Precarico : 200 kN
Angolo : 5 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Scavo -14.05m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -14.05 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-14.05 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.73 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 68.75 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.73 m

Pressione iniziale : 258.75 kPa

Pressione finale : 68.75 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -6.05 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 10 m

Precarico : 220 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m
Z : -9.55 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 8 m
Precarico : 240 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m
Z : -2.55 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 12 m
Precarico : 200 kN
Angolo : 5 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tir 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -14.05 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-14.05 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.73 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 68.75 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.73 m

Pressione iniziale : 258.75 kPa

Pressione finale : 68.75 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -6.05 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 10 m

Precarico : 220 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m
Z : -9.55 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 8 m
Precarico : 240 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR4

X : 0 m
Z : -13.05 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 6 m
Precarico : 260 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m
Z : -2.55 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 12 m
Precarico : 200 kN
Angolo : 5 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Fondo scavo

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -14.63 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-14.63 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.73 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 68.75 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.73 m

Pressione iniziale : 258.75 kPa

Pressione finale : 68.75 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -6.05 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 10 m

Precarico : 220 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m
Z : -9.55 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 8 m
Precarico : 240 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR4

X : 0 m
Z : -13.05 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 6 m
Precarico : 260 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m
Z : -2.55 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 12 m
Precarico : 200 kN
Angolo : 5 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

5. Descrizione Coefficienti Design Assumption

Coefficienti A

Nome	Carichi Per- manenti Sfa- vorevoli (F_dead_load _unfavour)	Carichi Per- manenti Fa- vorevoli (F_dead_loa d_favour)	Carichi Va- riabili Sfa- vorevoli (F_live_load_ unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Sismico (F_seism _load)	Pres- sioni Acqua Monte (F_Wat erDR)	Pres- sioni Acqua Valle (F_Wat erRes)	Carichi Perma- nenti Destabi- lizzanti (F_UPL_ GDStab)	Carichi Perma- nenti Stabiliz- zanti (F_UPL_ GStab)	Carichi Variabili Destabi- lizzanti (F_UPL_ QDStab)	Carichi Perma- nenti Destabi- lizzanti (F_HYD_ GDStab)	Carichi Perma- nenti Stabiliz- zanti (F_HYD_ GStab)	Carichi Variabili Destabi- lizzanti (F_HYD_ QDStab)
Sim- bolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SLE (Rara)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A1+M 1+R1	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
A2+M 2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Coefficienti M

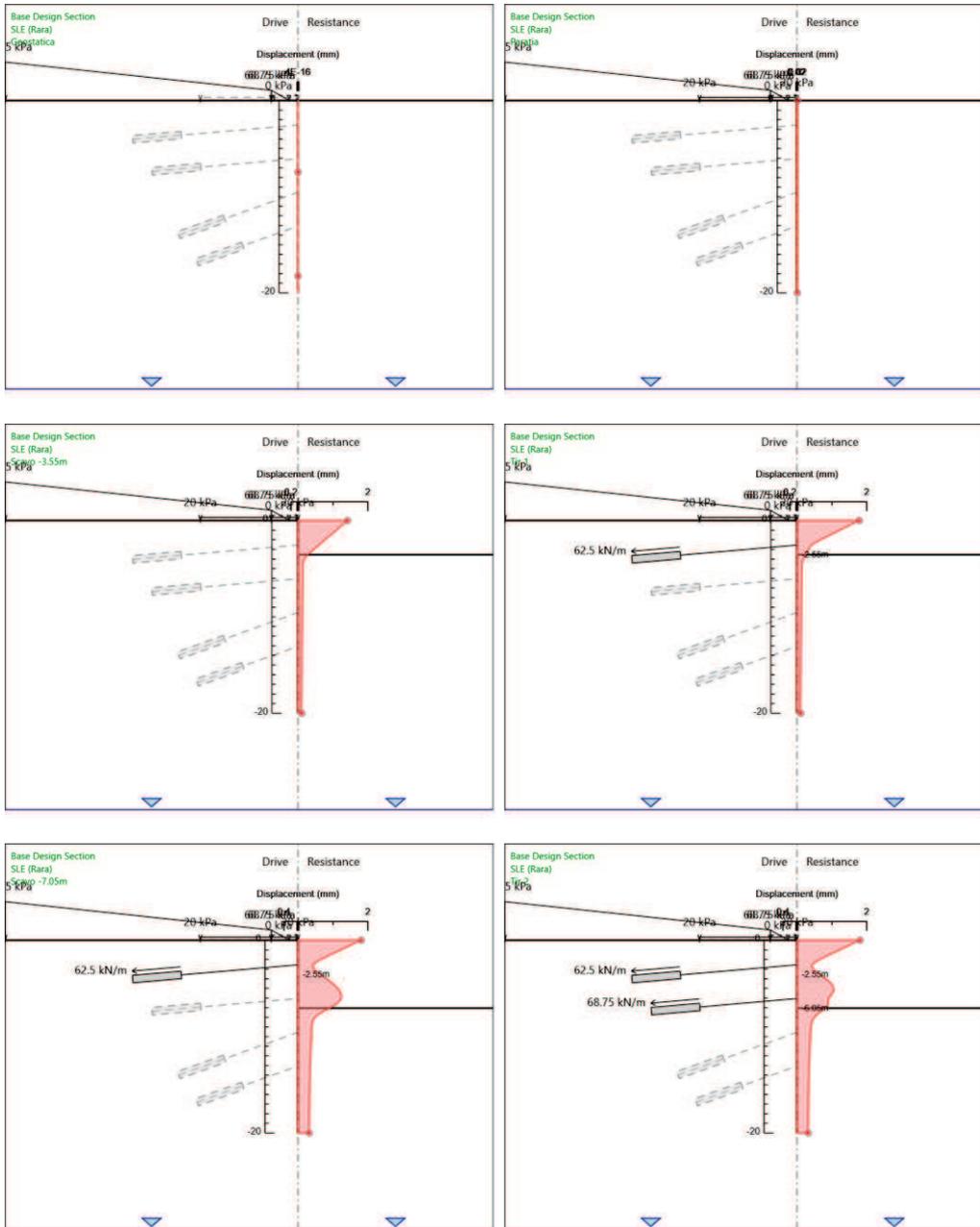
Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_coh)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1

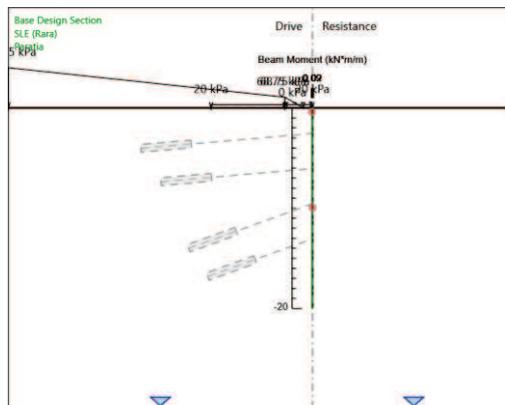
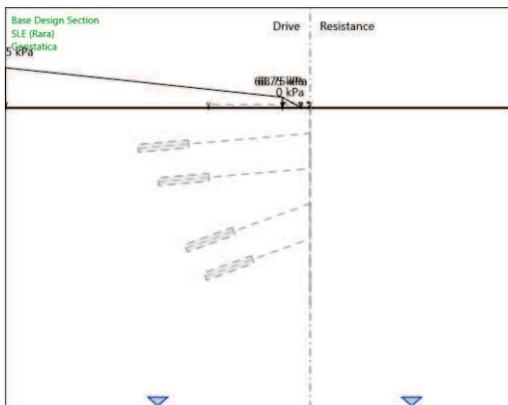
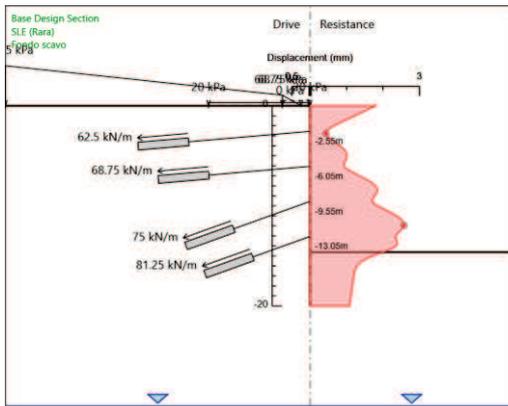
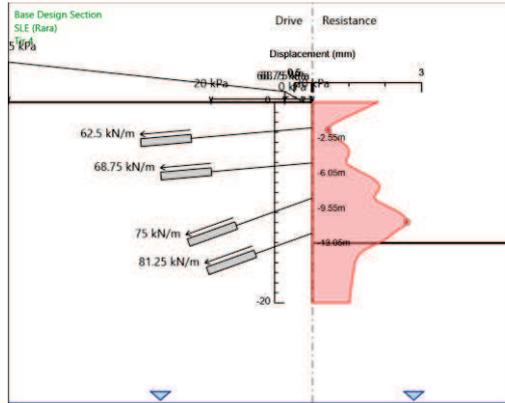
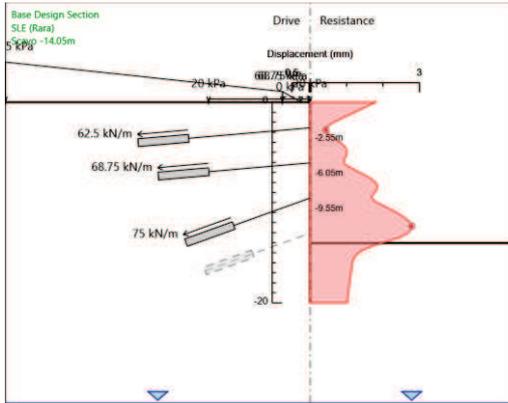
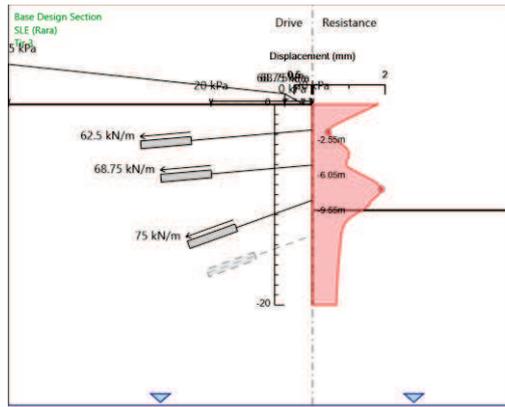
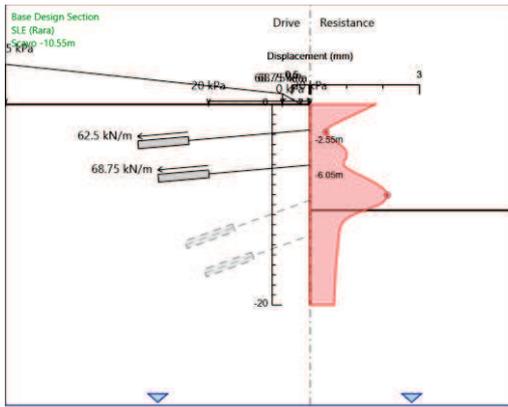
Coefficienti R

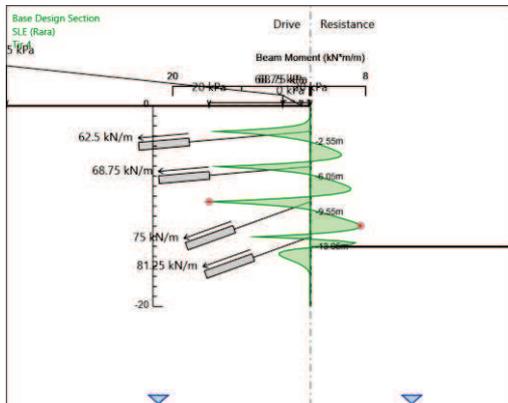
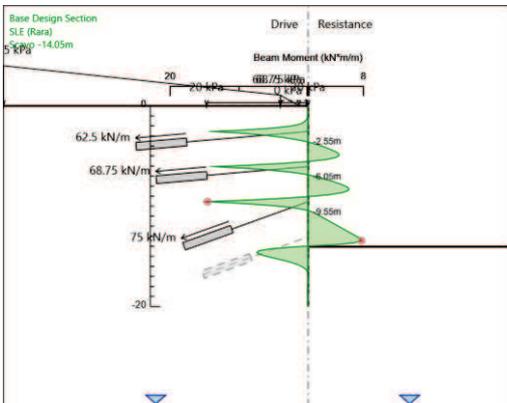
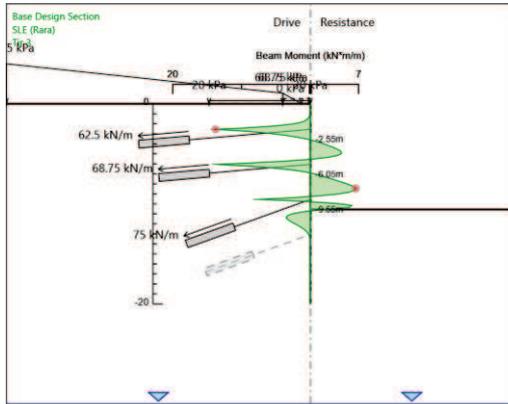
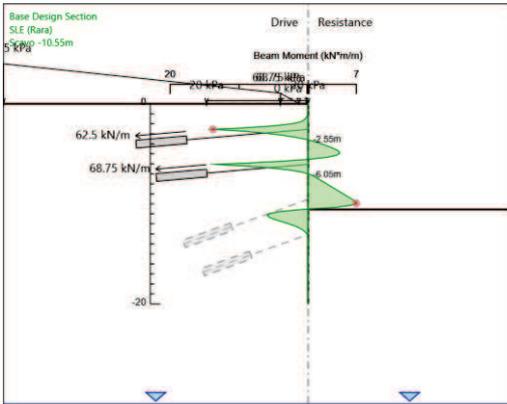
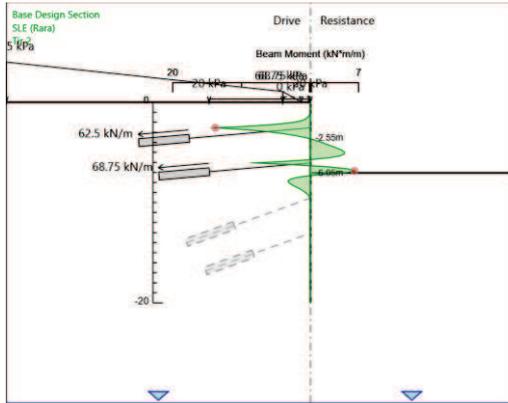
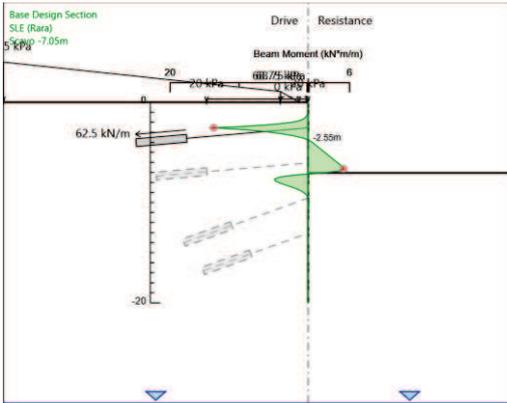
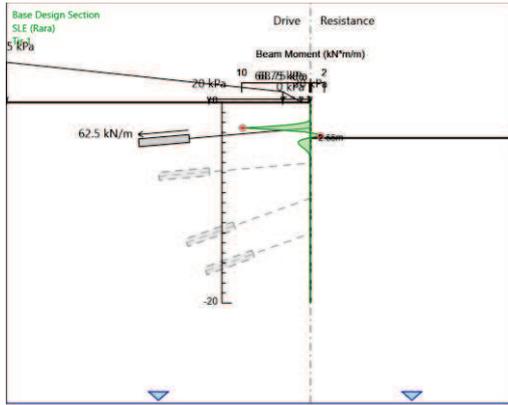
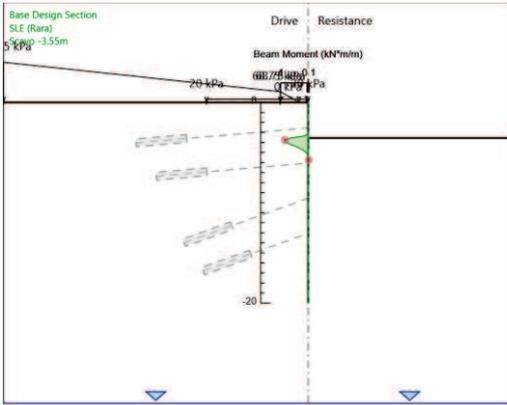
Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti perma- nenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti tempo- ranei (F_Anch_T)	Parziale elementi struttu- rali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Nominal	1	1	1	1
SLE (Rara)	1	1	1	1
A1+M1+R1	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1

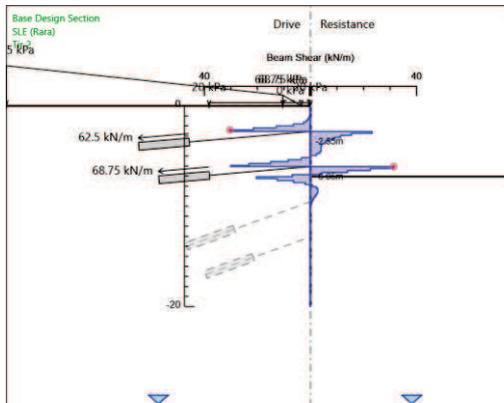
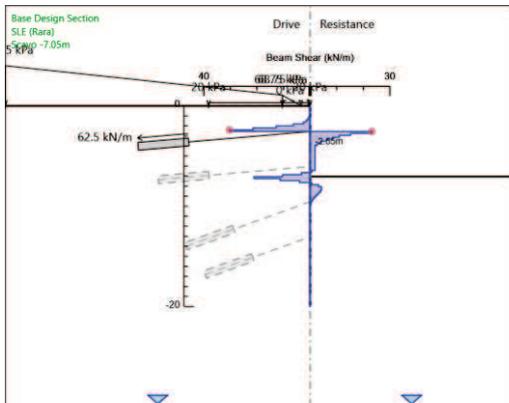
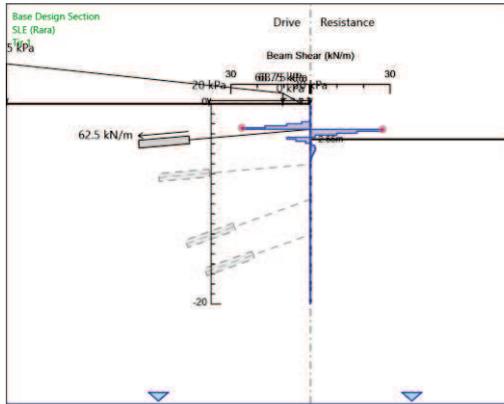
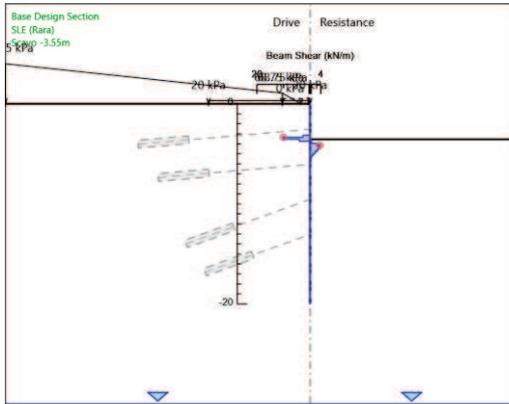
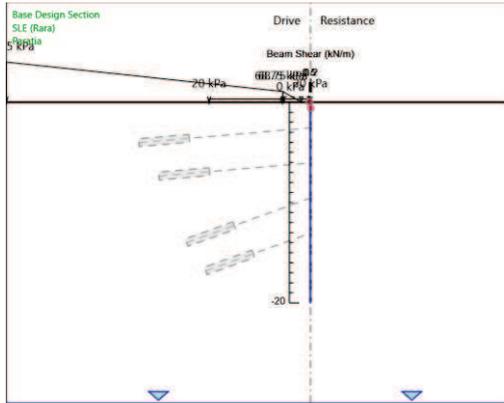
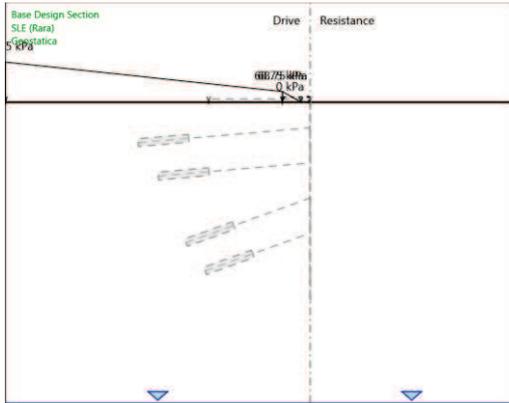
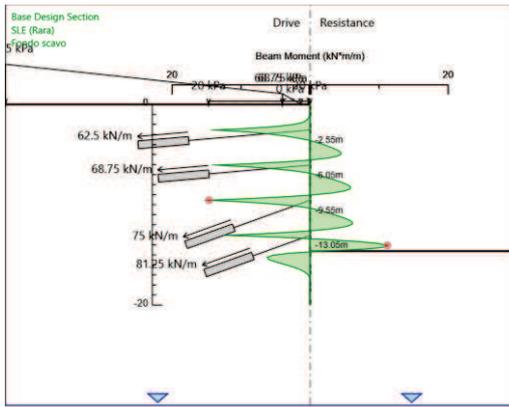
5.1. Risultati SLE (Rara)

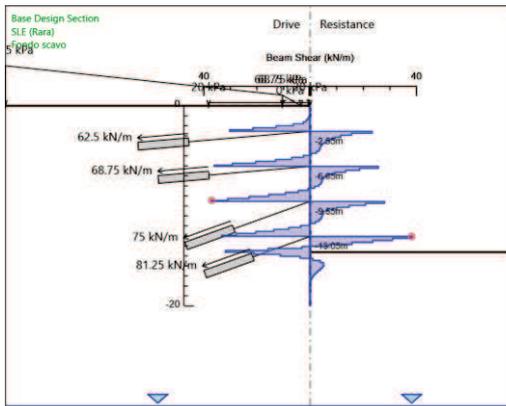
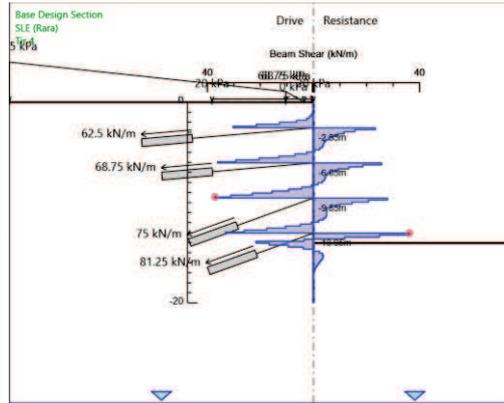
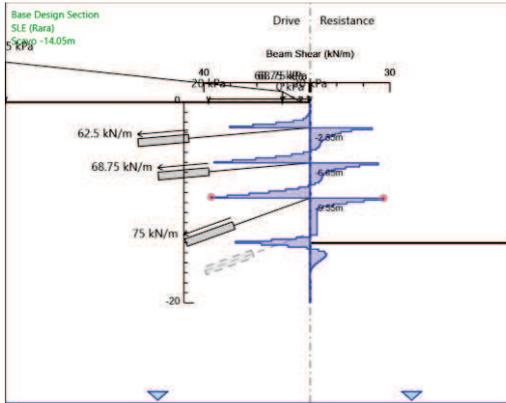
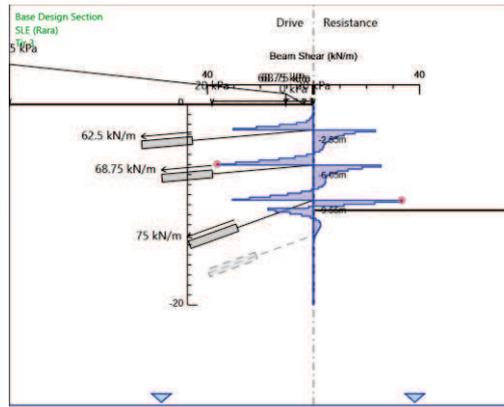
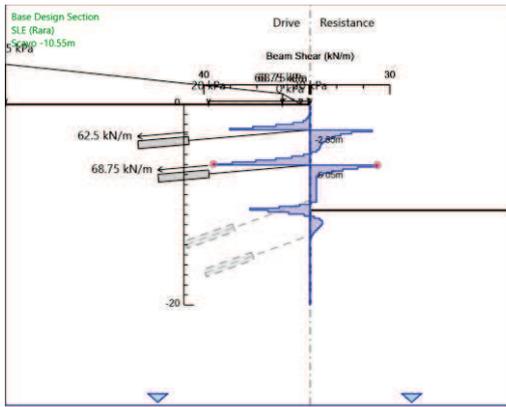
Tabella Grafici dei Risultati











Risultati Elementi strutturali - SLE (Rara)

Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR2

Stage	Forza (kN/m)
Tir 2	68.75
Scavo -10.55m	68.77548
Tir 3	68.78977
Scavo -14.05m	68.79445
Tir 4	68.79449
Fondo scavo	68.79443

Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR3

Stage	Forza (kN/m)
Tir 3	75
Scavo -14.05m	75.12991
Tir 4	75.14728
Fondo scavo	75.14934

Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR4

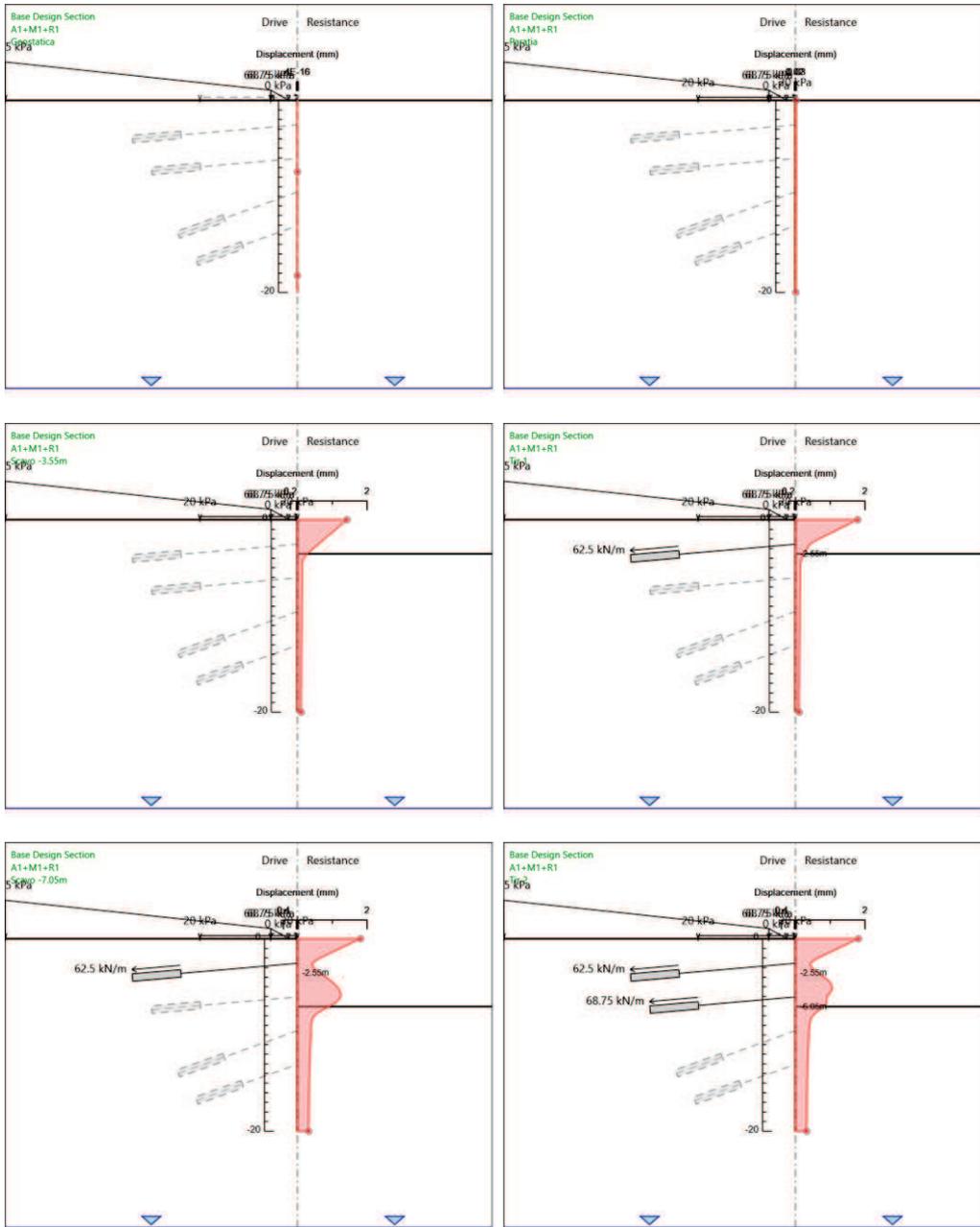
Stage	Forza (kN/m)
Tir 4	81.25
Fondo scavo	81.61355

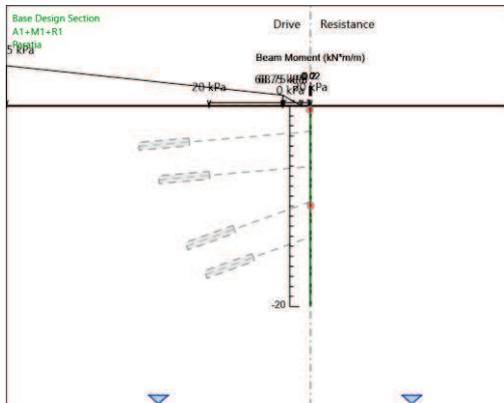
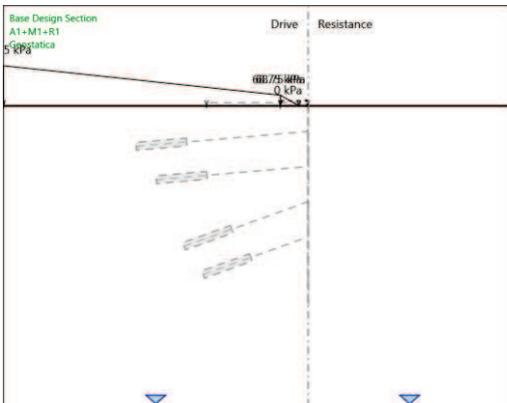
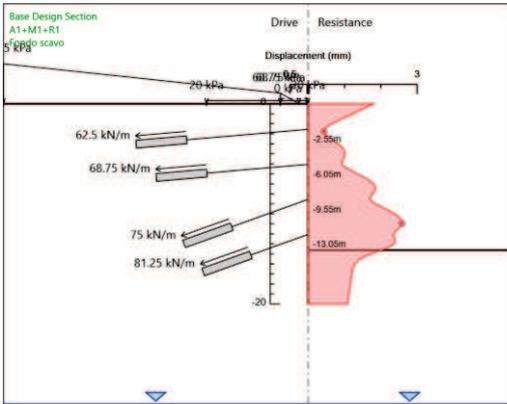
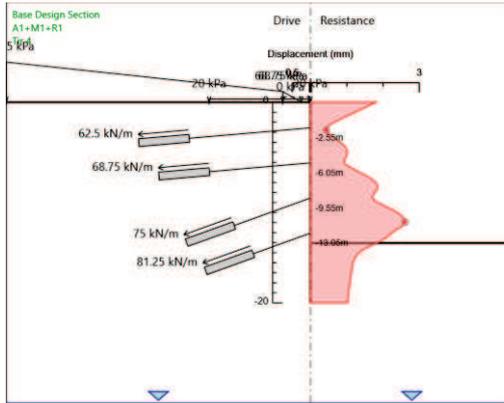
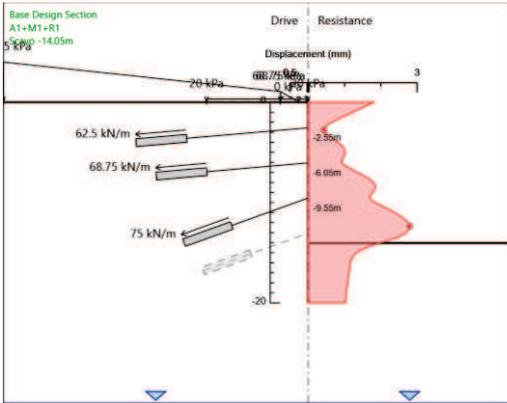
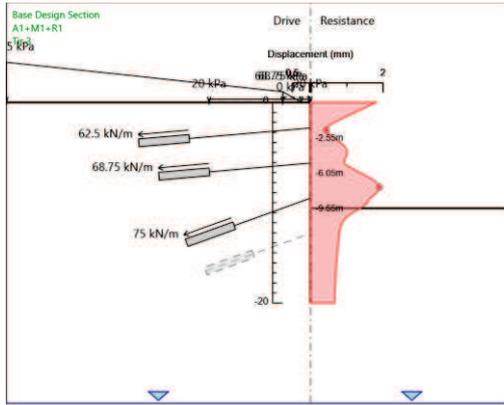
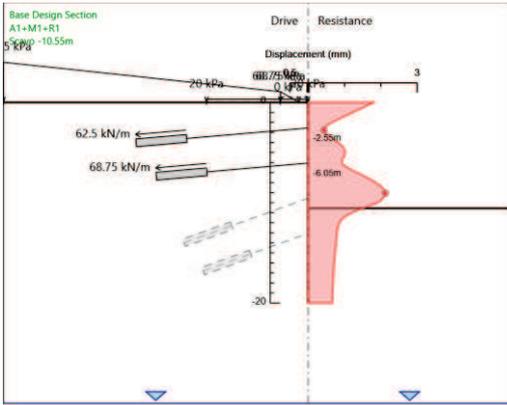
Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR1

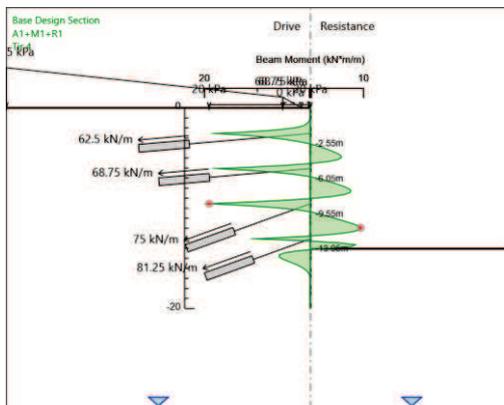
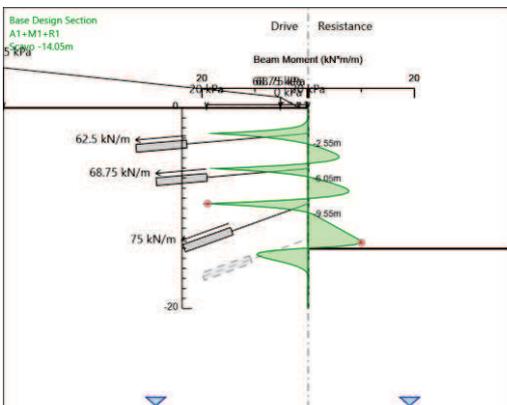
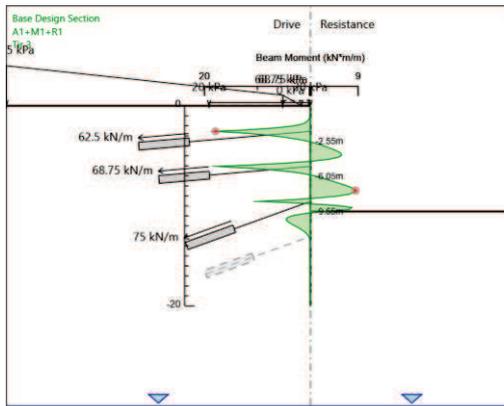
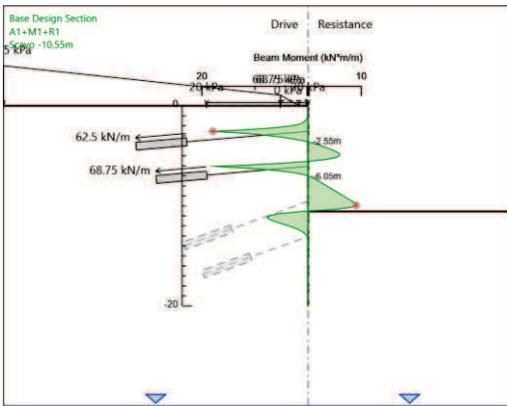
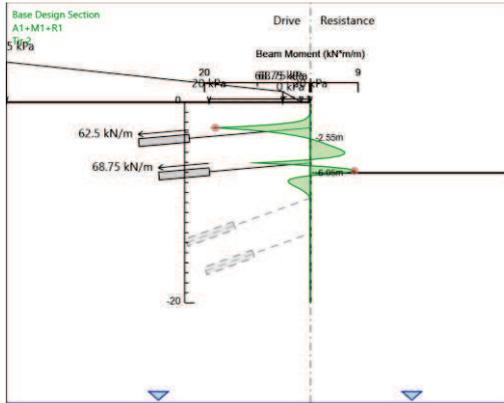
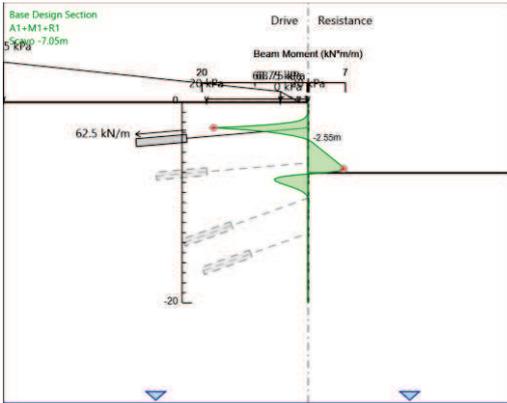
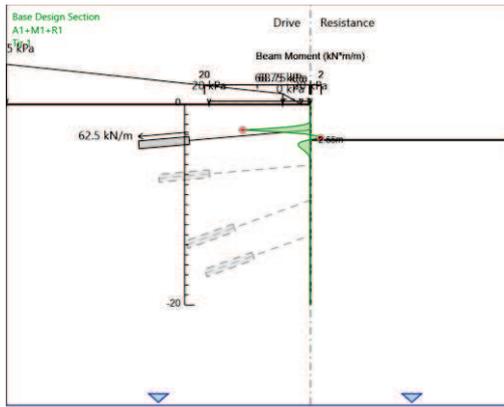
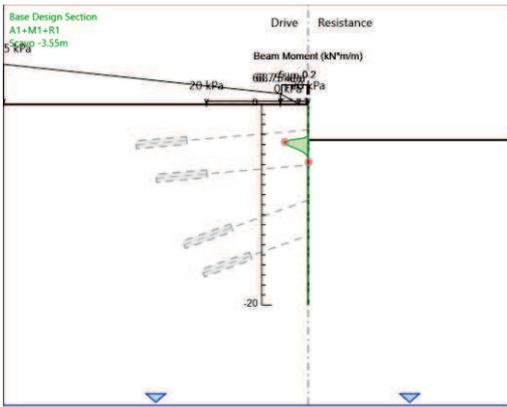
Stage	Forza (kN/m)
Tir 1	62.5
Scavo -7.05m	62.53074
Tir 2	62.53511
Scavo -10.55m	62.53846
Tir 3	62.5385
Scavo -14.05m	62.53845
Tir 4	62.53845
Fondo scavo	62.53845

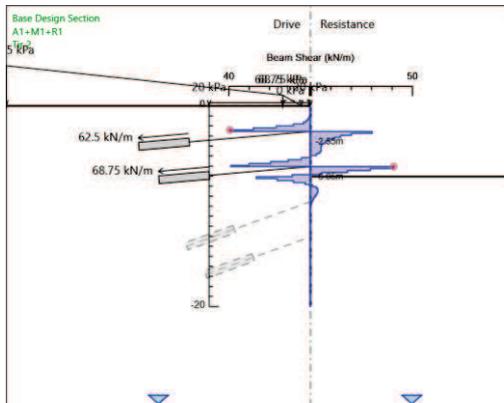
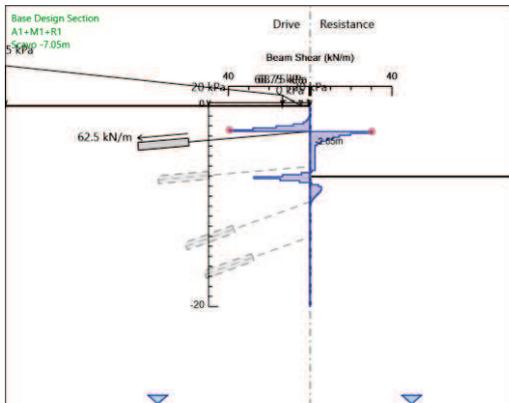
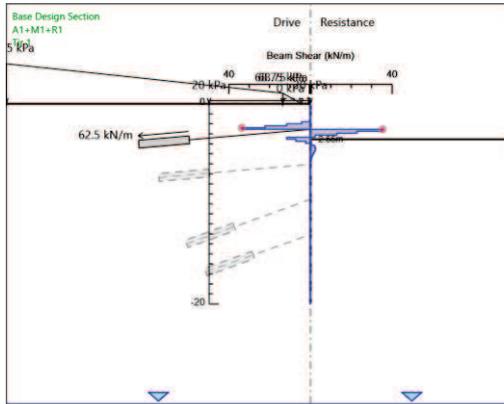
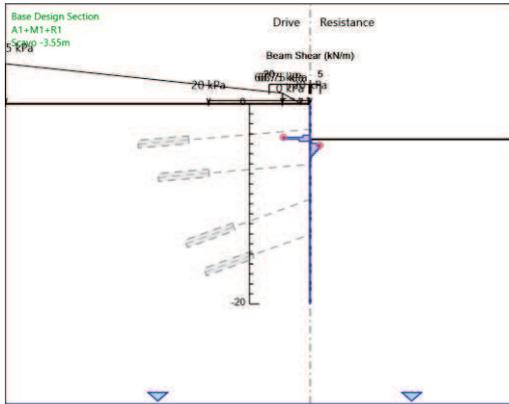
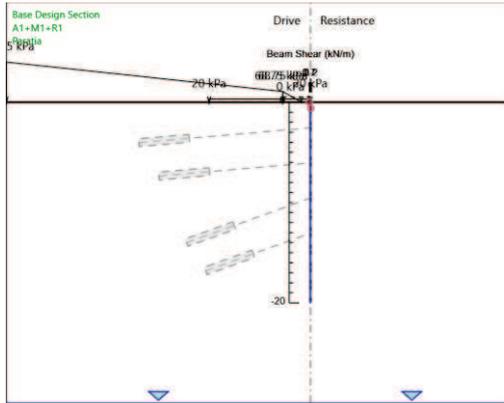
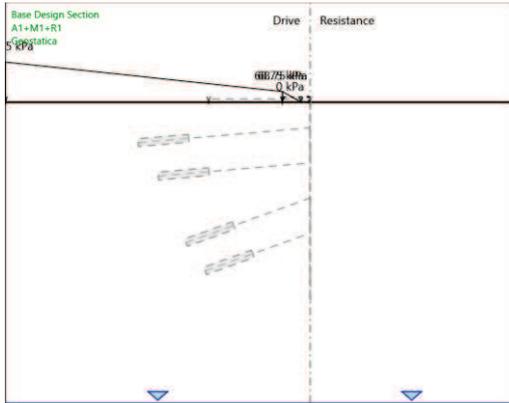
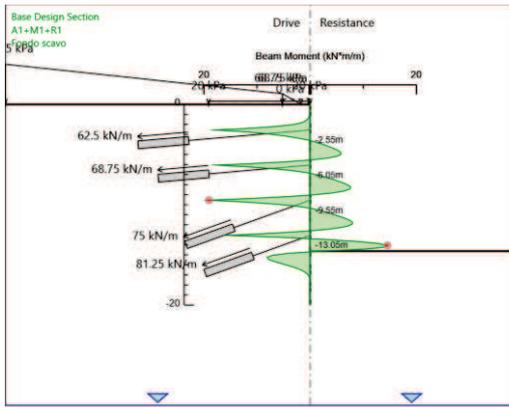
5.2. Risultati A1+M1+R1

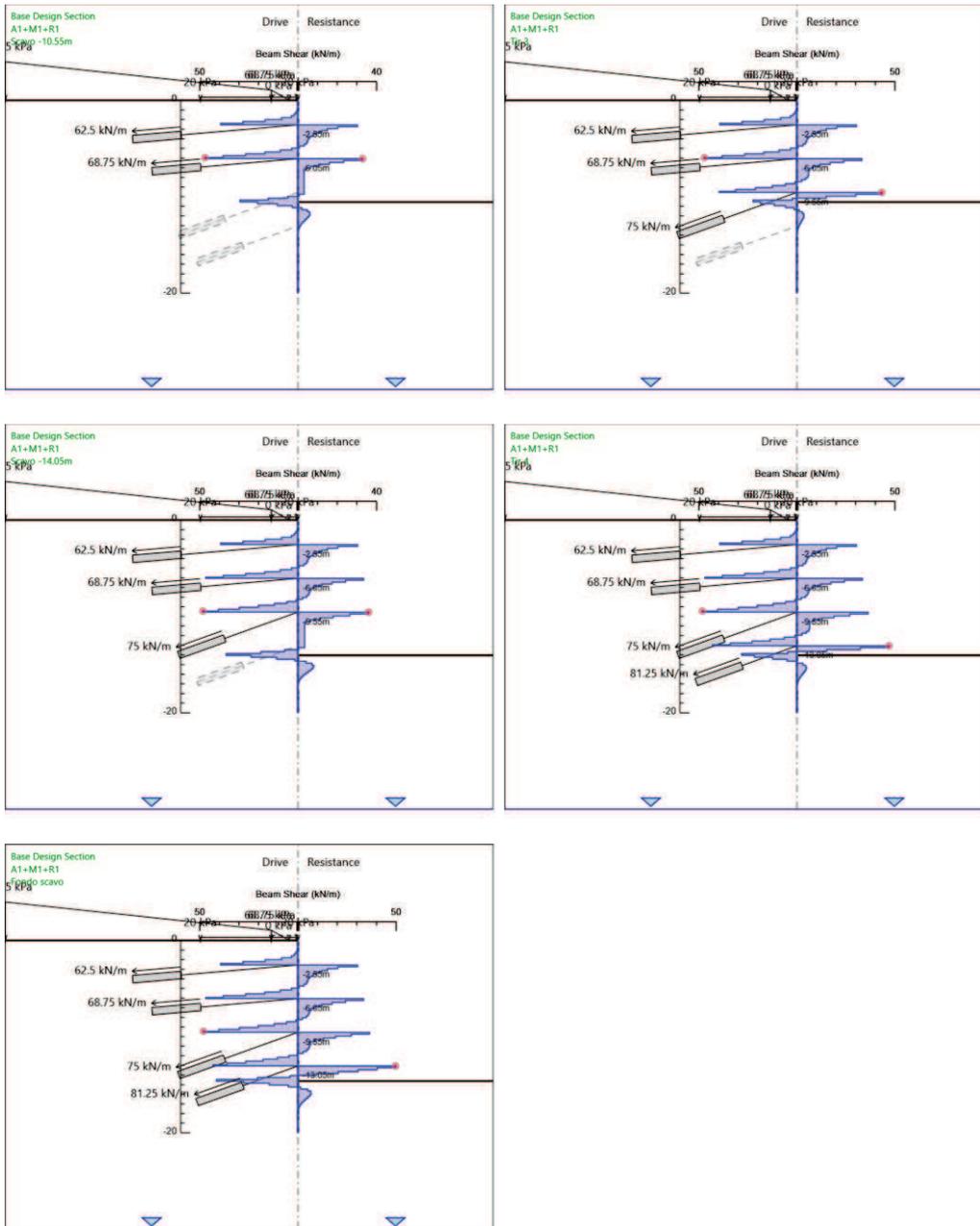
Tabella Grafici dei Risultati











Risultati Elementi strutturali - A1+M1+R1

Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR2

Stage	Forza (kN/m)
Tir 2	89.375
Scavo -10.55m	89.40828
Tir 3	89.426948
Scavo -14.05m	89.433045
Tir 4	89.433097
Fondo scavo	89.433019

Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR3

Stage	Forza (kN/m)
Tir 3	97.5
Scavo -14.05m	97.669494
Tir 4	97.692062
Fondo scavo	97.69474

Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR4

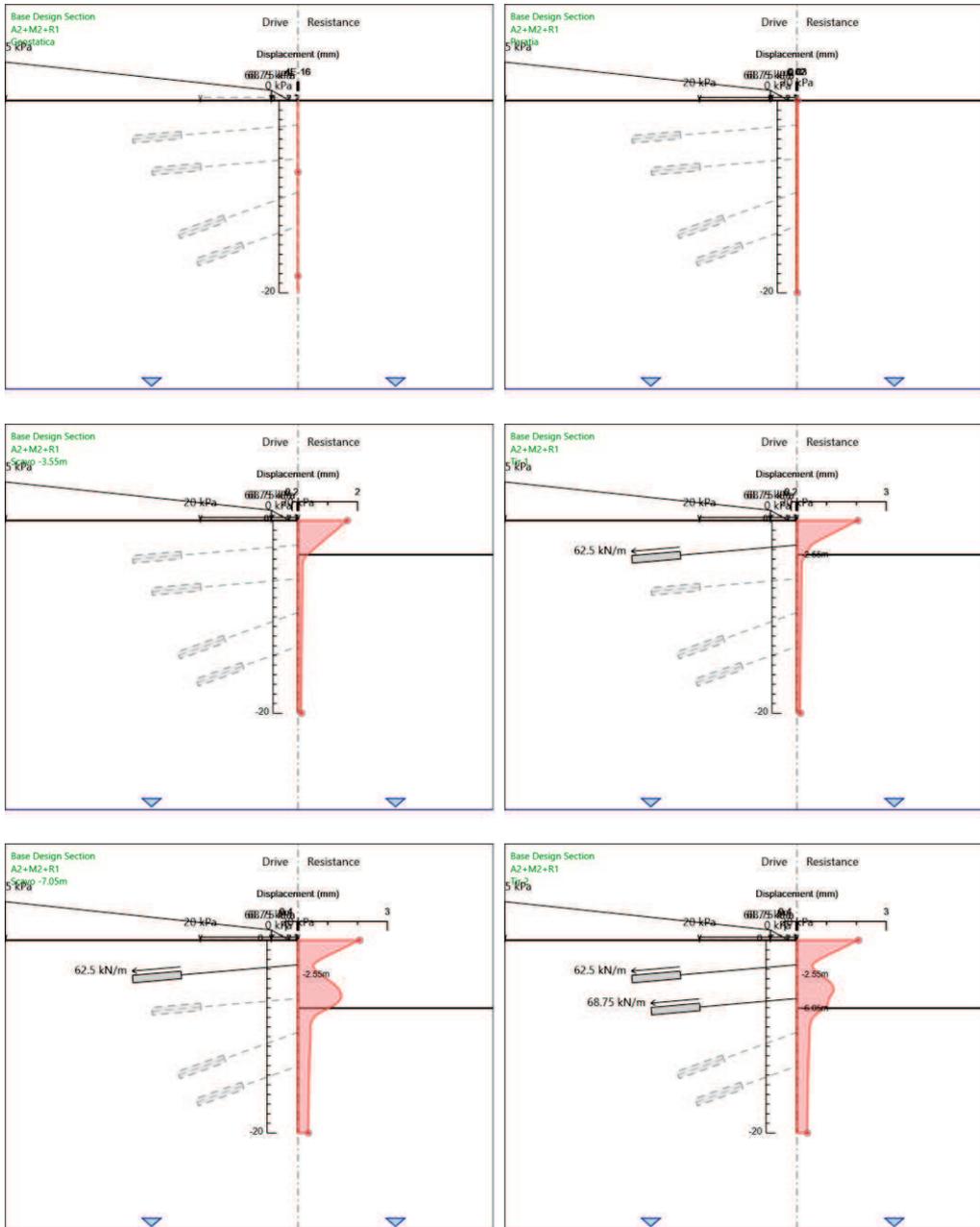
Stage	Forza (kN/m)
Tir 4	105.625
Fondo scavo	106.098421

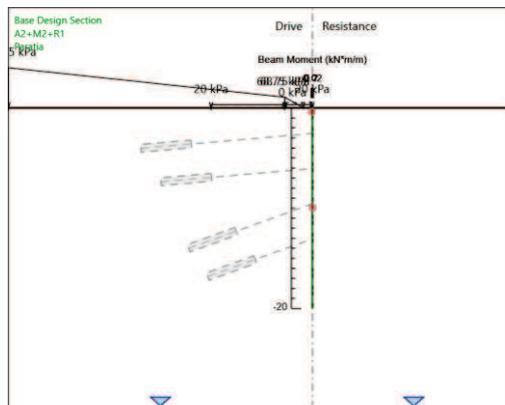
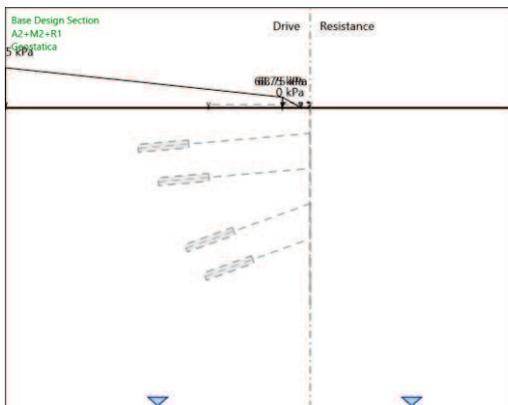
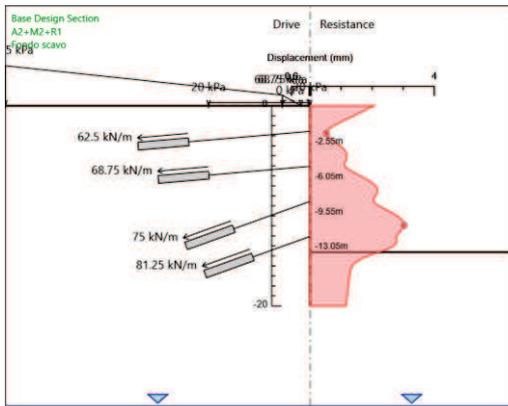
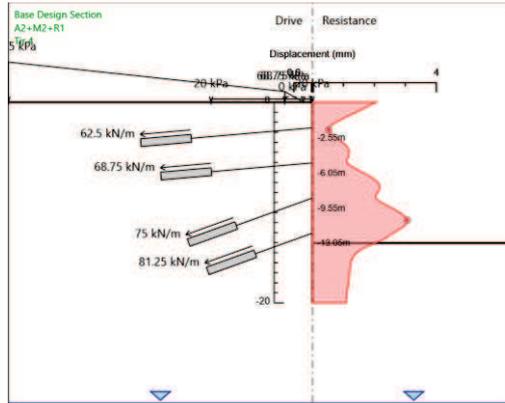
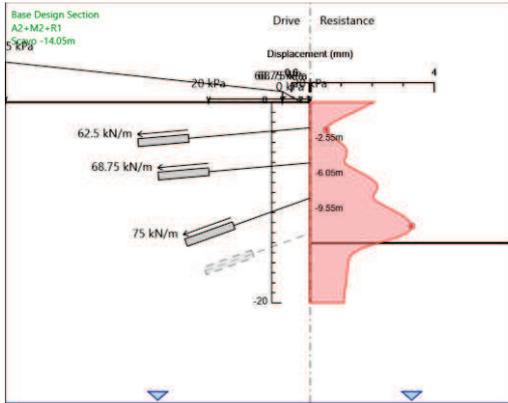
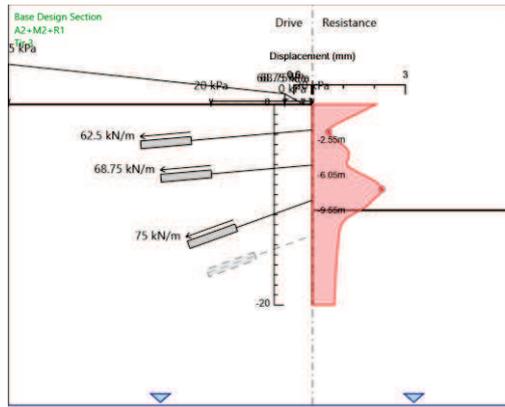
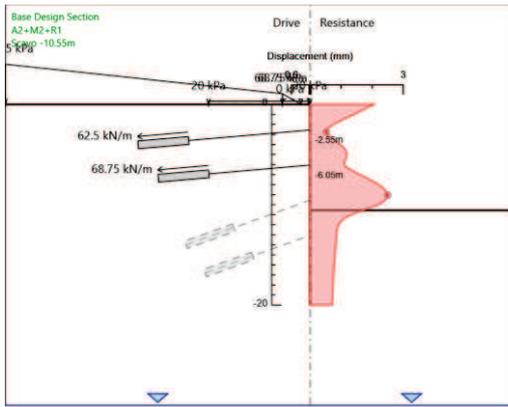
Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR1

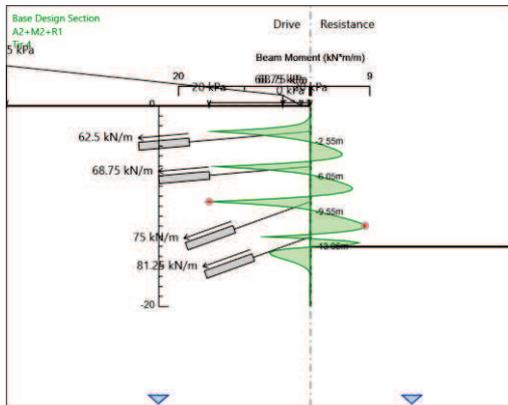
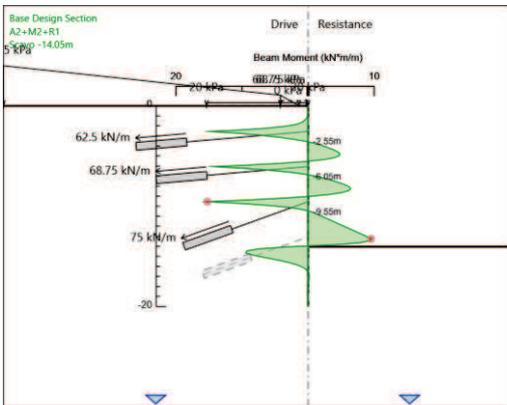
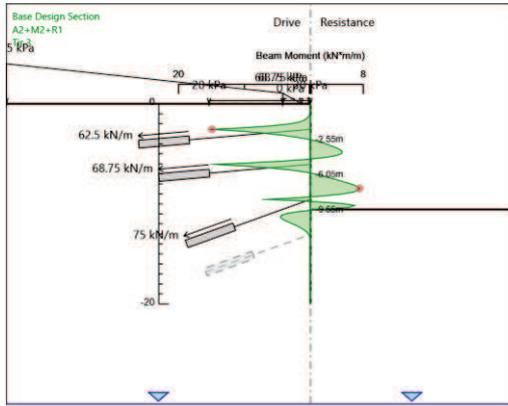
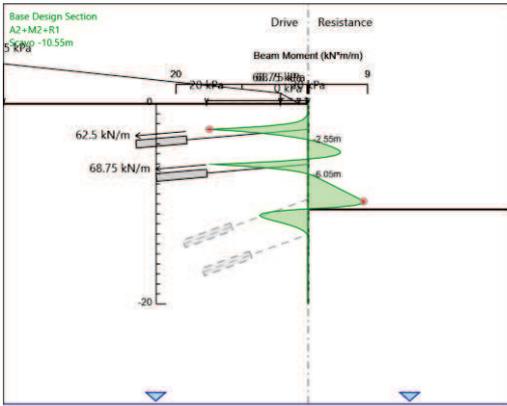
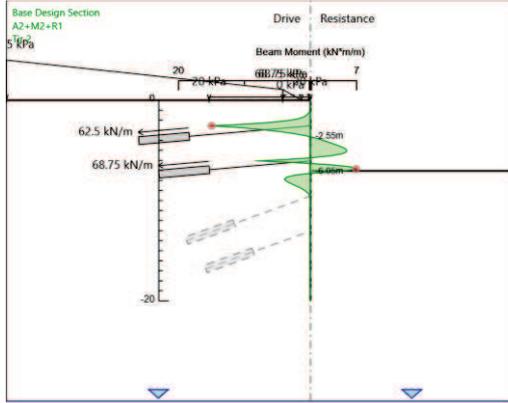
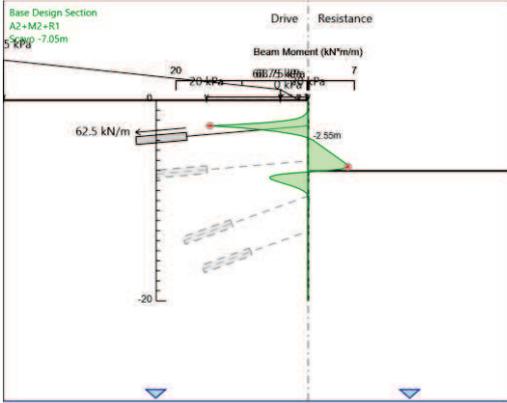
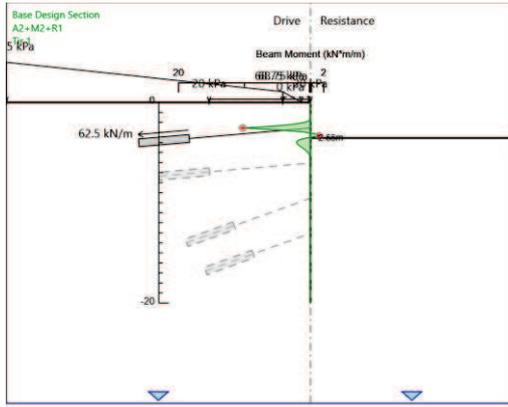
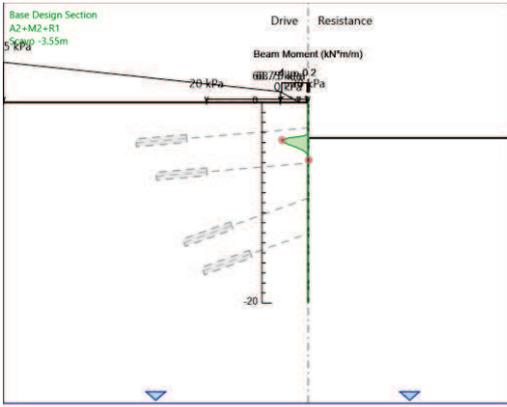
Stage	Forza (kN/m)
Tir 1	81.25
Scavo -7.05m	81.290183
Tir 2	81.295864
Scavo -10.55m	81.300232
Tir 3	81.300271
Scavo -14.05m	81.300206
Tir 4	81.300206
Fondo scavo	81.300206

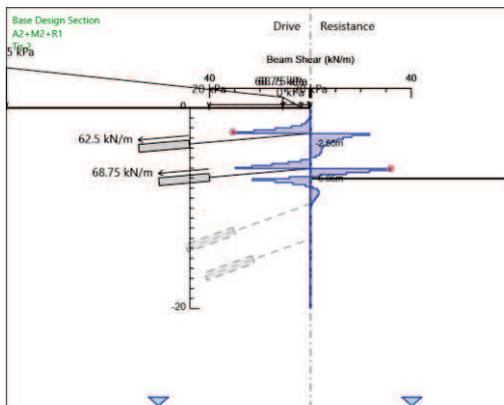
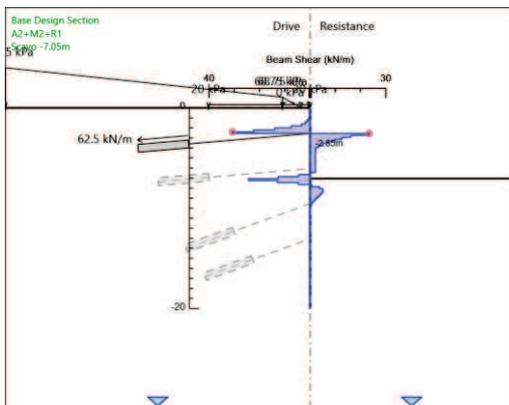
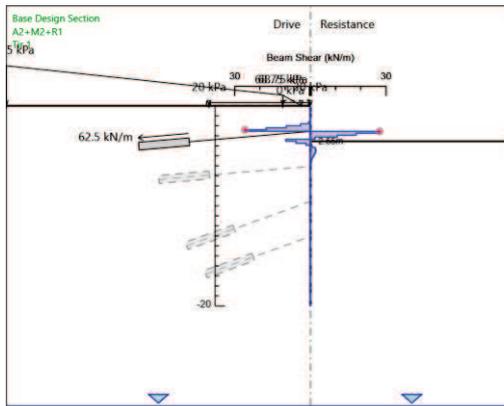
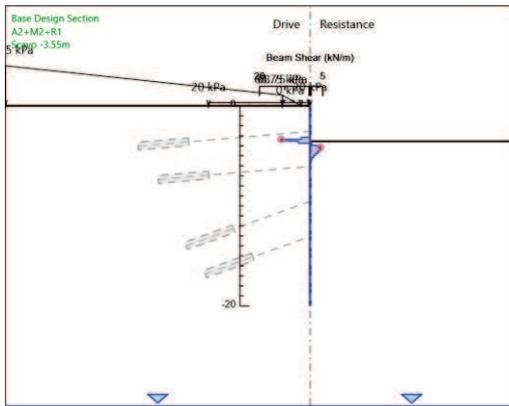
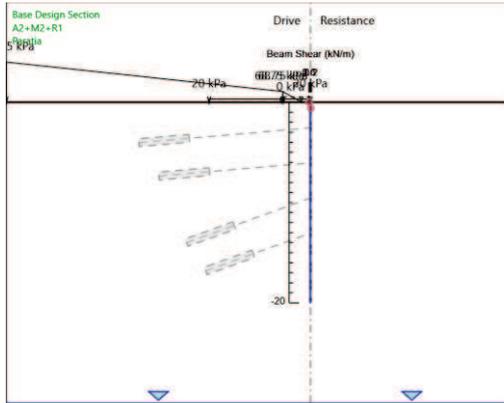
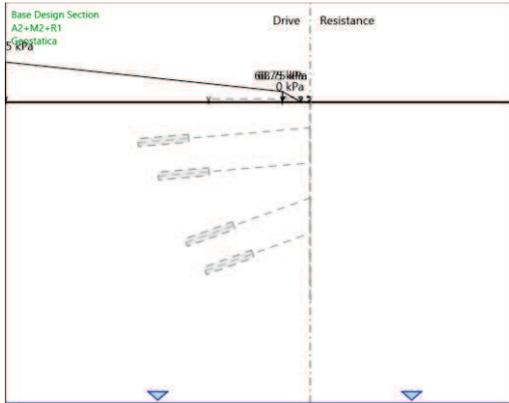
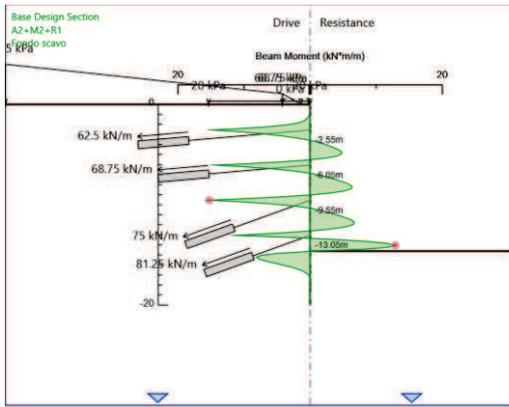
5.3. Risultati A2+M2+R1

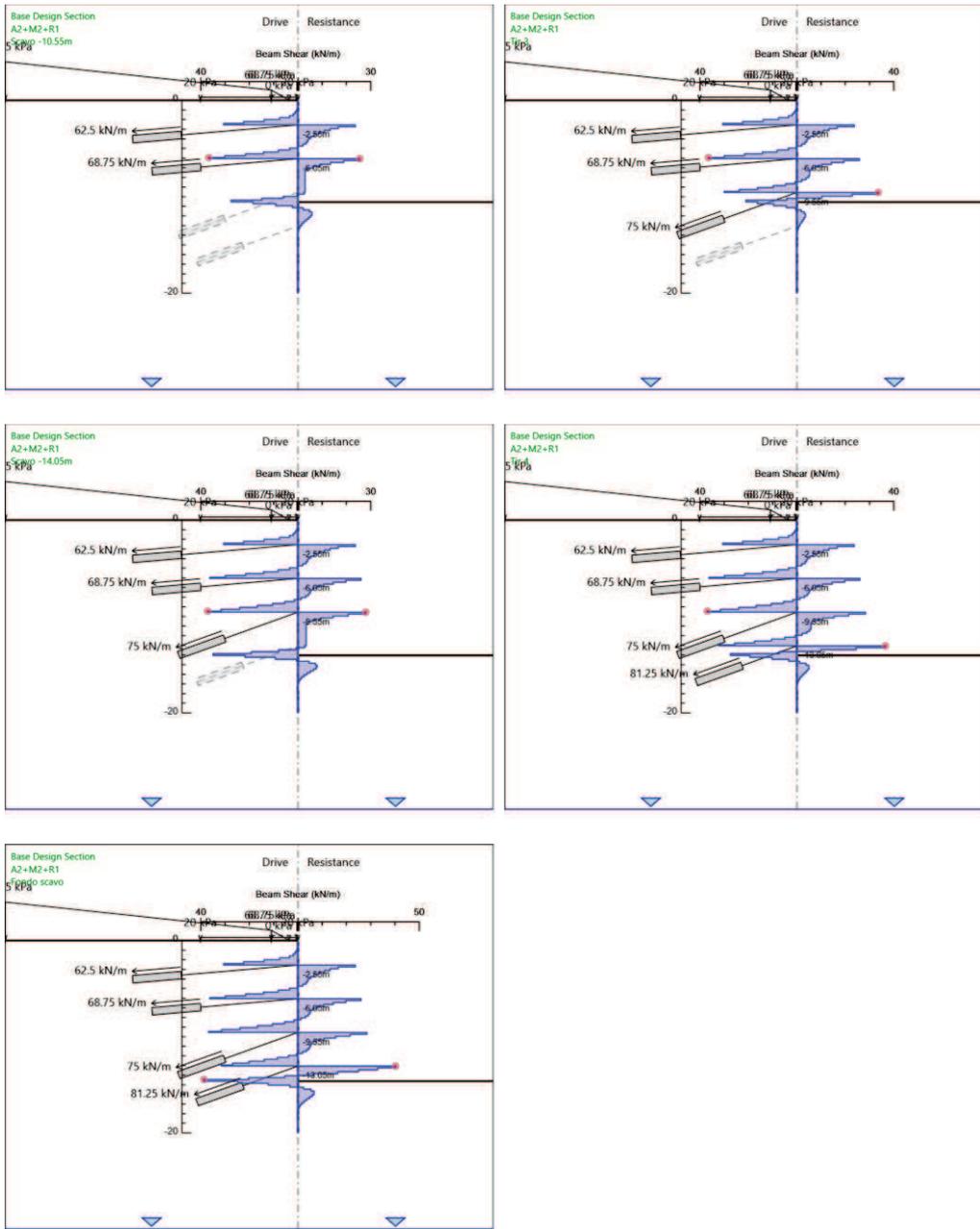
Tabella Grafici dei Risultati











Risultati Elementi strutturali - A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR2

Stage	Forza (kN/m)
Tir 2	68.75
Scavo -10.55m	68.81534
Tir 3	68.83477
Scavo -14.05m	68.841
Tir 4	68.84095
Fondo scavo	68.84085

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR3

Stage	Forza (kN/m)
Tir 3	75
Scavo -14.05m	75.22377
Tir 4	75.24786
Fondo scavo	75.24926

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR4

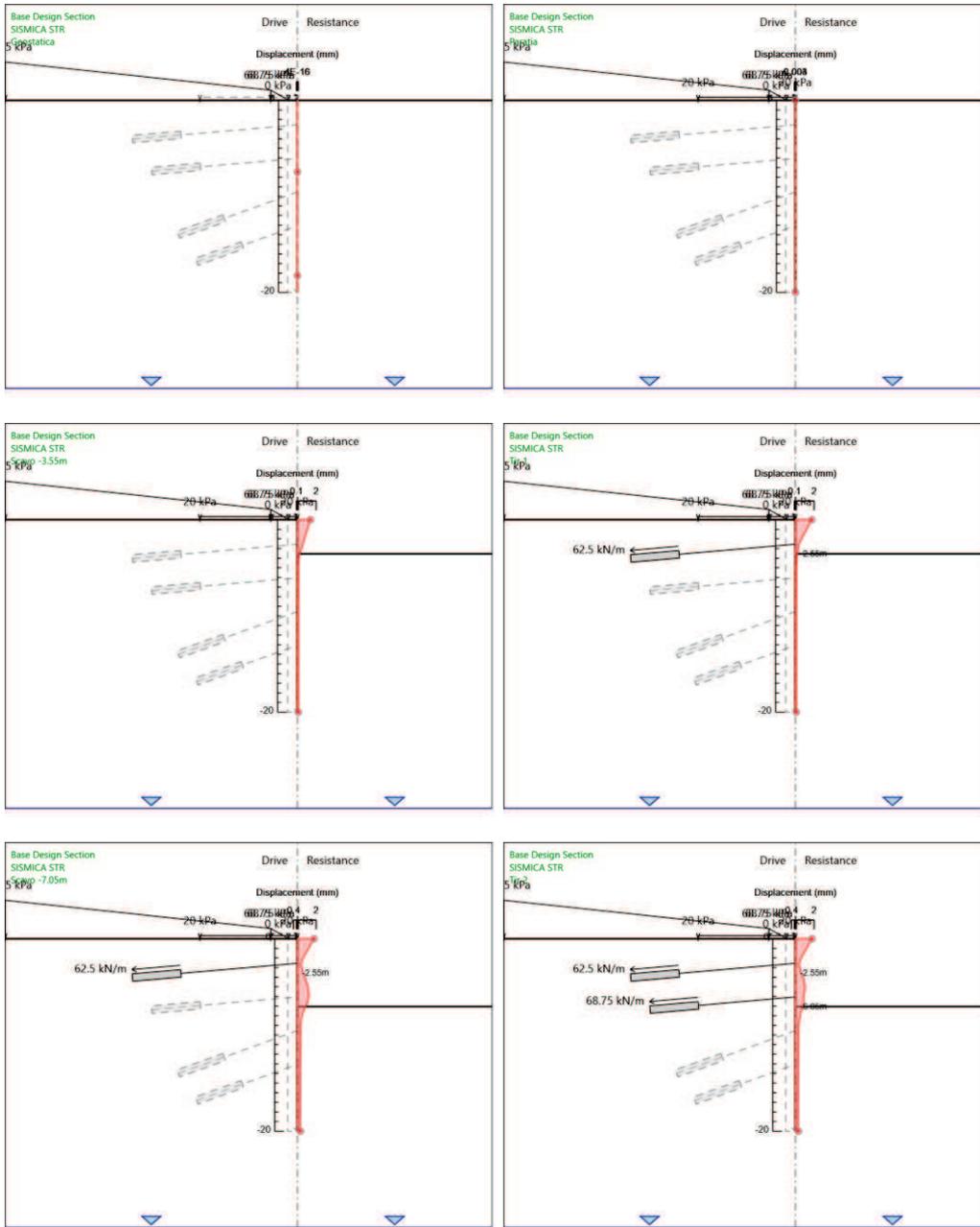
Stage	Forza (kN/m)
Tir 4	81.25
Fondo scavo	81.77867

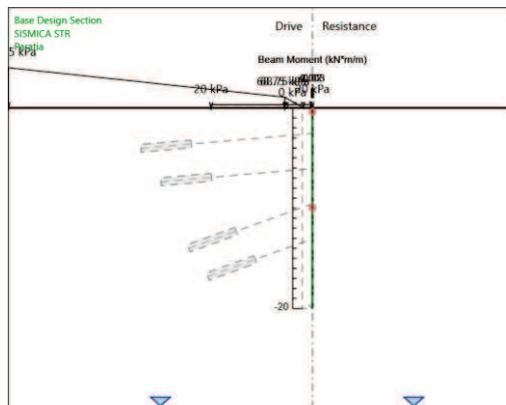
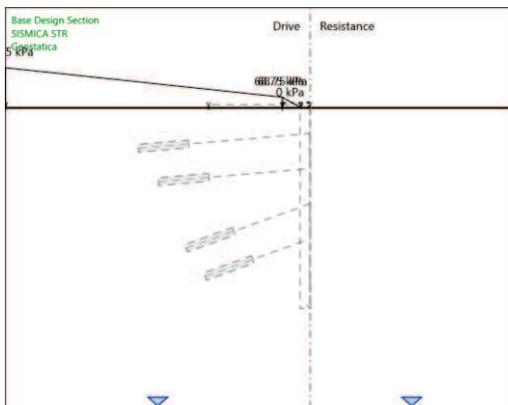
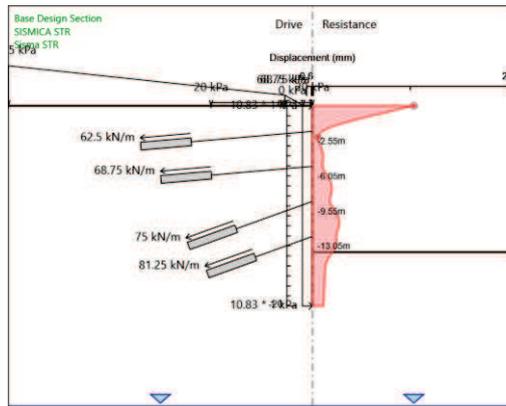
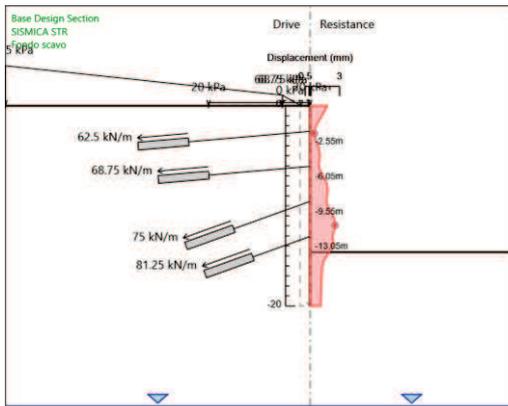
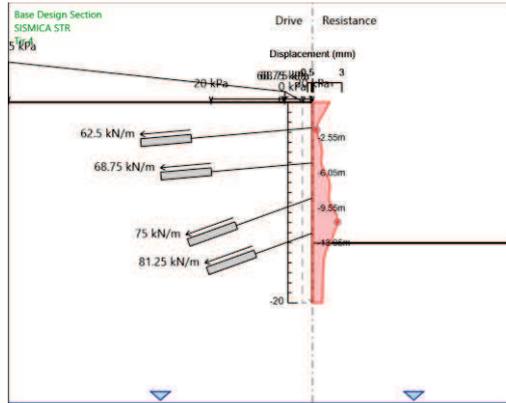
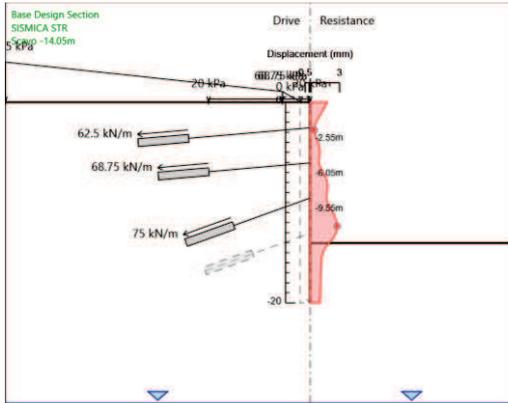
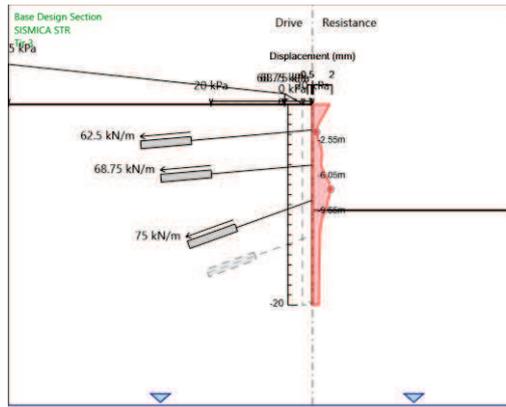
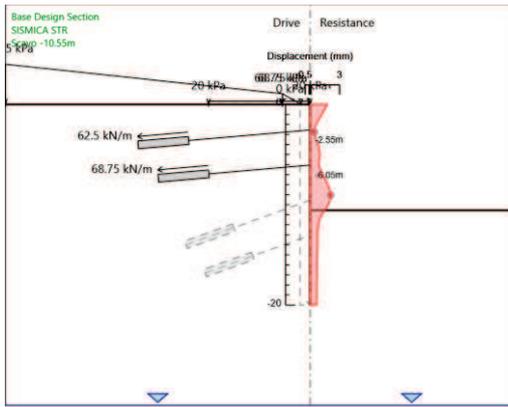
Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR1

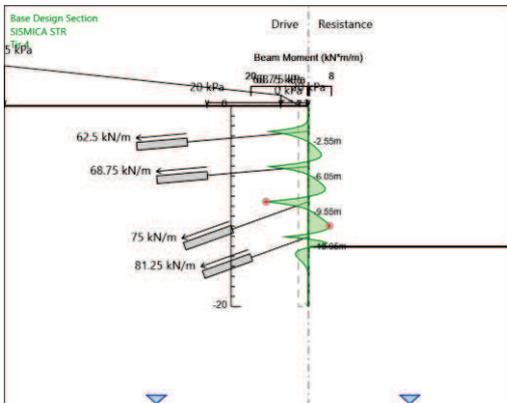
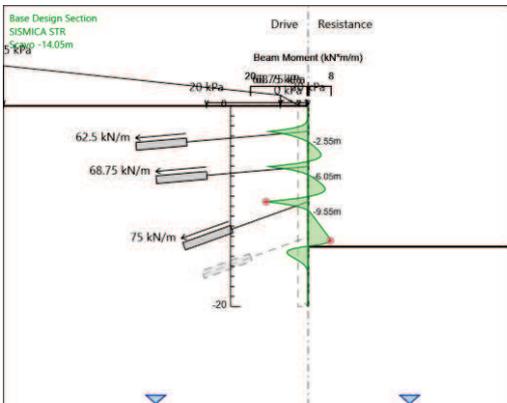
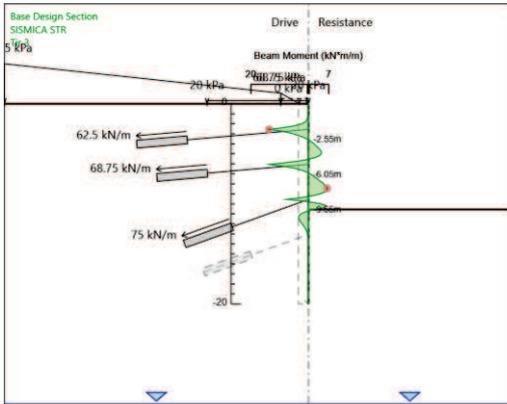
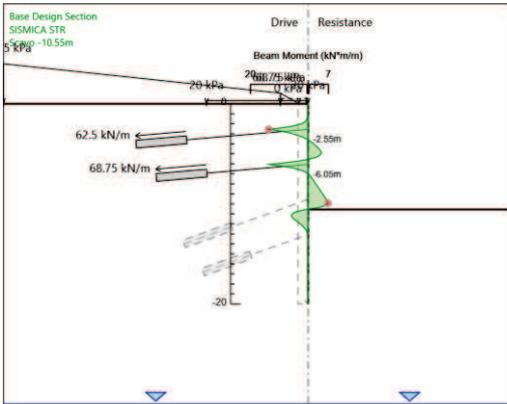
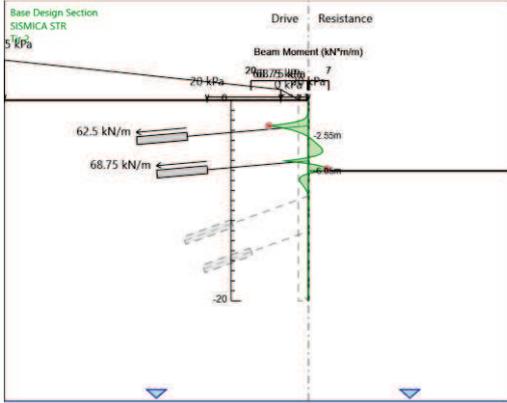
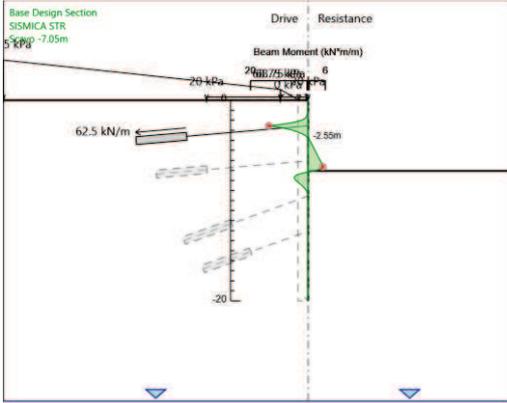
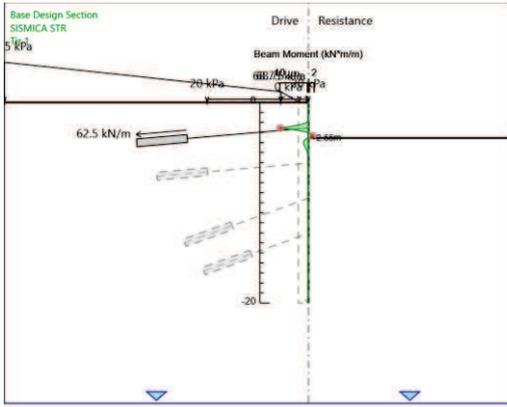
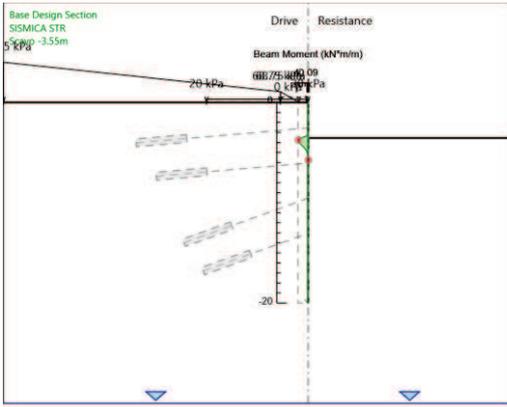
Stage	Forza (kN/m)
Tir 1	62.5
Scavo -7.05m	62.55411
Tir 2	62.56105
Scavo -10.55m	62.56566
Tir 3	62.56562
Scavo -14.05m	62.56551
Tir 4	62.56551
Fondo scavo	62.56551

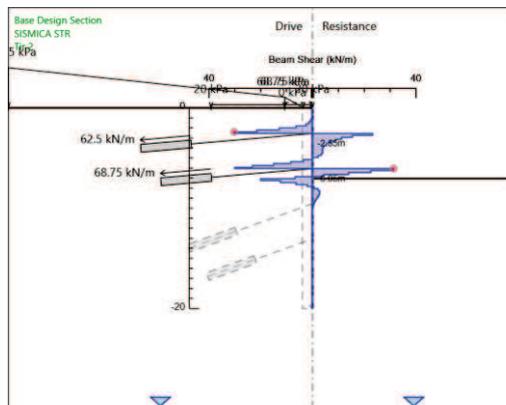
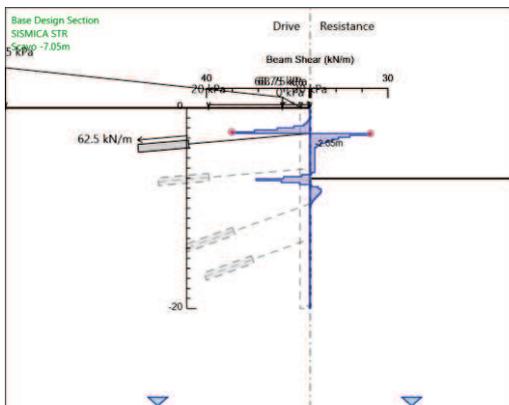
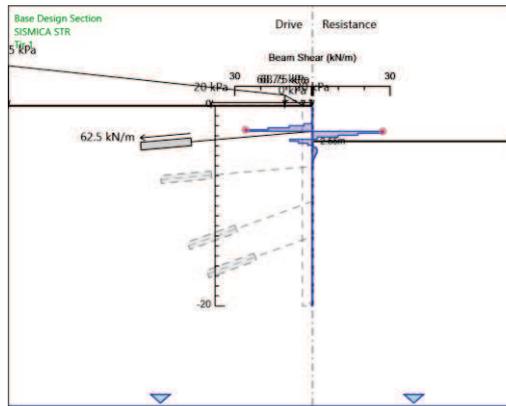
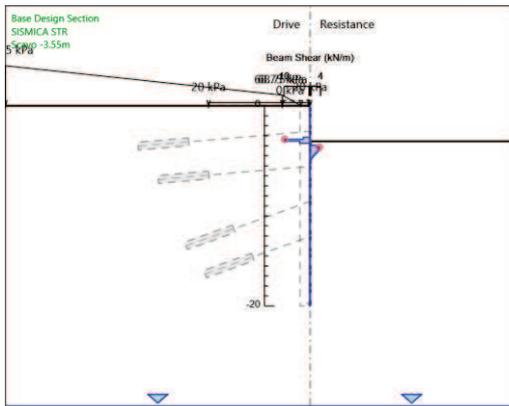
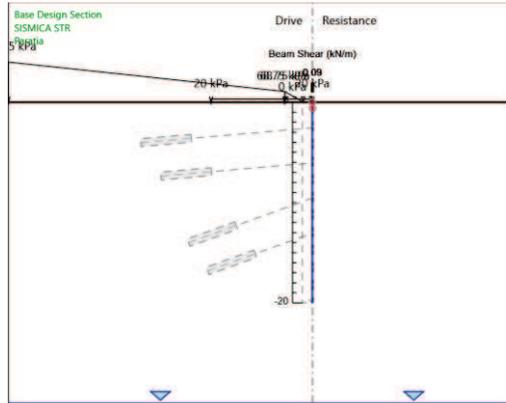
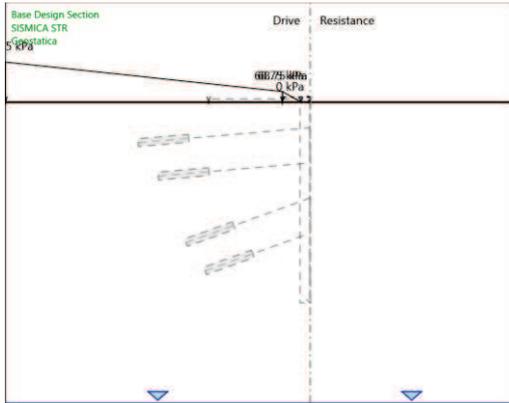
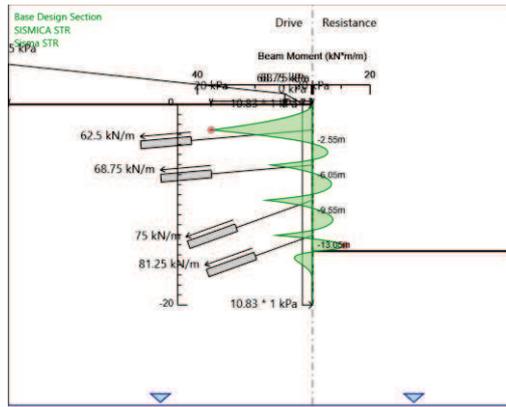
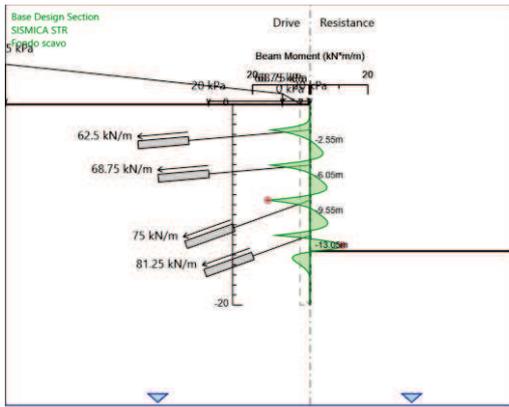
6.1. Risultati SISMICA STR

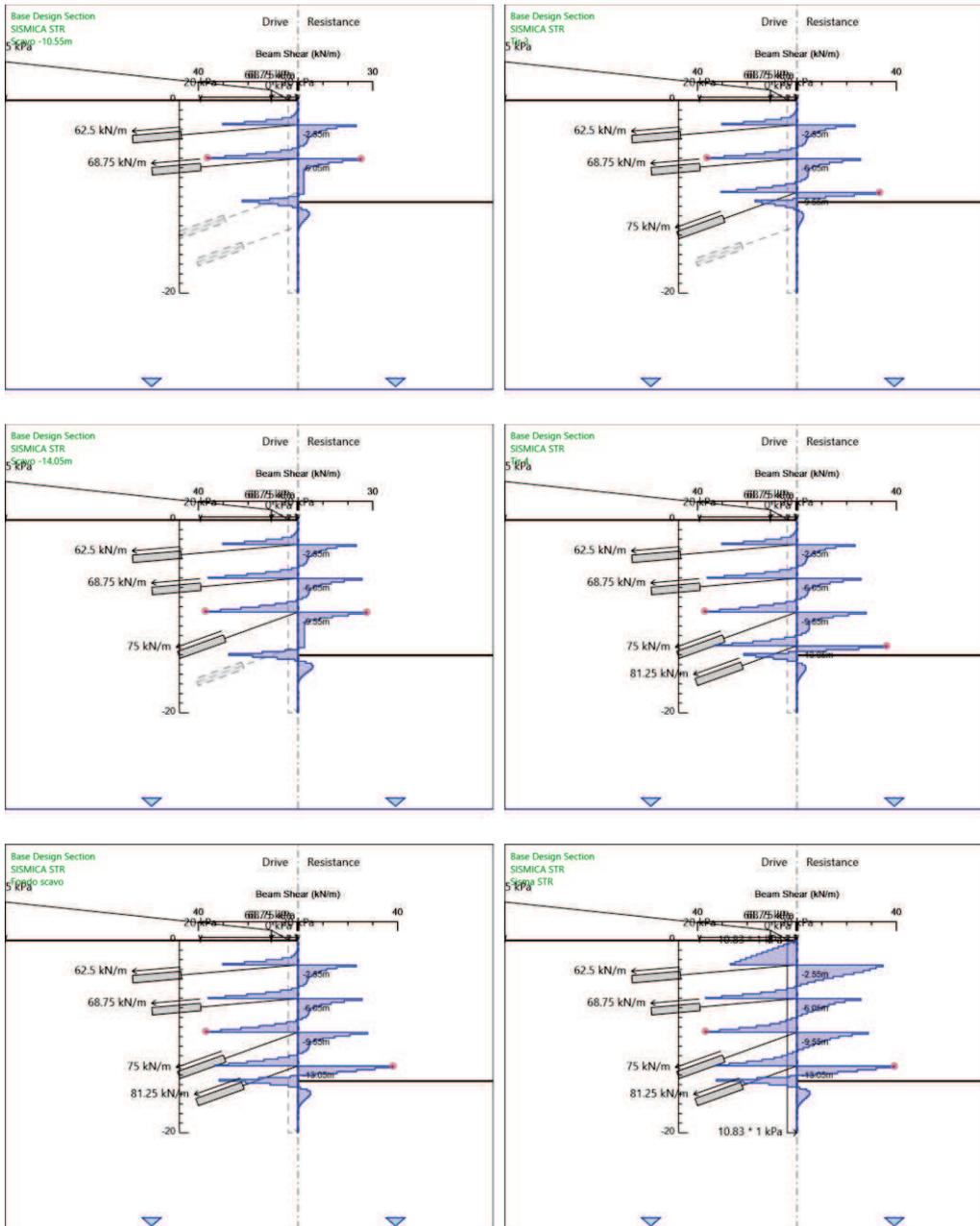
Tabella Grafici dei Risultati











Risultati Elementi strutturali - SISMICA STR

Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR2

Stage	Forza (kN/m)
Tir 2	68.75
Scavo -10.55m	68.77473
Tir 3	68.78902
Scavo -14.05m	68.79366
Tir 4	68.79369
Fondo scavo	68.79364
Sisma STR	69.06754

Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR3

Stage	Forza (kN/m)
Tir 3	75
Scavo -14.05m	75.12746
Tir 4	75.14483
Fondo scavo	75.14687
Sisma STR	75.43534

Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR4

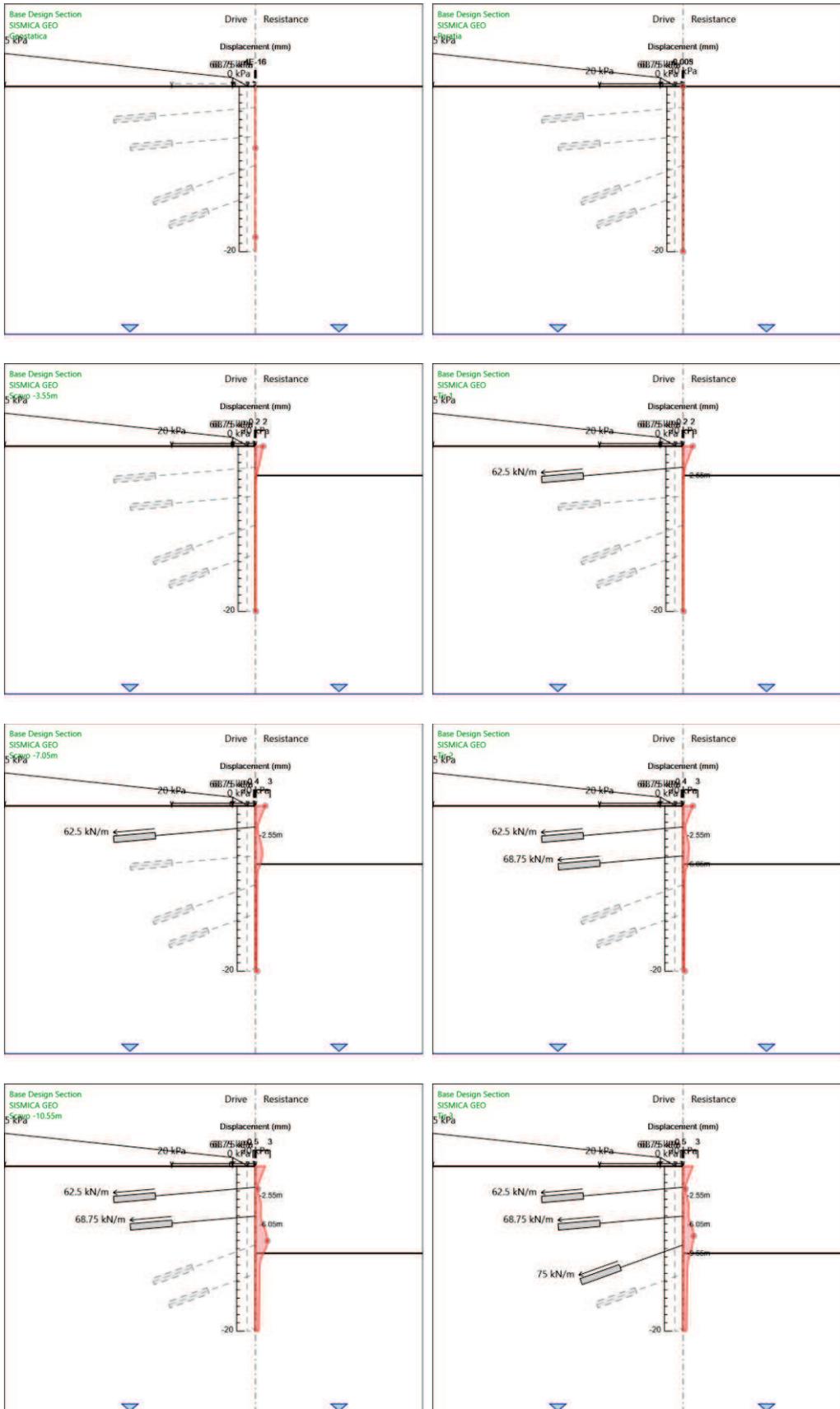
Stage	Forza (kN/m)
Tir 4	81.25
Fondo scavo	81.61034
Sisma STR	81.91944

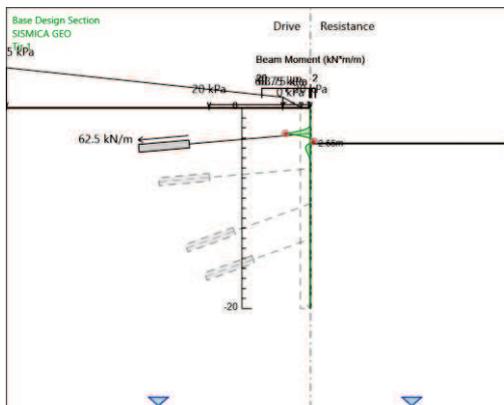
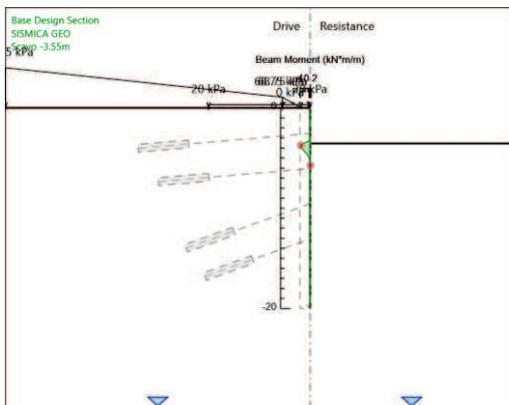
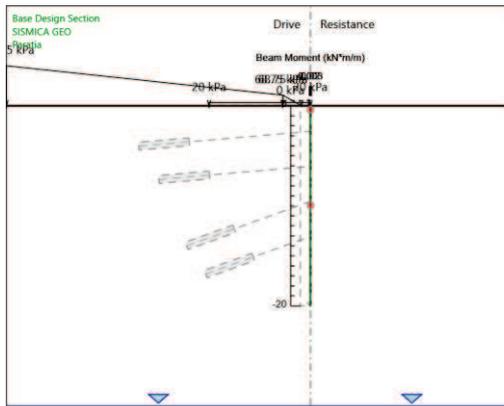
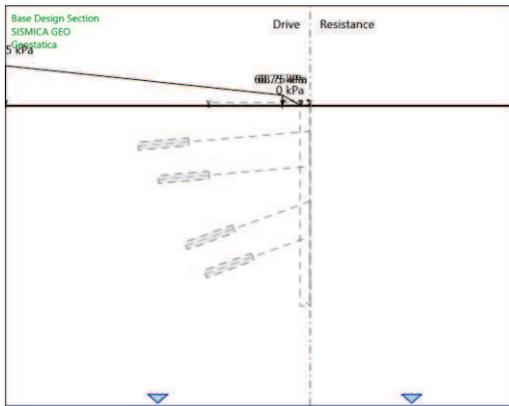
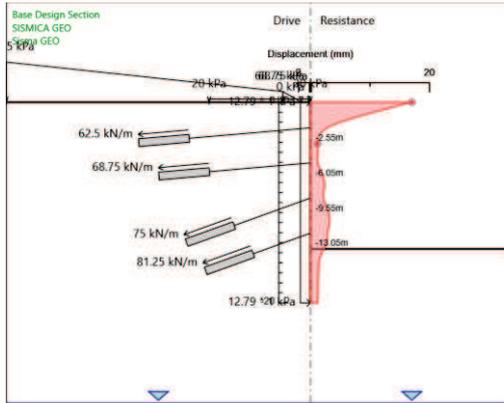
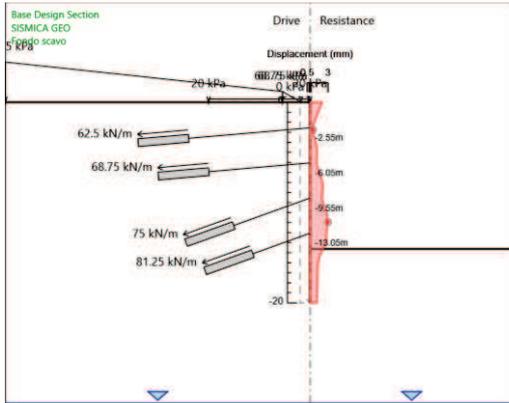
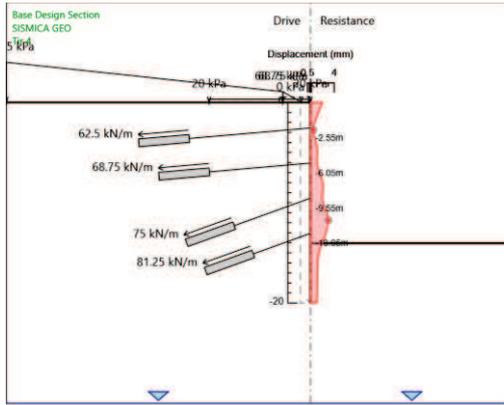
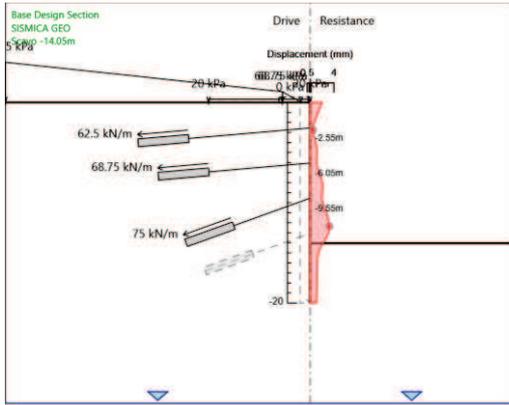
Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR1

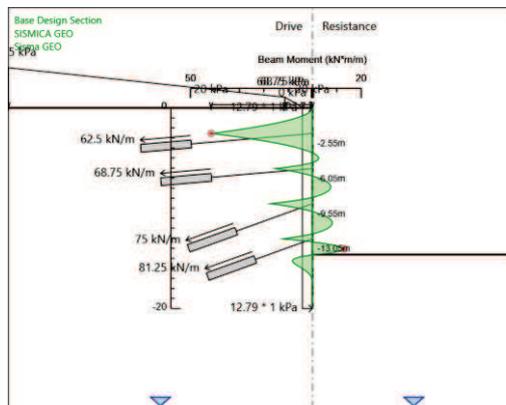
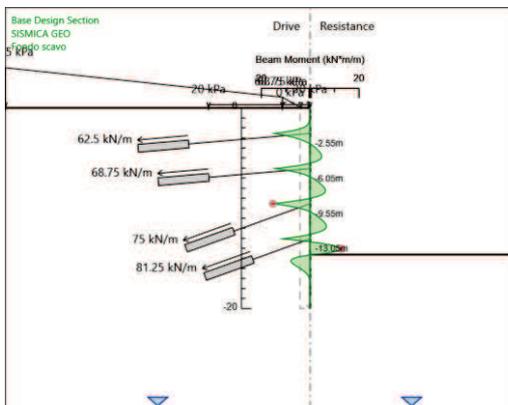
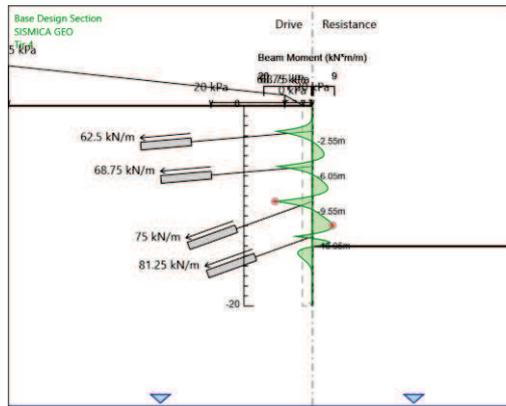
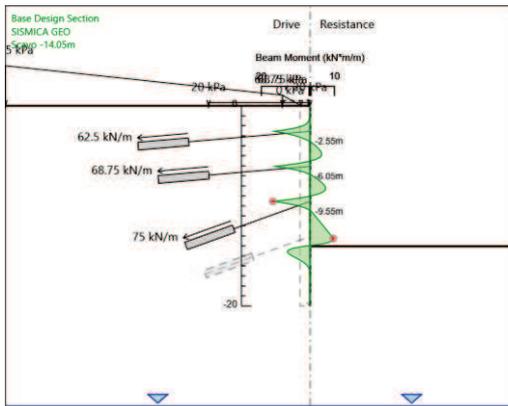
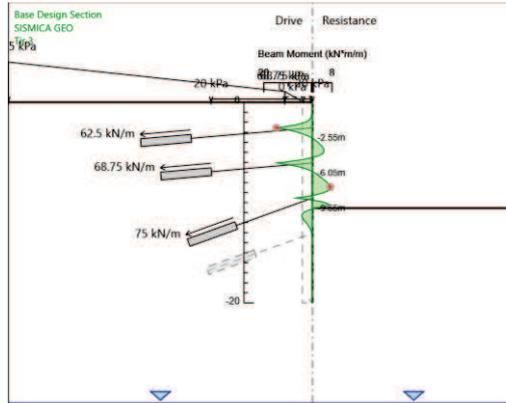
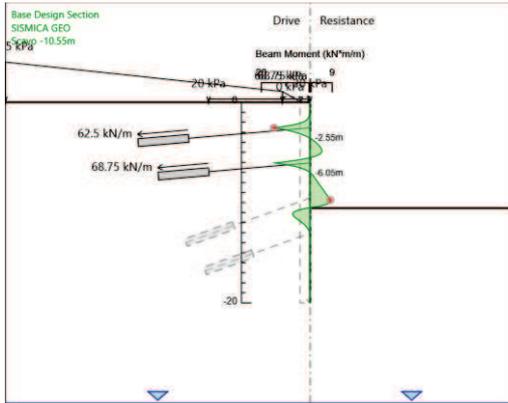
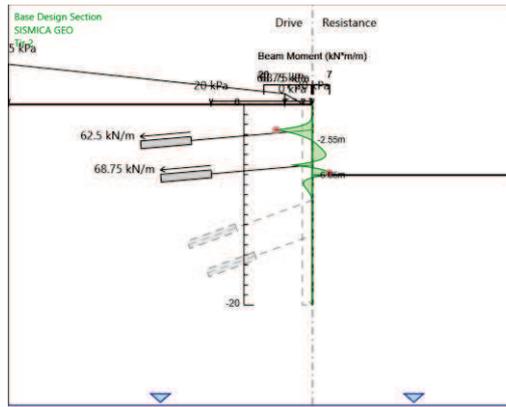
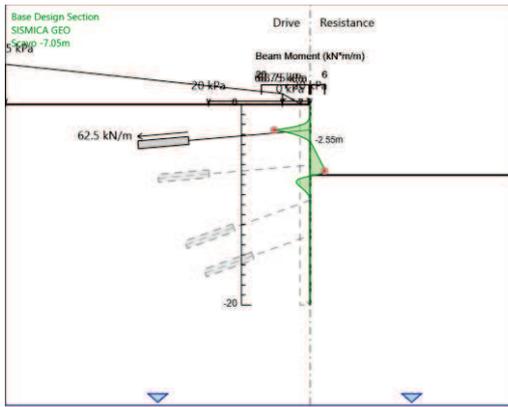
Stage	Forza (kN/m)
Tir 1	62.5
Scavo -7.05m	62.52987
Tir 2	62.53424
Scavo -10.55m	62.53756
Tir 3	62.53759
Scavo -14.05m	62.53755
Tir 4	62.53754
Fondo scavo	62.53754
Sisma STR	63.58247

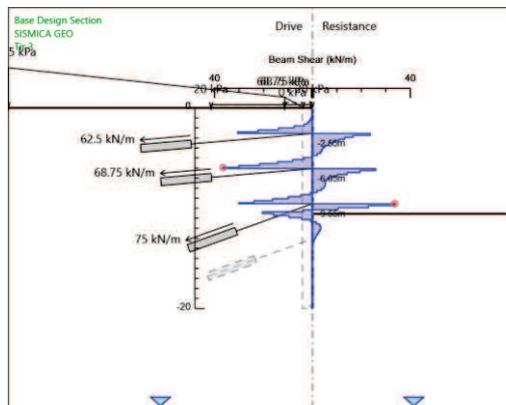
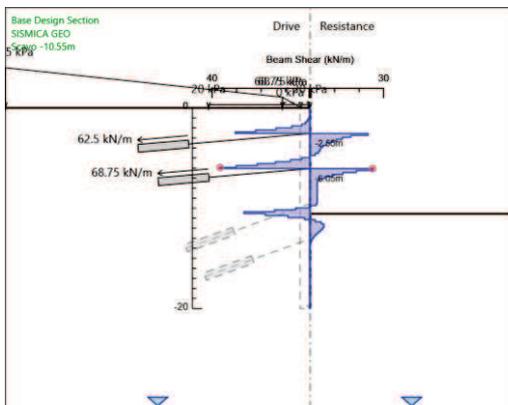
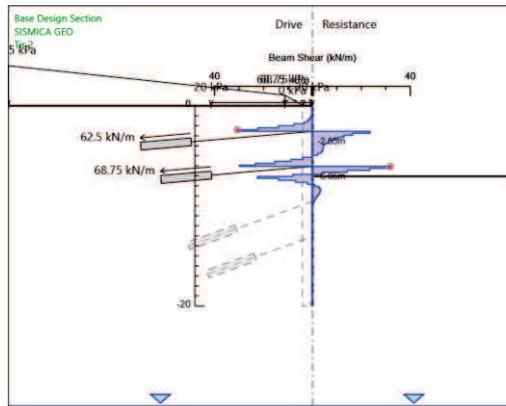
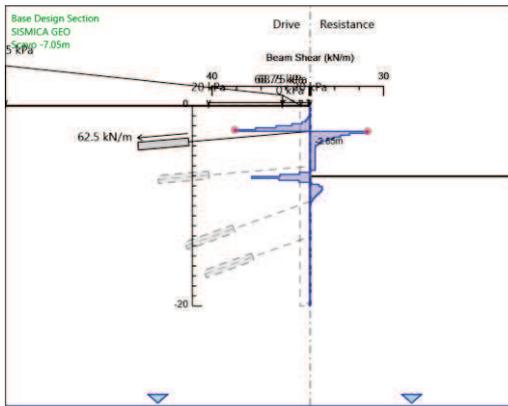
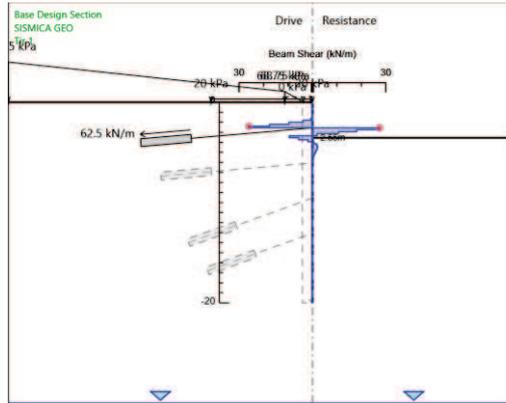
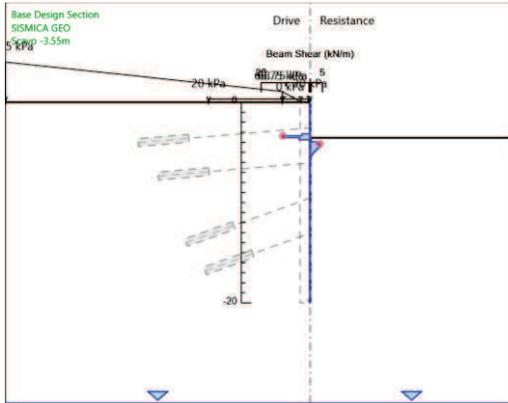
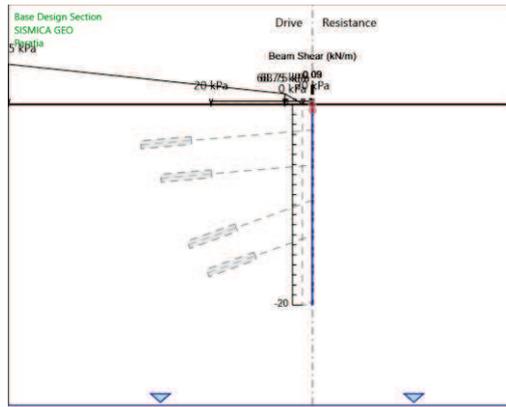
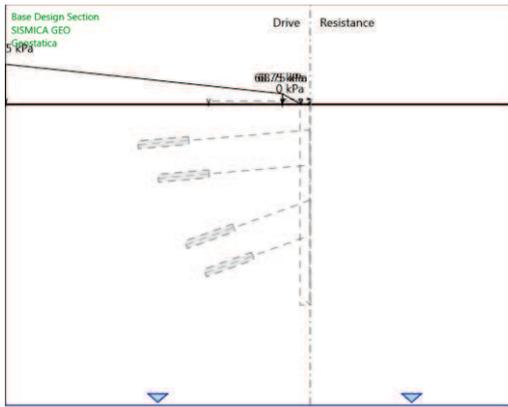
7.1. Risultati SISMICA GEO

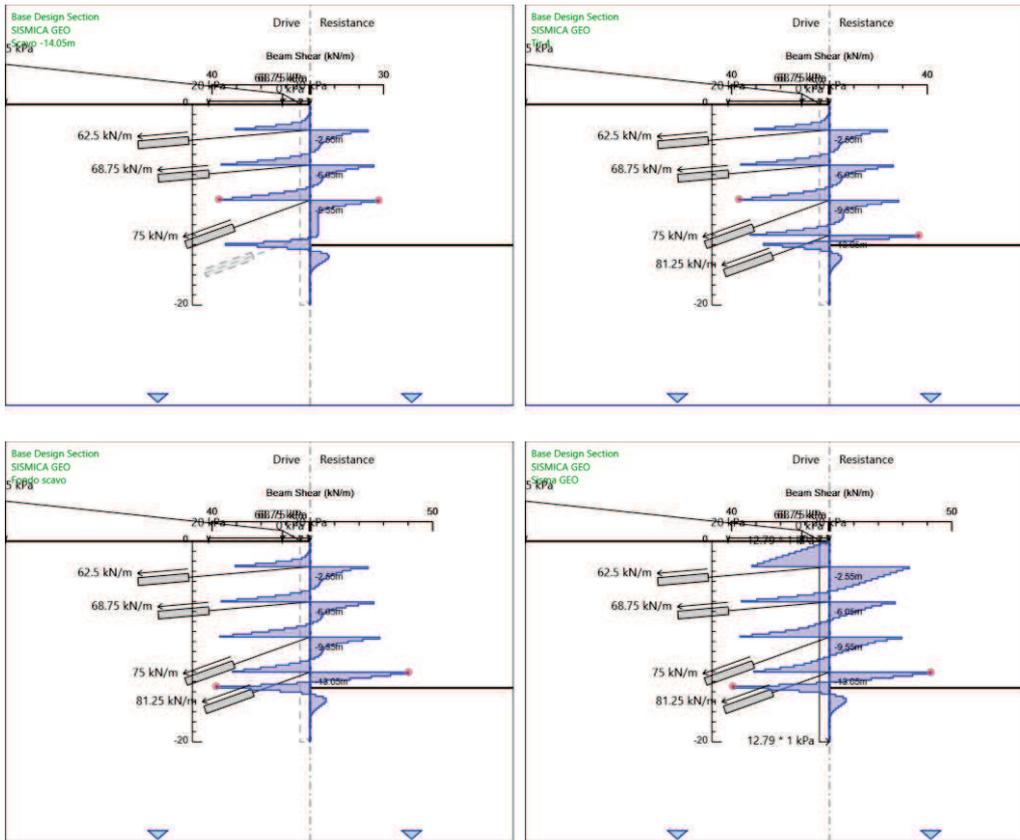
Tabella Grafici dei Risultati











Risultati Elementi strutturali - SISMICA GEO

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR2

Stage	Forza (kN/m)
Tir 2	68.75
Scavo -10.55m	68.81314
Tir 3	68.83257
Scavo -14.05m	68.83871
Tir 4	68.83866
Fondo scavo	68.83856
Sisma GEO	69.17009

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR3

Stage	Forza (kN/m)
Tir 3	75
Scavo -14.05m	75.21778
Tir 4	75.24187
Fondo scavo	75.24326
Sisma GEO	75.65831

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR4

Stage	Forza (kN/m)
Tir 4	81.25
Fondo scavo	81.77144
Sisma GEO	82.20712

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR1

Stage	Forza (kN/m)
Tir 1	62.5
Scavo -7.05m	62.55188
Tir 2	62.55883
Scavo -10.55m	62.56335
Tir 3	62.56331
Scavo -14.05m	62.56321
Tir 4	62.5632
Fondo scavo	62.5632
Sisma GEO	66.74792

2. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Muro di sinistra

Sezione : Micropali/0.40m

Area equivalente : 0.0184298855607986 m

Inerzia equivalente : 0 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.4 m

Diametro : 0.22 m

Efficacia : 0.8

Materiale acciaio : S275

Sezione : CHS139.7*8

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.4 m

Spessore : 0.008 m

Diametro : 0.1397 m

3. Fasi di Calcolo

Geostatica

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 60 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.5 m

Pressione iniziale : 331.75 kPa

Pressione finale : 60 kPa

Paratia

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 60 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.5 m

Pressione iniziale : 331.75 kPa

Pressione finale : 60 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : Micropali/0.40m

Scavo -2.13m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2.13 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2.13 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 60 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.5 m

Pressione iniziale : 331.75 kPa

Pressione finale : 60 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tir 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2.13 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2.13 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 60 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.5 m

Pressione iniziale : 331.75 kPa

Pressione finale : 60 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -1.13 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 8 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Scavo -5.63m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.63 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.63 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 60 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.5 m

Pressione iniziale : 331.75 kPa

Pressione finale : 60 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -1.13 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 8 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tir 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.63 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.63 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 60 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.5 m

Pressione iniziale : 331.75 kPa

Pressione finale : 60 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -4.63 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 6 m

Precarico : 220 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -1.13 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 8 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Scavo -9.13m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.13 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-9.13 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 60 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.5 m

Pressione iniziale : 331.75 kPa

Pressione finale : 60 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -4.63 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 6 m

Precarico : 220 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -1.13 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 8 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tir 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.13 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-9.13 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 60 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.5 m

Pressione iniziale : 331.75 kPa

Pressione finale : 60 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -4.63 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 6 m

Precarico : 220 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m
Z : -8.13 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 5 m
Precarico : 240 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m
Z : -1.13 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 8 m
Precarico : 200 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Fondo scavo

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.71 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-9.71 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 60 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.5 m

Pressione iniziale : 331.75 kPa

Pressione finale : 60 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -4.63 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 6 m

Precarico : 220 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m

Z : -8.13 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 5 m

Precarico : 240 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -1.13 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 8 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

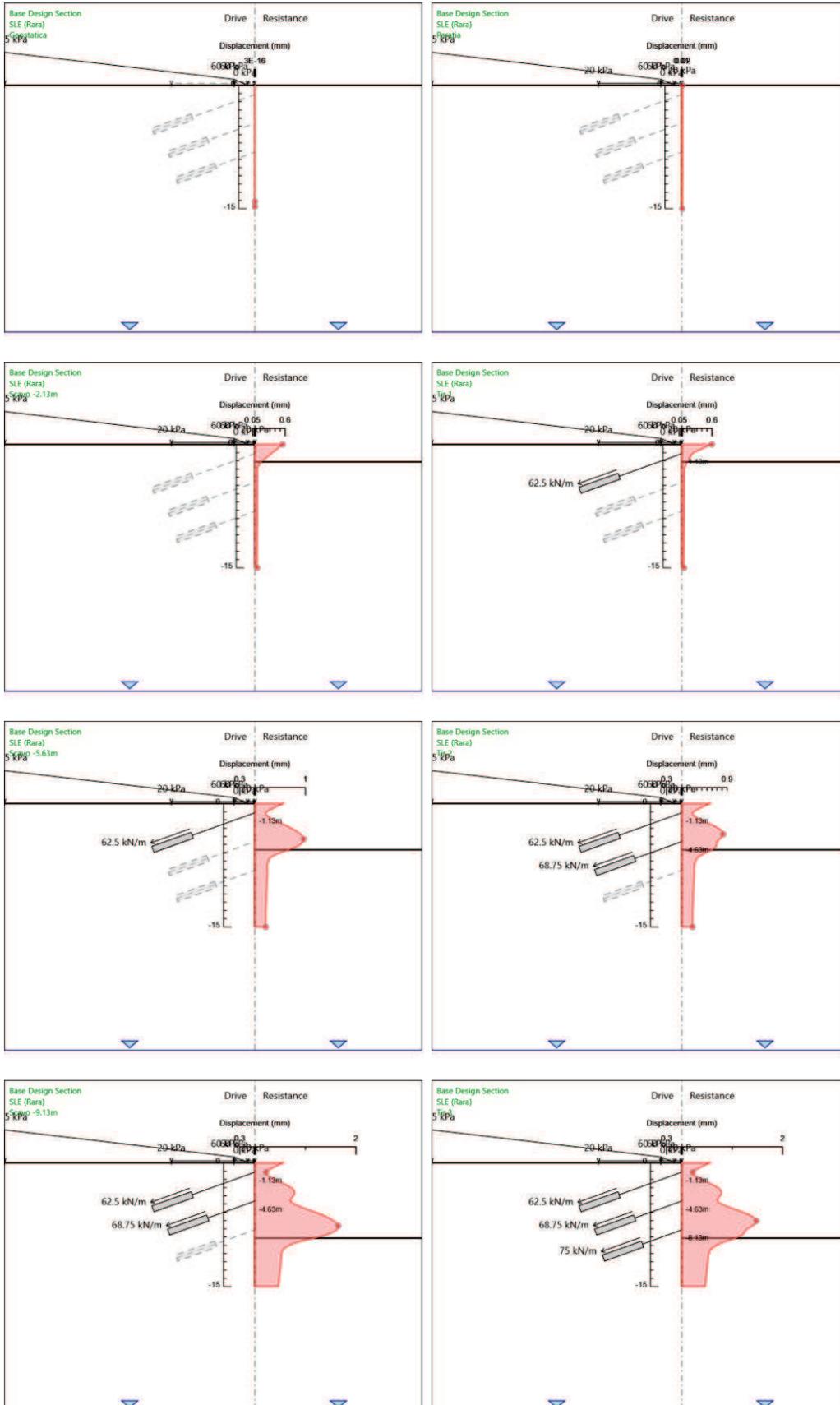
Numero di barre : 3

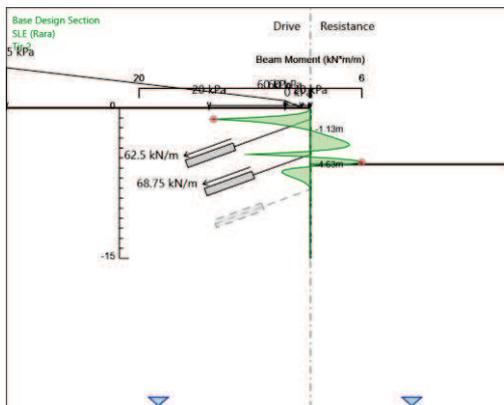
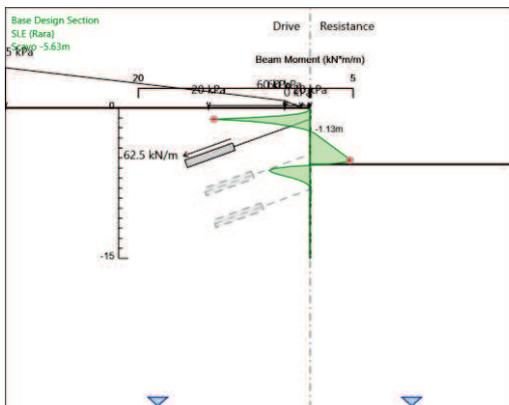
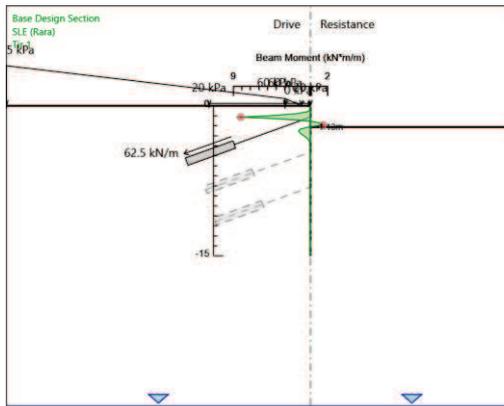
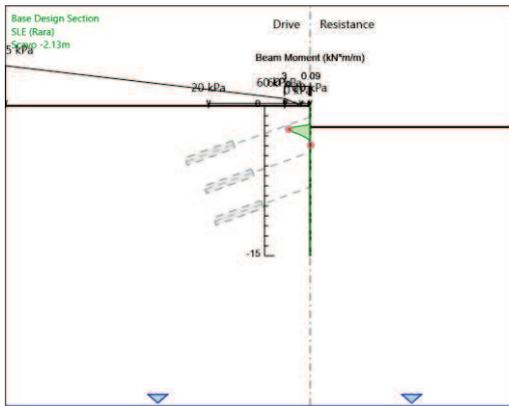
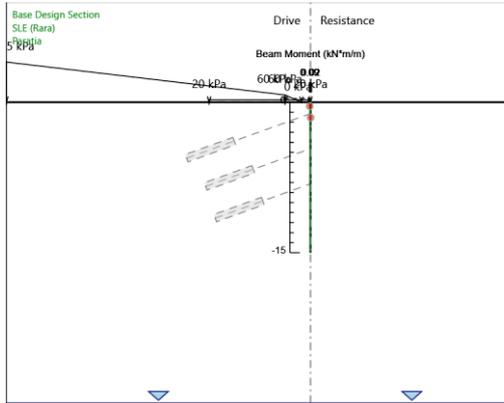
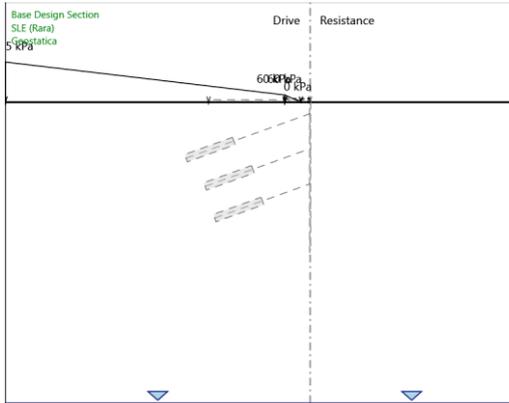
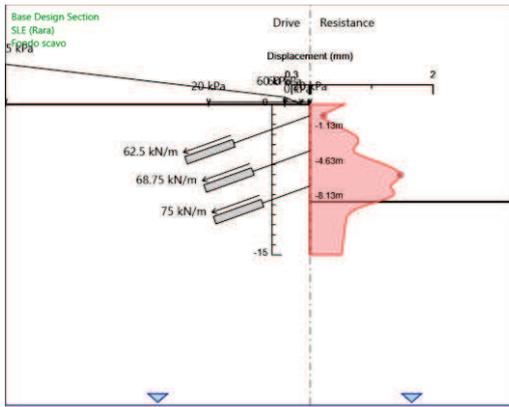
Diametro : 0.01331 m

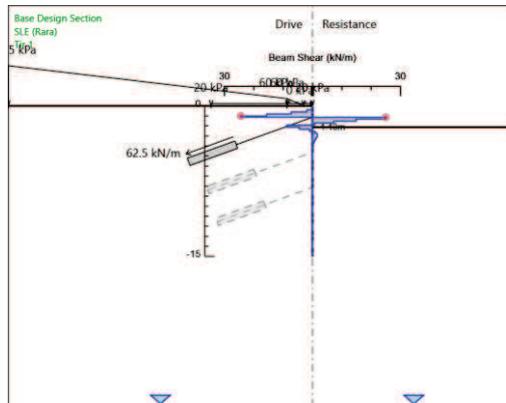
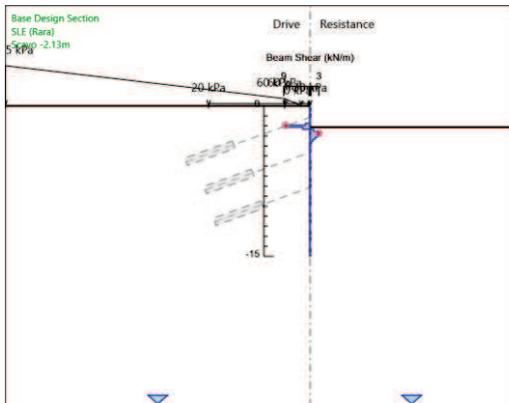
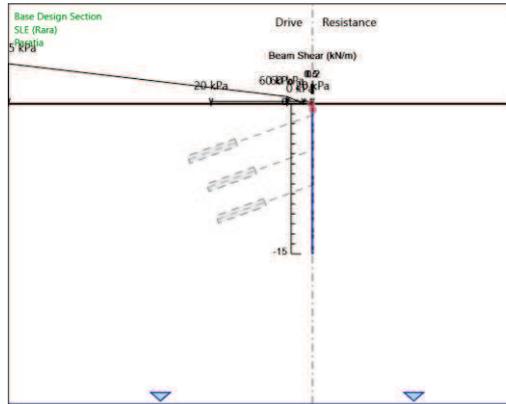
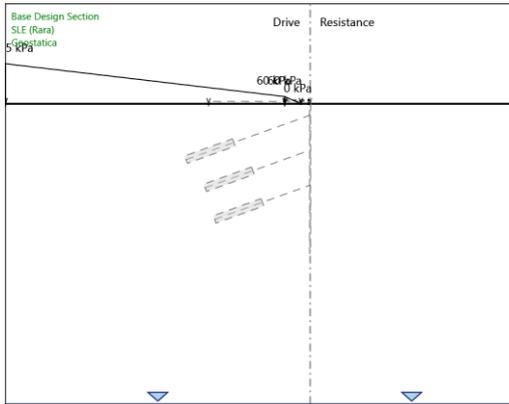
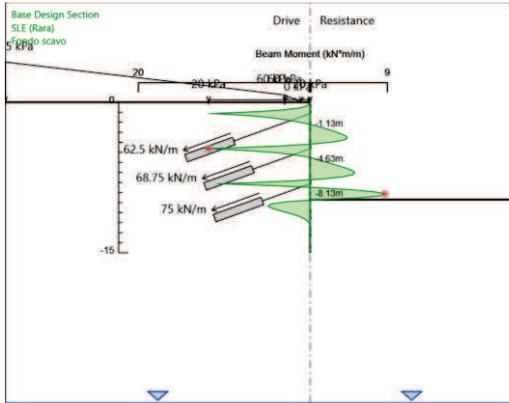
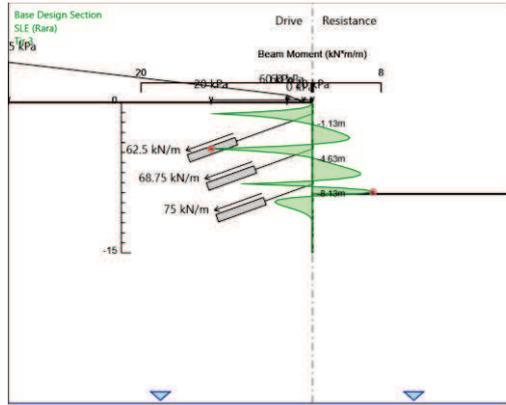
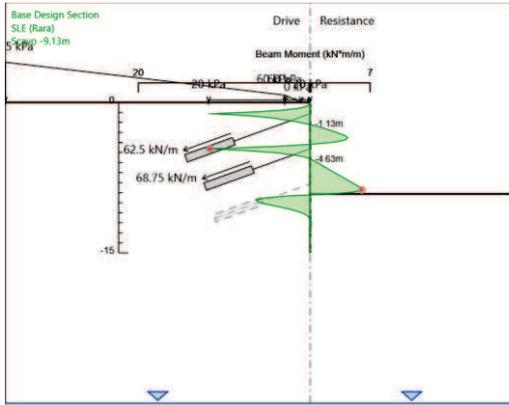
Area : 0.000417 m²

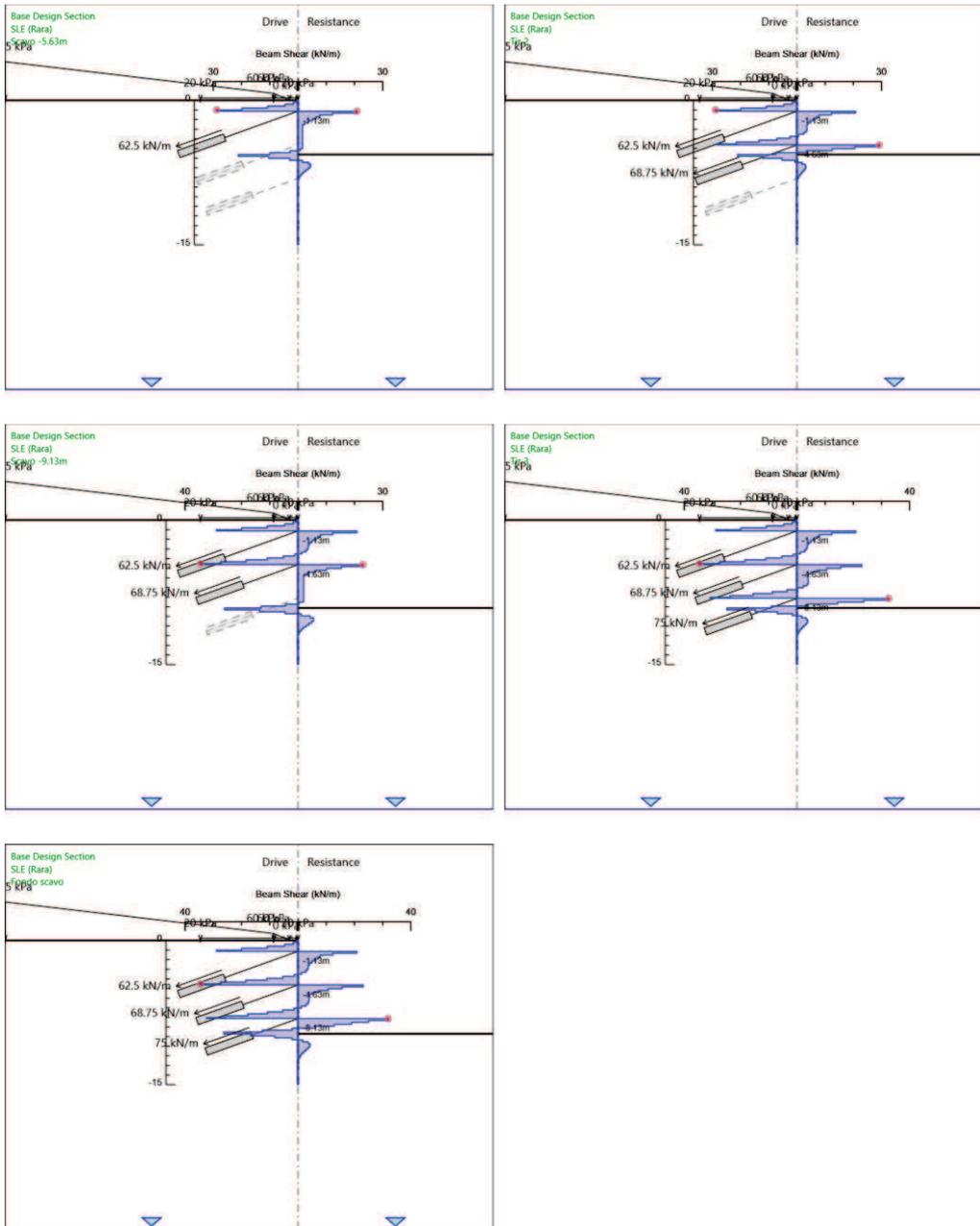
4. Risultati SLE (Rara)

Tabella Grafici dei Risultati









Risultati Elementi strutturali - SLE (Rara)

Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR2

Stage	Forza (kN/m)
Tir 2	68.75
Scavo -9.13m	68.74149
Tir 3	68.75186
Fondo scavo	68.7535

Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR3

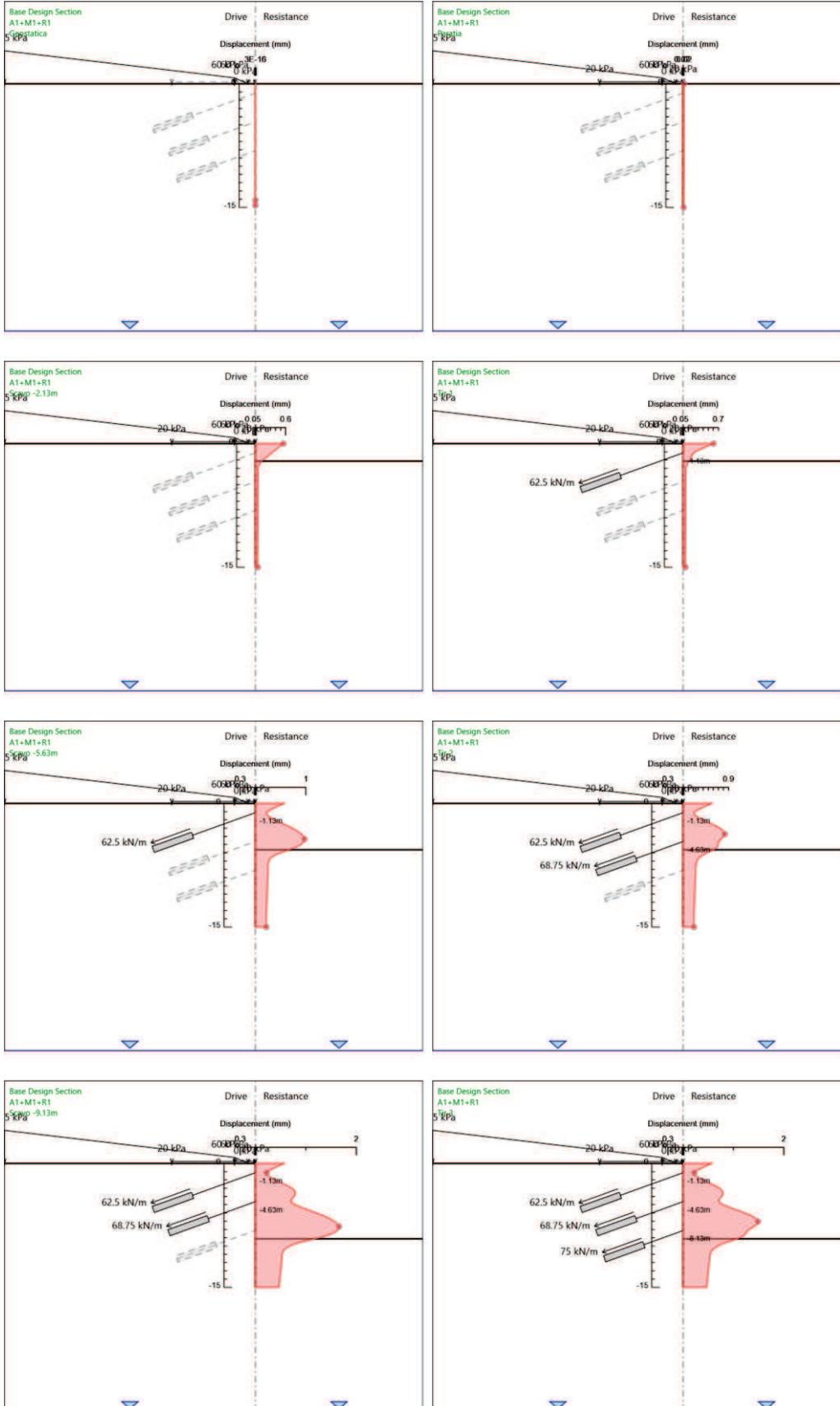
Stage	Forza (kN/m)
Tir 3	75
Fondo scavo	75.12779

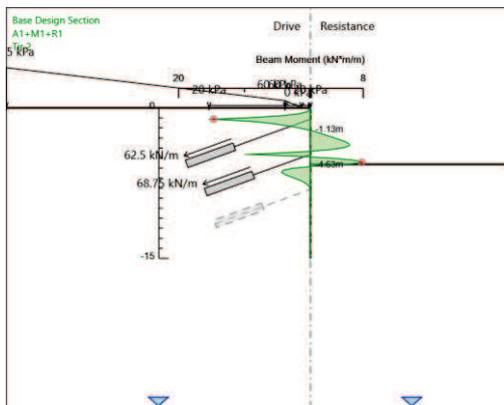
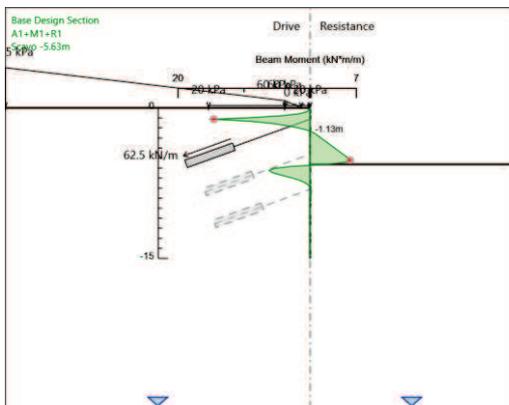
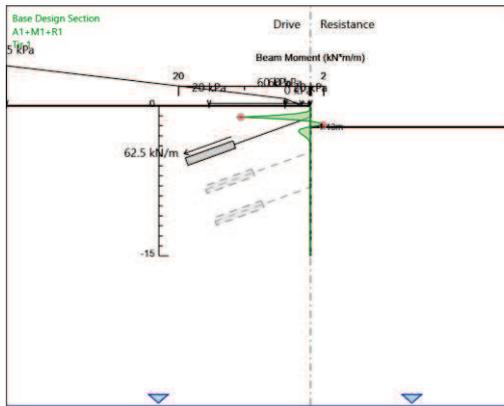
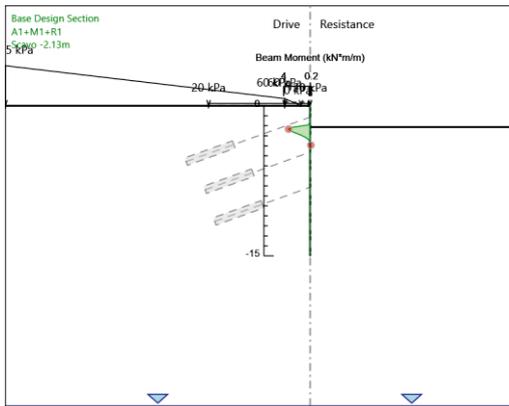
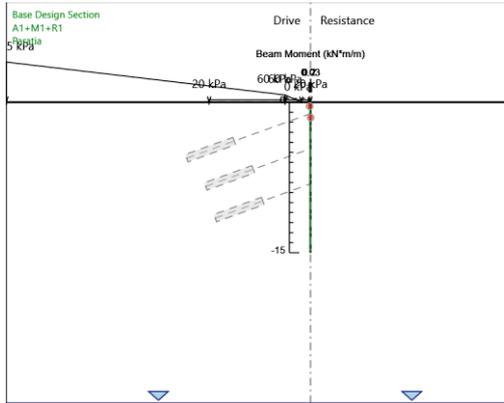
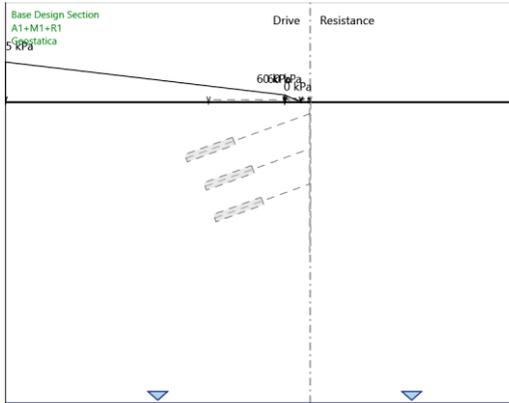
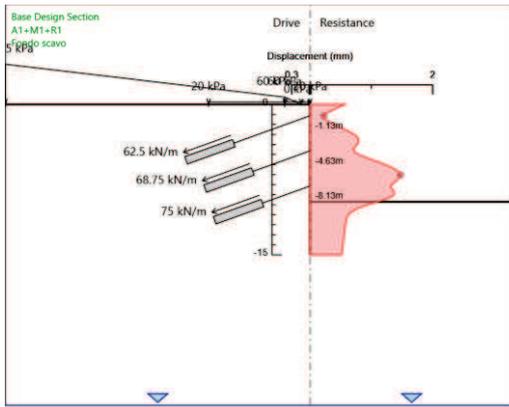
Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR1

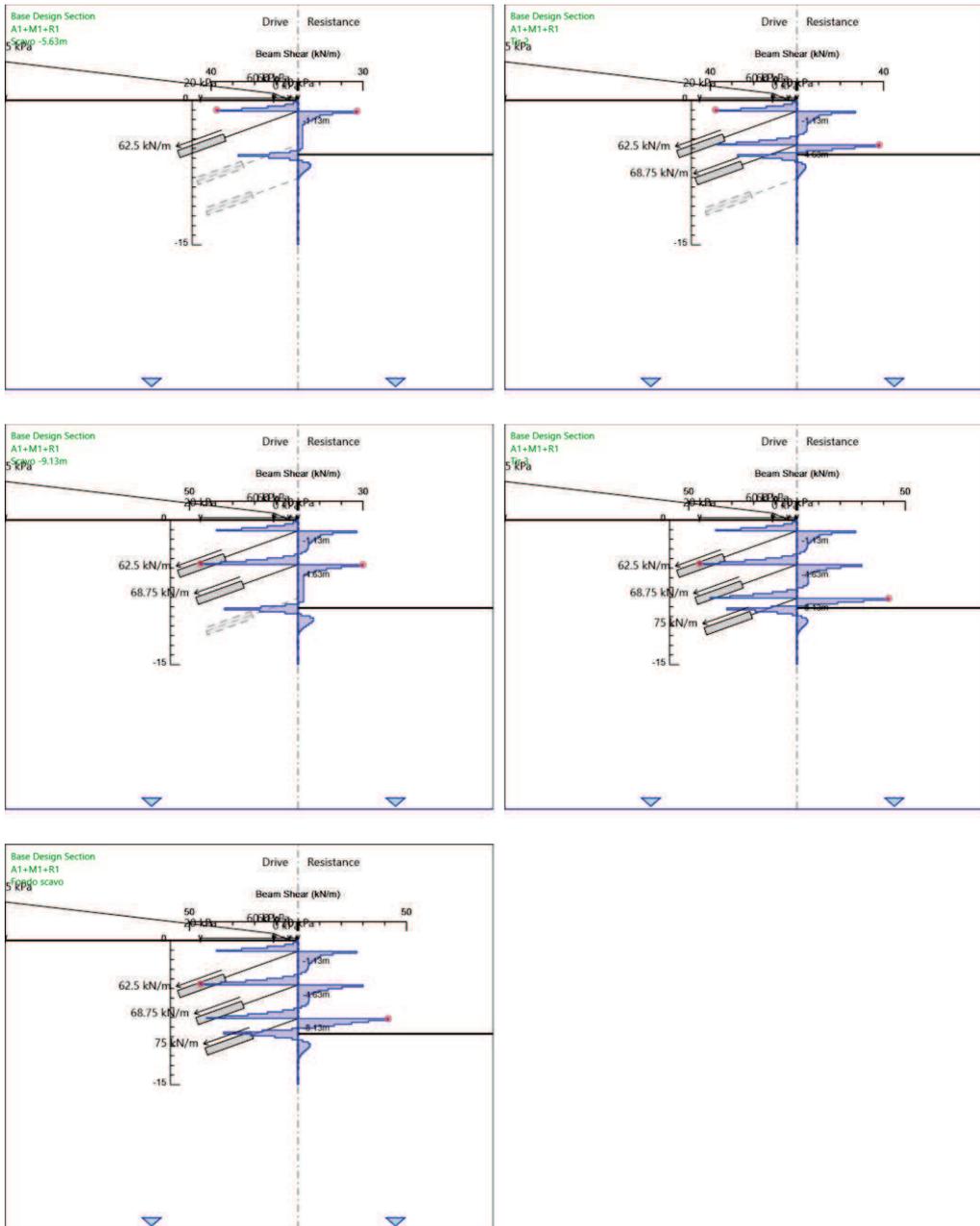
Stage	Forza (kN/m)
Tir 1	62.5
Scavo -5.63m	62.51858
Tir 2	62.52082
Scavo -9.13m	62.52336
Tir 3	62.52345
Fondo scavo	62.52344

5. Risultati A1+M1+R1

Tabella Grafici dei Risultati







Risultati Elementi strutturali - A1+M1+R1

Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR2

Stage	Forza (kN/m)
Tir 2	89.375
Scavo -9.13m	89.364015
Tir 3	89.377496
Fondo scavo	89.379641

Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR3

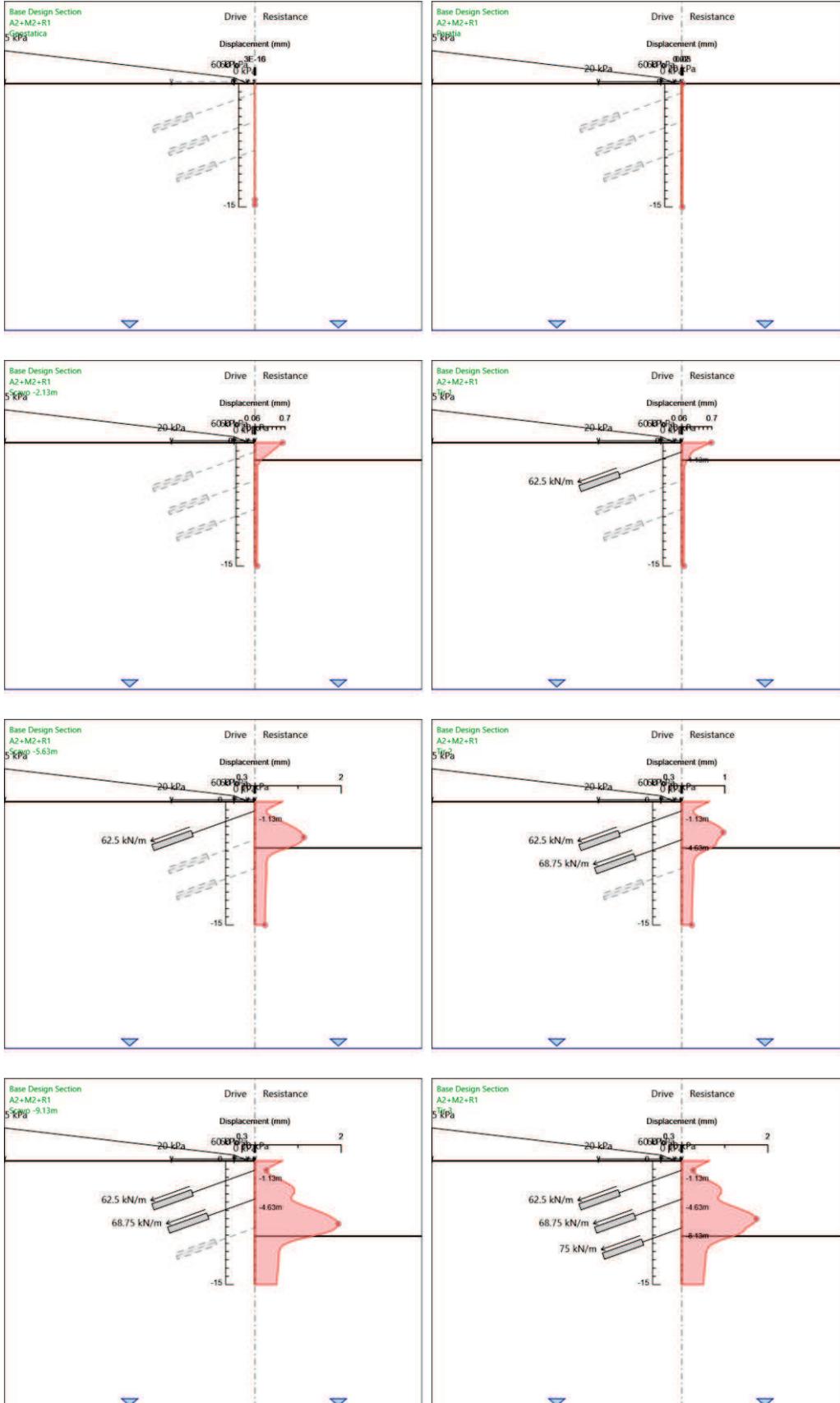
Stage	Forza (kN/m)
Tir 3	97.5
Fondo scavo	97.666491

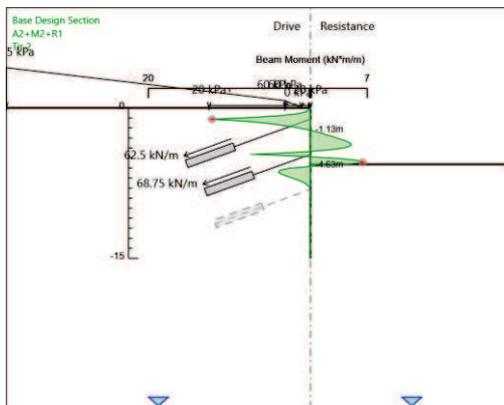
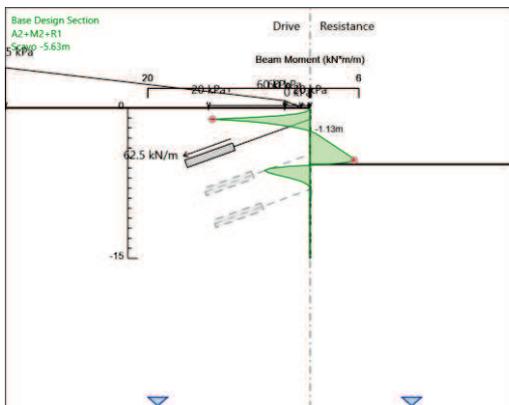
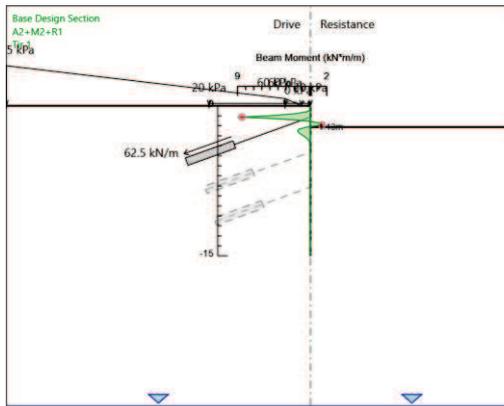
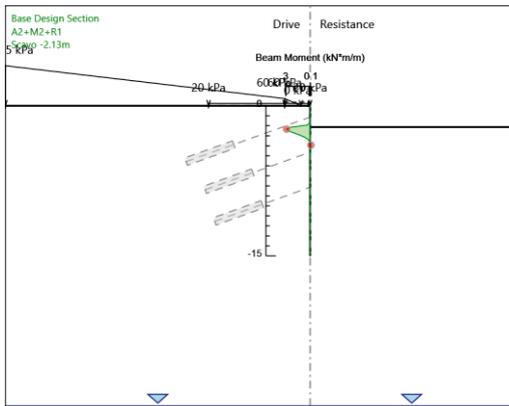
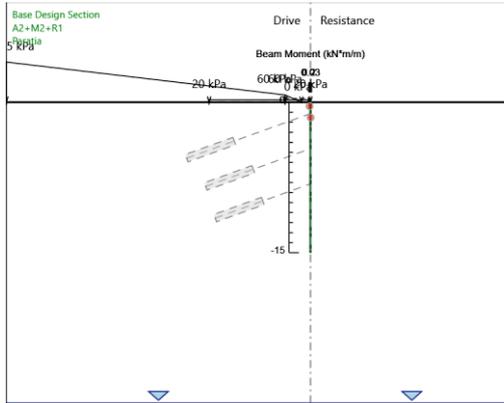
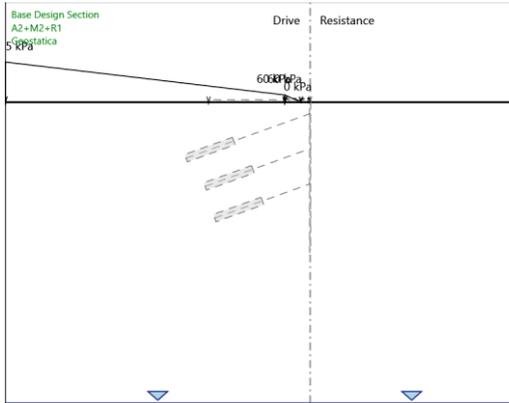
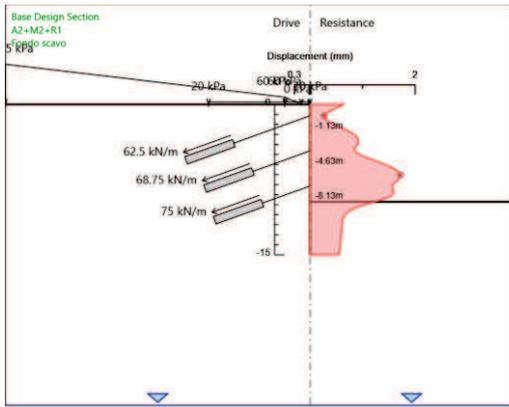
Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR1

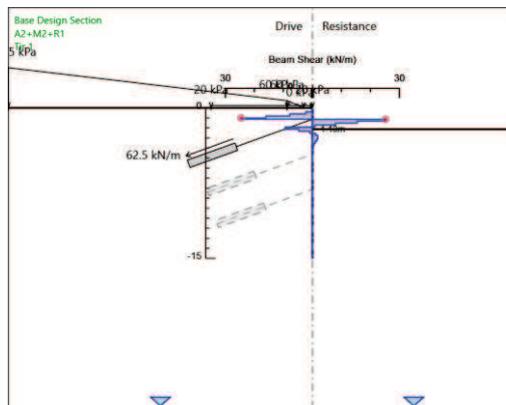
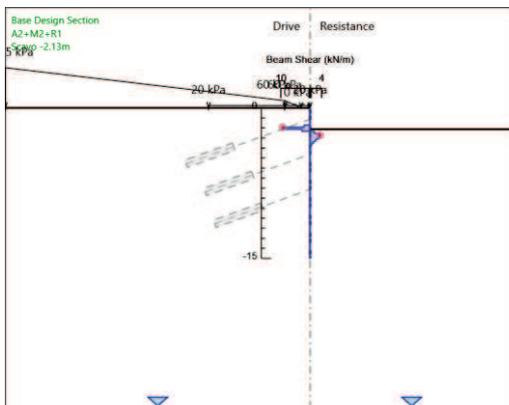
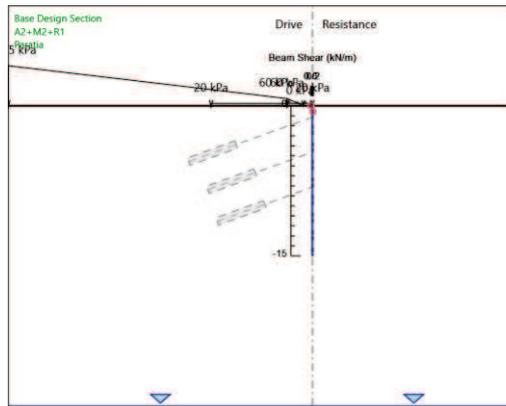
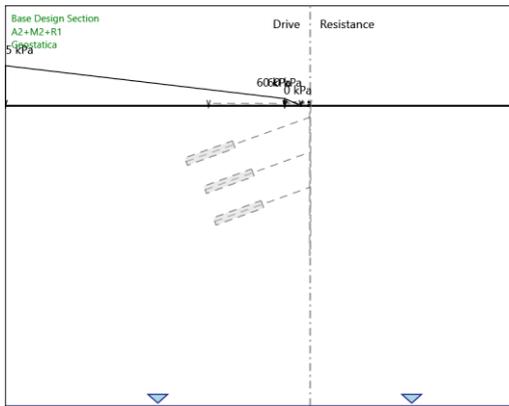
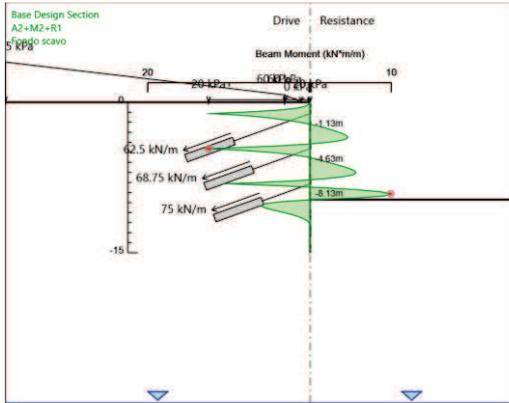
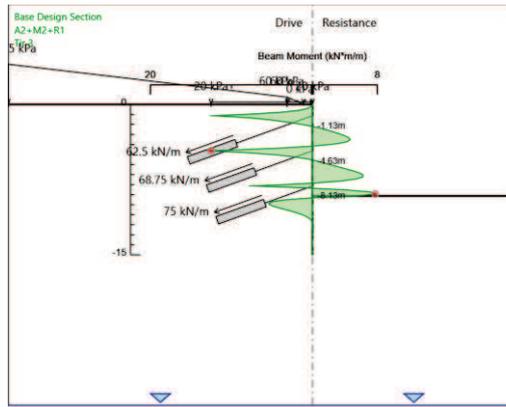
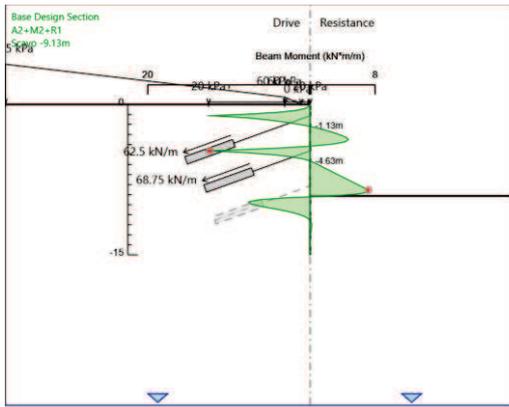
Stage	Forza (kN/m)
Tir 1	81.25
Scavo -5.63m	81.274323
Tir 2	81.277235
Scavo -9.13m	81.280537
Tir 3	81.280667
Fondo scavo	81.280654

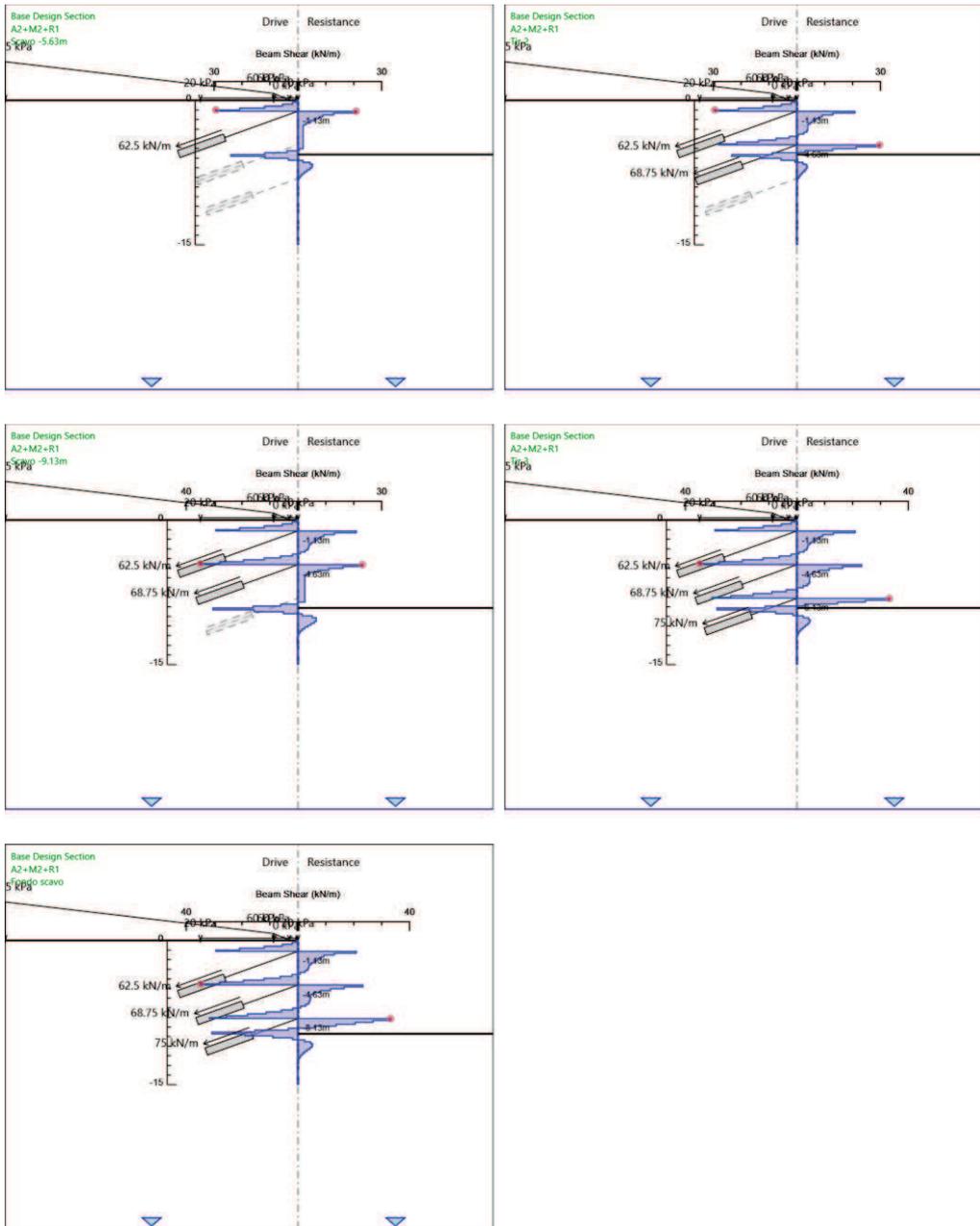
6. Risultati A2+M2+R1

Tabella Grafici dei Risultati









Risultati Elementi strutturali - A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR2

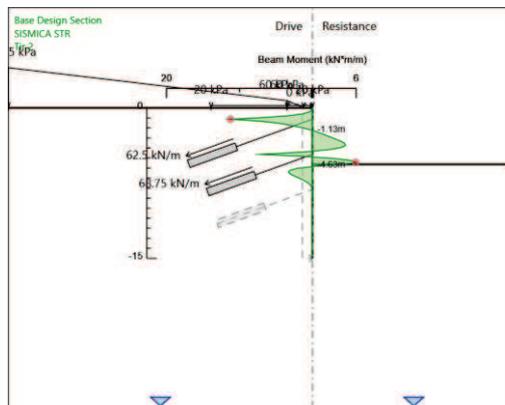
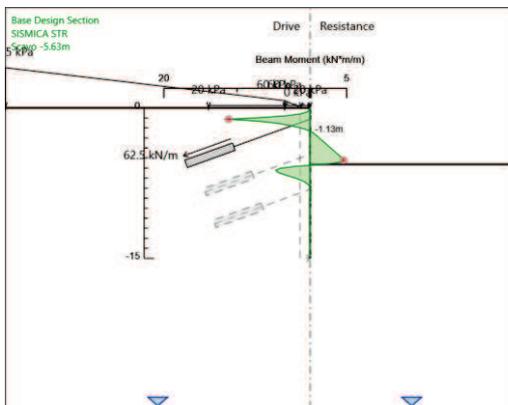
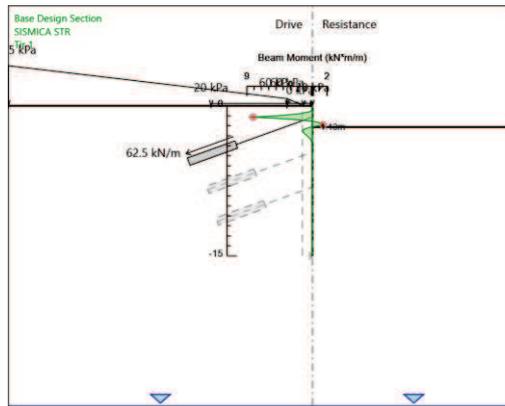
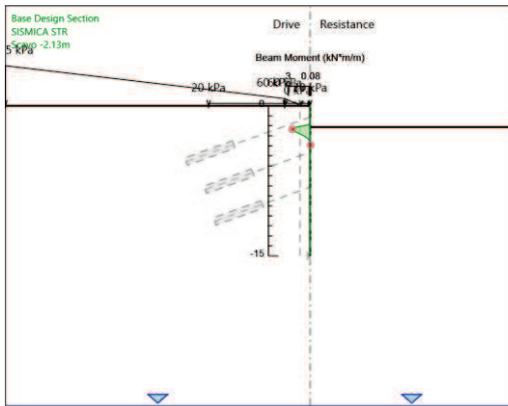
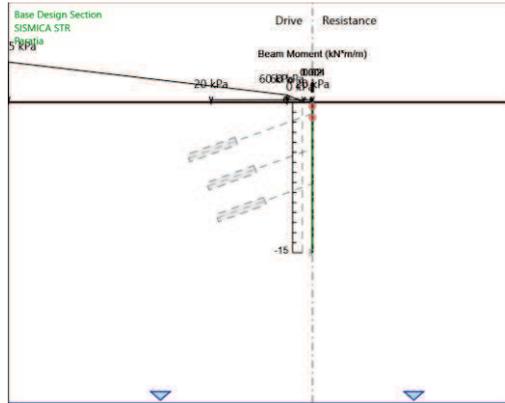
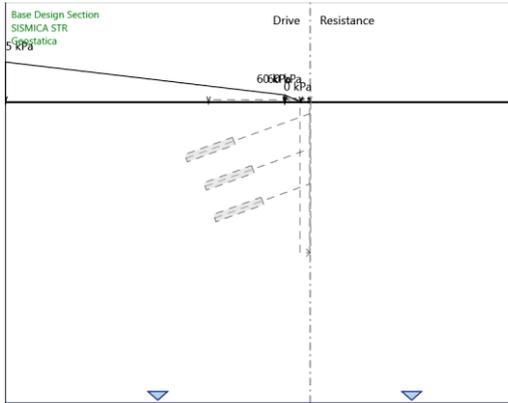
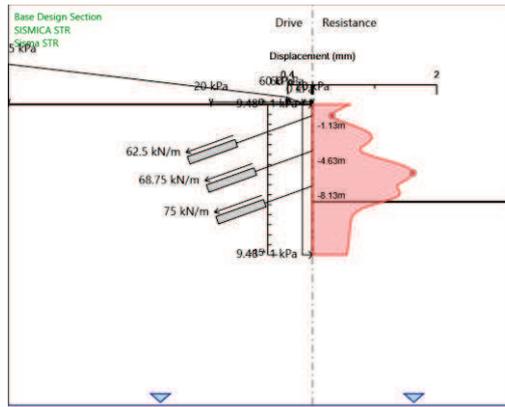
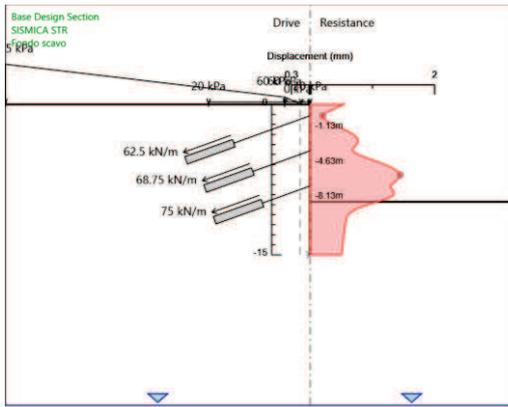
Stage	Forza (kN/m)
Tir 2	68.75
Scavo -9.13m	68.77076
Tir 3	68.78516
Fondo scavo	68.7873

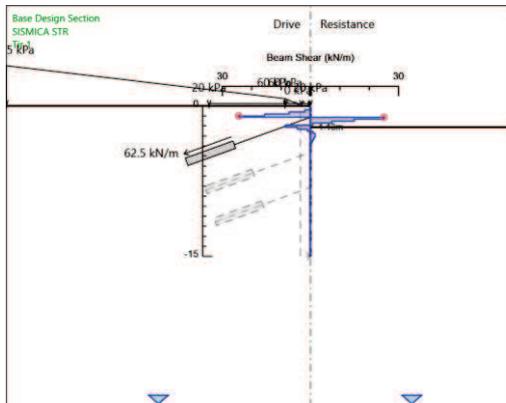
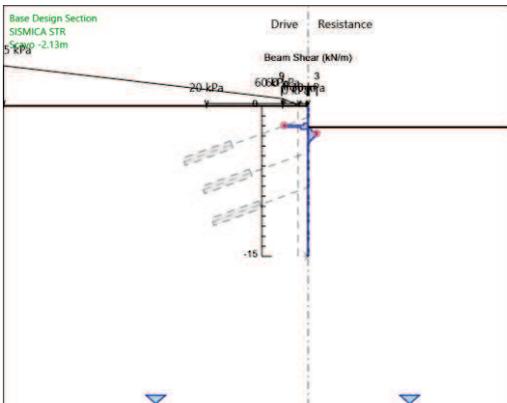
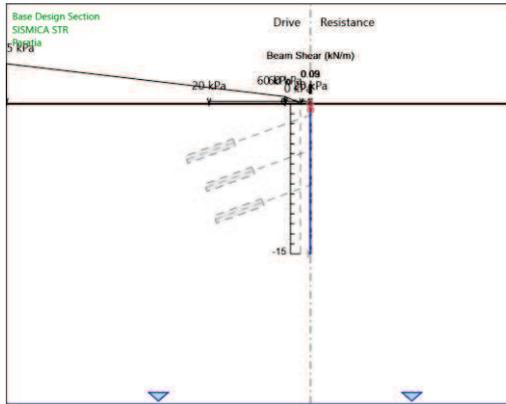
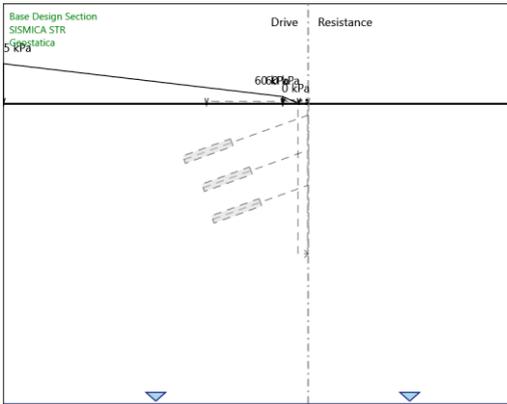
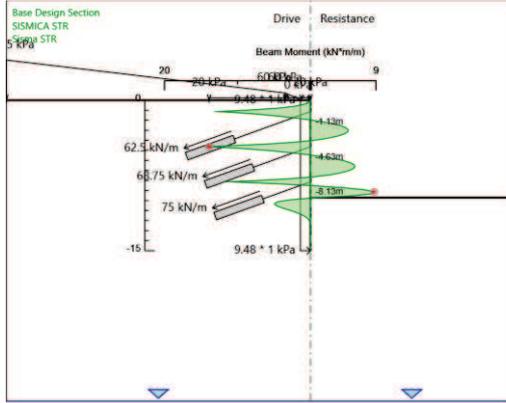
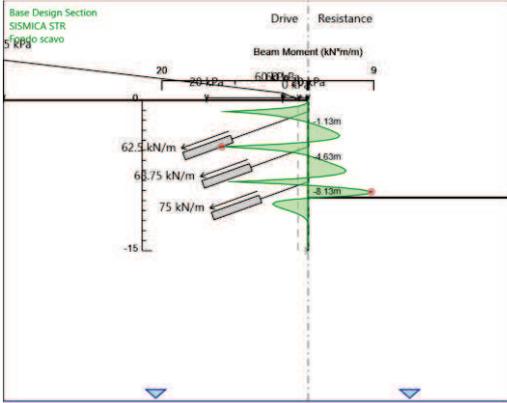
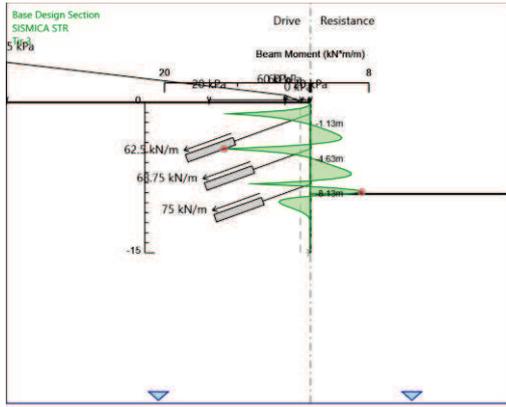
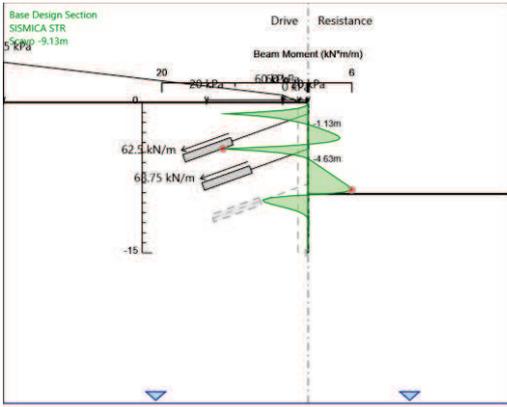
Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR3

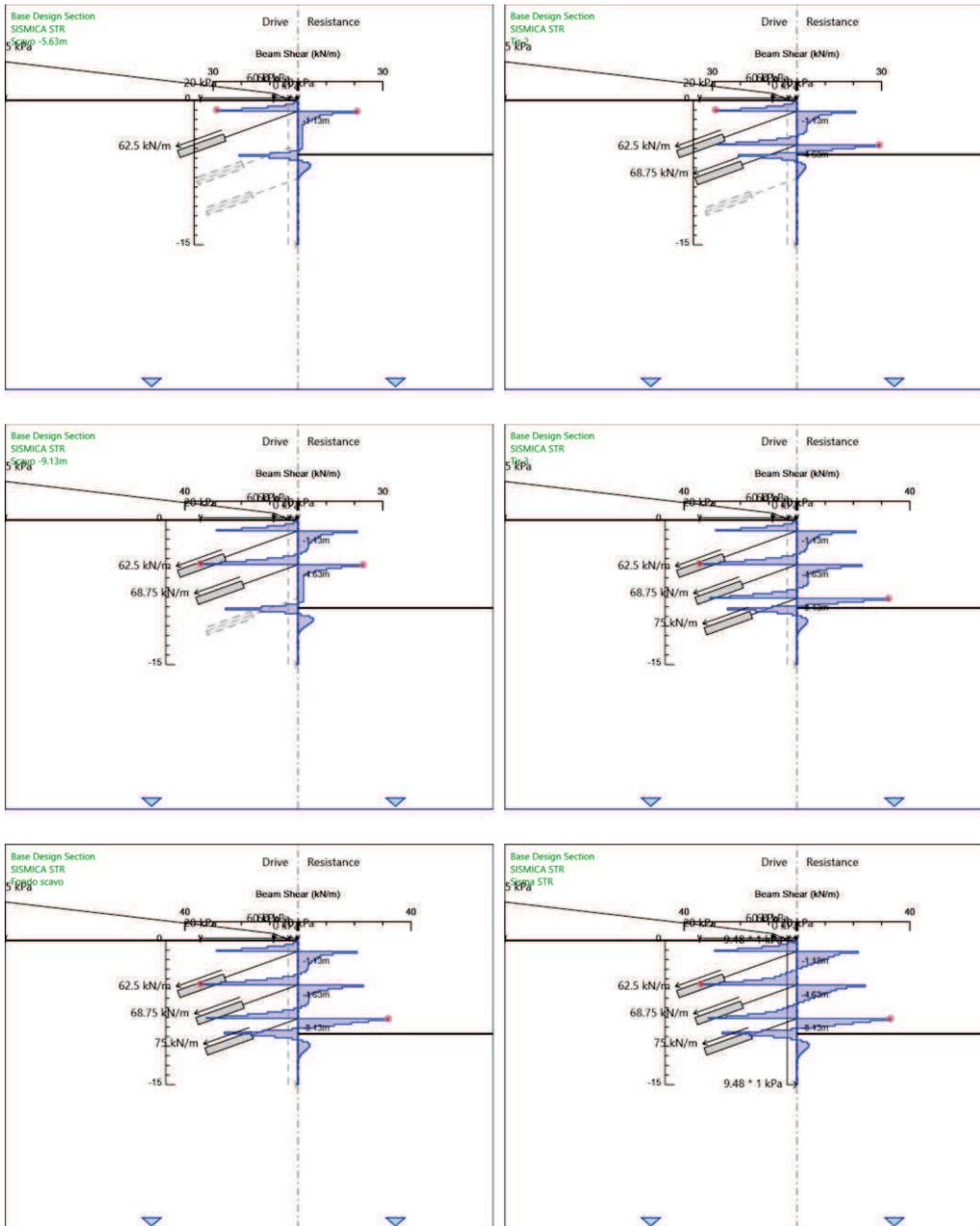
Stage	Forza (kN/m)
Tir 3	75
Fondo scavo	75.18956

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR1

Stage	Forza (kN/m)
Tir 1	62.5
Scavo -5.63m	62.53751
Tir 2	62.54185
Scavo -9.13m	62.54573
Tir 3	62.54581
Fondo scavo	62.54579







Risultati Elementi strutturali - SISMICA STR

Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR2

Stage	Forza (kN/m)
Tir 2	68.75
Scavo -9.13m	68.74119
Tir 3	68.75156
Fondo scavo	68.75318
Sisma STR	69.00801

Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR3

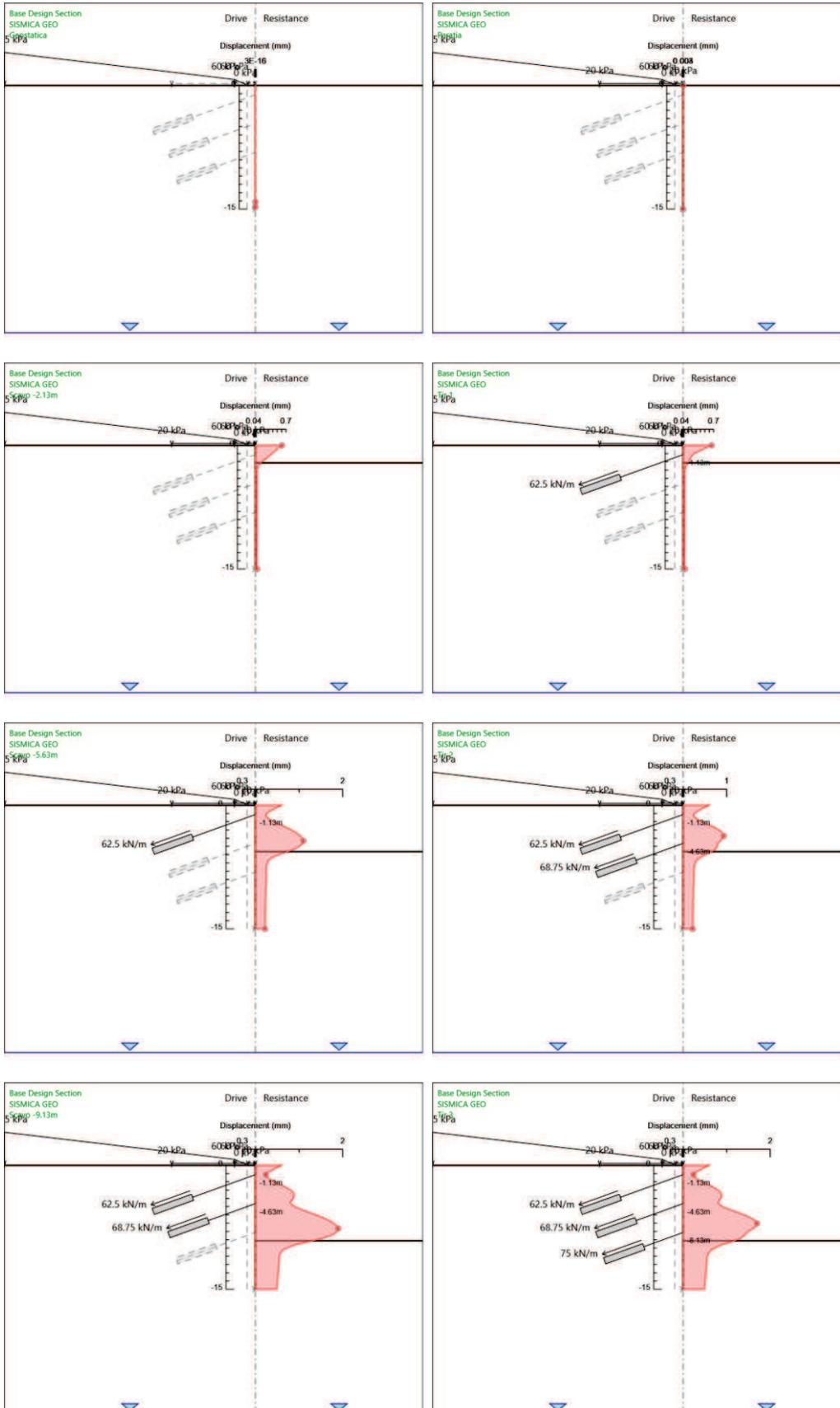
Stage	Forza (kN/m)
Tir 3	75
Fondo scavo	75.1263
Sisma STR	75.35661

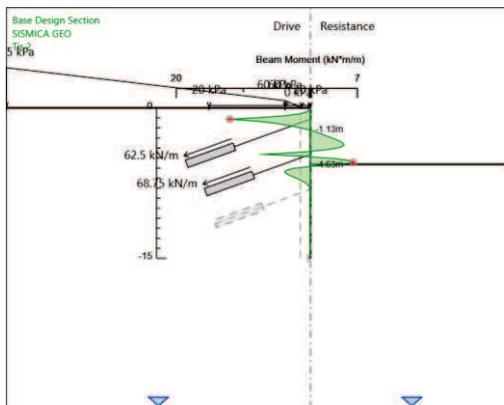
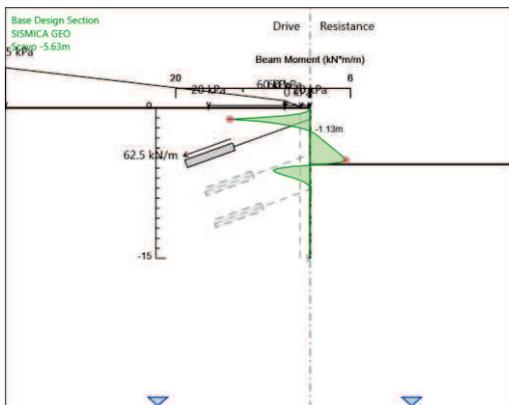
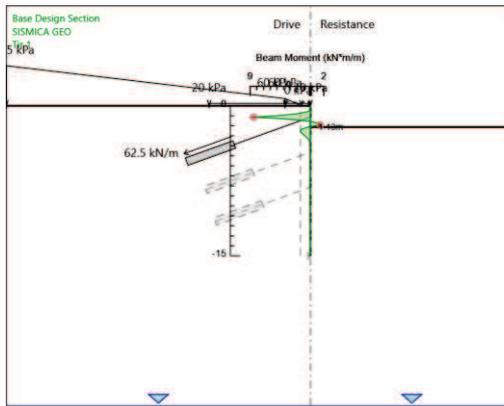
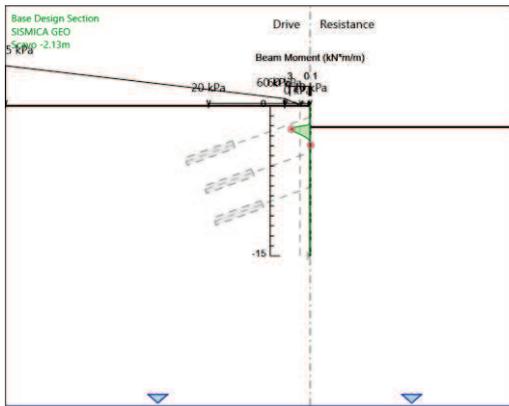
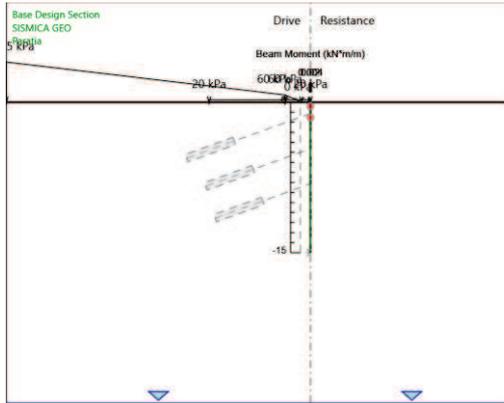
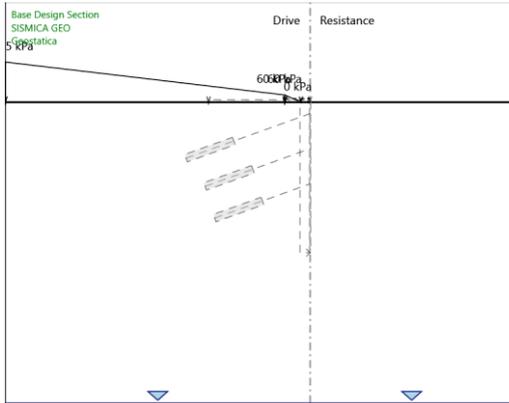
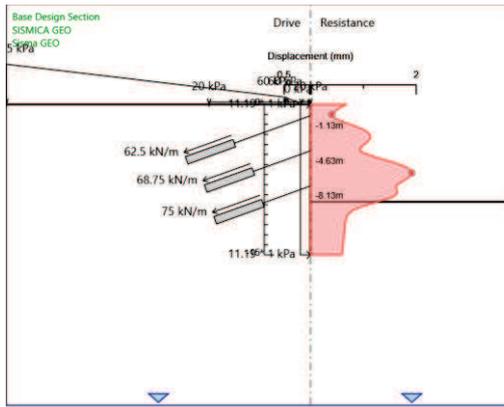
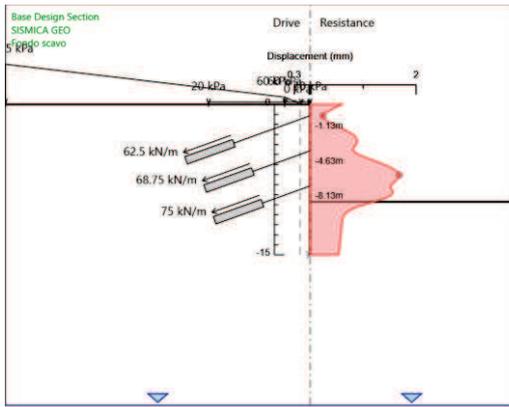
Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR1

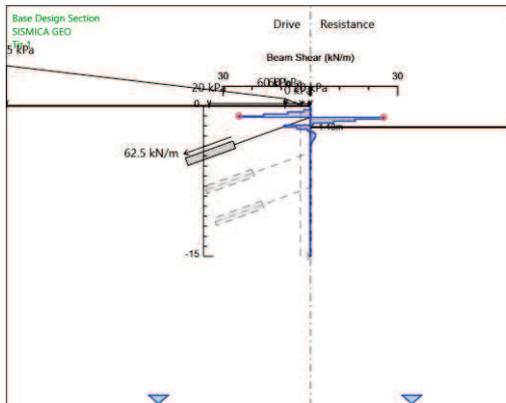
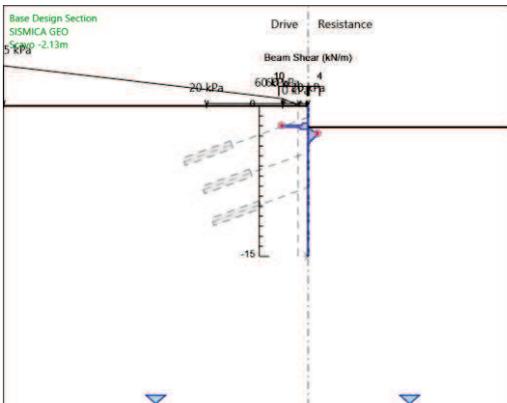
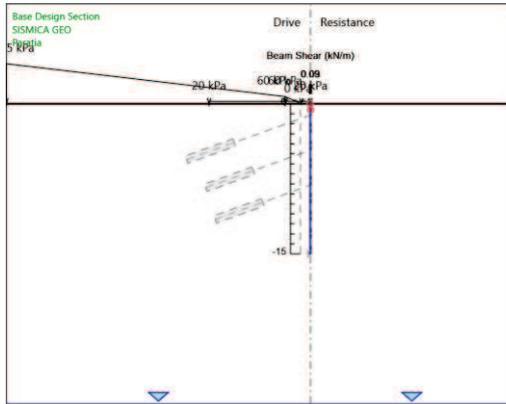
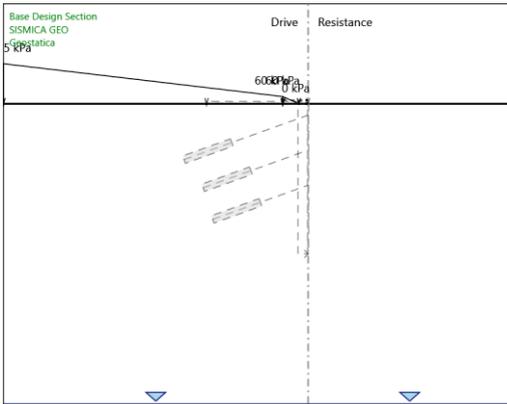
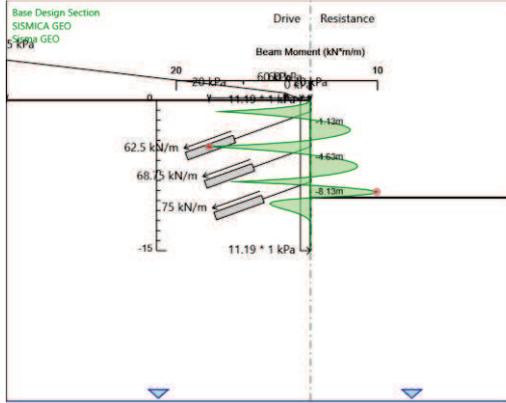
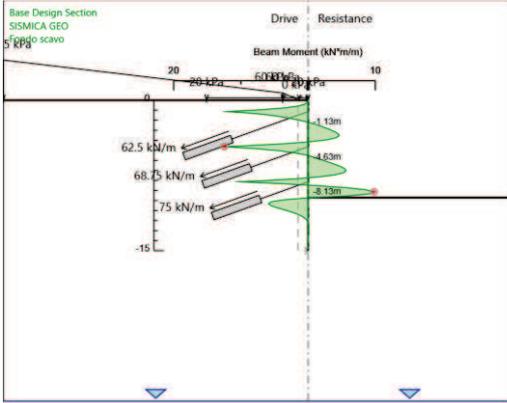
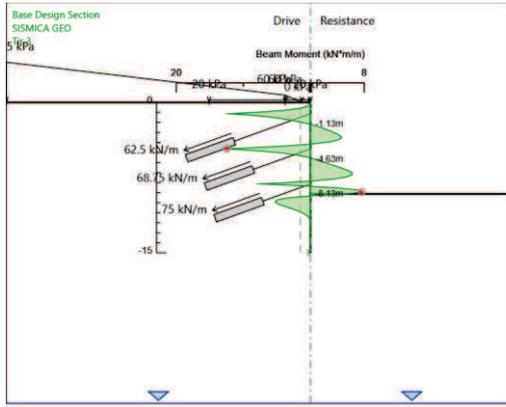
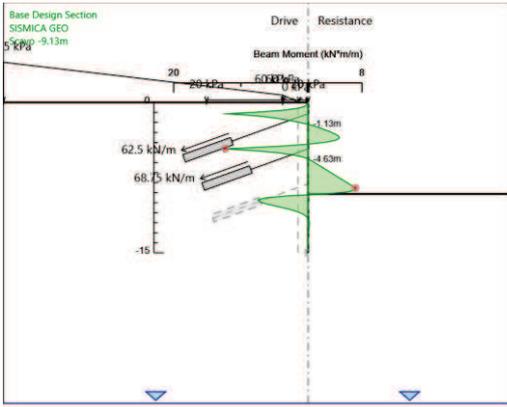
Stage	Forza (kN/m)
Tir 1	62.5
Scavo -5.63m	62.51793
Tir 2	62.52017
Scavo -9.13m	62.52268
Tir 3	62.52277
Fondo scavo	62.52276
Sisma STR	62.78411

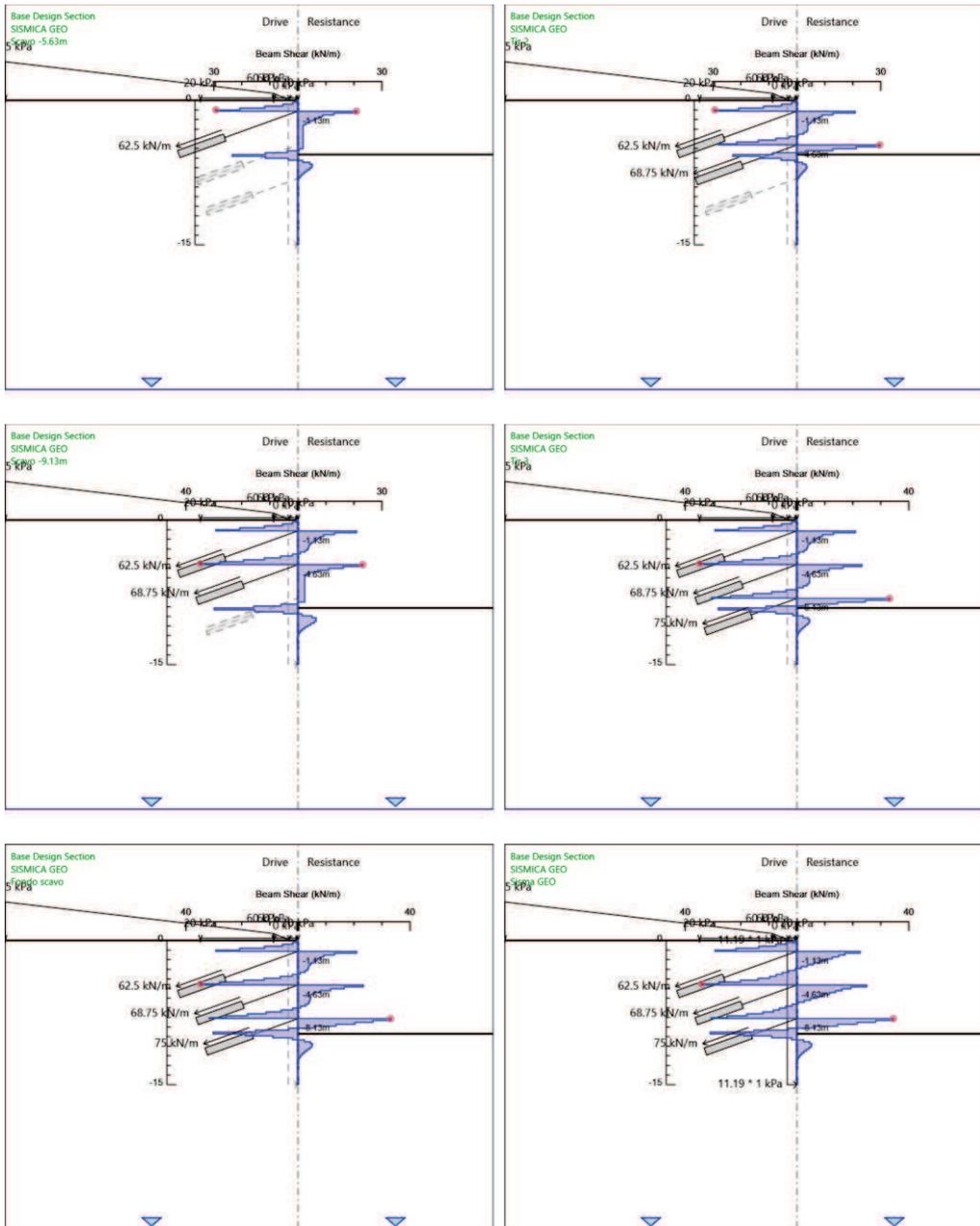
Risultati SISMICA GEO

Tabella Grafici dei Risultati









Risultati Elementi strutturali - SISMICA GEO

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR2

Stage	Forza (kN/m)
Tir 2	68.75
Scavo -9.13m	68.76949
Tir 3	68.78389
Fondo scavo	68.786
Sisma GEO	69.1601

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR3

Stage	Forza (kN/m)
Tir 3	75
Fondo scavo	75.18605
Sisma GEO	75.51482

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR1

Stage	Forza (kN/m)
Tir 1	62.5
Scavo -5.63m	62.53565
Tir 2	62.53999
Scavo -9.13m	62.54381
Tir 3	62.54389
Fondo scavo	62.54387
Sisma GEO	62.92657

3 VERIFICHE DI STABILITÀ

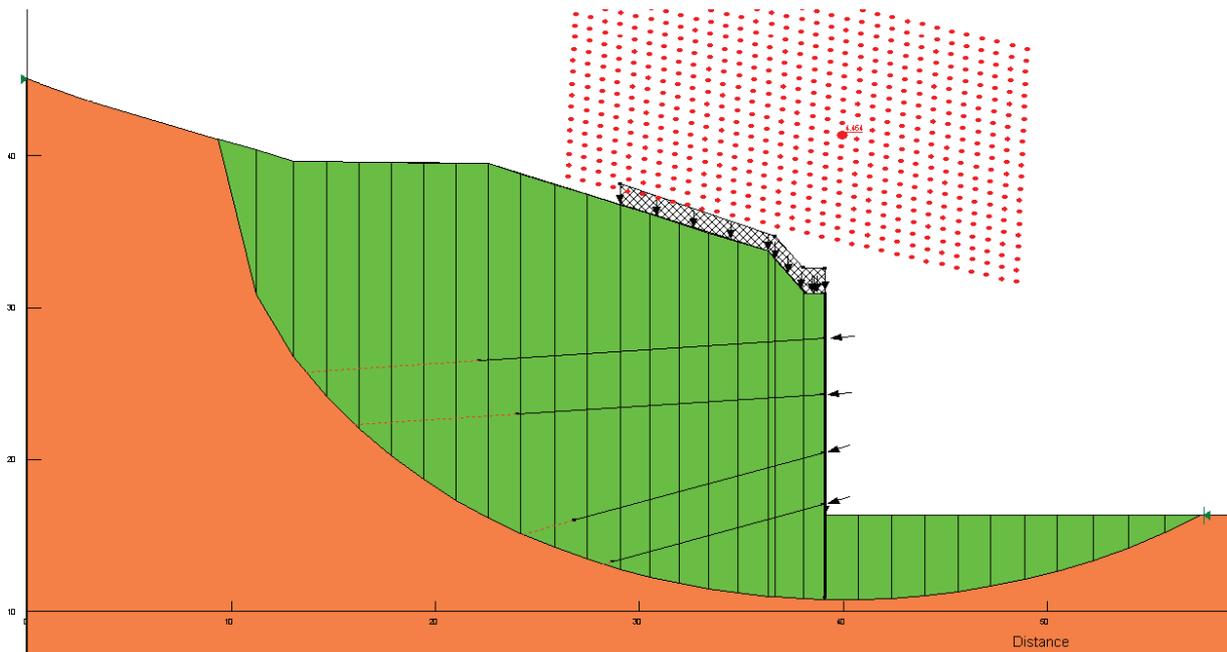
1.1 GALLERIA TAORMINA – IMBOCCO LATO MESSINA – SEZIONE 1

1.1.1 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno “Caratteristica”

SEZIONE 1

PARAMETRI CARATTERISTICI

FS = 4.464



Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

CODd

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m³

Cohesion: 150 kPa

Phi: 47 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (27.0544, 53.9248) m

Lower Left: (26.536, 38.5744) m

Lower Right: (48.5104, 31.6624) m

Grid Horizontal Increment: 30

Grid Vertical Increment: 20

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Upper Right Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Lower Left Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Lower Right Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Number of Increments: 0

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 45.05) m

Right Coordinate: (57.6688, 16.32) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0.3250048	0.6236032
	50.497664	0.6149312
	100.49766	0.6149312

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³

Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	29.0625	38.136574
	36.666667	34.6875
	38.055556	32.604167
	39.12037	32.546296

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (39.1, 30.9) m

Inside Point: (39.1, 10.9) m

Slip Surface Intersection: (39.1, 10.769) m

Total Length: 20 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 200 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 200 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (39.119369, 27.962947) m

Inside Point: (22.184059, 26.481299) m

Slip Surface Intersection: (13.694, 25.739) m

Total Length: 17 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor

Outside Point: (38.976787, 24.267653) m

Inside Point: (24.033866, 22.960317) m

Slip Surface Intersection: (16.067, 22.263) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor

Outside Point: (39.04157, 20.427219) m

Inside Point: (26.825566, 15.980957) m

Slip Surface Intersection: (24.309, 15.065) m

Total Length: 13 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 5

Type: Anchor

Outside Point: (39.024487, 17.029658) m

Inside Point: (28.687869, 13.267436) m

Slip Surface Intersection: (28.238, 13.104) m

Total Length: 11 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	CODd	1,2,3,4,5,6,8,7,9,10,11	1851.4357

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	45.05
Point 3	2.91	43.68
Point 4	13.07	39.65
Point 5	22.6	39.47
Point 6	36.32	33.7
Point 7	39.05	30.95
Point 8	38.137495	30.935638
Point 9	39.05	16.32
Point 10	59.46	16.32
Point 11	59.46	0

Critical Slip Surfaces

	Number	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	298	4.464	(39.954, 41.335)	30.578	(9.37639, 41.1151)	(57.5405, 16.32)

Slices of Slip Surface: 298

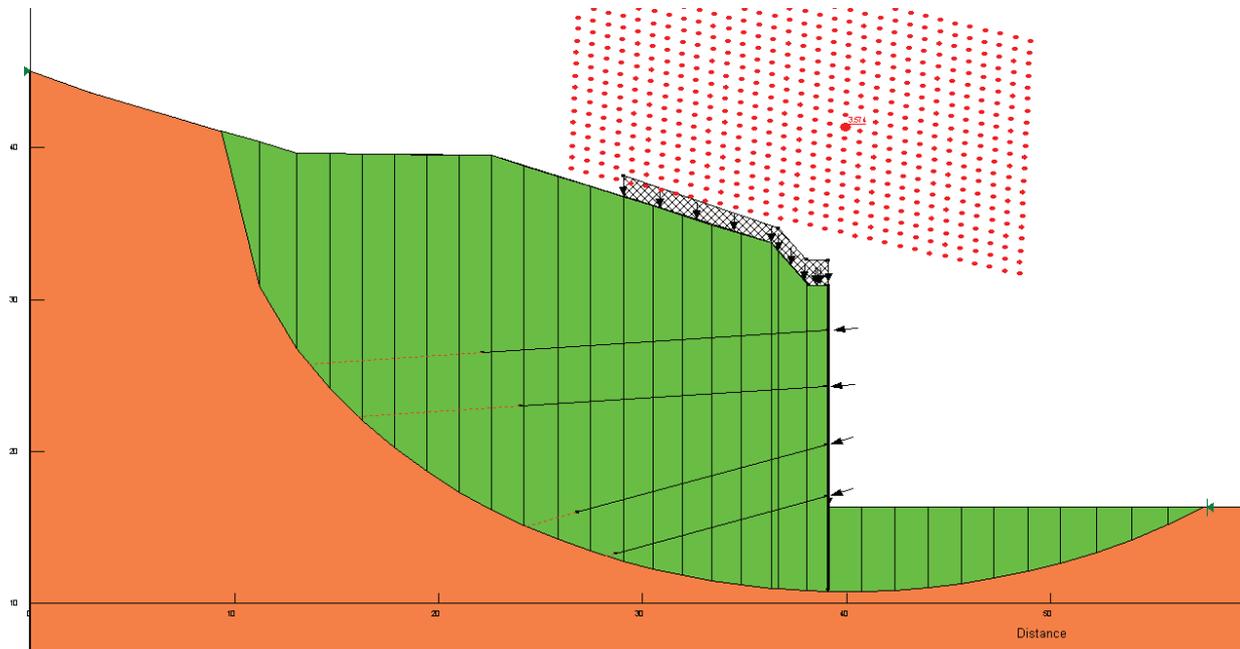
	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	298	10.299796	35.99098	-346.86477	-28.935167	-31.029168	150

2	298	12.1466	28.81582	-276.5037	133.92391	143.61581	150
3	298	13.864165	25.45961	-243.58842	214.49068	230.01309	150
4	298	15.4525	23.08807	-220.33371	278.10588	298.23204	150
5	298	17.040835	21.121445	-201.05092	332.67054	356.74547	150
6	298	18.629165	19.44746	-184.63553	380.62139	408.16646	150
7	298	20.2175	18.001955	-170.46236	423.38231	454.02194	150
8	298	21.805835	16.744105	-158.13232	461.84911	495.27253	150
9	298	23.407815	15.637865	-147.28558	489.90072	525.35421	150
10	298	25.02344	14.665475	-137.75285	507.56733	544.29933	150
11	298	26.63906	13.822285	-129.48498	521.80647	559.56893	150
12	298	28.254685	13.09666	-122.3699	532.92665	571.49387	150
13	298	29.78825	12.506065	-116.58127	565.94837	606.90532	150
14	298	31.23975	12.03431	-111.95688	570.55483	611.84514	150
15	298	32.69125	11.64096	-108.10521	573.0366	614.50652	150
16	298	34.14275	11.322925	-104.98769	573.47549	614.97717	150
17	298	35.59425	11.07783	-102.58508	571.92344	613.3128	150
18	298	36.493335	10.953515	-101.36761	569.26132	610.45803	150

19	298	37.361115	10.87466	- 100.59466	547.57441	587.20167	150
20	298	38.55278	10.79274	- 99.794041	513.79707	550.9799	150
21	298	39.085185	10.76893	- 99.561328	379.05465	406.48634	150
22	298	39.933035	10.76737	- 99.549137	138.77199	148.81474	150
23	298	41.558365	10.809525	- 99.964917	141.31488	151.54166	150
24	298	43.18369	10.93859	- 101.23116	141.72117	151.97735	150
25	298	44.809015	11.15568	- 103.36369	139.92004	150.04587	150
26	298	46.434345	11.46272	- 106.37748	135.79784	145.62535	150
27	298	48.059675	11.862525	- 110.29983	129.2121	138.56302	150
28	298	49.685	12.35895	- 115.17409	119.99172	128.67536	150
29	298	51.37802	12.986645	- 121.32859	107.25822	115.02036	150
30	298	53.13874	13.7624	-128.9356	90.389164	96.930511	150
31	298	54.89946	14.676945	- 137.90558	69.237648	74.248287	150
32	298	56.66018	15.745255	- 148.38343	43.056449	46.172388	150

1.1.2 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno A2+M2+R2 SLU

FS = 3.574



Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

CODd

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m³

Cohesion: 120 kPa

Phi: 40.62 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (27.0544, 53.9248) m

Lower Left: (26.536, 38.5744) m

Lower Right: (48.5104, 31.6624) m

Grid Horizontal Increment: 30

Grid Vertical Increment: 20

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Upper Right Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Lower Left Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Lower Right Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Number of Increments: 0

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 45.05) m

Right Coordinate: (57.6688, 16.32) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0.3250048	0.6236032
	50.497664	0.6149312
	100.49766	0.6149312

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m³

Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	29.0625	38.136574
	36.666667	34.6875
	38.055556	32.604167
	39.12037	32.546296

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (39.1, 30.9) m

Inside Point: (39.1, 10.9) m

Slip Surface Intersection: (39.1, 10.769) m

Total Length: 20 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 200 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 200 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (39.119369, 27.962947) m

Inside Point: (22.184059, 26.481299) m

Slip Surface Intersection: (13.694, 25.739) m

Total Length: 17 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor

Outside Point: (38.976787, 24.267653) m

Inside Point: (24.033866, 22.960317) m

Slip Surface Intersection: (16.067, 22.263) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor

Outside Point: (39.04157, 20.427219) m

Inside Point: (26.825566, 15.980957) m

Slip Surface Intersection: (24.309, 15.065) m

Total Length: 13 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 5

Type: Anchor

Outside Point: (39.024487, 17.029658) m

Inside Point: (28.687869, 13.267436) m

Slip Surface Intersection: (28.238, 13.104) m

Total Length: 11 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Regions

	Material	Points	Area (m ²)

Region 1	CODd	1,2,3,4,5,6,8,7,9,10,11	1851.4357
----------	------	-------------------------	-----------

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	45.05
Point 3	2.91	43.68
Point 4	13.07	39.65
Point 5	22.6	39.47
Point 6	36.32	33.7
Point 7	39.05	30.95
Point 8	38.137495	30.935638
Point 9	39.05	16.32
Point 10	59.46	16.32
Point 11	59.46	0

Critical Slip Surfaces

	Number	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	298	3.574	(39.954, 41.335)	30.578	(9.37639, 41.1151)	(57.5405, 16.32)

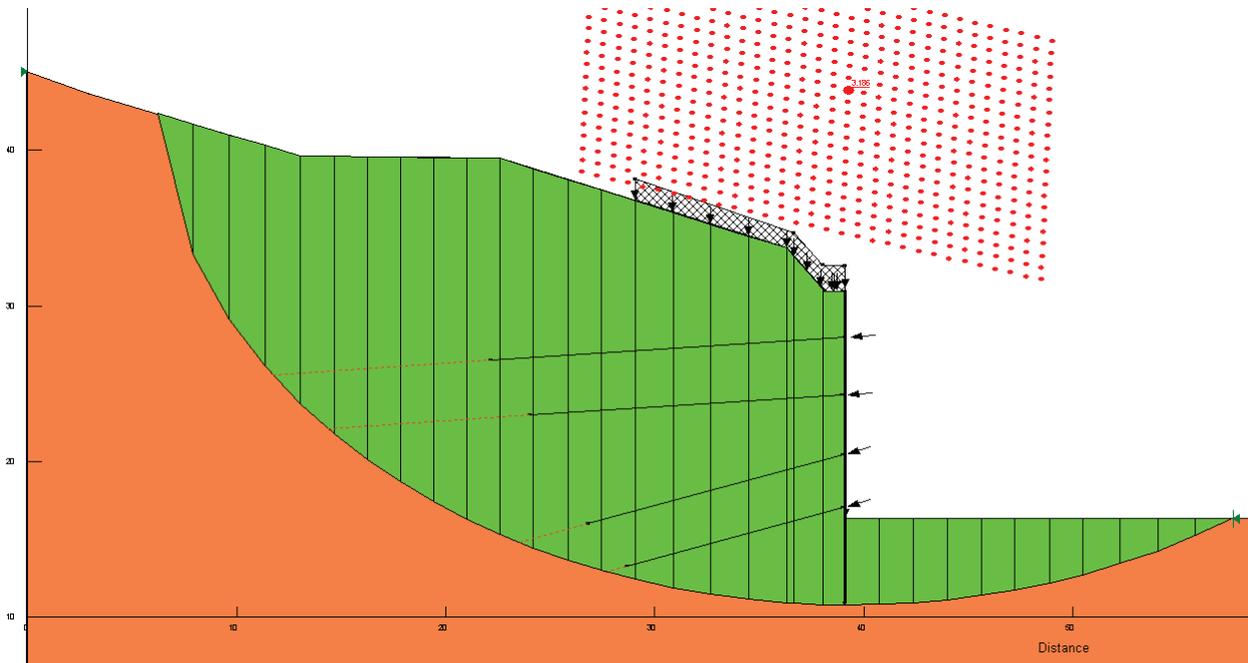
Slices of Slip Surface: 298

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	298	10.299796	35.99098	-346.86477	-28.898676	-24.786664	120
2	298	12.1466	28.81582	-276.5037	133.99282	114.92689	120
3	298	13.864165	25.45961	-243.58842	214.56923	184.03803	120
4	298	15.4525	23.08807	-220.33371	278.18485	238.60174	120

5	298	17.040835	21.121445	- 201.05092	332.74967	285.4025	120
6	298	18.629165	19.44746	- 184.63553	380.70256	326.53214	120
7	298	20.2175	18.001955	- 170.46236	423.45441	363.20081	120
8	298	21.805835	16.744105	- 158.13232	461.92509	396.19747	120
9	298	23.407815	15.637865	- 147.28558	489.96837	420.25045	120
10	298	25.02344	14.665475	- 137.75285	507.62674	435.3962	120
11	298	26.63906	13.822285	- 129.48498	521.86219	447.60607	120
12	298	28.254685	13.09666	-122.3699	532.9724	457.13541	120
13	298	29.78825	12.506065	- 116.58127	573.51774	491.91152	120
14	298	31.23975	12.03431	- 111.95688	577.93761	495.70249	120
15	298	32.69125	11.64096	- 108.10521	580.23068	497.66927	120
16	298	34.14275	11.322925	- 104.98769	580.47602	497.87971	120
17	298	35.59425	11.07783	- 102.58508	578.72198	496.37525	120
18	298	36.493335	10.953515	- 101.36761	577.05707	494.94724	120
19	298	37.361115	10.87466	- 100.59466	556.57786	477.38203	120
20	298	38.55278	10.79274	- 99.794041	518.92017	445.08268	120
21	298	39.085185	10.76893	- 99.561328	475.76082	408.0645	120

22	298	39.933035	10.76737	- 99.549137	138.77199	119.02603	120
23	298	41.558365	10.809525	- 99.964917	141.30874	121.20182	120
24	298	43.18369	10.93859	- 101.23116	141.71506	121.55033	120
25	298	44.809015	11.15568	- 103.36369	139.91396	120.00551	120
26	298	46.434345	11.46272	- 106.37748	135.78581	116.46476	120
27	298	48.059675	11.862525	- 110.29983	129.20024	110.81625	120
28	298	49.685	12.35895	- 115.17409	119.97422	102.90301	120
29	298	51.37802	12.986645	- 121.32859	107.23715	91.978306	120
30	298	53.13874	13.7624	-128.9356	90.368669	77.510051	120
31	298	54.89946	14.676945	- 137.90558	69.217832	59.368781	120
32	298	56.66018	15.745255	- 148.38343	43.033621	36.910339	120

1.1.3 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno A2+M2+R2 SLV
FS = 3.186



Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

CODd

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m³

Cohesion: 120 kPa

Phi: 40.62 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (27.0544, 53.9248) m

Lower Left: (26.536, 38.5744) m

Lower Right: (48.5104, 31.6624) m

Grid Horizontal Increment: 30

Grid Vertical Increment: 20

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Upper Right Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Lower Left Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Lower Right Coordinate: (39.113506, 10.768113) m

Number of Increments: 0

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 45.05) m

Right Coordinate: (57.6688, 16.32) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0.3250048	0.6236032
	50.497664	0.6149312
	100.49766	0.6149312

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 4 kN/m³

Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	29.0625	38.136574
	36.666667	34.6875
	38.055556	32.604167
	39.12037	32.546296

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0.0664

Vert Seismic Load: 0.0332

Ignore seismic load in strength: No

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (39.1, 30.9) m

Inside Point: (39.1, 10.9) m

Slip Surface Intersection: (39.1, 10.768) m

Total Length: 20 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 200 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 200 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (39.119369, 27.962947) m

Inside Point: (22.184059, 26.481299) m

Slip Surface Intersection: (11.746, 25.568) m

Total Length: 17 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor

Outside Point: (38.976787, 24.267653) m

Inside Point: (24.033866, 22.960317) m

Slip Surface Intersection: (14.369, 22.115) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor

Outside Point: (39.04157, 20.427219) m

Inside Point: (26.825566, 15.980957) m

Slip Surface Intersection: (23.528, 14.781) m

Total Length: 13 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 5

Type: Anchor

Outside Point: (39.024487, 17.029658) m

Inside Point: (28.687869, 13.267436) m

Slip Surface Intersection: (27.651, 12.89) m

Total Length: 11 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	CODd	1,2,3,4,5,6,8,7,9,10,11	1851.4357

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	45.05
Point 3	2.91	43.68
Point 4	13.07	39.65
Point 5	22.6	39.47
Point 6	36.32	33.7
Point 7	39.05	30.95
Point 8	38.137495	30.935638
Point 9	39.05	16.32
Point 10	59.46	16.32
Point 11	59.46	0

Critical Slip Surfaces

	Number	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	390	3.186	(39.299, 43.868)	33.1	(6.23323, 42.3618)	(57.6498, 16.32)

Slices of Slip Surface: 390

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	390	7.087827	37.81439	- 364.74675	-37.709804	-32.344052	120
2	390	8.797019	31.207925	-	103.76889	89.003548	120

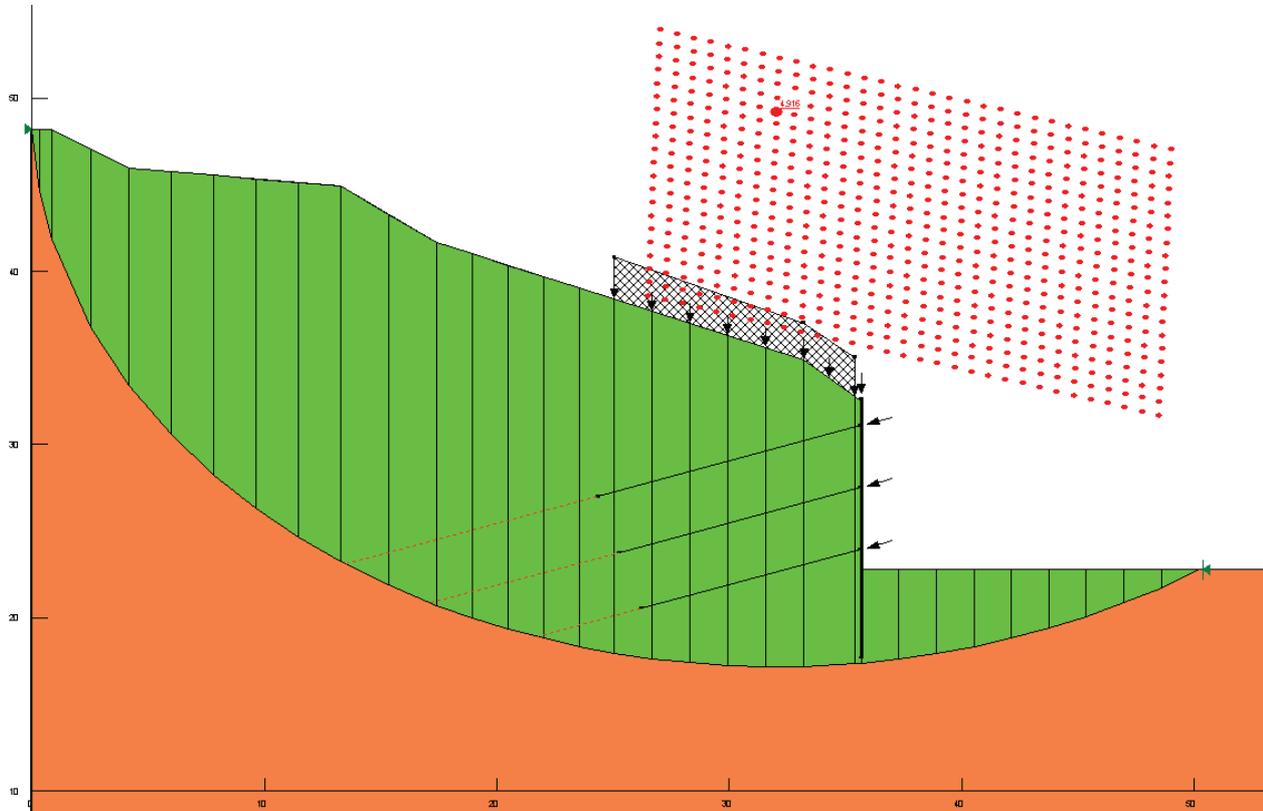
				299.95573			
3	390	10.506213	27.633225	- 264.89935	182.64075	156.65268	120
4	390	12.215405	24.897455	-238.0739	242.7328	208.19419	120
5	390	13.864165	22.7221	- 216.74137	295.76644	253.68164	120
6	390	15.4525	20.94082	- 199.27671	346.01687	296.7819	120
7	390	17.040835	19.392565	- 184.09594	391.25745	335.58517	120
8	390	18.629165	18.034885	- 170.78458	432.33212	370.8153	120
9	390	20.2175	16.83878	- 159.05786	469.8289	402.97663	120
10	390	21.805835	15.783445	- 148.70721	504.19476	432.45256	120
11	390	23.407815	14.846435	-139.5237	528.68081	453.45447	120
12	390	25.02344	14.017765	-131.3988	543.15076	465.86548	120
13	390	26.63906	13.296895	-124.3335	554.72573	475.79344	120
14	390	28.254685	12.676325	-118.2496	563.58622	483.39316	120
15	390	29.969685	12.12367	- 112.83314	575.11167	493.27865	120
16	390	31.78406	11.64547	-108.1442	578.99121	496.60617	120
17	390	33.59844	11.27521	- 104.51594	579.82974	497.32539	120
18	390	35.412815	11.009235	- 101.90901	577.82555	495.60638	120
19	390	36.493335	10.88719	- 100.71597	571.48359	490.16682	120
20	390	37.361115	10.8317	- 100.17416	545.08196	467.52189	120

21	390	38.55278	10.779745	- 99.666492	520.24867	446.22214	120
22	390	39.085185	10.768305	- 99.555405	189.36544	162.42051	120
23	390	39.933035	10.783645	- 99.709281	144.47358	123.91633	120
24	390	41.558365	10.854825	- 100.40948	146.44021	125.60314	120
25	390	43.18369	11.006505	- 101.89754	146.36048	125.53475	120
26	390	44.809015	11.2398	- 104.18973	144.13297	123.6242	120
27	390	46.434345	11.556485	- 107.29451	139.66491	119.79189	120
28	390	48.059675	11.959055	- 111.24493	132.79975	113.90359	120
29	390	49.685	12.45082	- 116.07427	123.37638	105.82107	120
30	390	51.391675	13.0705	- 122.15006	110.39525	94.687036	120
31	390	53.1797	13.83472	- 129.64576	93.19955	79.938125	120
32	390	54.96772	14.72863	- 138.41526	71.749347	61.540085	120
33	390	56.755745	15.764675	- 148.57301	45.321587	38.872748	120

1.2 GALLERIA TAORMINA – IMBOCCO LATO MESSINA – SEZIONE 2

1.2.1 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno “Caratteristica”

FS = 4.916



Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

CODd

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m³

Cohesion: 150 kPa

Phi: 47 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (27.0544, 53.9248) m

Lower Left: (26.536, 38.5744) m

Lower Right: (48.5104, 31.6624) m

Grid Horizontal Increment: 30

Grid Vertical Increment: 20

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Upper Right Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Lower Left Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Lower Right Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Number of Increments: 0

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 48.2) m

Right Coordinate: (50.3824, 22.77) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0.3250048	0.6236032
	50.497664	0.6149312
	100.49766	0.6149312

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³

Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	25.055556	40.833333
	33.222222	37.013889
	35.416667	35.046296

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (35.697222, 32.625) m

Inside Point: (35.697222, 17.625) m

Slip Surface Intersection: (35.697, 17.361) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 200 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 200 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (35.656, 31.12) m

Inside Point: (24.379689, 27.015758) m

Slip Surface Intersection: (13.536, 23.069) m

Total Length: 12 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor

Outside Point: (35.632, 27.544) m

Inside Point: (25.295381, 23.781778) m

Slip Surface Intersection: (17.188, 20.831) m

Total Length: 11 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor

Outside Point: (35.632, 23.946) m

Inside Point: (26.235074, 20.525799) m

Slip Surface Intersection: (21.717, 18.881) m

Total Length: 10 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	CODd	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11	2357.5851

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	48.2
Point 3	0.86	48.17
Point 4	4.17	45.99
Point 5	13.28	44.9
Point 6	17.43	41.65
Point 7	33.21	34.88
Point 8	35.71	32.48
Point 9	35.71	22.77
Point 10	74.3	22.77
Point 11	74.3	0

Critical Slip Surfaces

	Number	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	504	4.916	(32.078, 49.242)	32.086	(0.00914676, 48.1997)	(50.2093, 22.77)

Slices of Slip Surface: 504

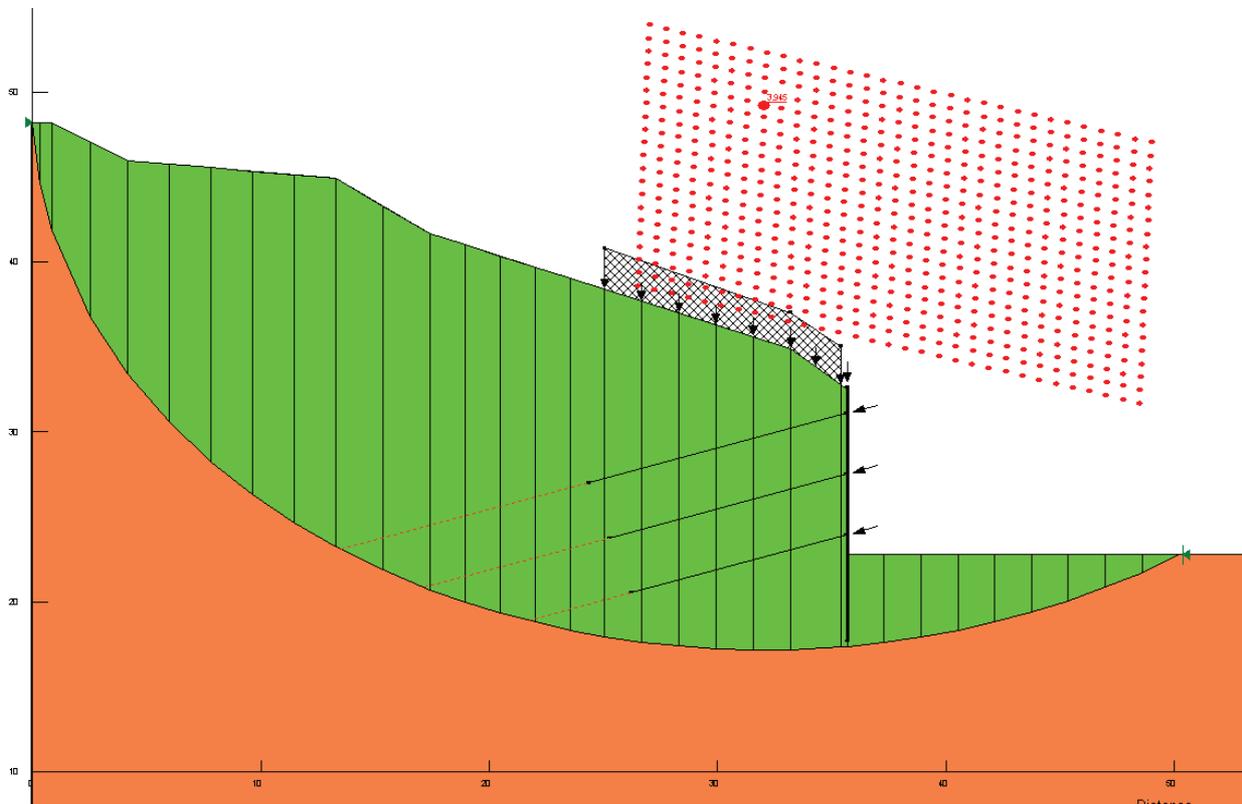
	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	504	0.16707578	46.416185	0	-86.66153	-92.933113	150
2	504	0.5925024	43.231425	- 417.85468	-16.87366	-18.094786	150
3	504	1.6875	39.300515	- 379.30905	68.886551	73.871782	150

4	504	3.3425	35.09056	- 338.01027	155.3347	166.57607	150
5	504	5.081	31.98506	- 307.57152	223.41132	239.57931	150
6	504	6.903	29.403785	- 282.25711	288.01843	308.86195	150
7	504	8.725	27.279035	- 261.42537	342.29781	367.06946	150
8	504	10.547	25.484735	- 243.82854	388.98859	417.1392	150
9	504	12.369	23.949215	- 228.77597	429.67143	460.7662	150
10	504	14.3175	22.54901	- 215.04647	452.46545	485.20979	150
11	504	16.3925	21.27676	- 202.57095	456.64001	489.68645	150
12	504	18.192555	20.328615	- 193.27749	461.81499	495.23594	150
13	504	19.717665	19.64395	- 186.56694	470.04462	504.06114	150
14	504	21.242775	19.051815	- 180.76208	475.85046	510.28714	150
15	504	22.767885	18.54684	- 175.80858	479.3496	514.03951	150
16	504	24.293	18.124765	- 171.67297	480.65125	515.43536	150
17	504	25.871	17.77314	- 168.22955	526.19484	564.27488	150
18	504	27.501885	17.494755	- 165.49891	522.241	560.03491	150
19	504	29.132775	17.302015	- 163.61503	515.93349	553.27093	150
20	504	30.763665	17.193375	-	507.29663	544.00903	150

				162.55376			
21	504	32.394555	17.16798	- 162.30239	496.33714	532.25642	150
22	504	34.313335	17.253125	- 163.14301	445.93989	478.21199	150
23	504	35.563335	17.346245	- 164.05759	470.4837	504.532	150
24	504	36.515515	17.47479	- 165.31913	140.93806	151.13757	150
25	504	38.126545	17.74198	- 167.94669	137.30896	147.24584	150
26	504	39.737575	18.09474	-171.4076	131.43841	140.95044	150
27	504	41.348605	18.536025	- 175.73717	123.17765	132.09186	150
28	504	42.959635	19.06973	- 180.97629	112.34964	120.48024	150
29	504	44.570665	19.70088	-187.1638	98.744371	105.89037	150
30	504	46.181695	20.435905	-194.3793	82.05664	87.994973	150
31	504	47.792725	21.28304	- 202.68746	61.918751	66.399731	150
32	504	49.403755	22.252895	- 212.20015	37.813039	40.54952	150

1.2.2 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno A2+M2+R2 SLU

FS = 3.94



Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

CODd

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m³

Cohesion: 120 kPa

Phi: 40.62 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (27.0544, 53.9248) m

Lower Left: (26.536, 38.5744) m

Lower Right: (48.5104, 31.6624) m

Grid Horizontal Increment: 30

Grid Vertical Increment: 20

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Upper Right Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Lower Left Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Lower Right Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Number of Increments: 0

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 48.2) m

Right Coordinate: (50.3824, 22.77) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0.3250048	0.6236032
	50.497664	0.6149312
	100.49766	0.6149312

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m³

Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	25.055556	40.833333
	33.222222	37.013889
	35.416667	35.046296

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (35.697222, 32.625) m

Inside Point: (35.697222, 17.625) m

Slip Surface Intersection: (35.697, 17.361) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 200 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 200 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (35.656, 31.12) m

Inside Point: (24.379689, 27.015758) m

Slip Surface Intersection: (13.536, 23.069) m

Total Length: 12 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor

Outside Point: (35.632, 27.544) m

Inside Point: (25.295381, 23.781778) m

Slip Surface Intersection: (17.188, 20.831) m

Total Length: 11 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor

Outside Point: (35.632, 23.946) m

Inside Point: (26.235074, 20.525799) m

Slip Surface Intersection: (21.717, 18.881) m

Total Length: 10 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Regions

	Material	Points	Area (m ²)

Region 1	CODd	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11	2357.5851
----------	------	-------------------------	-----------

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	48.2
Point 3	0.86	48.17
Point 4	4.17	45.99
Point 5	13.28	44.9
Point 6	17.43	41.65
Point 7	33.21	34.88
Point 8	35.71	32.48
Point 9	35.71	22.77
Point 10	74.3	22.77
Point 11	74.3	0

Critical Slip Surfaces

	Number	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	504	3.945	(32.078, 49.242)	32.086	(0.00914676, 48.1997)	(50.2093, 22.77)

Slices of Slip Surface: 504

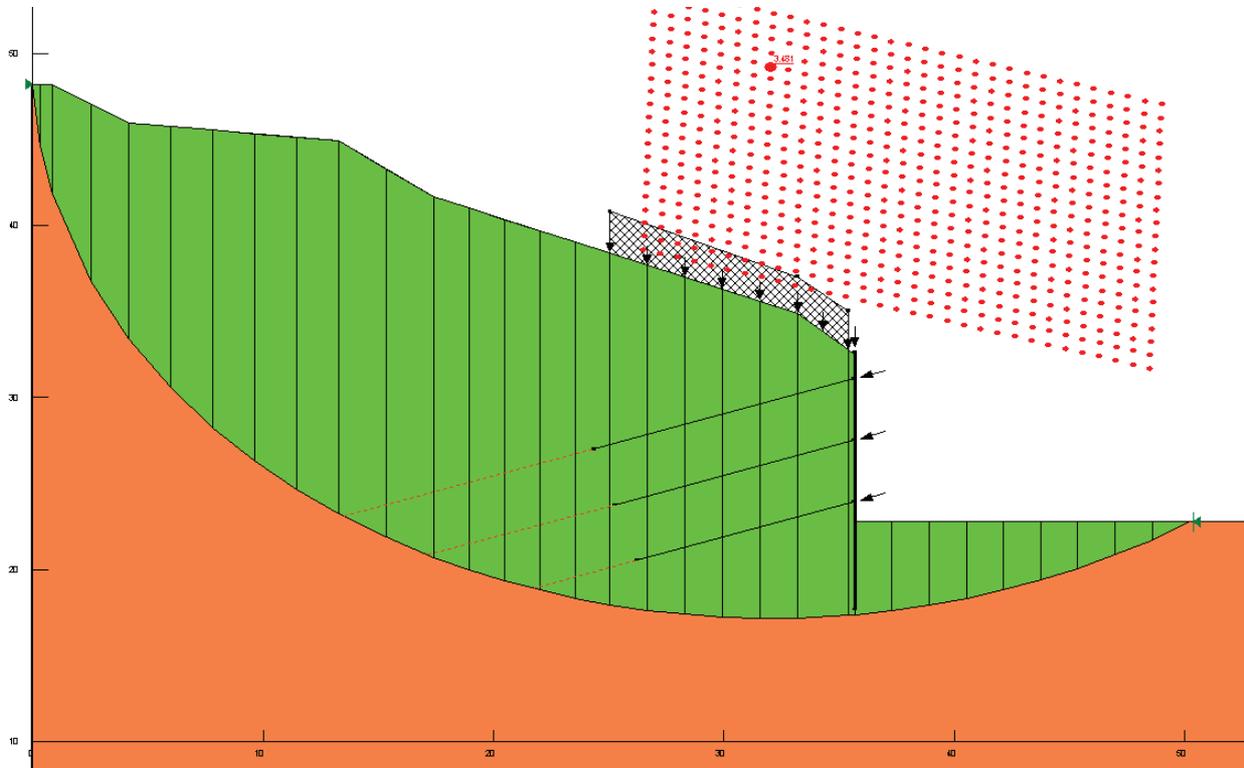
	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	504	0.16707578	46.416185	0	-86.55262	-74.236991	120
2	504	0.5925024	43.231425	- 417.85468	-16.667572	-14.295932	120
3	504	1.6875	39.300515	- 379.30905	69.15707	59.316665	120
4	504	3.3425	35.09056	- 338.01027	155.63101	133.48617	120

5	504	5.081	31.98506	- 307.57152	223.71579	191.88312	120
6	504	6.903	29.403785	- 282.25711	288.32416	247.29832	120
7	504	8.725	27.279035	- 261.42537	342.59862	293.85004	120
8	504	10.547	25.484735	- 243.82854	389.2814	333.89029	120
9	504	12.369	23.949215	- 228.77597	429.94851	368.77085	120
10	504	14.3175	22.54901	- 215.04647	452.74631	388.32474	120
11	504	16.3925	21.27676	- 202.57095	456.85017	391.84466	120
12	504	18.192555	20.328615	- 193.27749	462.00413	396.26526	120
13	504	19.717665	19.64395	- 186.56694	470.21403	403.30697	120
14	504	21.242775	19.051815	- 180.76208	475.99857	408.26842	120
15	504	22.767885	18.54684	- 175.80858	479.48137	411.25565	120
16	504	24.293	18.124765	- 171.67297	480.75938	412.35181	120
17	504	25.871	17.77314	- 168.22955	540.2235	463.35474	120
18	504	27.501885	17.494755	- 165.49891	536.03561	459.76275	120
19	504	29.132775	17.302015	- 163.61503	529.48819	454.14697	120
20	504	30.763665	17.193375	- 162.55376	520.60334	446.52634	120
21	504	32.394555	17.16798	-	509.39074	436.9092	120

				162.30239			
22	504	34.313335	17.253125	- 163.14301	452.88369	388.44257	120
23	504	35.563335	17.346245	- 164.05759	470.41592	403.48013	120
24	504	36.515515	17.47479	- 165.31913	140.90732	120.85753	120
25	504	38.126545	17.74198	- 167.94669	137.27239	117.73981	120
26	504	39.737575	18.09474	-171.4076	131.38416	112.68942	120
27	504	41.348605	18.536025	- 175.73717	123.11228	105.59456	120
28	504	42.959635	19.06973	- 180.97629	112.27957	96.30324	120
29	504	44.570665	19.70088	-187.1638	98.664333	84.62532	120
30	504	46.181695	20.435905	-194.3793	81.973016	70.309022	120
31	504	47.792725	21.28304	- 202.68746	61.826763	53.029392	120
32	504	49.403755	22.252895	- 212.20015	37.72006	32.352848	120

1.2.3 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno A2+M2+R2 SLV

FS = 3.481



Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

CODd

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m³

Cohesion: 120 kPa

Phi: 40.62 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (27.0544, 53.9248) m

Lower Left: (26.536, 38.5744) m

Lower Right: (48.5104, 31.6624) m

Grid Horizontal Increment: 30

Grid Vertical Increment: 20

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Upper Right Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Lower Left Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Lower Right Coordinate: (35.694123, 17.360468) m

Number of Increments: 0

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 48.2) m

Right Coordinate: (50.3824, 22.77) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0.3250048	0.6236032
	50.497664	0.6149312
	100.49766	0.6149312

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m³

Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	25.055556	40.833333
	33.222222	37.013889
	35.416667	35.046296

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0.0664

Vert Seismic Load: 0.0332

Ignore seismic load in strength: No

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (35.697222, 32.625) m

Inside Point: (35.697222, 17.625) m

Slip Surface Intersection: (35.697, 17.361) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 200 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 200 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (35.656, 31.12) m

Inside Point: (24.379689, 27.015758) m

Slip Surface Intersection: (13.536, 23.069) m

Total Length: 12 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor

Outside Point: (35.632, 27.544) m

Inside Point: (25.295381, 23.781778) m

Slip Surface Intersection: (17.188, 20.831) m

Total Length: 11 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor

Outside Point: (35.632, 23.946) m

Inside Point: (26.235074, 20.525799) m

Slip Surface Intersection: (21.717, 18.881) m

Total Length: 10 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bond

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	CODd	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11	2357.5851

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	48.2
Point 3	0.86	48.17
Point 4	4.17	45.99
Point 5	13.28	44.9
Point 6	17.43	41.65
Point 7	33.21	34.88
Point 8	35.71	32.48
Point 9	35.71	22.77
Point 10	74.3	22.77
Point 11	74.3	0

Critical Slip Surfaces

	Number	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	504	3.481	(32.078, 49.242)	32.086	(0.00914676, 48.1997)	(50.2093, 22.77)

Slices of Slip Surface: 504

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	504	0.16707578	46.416185	0	-90.774972	-77.858541	120
2	504	0.5925024	43.231425	-417.85468	-23.035282	-19.757577	120

3	504	1.6875	39.300515	- 379.30905	62.542503	53.643289	120
4	504	3.3425	35.09056	- 338.01027	150.38013	128.98245	120
5	504	5.081	31.98506	- 307.57152	220.15086	188.82545	120
6	504	6.903	29.403785	- 282.25711	286.61886	245.83567	120
7	504	8.725	27.279035	- 261.42537	342.77534	294.00161	120
8	504	10.547	25.484735	- 243.82854	391.32293	335.64133	120
9	504	12.369	23.949215	- 228.77597	433.83619	372.10535	120
10	504	14.3175	22.54901	- 215.04647	458.28326	393.07384	120
11	504	16.3925	21.27676	- 202.57095	463.78551	397.79317	120
12	504	18.192555	20.328615	- 193.27749	470.10169	403.21061	120
13	504	19.717665	19.64395	- 186.56694	479.35027	411.14321	120
14	504	21.242775	19.051815	- 180.76208	486.10125	416.93359	120
15	504	22.767885	18.54684	- 175.80858	490.49332	420.70071	120
16	504	24.293	18.124765	- 171.67297	492.61601	422.52135	120
17	504	25.871	17.77314	- 168.22955	552.55572	473.9322	120
18	504	27.501885	17.494755	- 165.49891	549.21119	471.06357	120
19	504	29.132775	17.302015	-	543.42756	466.10289	120

				163.61503			
20	504	30.763665	17.193375	- 162.55376	535.2211	459.06414	120
21	504	32.394555	17.16798	- 162.30239	524.60257	449.95652	120
22	504	34.313335	17.253125	- 163.14301	468.11844	401.50956	120
23	504	35.563335	17.346245	- 164.05759	485.42883	416.35684	120
24	504	36.515515	17.47479	- 165.31913	146.63681	125.77177	120
25	504	38.126545	17.74198	- 167.94669	143.2707	122.88462	120
26	504	39.737575	18.09474	-171.4076	137.57453	117.99896	120
27	504	41.348605	18.536025	- 175.73717	129.39328	110.98183	120
28	504	42.959635	19.06973	- 180.97629	118.5449	101.67707	120
29	504	44.570665	19.70088	-187.1638	104.77011	89.862302	120
30	504	46.181695	20.435905	-194.3793	87.754166	75.267568	120
31	504	47.792725	21.28304	- 202.68746	67.070079	57.526633	120
32	504	49.403755	22.252895	- 212.20015	42.151692	36.1539	120

1.3 GALLERIA TAORMINA – IMBOCCO LATO MESSINA – SEZIONE DI VERIFICA

1.3.1 Verifiche di stabilità degli scavi – terreno “Caratteristica”

FS = 8.755

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

PWP Conditions Source: (none)

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

CODd

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m³

Cohesion: 150 kPa

Phi: 47 °

Phi-B: 0 °

Slip Surface Grid

Upper Left: (25.672, 53.0608) m

Lower Left: (24.4336, 40.0144) m

Lower Right: (55.192, 33.736) m

Grid Horizontal Increment: 30

Grid Vertical Increment: 20

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (20.344, 36.3568) m

Upper Right Coordinate: (51.3904, 28.4944) m

Lower Left Coordinate: (16.6864, 19.2208) m

Lower Right Coordinate: (51.5344, 16.9168) m

Number of Increments: 20

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (22.142327, 39.478644) m

Right Coordinate: (38.782613, 30.945792) m

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (39.1, 30.9) m

Inside Point: (39.1, 10.9) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 20 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 200 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 200 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (39.119369, 27.962947) m

Inside Point: (22.184059, 26.481299) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 17 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Reinforcement 3

Type: Anchor

Outside Point: (38.976787, 24.267653) m

Inside Point: (24.033866, 22.960317) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Reinforcement 4

Type: Anchor

Outside Point: (39.04157, 20.427219) m

Inside Point: (26.825566, 15.980957) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 13 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Reinforcement 5

Type: Anchor

Outside Point: (39.024487, 17.029658) m

Inside Point: (28.687869, 13.267436) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 11 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Regions

	Material	Points	Area (m ²)

Region 1	CODd	1,2,3,4,5,6,8,7,9,10,11	1851.4357
----------	------	-------------------------	-----------

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	45.05
Point 3	2.91	43.68
Point 4	13.07	39.65
Point 5	22.6	39.47
Point 6	36.32	33.7
Point 7	39.05	30.95
Point 8	38.137495	30.935638
Point 9	39.05	16.32
Point 10	59.46	16.32
Point 11	59.46	0

Critical Slip Surfaces

	Number	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	6724	8.755	(35.306, 44.445)	13.77	(22.4644, 39.4726)	(38.1183, 30.9648)

Slices of Slip Surface: 6724

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	6724	22.532175	39.304035	0	-29.433889	-31.563982	150
2	6724	22.863845	38.57615	0	-13.297384	-14.259699	150
3	6724	23.391535	37.56019	0	8.0640604	8.6476461	150
4	6724	23.91923	36.714935	0	25.218588	27.043625	150
5	6724	24.446925	35.98752	0	39.442004	42.296371	150

6	6724	24.974615	35.34908	0	51.440517	55.163201	150
7	6724	25.502305	34.781725	0	61.649299	66.110779	150
8	6724	26.03	34.27344	0	70.367472	75.459876	150
9	6724	26.557695	33.81568	0	77.803368	83.433897	150
10	6724	27.085385	33.402125	0	84.115176	90.202482	150
11	6724	27.613075	33.02794	0	89.420239	95.891467	150
12	6724	28.14077	32.68935	0	93.815152	100.60443	150
13	6724	28.668465	32.38335	0	97.371704	104.41837	150
14	6724	29.196155	32.107505	0	100.15286	107.40079	150
15	6724	29.723845	31.85983	0	102.20417	109.60055	150
16	6724	30.251535	31.63868	0	103.5675	111.06255	150
17	6724	30.77923	31.442695	0	104.27664	111.82301	150
18	6724	31.306925	31.270755	0	104.35665	111.90881	150
19	6724	31.834615	31.121935	0	103.83327	111.34755	150
20	6724	32.362305	30.995455	0	102.72118	110.15498	150
21	6724	32.89	30.89069	0	101.03598	108.34782	150
22	6724	33.417695	30.807145	0	98.78838	105.93757	150
23	6724	33.945385	30.744425	0	95.987699	102.9342	150
24	6724	34.473075	30.702245	0	92.636151	99.34011	150
25	6724	35.00077	30.680415	0	88.740194	95.162207	150
26	6724	35.528465	30.678845	0	84.295652	90.39602	150
27	6724	36.056155	30.697525	0	79.301284	85.040216	150
28	6724	36.619715	30.74067	0	64.993499	69.696995	150
29	6724	37.21915	30.811475	0	41.135988	44.112946	150
30	6724	37.818585	30.909185	0	16.34013	17.522644	150

1.3.2 Verifiche di stabilità degli scavi – terreno A2+M2+R2 SLU

FS = 7.003

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

PWP Conditions Source: (none)

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

CODd

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m³

Cohesion: 120 kPa

Phi: 40.62 °

Phi-B: 0 °

Slip Surface Grid

Upper Left: (25.672, 53.0608) m

Lower Left: (24.4336, 40.0144) m

Lower Right: (55.192, 33.736) m

Grid Horizontal Increment: 30

Grid Vertical Increment: 20

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (20.344, 36.3568) m

Upper Right Coordinate: (51.3904, 28.4944) m

Lower Left Coordinate: (16.6864, 19.2208) m

Lower Right Coordinate: (51.5344, 16.9168) m

Number of Increments: 20

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (22.142327, 39.478644) m

Right Coordinate: (38.782613, 30.945792) m

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (39.1, 30.9) m

Inside Point: (39.1, 10.9) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 20 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 200 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 200 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (39.119369, 27.962947) m

Inside Point: (22.184059, 26.481299) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 17 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Reinforcement 3

Type: Anchor

Outside Point: (38.976787, 24.267653) m

Inside Point: (24.033866, 22.960317) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Reinforcement 4

Type: Anchor

Outside Point: (39.04157, 20.427219) m

Inside Point: (26.825566, 15.980957) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 13 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Reinforcement 5

Type: Anchor

Outside Point: (39.024487, 17.029658) m

Inside Point: (28.687869, 13.267436) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 11 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	CODd	1,2,3,4,5,6,8,7,9,10,11	1851.4357

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	45.05
Point 3	2.91	43.68
Point 4	13.07	39.65
Point 5	22.6	39.47
Point 6	36.32	33.7
Point 7	39.05	30.95
Point 8	38.137495	30.935638
Point 9	39.05	16.32
Point 10	59.46	16.32
Point 11	59.46	0

Critical Slip Surfaces

	Number	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	6724	7.003	(35.306, 44.445)	13.77	(22.4644, 39.4726)	(38.1183, 30.9648)

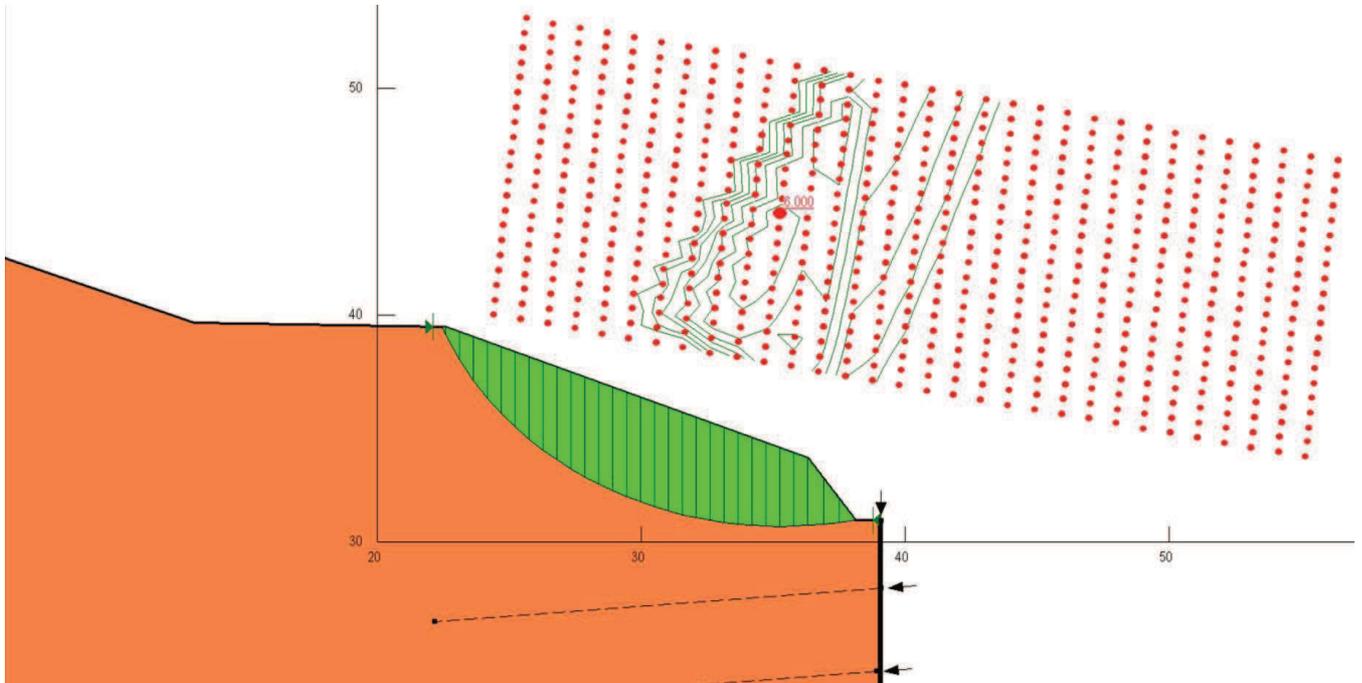
Slices of Slip Surface: 6724

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	6724	22.532175	39.304035	0	-29.436641	-25.248082	120
2	6724	22.863845	38.57615	0	-13.300618	-11.408064	120
3	6724	23.391535	37.56019	0	8.0625434	6.9153188	120
4	6724	23.91923	36.714935	0	25.217524	21.629306	120
5	6724	24.446925	35.98752	0	39.442004	33.829775	120
6	6724	24.974615	35.34908	0	51.439265	44.119938	120

7	6724	25.502305	34.781725	0	61.649299	52.87718	120
8	6724	26.03	34.27344	0	70.367472	60.354838	120
9	6724	26.557695	33.81568	0	77.803368	66.732675	120
10	6724	27.085385	33.402125	0	84.115176	72.146372	120
11	6724	27.613075	33.02794	0	89.420239	76.696575	120
12	6724	28.14077	32.68935	0	93.815152	80.466132	120
13	6724	28.668465	32.38335	0	97.371704	83.51662	120
14	6724	29.196155	32.107505	0	100.15286	85.902041	120
15	6724	29.723845	31.85983	0	102.20417	87.661467	120
16	6724	30.251535	31.63868	0	103.5675	88.830815	120
17	6724	30.77923	31.442695	0	104.27664	89.439048	120
18	6724	31.306925	31.270755	0	104.35847	89.509232	120
19	6724	31.834615	31.121935	0	103.83327	89.058768	120
20	6724	32.362305	30.995455	0	102.72118	88.104917	120
21	6724	32.89	30.89069	0	101.03598	86.6595	120
22	6724	33.417695	30.807145	0	98.78838	84.731716	120
23	6724	33.945385	30.744425	0	95.987699	82.329546	120
24	6724	34.473075	30.702245	0	92.636151	79.454892	120
25	6724	35.00077	30.680415	0	88.740194	76.113293	120
26	6724	35.528465	30.678845	0	84.295652	72.301169	120
27	6724	36.056155	30.697525	0	79.301284	68.017452	120
28	6724	36.619715	30.74067	0	64.993499	55.745532	120
29	6724	37.21915	30.811475	0	41.135988	35.282721	120
30	6724	37.818585	30.909185	0	16.340294	14.015223	120

1.3.3 Verifiche di stabilità degli scavi – terreno A2+M2+R2 SLV

FS = 6.000



Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

PWP Conditions Source: (none)

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

CODd

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m³

Cohesion: 120 kPa

Phi: 40.62 °

Phi-B: 0 °

Slip Surface Grid

Upper Left: (25.672, 53.0608) m

Lower Left: (24.4336, 40.0144) m

Lower Right: (55.192, 33.736) m

Grid Horizontal Increment: 30

Grid Vertical Increment: 20

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (20.344, 36.3568) m

Upper Right Coordinate: (51.3904, 28.4944) m

Lower Left Coordinate: (16.6864, 19.2208) m

Lower Right Coordinate: (51.5344, 16.9168) m

Number of Increments: 20

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (22.142327, 39.478644) m

Right Coordinate: (38.782613, 30.945792) m

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0.0664

Vert Seismic Load: 0.0332

Ignore seismic load in strength: No

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (39.1, 30.9) m

Inside Point: (39.1, 10.9) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 20 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 200 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 200 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (39.119369, 27.962947) m

Inside Point: (22.184059, 26.481299) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 17 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Reinforcement 3

Type: Anchor

Outside Point: (38.976787, 24.267653) m

Inside Point: (24.033866, 22.960317) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Reinforcement 4

Type: Anchor

Outside Point: (39.04157, 20.427219) m

Inside Point: (26.825566, 15.980957) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 13 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Reinforcement 5

Type: Anchor

Outside Point: (39.024487, 17.029658) m

Inside Point: (28.687869, 13.267436) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 11 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m

Bar Capacity: 0 kN

Bar Safety Factor: 1

Bar Load: 0 kN

Load Distribution: Conc. in 1 slice

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Shear Load: 0 kN

Applied Load: 0 kN

Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 0 kN/m

Available Bond Length: 0 m

Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	CODd	1,2,3,4,5,6,8,7,9,10,11	1851.4357

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	45.05
Point 3	2.91	43.68
Point 4	13.07	39.65
Point 5	22.6	39.47
Point 6	36.32	33.7
Point 7	39.05	30.95
Point 8	38.137495	30.935638
Point 9	39.05	16.32
Point 10	59.46	16.32
Point 11	59.46	0

Critical Slip Surfaces

	Number	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	6724	6.000	(35.306, 44.445)	13.77	(22.4644, 39.4726)	(38.1183, 30.9648)

Slices of Slip Surface: 6724

	Slip Sur- face	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	6724	22.532175	39.304035	0	-33.482631	-28.718366	120
2	6724	22.863845	38.57615	0	-17.021105	-14.59916	120
3	6724	23.391535	37.56019	0	4.9065509	4.2083946	120
4	6724	23.91923	36.714935	0	22.609769	19.39261	120
5	6724	24.446925	35.98752	0	37.354158	32.03901	120
6	6724	24.974615	35.34908	0	49.838871	42.747265	120
7	6724	25.502305	34.781725	0	60.505231	51.895902	120
8	6724	26.03	34.27344	0	69.649151	59.738728	120
9	6724	26.557695	33.81568	0	77.482924	66.457828	120
10	6724	27.085385	33.402125	0	84.163819	72.188094	120
11	6724	27.613075	33.02794	0	89.814708	77.034914	120
12	6724	28.14077	32.68935	0	94.528766	81.078205	120
13	6724	28.668465	32.38335	0	98.381151	84.382432	120
14	6724	29.196155	32.107505	0	101.43502	87.001762	120
15	6724	29.723845	31.85983	0	103.73725	88.976412	120
16	6724	30.251535	31.63868	0	105.32847	90.341214	120
17	6724	30.77923	31.442695	0	106.24531	91.127591	120
18	6724	31.306925	31.270755	0	106.51092	91.355408	120
19	6724	31.834615	31.121935	0	106.15123	91.046904	120
20	6724	32.362305	30.995455	0	105.18332	90.216717	120
21	6724	32.89	30.89069	0	103.6199	88.875753	120

22	6724	33.417695	30.807145	0	101.47269	87.034077	120
23	6724	33.945385	30.744425	0	98.750355	84.699102	120
24	6724	34.473075	30.702245	0	95.456491	81.873924	120
25	6724	35.00077	30.680415	0	91.59343	78.560541	120
26	6724	35.528465	30.678845	0	87.160583	74.758446	120
27	6724	36.056155	30.697525	0	82.152868	70.463283	120
28	6724	36.619715	30.74067	0	67.507684	57.901971	120
29	6724	37.21915	30.811475	0	42.954892	36.842812	120
30	6724	37.818585	30.909185	0	17.386258	14.912356	120

GALLERIA TAORMINA - RELAZIONE GEOTECNICA
E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO LATO
MESSINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO
RS2S	02	D 07 RB	GA 06 00 001	B	2

ALLEGATO 2

TITOLO	Analisi e verifica della galleria artificiale
TIPO DI DOCUMENTO:	Documento - Formato A4
CODIFICA:	-
PAGINE:	109
DATA:	Settembre 2017
SORGENTE:	U.O. Gallerie Italferr S.p.A.
NOTE:	-

1 GALLERIA ARTIFICIALE TAORMINA – LATO MESSINA

SEZIONE POLICENTRICA MASSIMA COPERTURA – PK 16+019.00

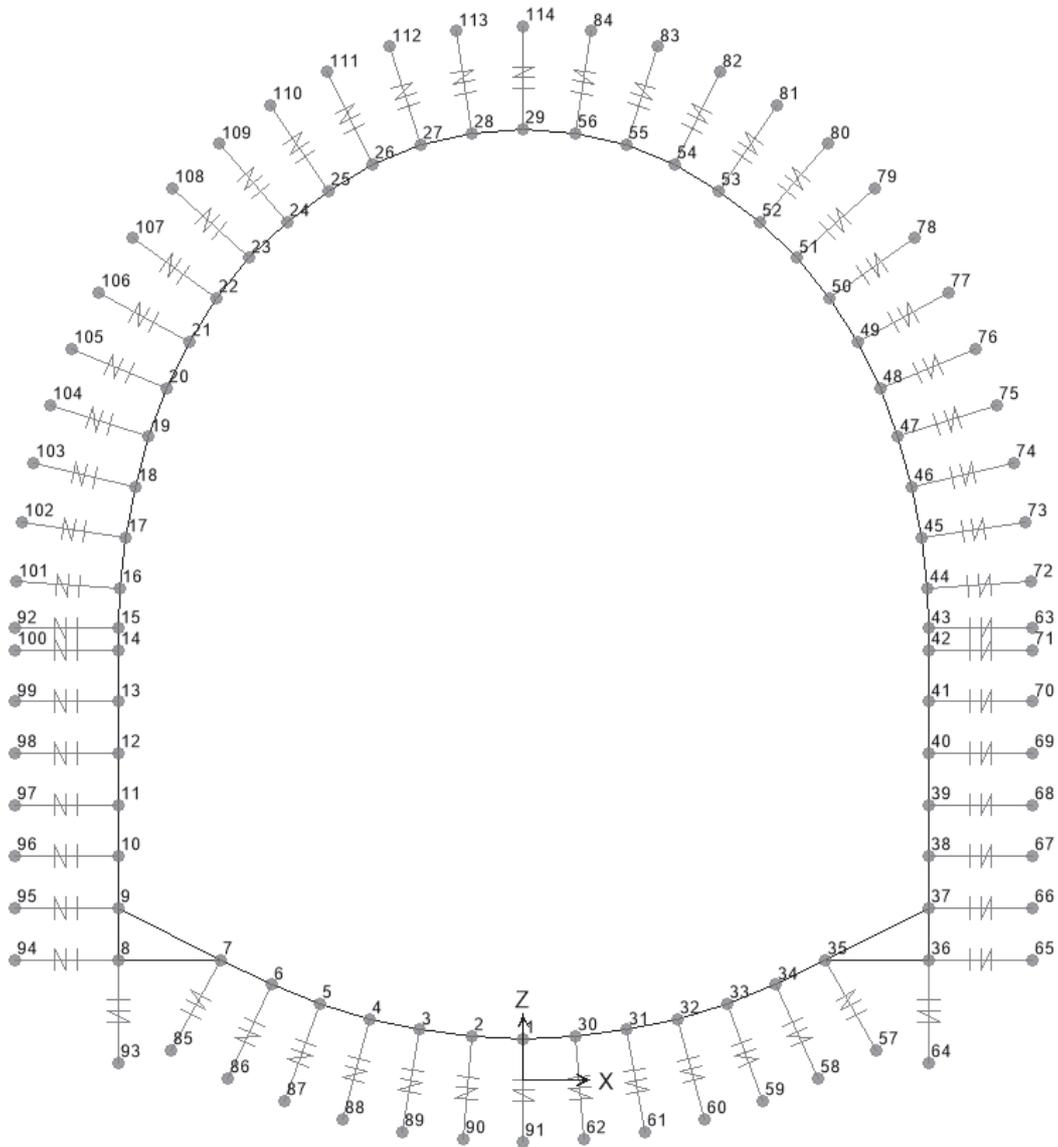


Figura 1 - Modello agli elementi finiti (numerazione nodi).

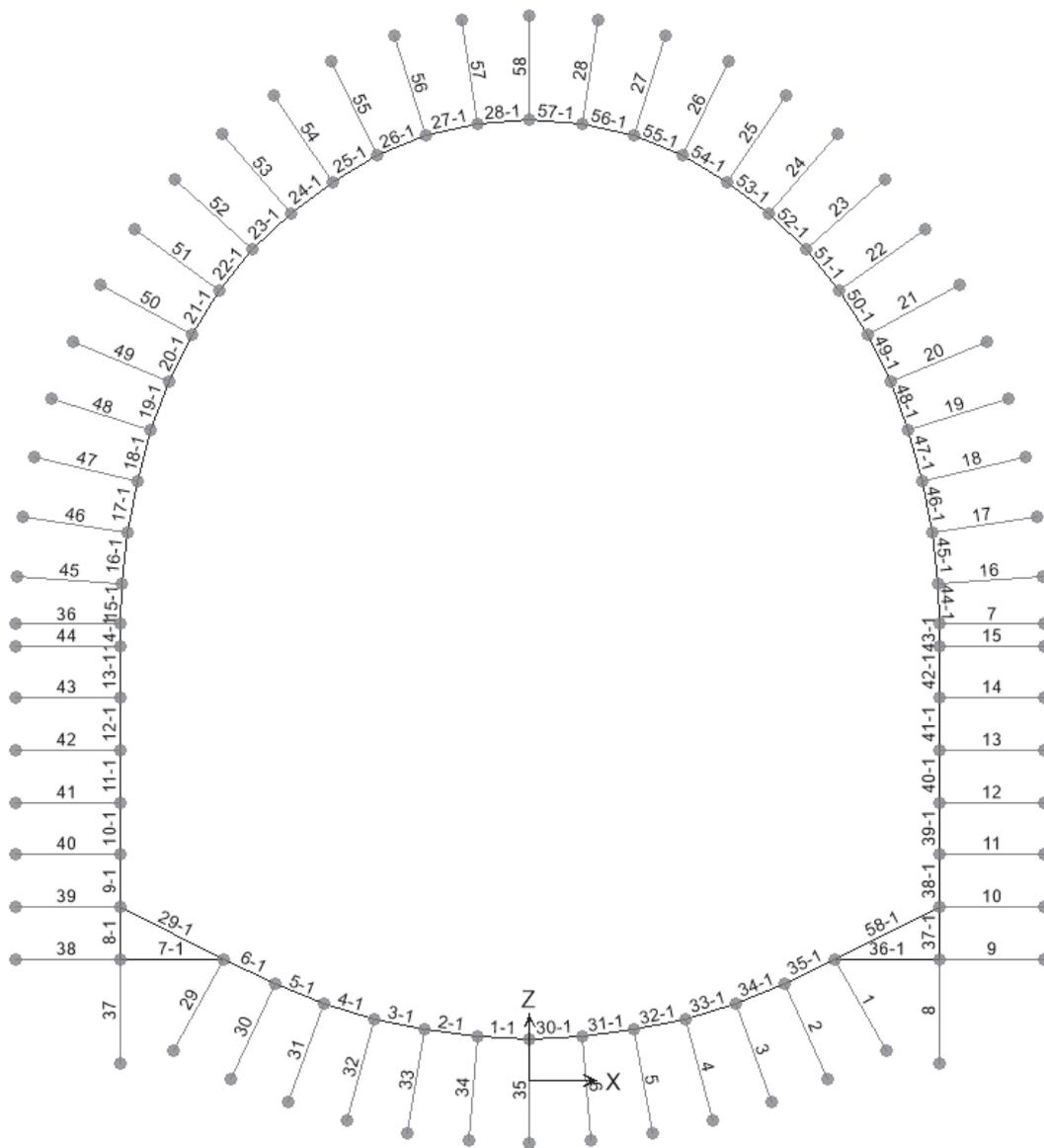


Figura 2 - Modello agli elementi finiti (numerazione FRAME e LINK)

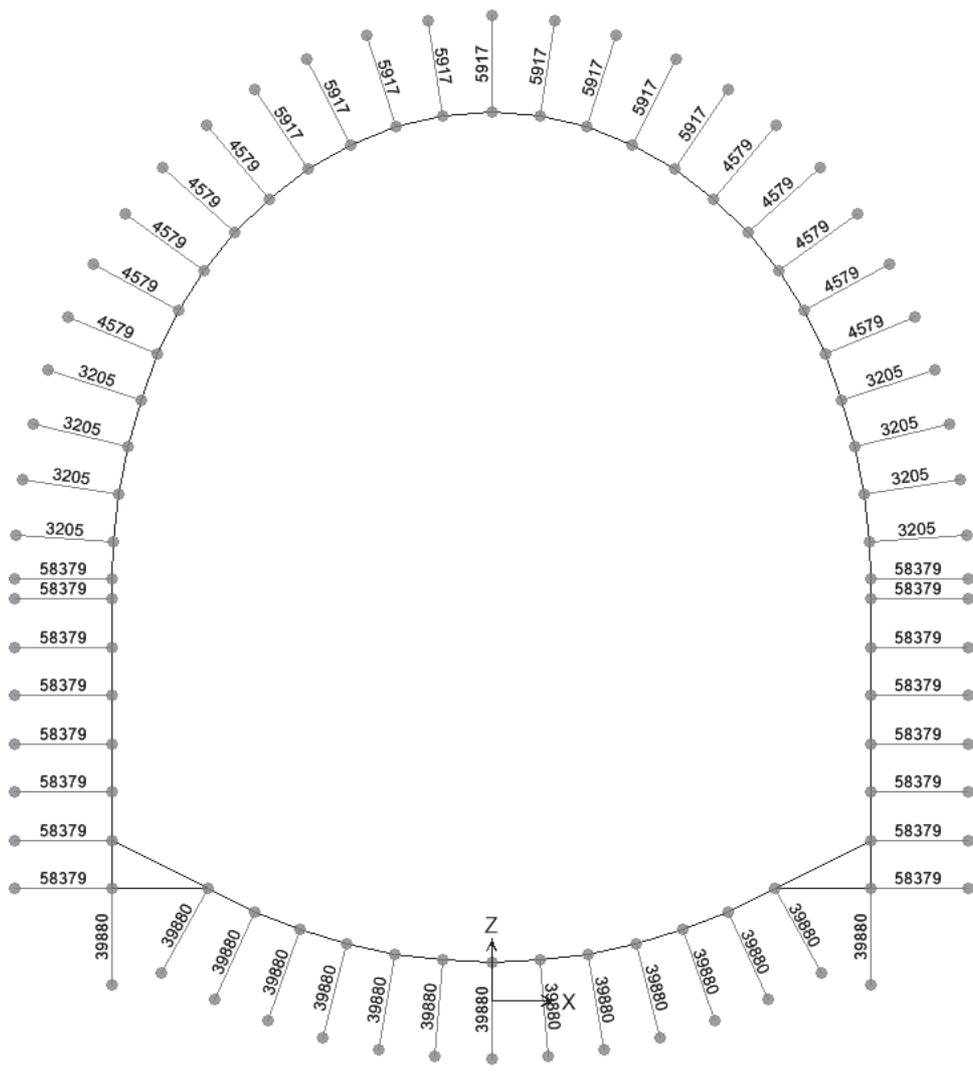


Figura 3 - Link che schematizzano il terreno

2 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE AGLI SLU/SLV/SLE

SOLLECITAZIONI

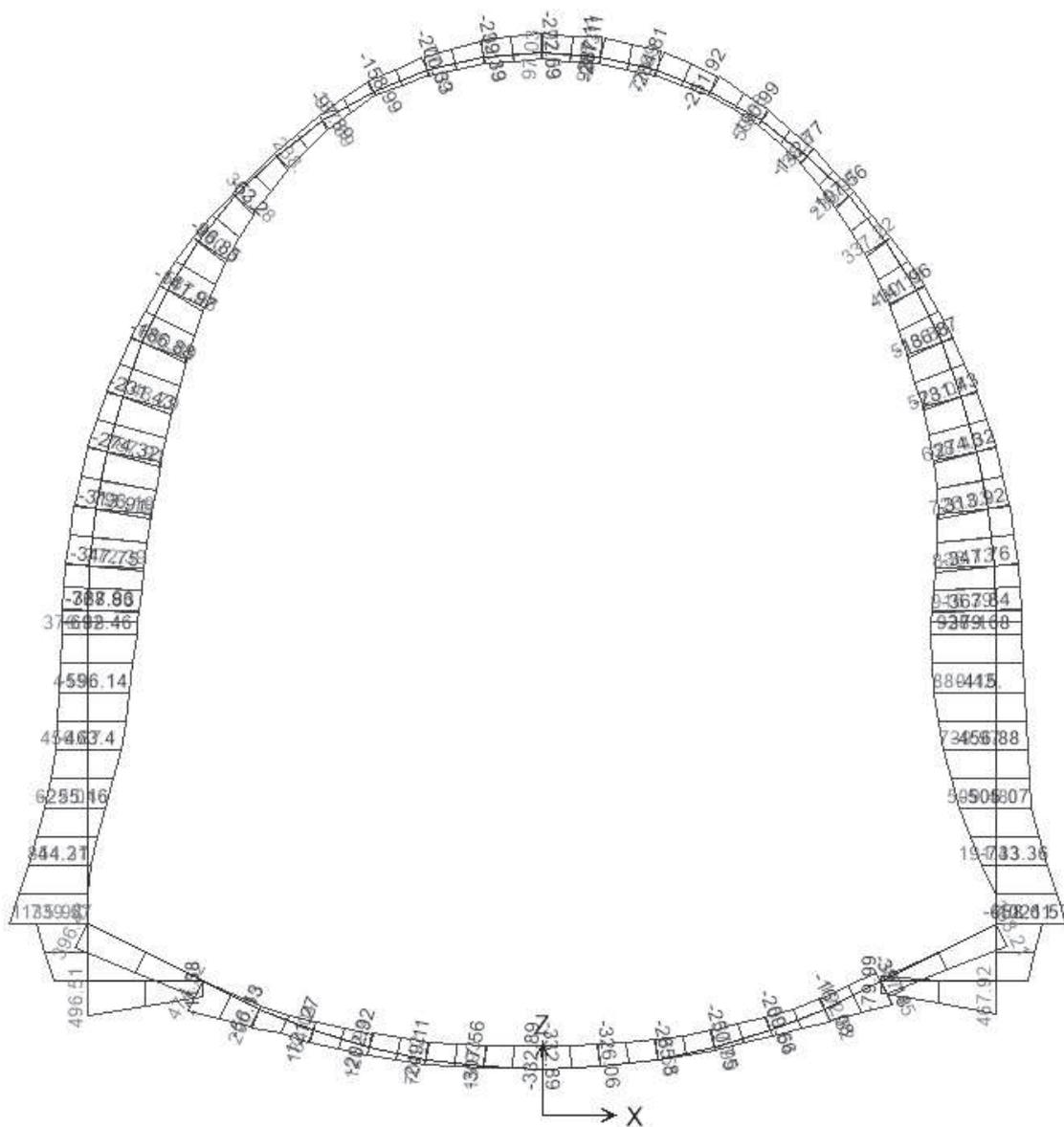
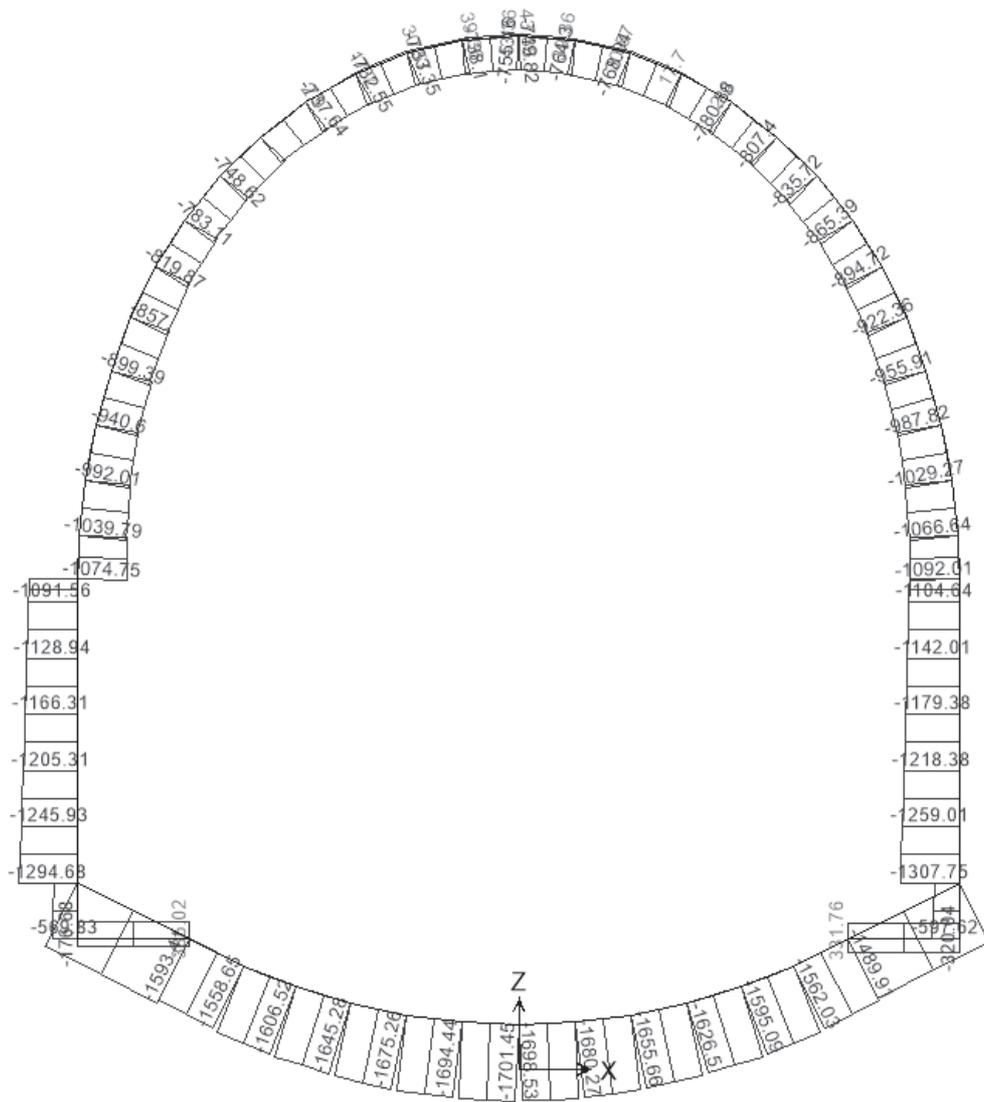


Figura 4 - Momento flettente: SLU-inv



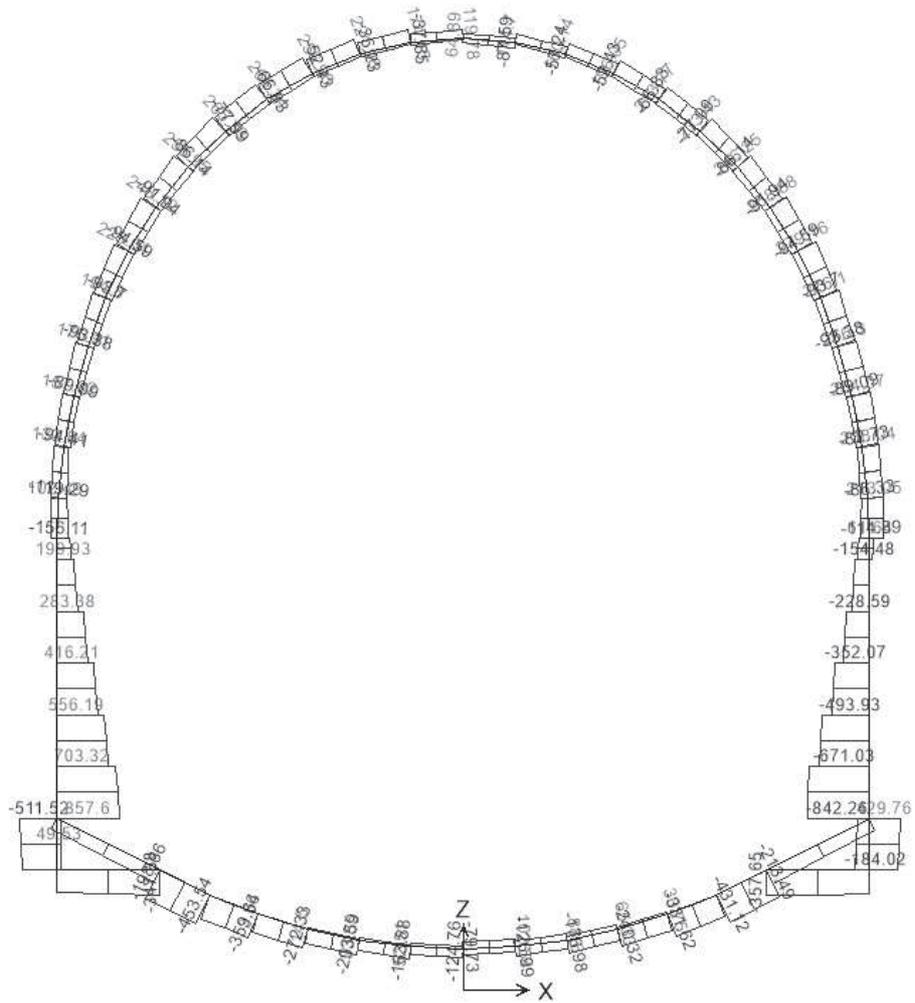


Figura 6 - Taglio: SLU-inv

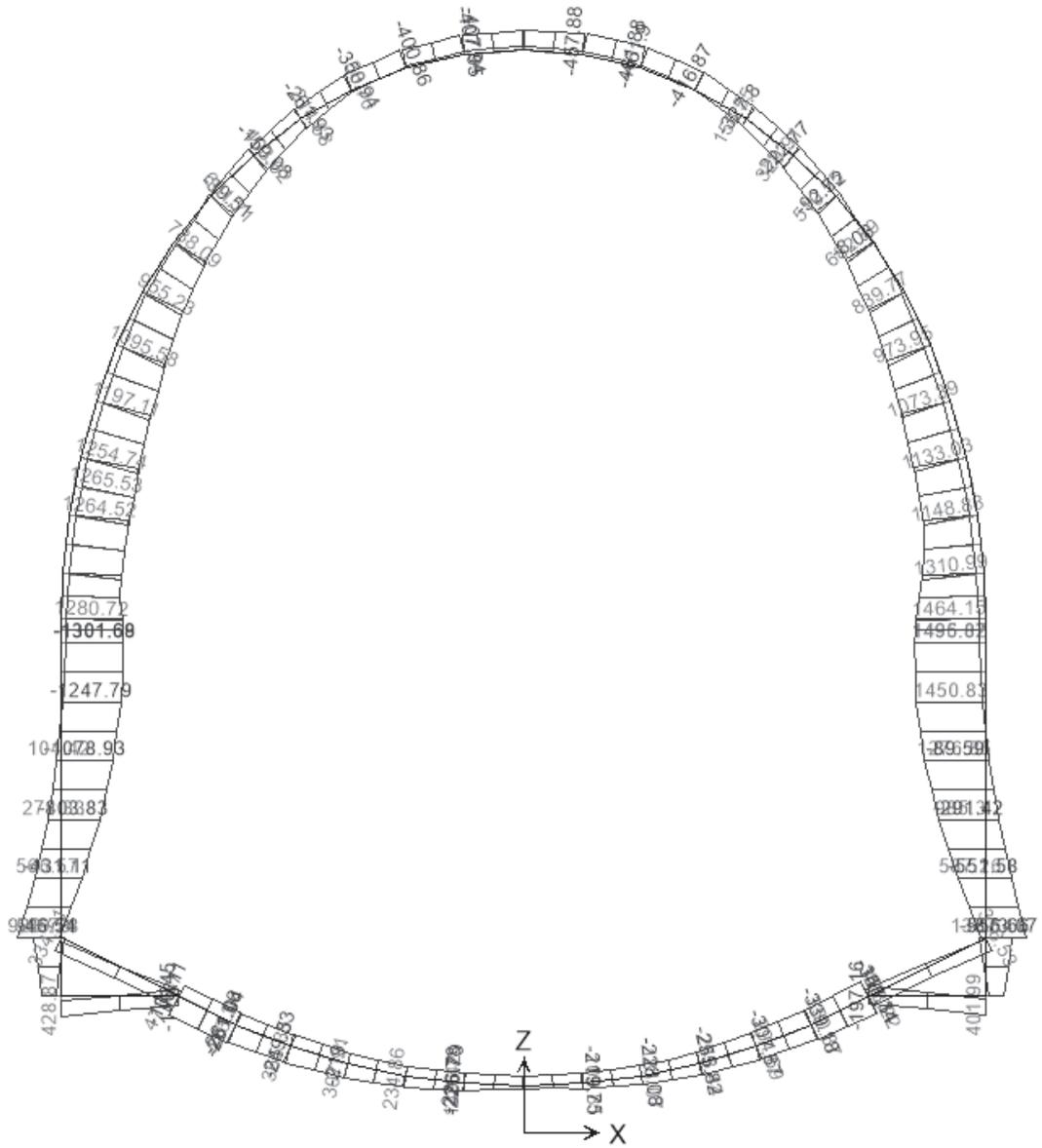


Figura 7 - Momento flettente: SLV-inv

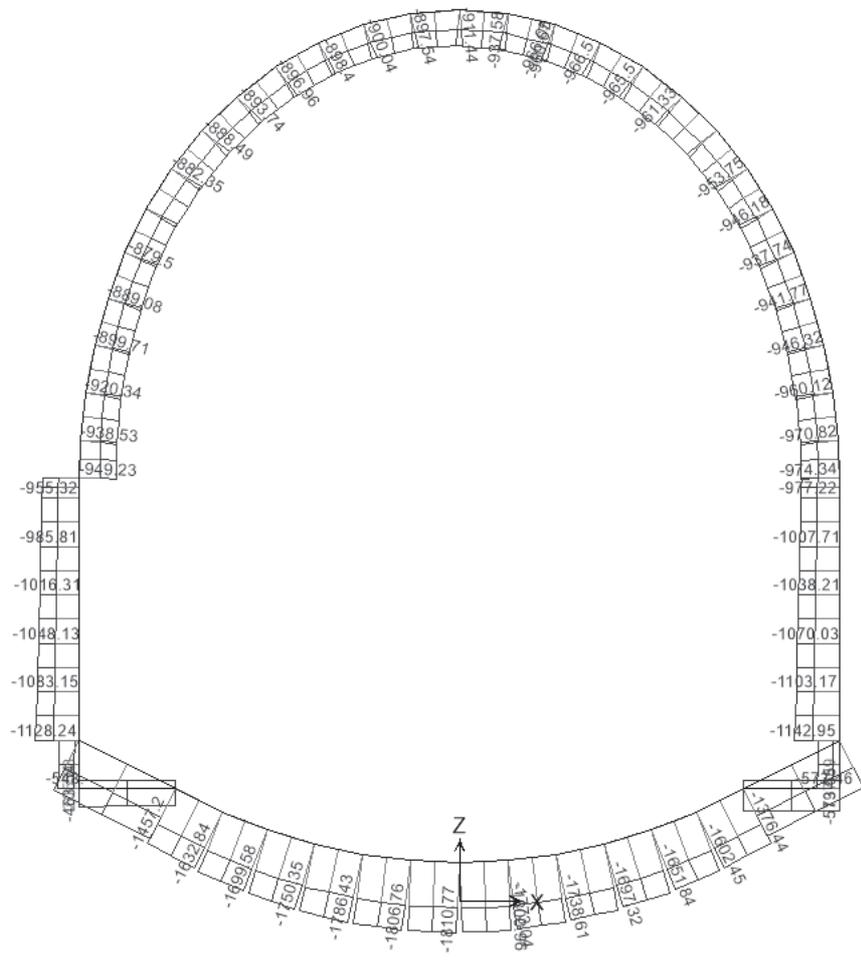


Figura 8 - Sforzo normale: SLV-inv

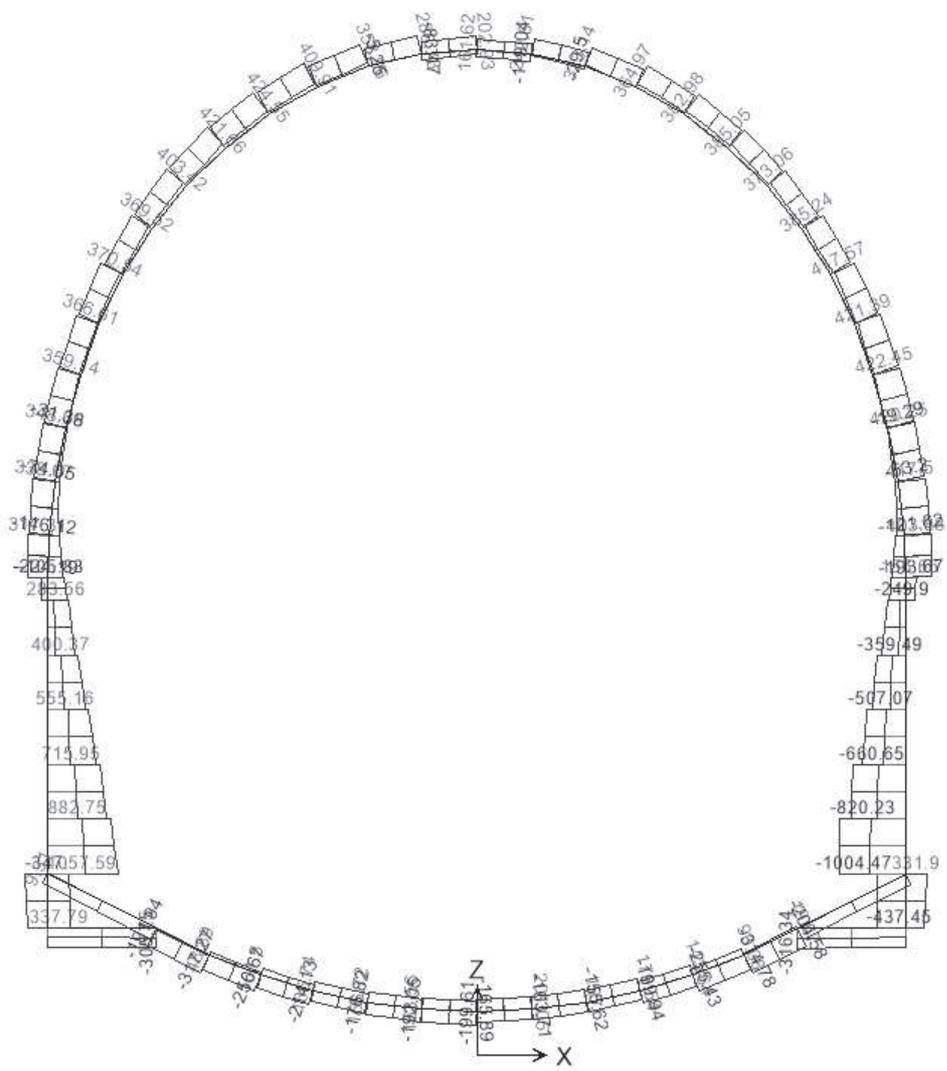


Figura 9 - Taglio: SLV-inv

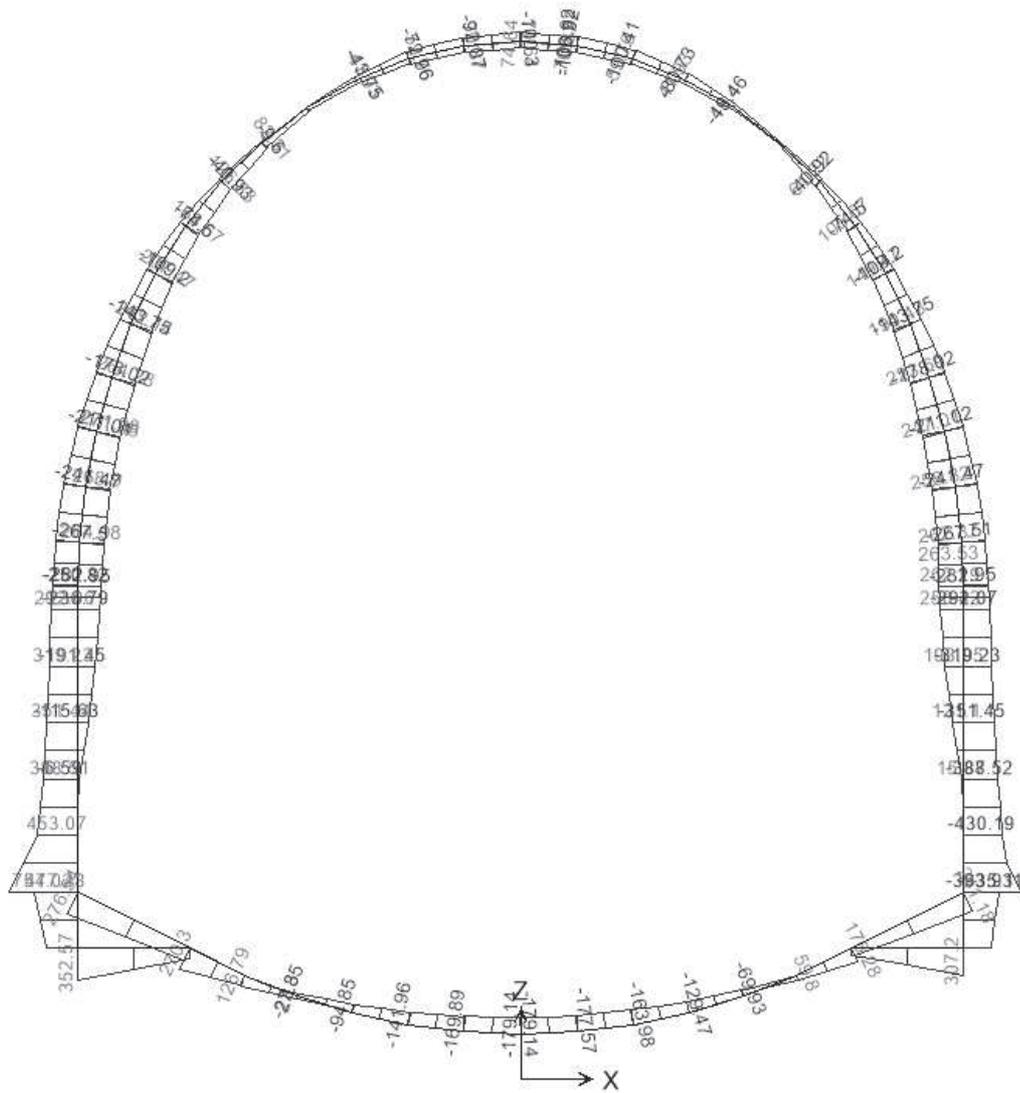


Figura 10 - Momento flettente: SLE-rara

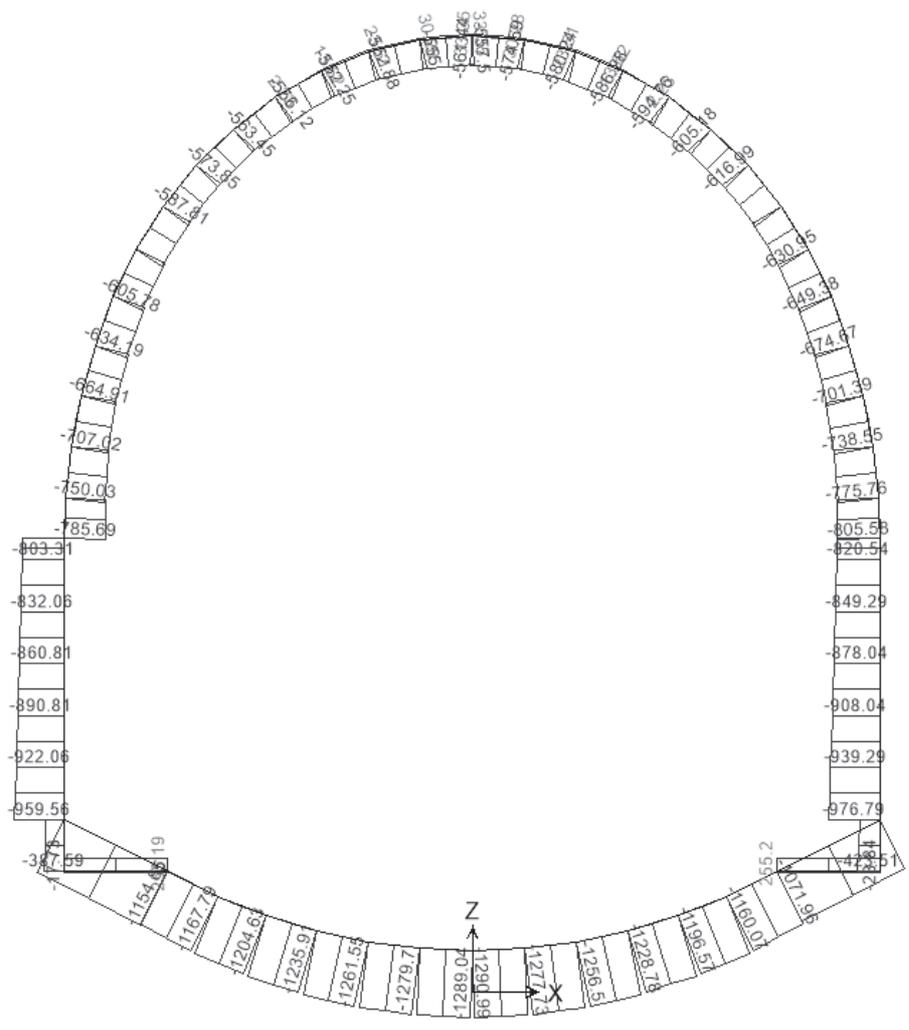


Figura 11 - Sforzo normale: SLE-rara

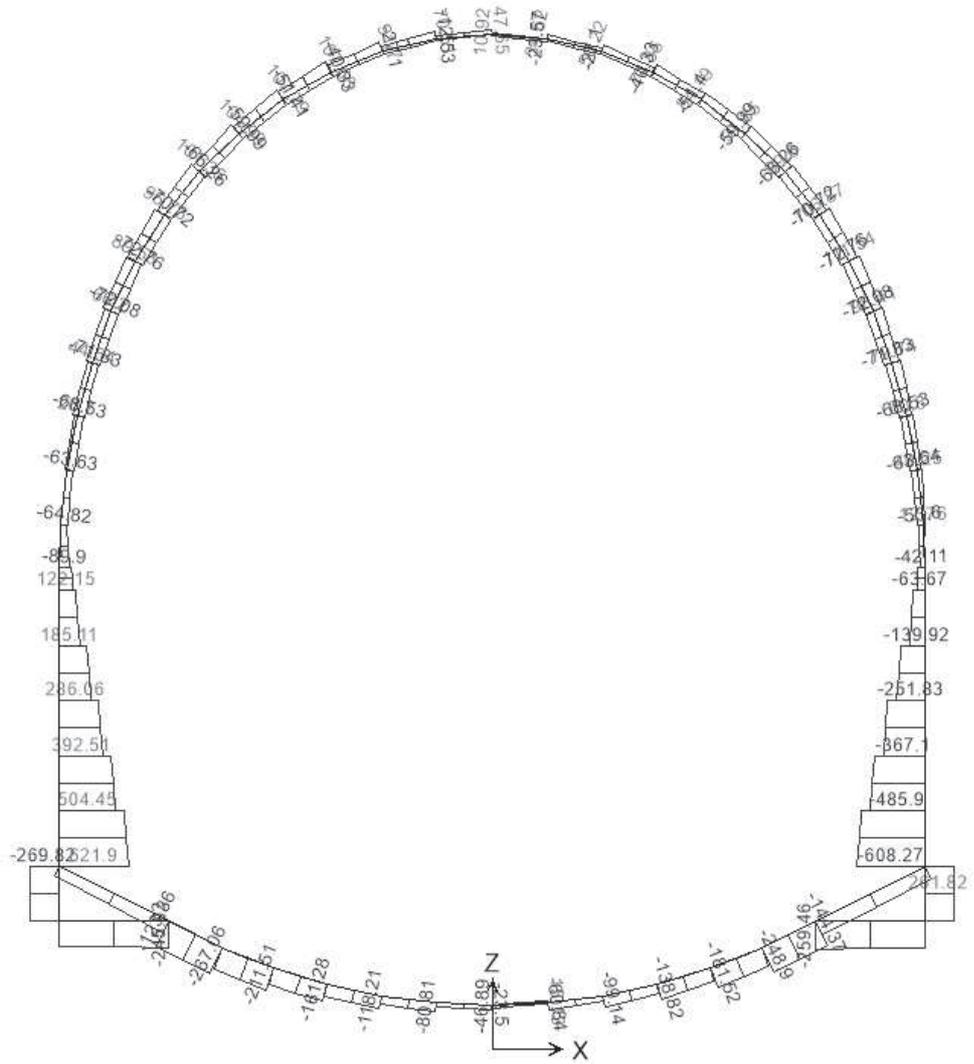


Figura 12 - Taglio: SLE-rara

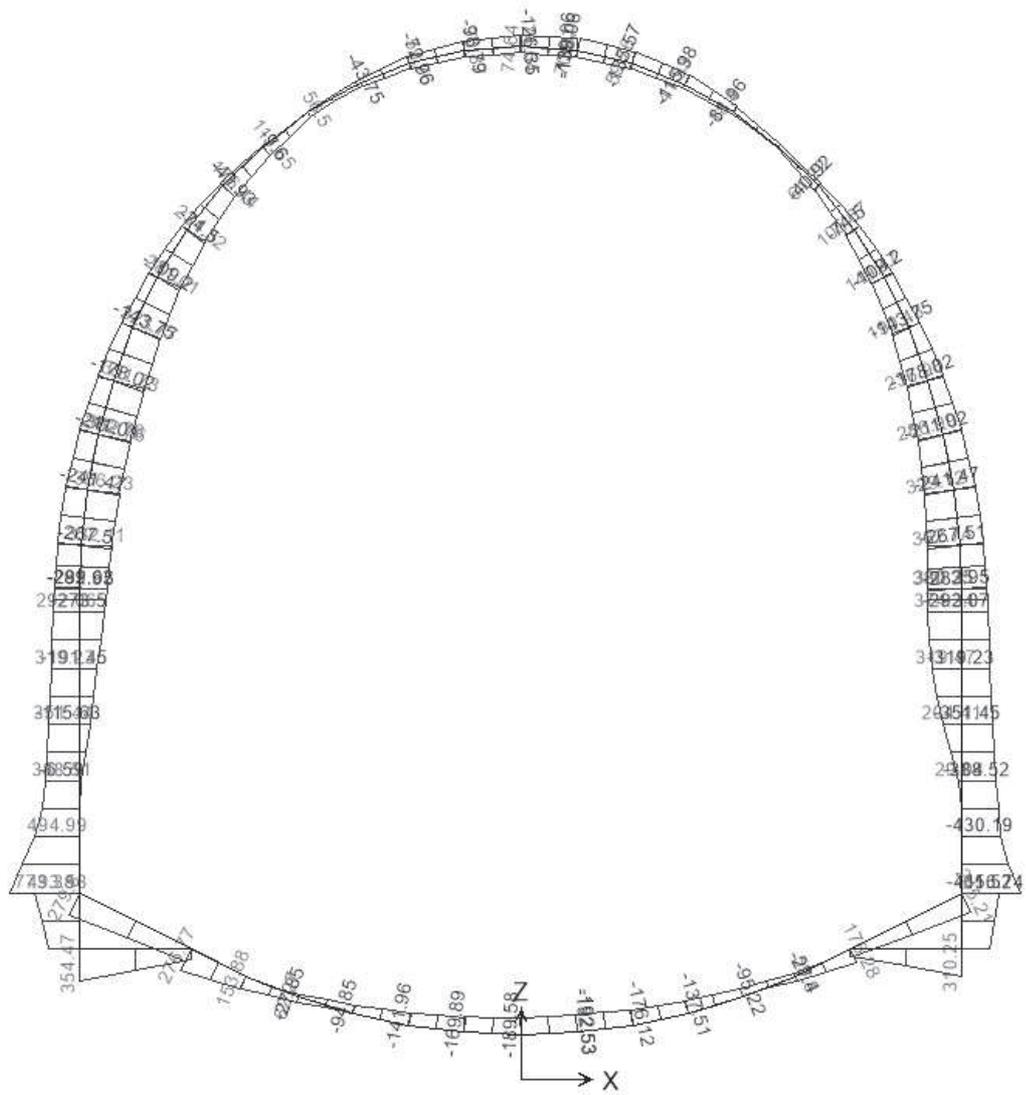


Figura 13 - Momento flettente: SLE-freq-inv

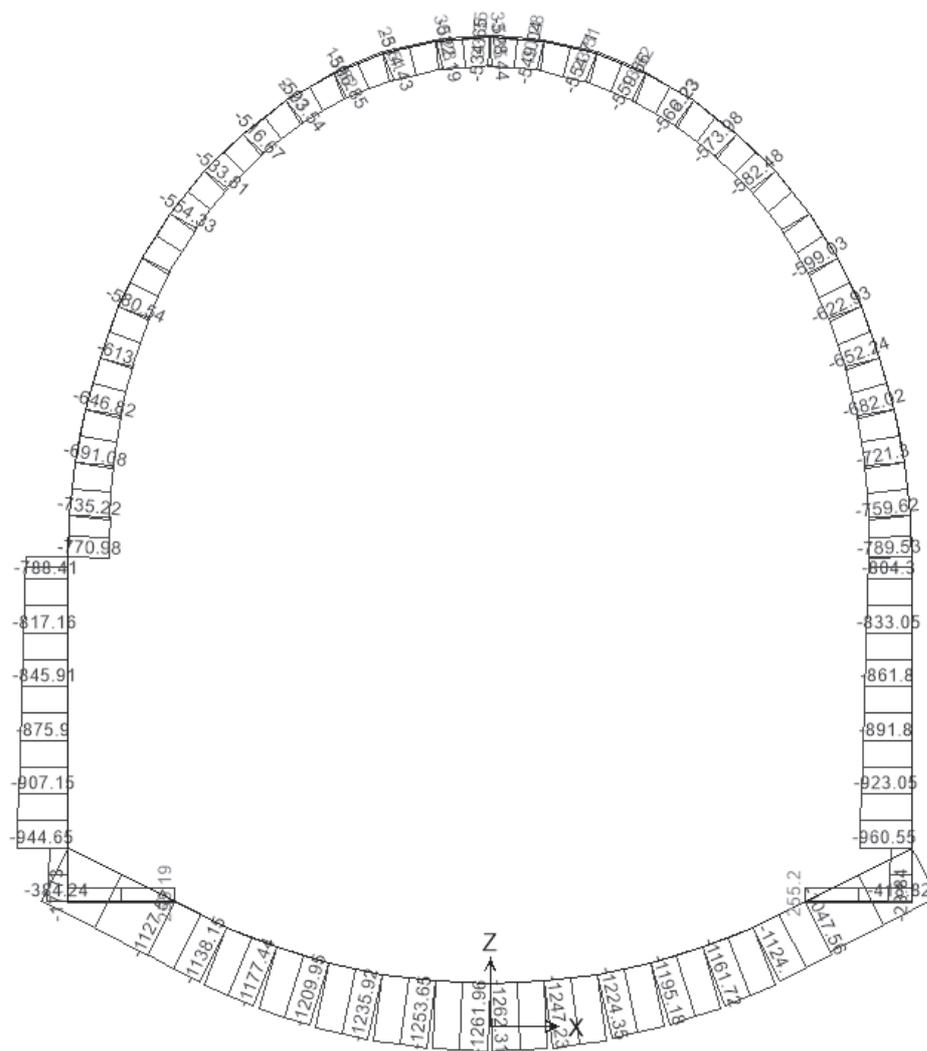
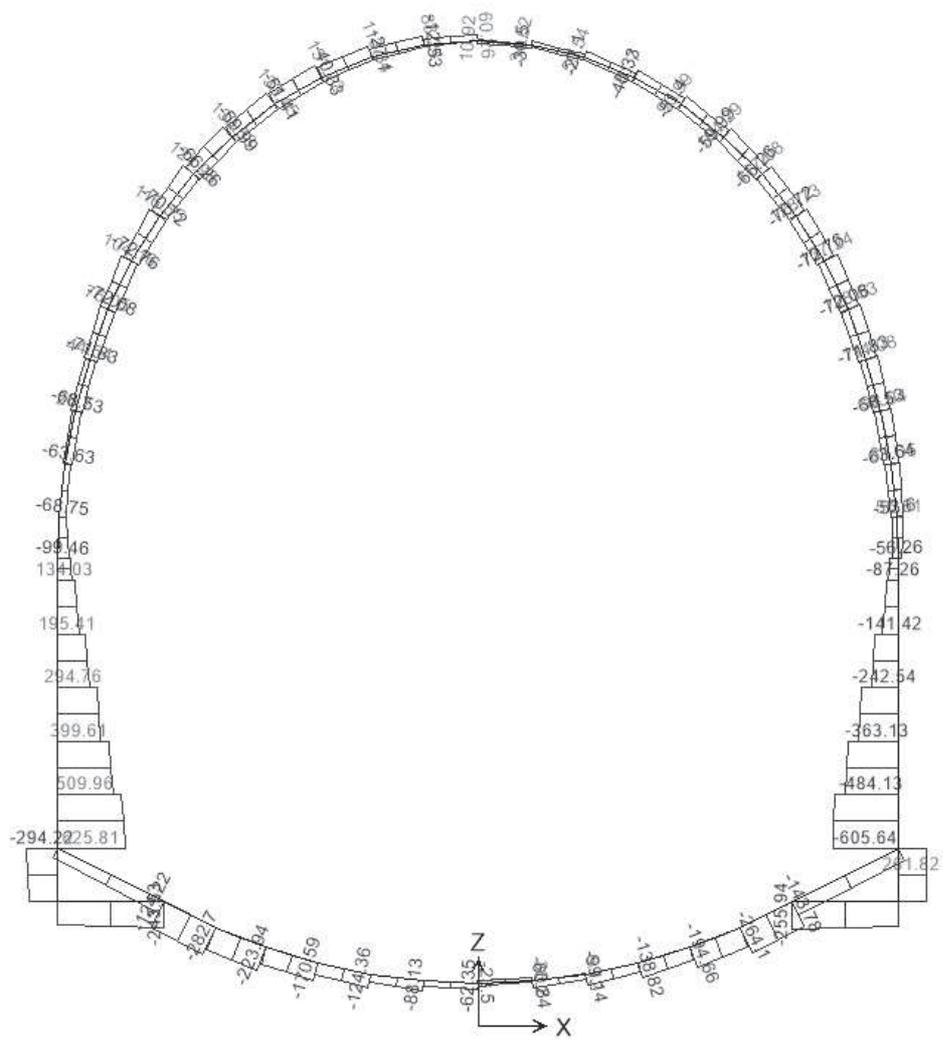


Figura 14 - Sforzo normale: SLE-freq-inv



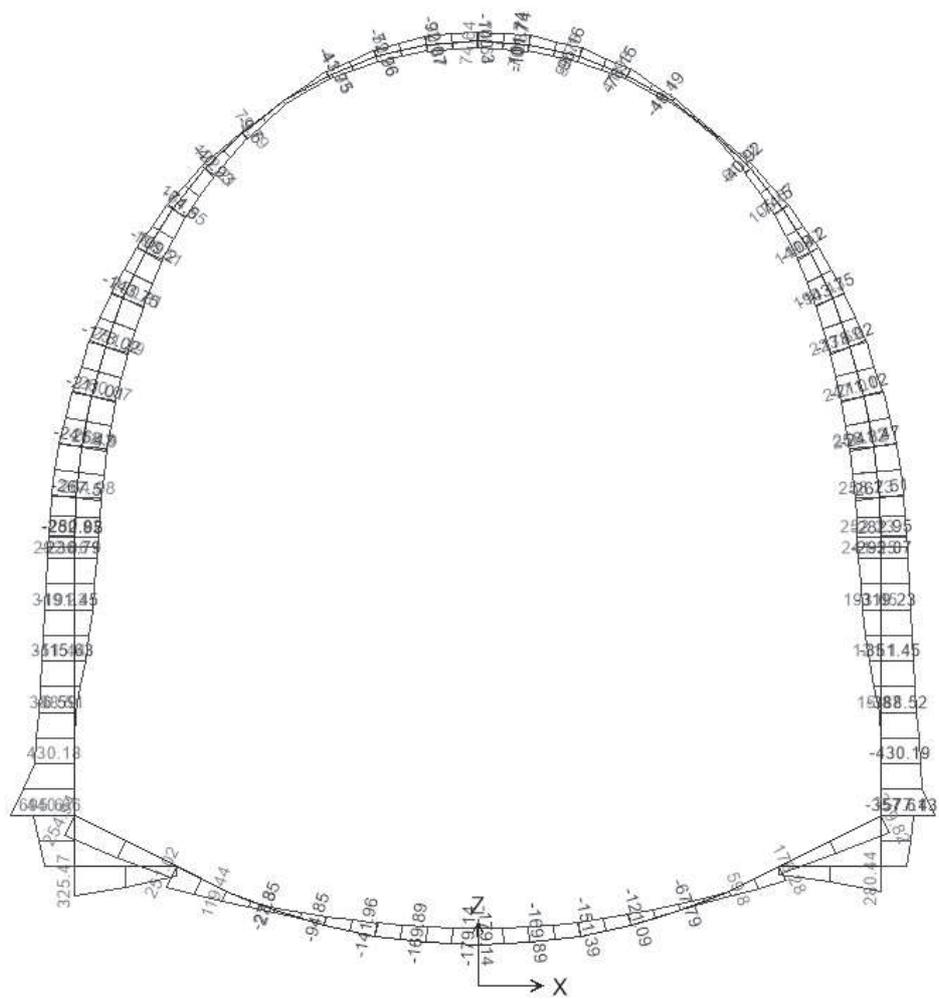


Figura 16 - Momento flettente: SLE-qp

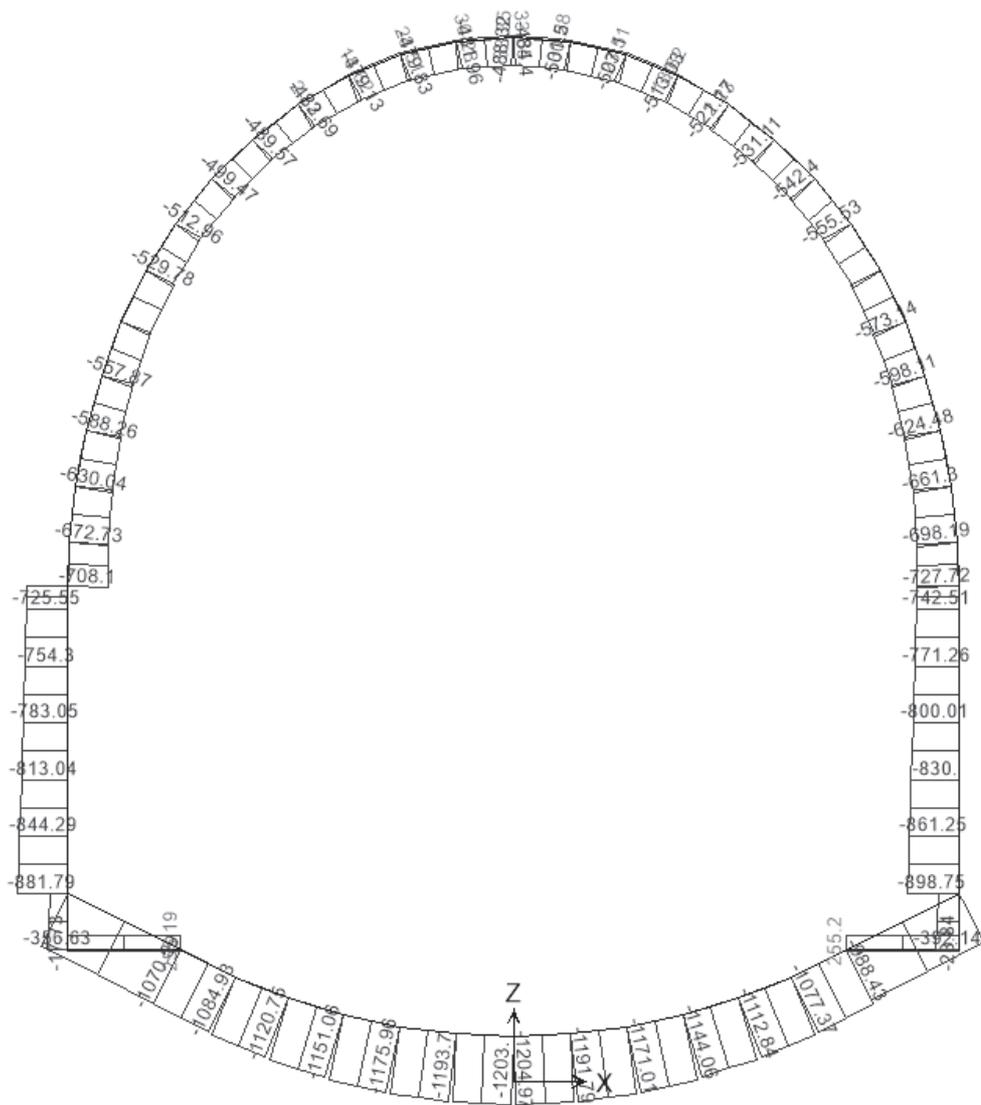
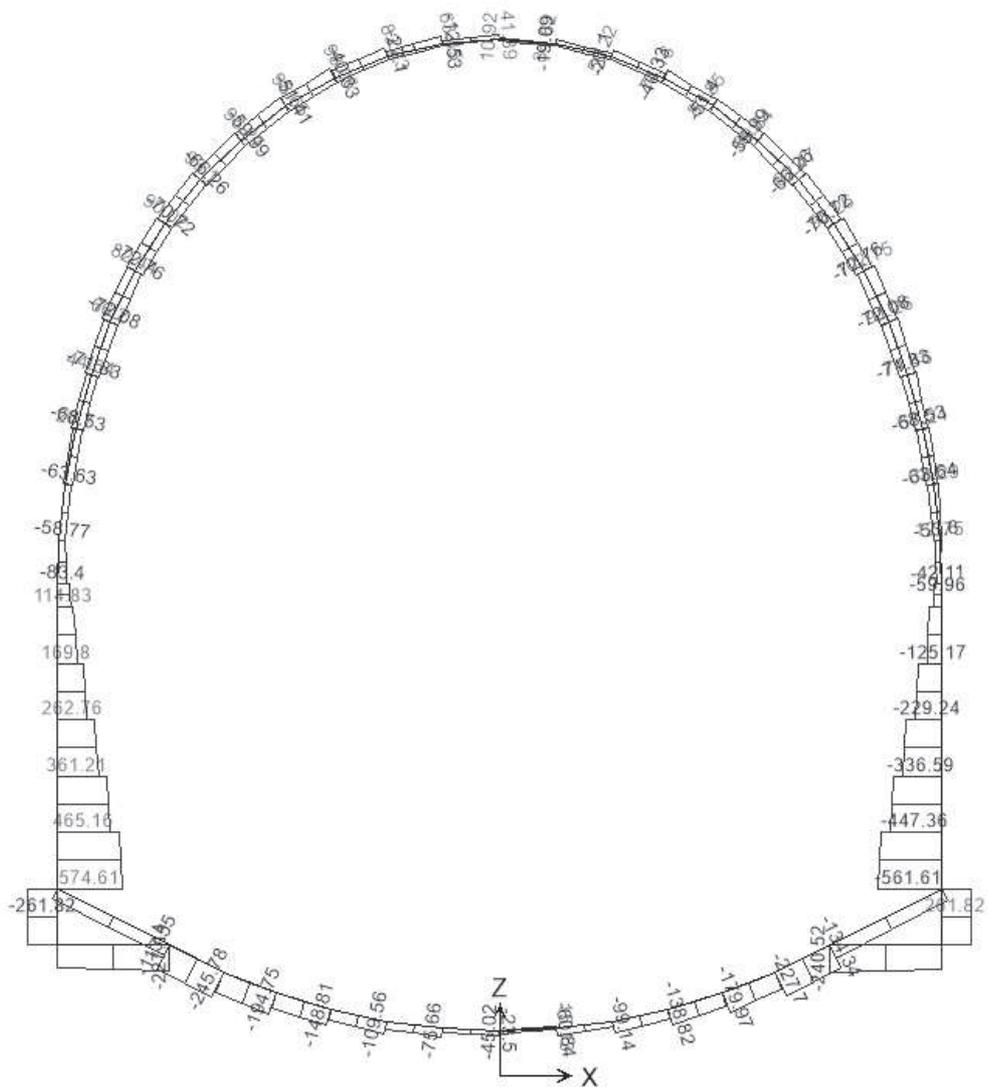


Figura 17 - Sforzo normale: SLE-qp



3 VERIFICHE

Considerando la spiccata asimmetria che caratterizza le sollecitazioni agenti sul manufatto, le verifiche vengono condotte su tutti gli elementi che schematizzano la sezione, suddividendoli in elementi di calotta (sez. 1 e sez. 2), piedritti (sez.3) e fondazione (sez.4). Di seguito si riportano indicativamente le sezioni maggiormente sollecitate.

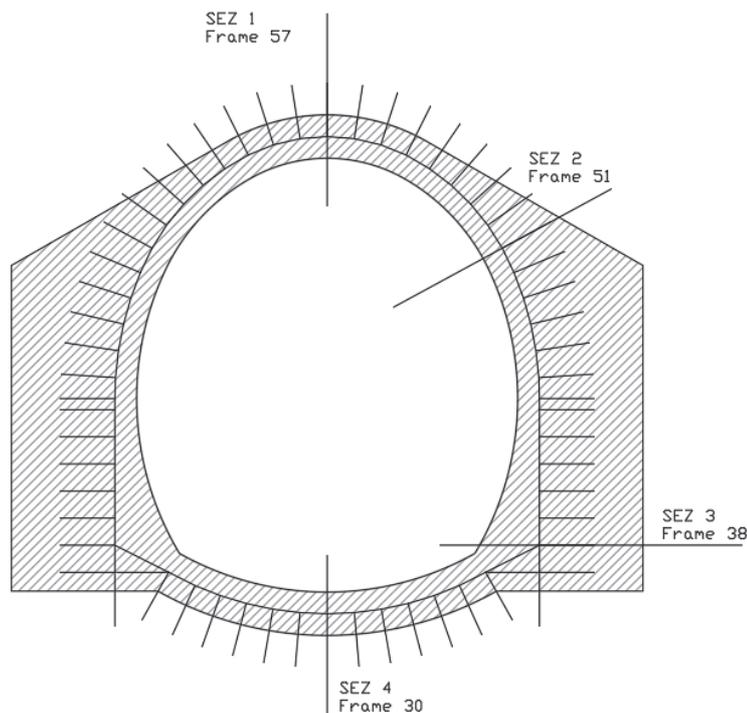


Figura 19 - Sezioni di interesse per le verifiche

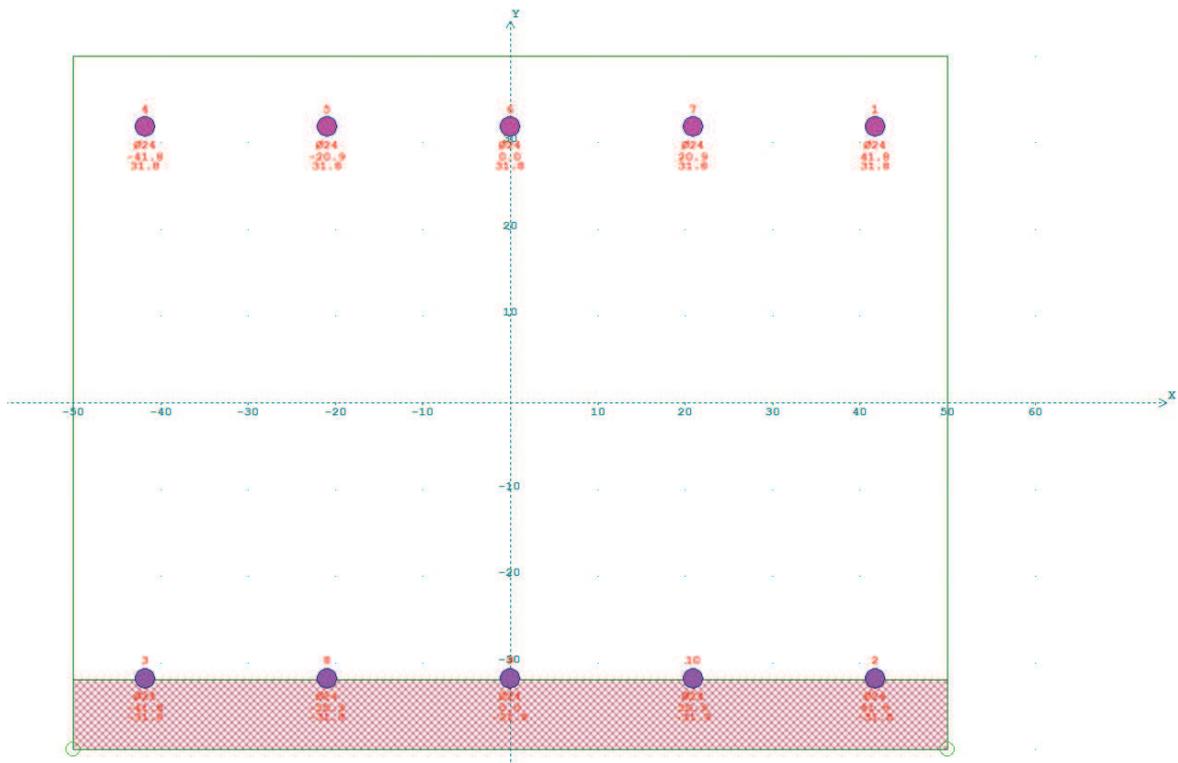
Si riportano nel seguito i tabulati delle sollecitazioni relativi a tutti gli elementi della sezione;

Nel seguito verranno dunque presentate prima le verifiche SLU/SLV a pressoflessione e le verifiche SLE tensionali e a fessurazione; al termine vengono riassunte una di seguito all'altra le verifiche a taglio.

3.1 VERIFICA SEZ.1 – Calotta

La sezione si riferisce alla calotta, dove lo spessore dell'elemento è 80cm. La sezione è stata armata con $5\phi 24/100$ cm su entrambi i lati del rivestimento; si è considerato un copriferro pari a 70 mm + 12 mm dello spessore dell'armatura secondaria, per un totale di 82 mm per favorire il posizionamento di ferri di ripartizione $\Phi 16/20$ in senso longitudinale alla galleria. L'armatura a taglio viene verificata in seguito.

Si propone il tabulato di verifica. Si fa riferimento alle 23 combinazioni di Stato Limite Ultimo (7SLU+16SLV) e alle 5 combinazioni di Stato Limite di esercizio (1SLE-C+3SLE-F+1SLE-QP).



MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; $R_{ck}=30.00$; $E_c=31447.16$; N/mm^2 ; $\gamma_c: 1.50$
 $f_{ck}=24.90$; $f_{cd}=14.11$; $f_{ctk}=1.79$; $f_{ctd}=1.19$; $f_{ctm}=2.56$; $f_{ctf}=3.07$; (in N/mm^2)

Grafico tensioni/deformazioni cls: $f_2=14.11$ N/mm^2 ; $\epsilon_{cu2}=0.0035$; $\epsilon_{c2}=0.0020$

Acciaio barre: B450C; $\gamma_s: 1.15$

$f_{yk}=450.00$; $f_{yd}=391.30$; $f_{bd}=2.69$; $E_s=206000.00$; (in N/mm^2);

Grafico tensioni/deformazioni acciaio: $\sigma_u=0.0675$; $k=1.15$

Nelle verifiche delle tensioni SLE trascura sempre la resistenza a trazione del cls: Si

Acciaio staffe: $f_{yks}=430.00$, $f_{yds}=373.91$ (in N/mm^2)

Percent. torsione limite (TorSoll/TorRes) $\cdot 100=20.00$ %

FORMA DELLA SEZIONE: Rettangolare

Base (cm): $B = 100.00$ cm; Base (cm): $H = 80.00$ cm

Rotazione: $rot = 0.00$ gradi

Area totale acciaio : $A_{st} = 45.24$ cm^2

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: $A_{cls} = 8000.00$ cm^2 ; Baricentro: $X_{gCls} = -0.00$ cm; $Y_{gCls} = 0.00$ cm

Momenti d'inerzia: $J_x = 4266666.67$ cm^4 ; $J_y = 6666666.67$ cm^4 ; $J_{xy} = 0.00$ cm^4 ;

Momenti principali d'inerzia: $J_{csi} = 6666666.67 \text{ cm}^4$; $J_{eta} = 4266666.67 \text{ cm}^4$;
 Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x : $\theta = -1.57 \text{ rad}$;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).

Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KNm).

Combinazioni stati limite ultimi:						
comb	N	Mx	Vx	My	Vy	Mt
1	-42.36	92.13	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.29	0.00
3	-42.36	92.13	0.00	0.00	1.24	0.00
4	274.61	-126.54	0.00	0.00	-16.29	0.00
5	274.61	-126.54	0.00	0.00	1.24	0.00
6	633.33	-132.24	0.00	0.00	-24.81	0.00
7	633.33	-132.24	0.00	0.00	-24.81	0.00
8	743.26	-140.03	0.00	0.00	-31.54	0.00
9	-42.36	92.13	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.29	0.00
11	-42.36	92.13	0.00	0.00	-2.72	0.00
12	195.59	-71.28	0.00	0.00	-16.29	0.00
13	195.59	-24.58	0.00	0.00	-2.72	0.00
14	473.62	-71.28	0.00	0.00	-28.96	0.00
15	473.62	31.13	0.00	0.00	-28.96	0.00
16	479.47	-24.58	0.00	0.00	-42.12	0.00
17	-32.59	70.87	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	-12.53	0.00
19	-32.59	70.87	0.00	0.00	5.23	0.00
20	290.49	-152.64	0.00	0.00	-12.53	0.00
21	290.49	-152.64	0.00	0.00	5.23	0.00
22	647.10	-209.53	0.00	0.00	-14.82	0.00
23	647.10	-209.53	0.00	0.00	-7.91	0.00
24	752.54	-273.99	0.00	0.00	-14.82	0.00
25	-42.36	92.13	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.29	0.00
27	-42.36	92.13	0.00	0.00	-10.79	0.00
28	269.31	-130.73	0.00	0.00	-16.29	0.00
29	269.31	-130.73	0.00	0.00	-10.79	0.00
30	617.00	-139.95	0.00	0.00	-53.81	0.00
31	617.00	-139.95	0.00	0.00	-53.81	0.00
32	709.29	-153.31	0.00	0.00	-87.59	0.00
33	-32.59	70.87	0.00	0.00	0.00	0.00
34	0.00	0.00	0.00	0.00	-12.53	0.00
35	-32.59	70.87	0.00	0.00	-7.14	0.00
36	284.92	-156.77	0.00	0.00	-12.53	0.00
37	284.92	-156.77	0.00	0.00	-7.14	0.00
38	631.15	-217.26	0.00	0.00	-43.32	0.00
39	631.15	-217.26	0.00	0.00	-43.32	0.00
40	719.99	-287.11	0.00	0.00	-61.82	0.00
41	-42.36	92.13	0.00	0.00	0.00	0.00
42	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.29	0.00
43	-42.36	92.13	0.00	0.00	17.57	0.00
44	261.51	-113.01	0.00	0.00	-16.29	0.00
45	261.51	-65.27	0.00	0.00	17.57	0.00
46	553.55	-113.01	0.00	0.00	7.45	0.00
47	553.55	-51.70	0.00	0.00	26.22	0.00
48	639.85	-65.27	0.00	0.00	7.45	0.00
49	-32.59	70.87	0.00	0.00	0.00	0.00
50	0.00	0.00	0.00	0.00	-12.53	0.00
51	-32.59	70.87	0.00	0.00	22.36	0.00
52	277.00	-138.46	0.00	0.00	-12.53	0.00
53	277.00	-138.46	0.00	0.00	22.36	0.00
54	566.80	-140.87	0.00	0.00	20.47	0.00
55	566.80	-140.87	0.00	0.00	54.67	0.00
56	648.67	-183.20	0.00	0.00	20.47	0.00
57	487.19	-101.73	0.00	0.00	-19.09	0.00
58	501.84	-102.77	0.00	0.00	-19.99	0.00

59	501.84	-102.76	0.00	0.00	-19.99	0.00
60	937.58	-457.88	0.00	0.00	-110.68	0.00
61	501.84	-102.76	0.00	0.00	-19.99	0.00
62	929.07	-427.21	0.00	0.00	-119.04	0.00
63	501.84	-102.76	0.00	0.00	-19.99	0.00
64	639.69	-262.81	0.00	0.00	-46.51	0.00
65	501.84	-102.76	0.00	0.00	-19.99	0.00
66	616.43	-150.89	0.00	0.00	-61.97	0.00
67	501.84	-102.76	0.00	0.00	-19.99	0.00
68	788.26	-328.55	0.00	0.00	-68.96	0.00
69	501.84	-102.76	0.00	0.00	-19.99	0.00
70	794.28	-316.05	0.00	0.00	-70.12	0.00
71	501.84	-102.76	0.00	0.00	-19.99	0.00
72	577.91	-189.61	0.00	0.00	-34.08	0.00
73	501.84	-102.76	0.00	0.00	-19.99	0.00
74	598.02	-147.89	0.00	0.00	-37.86	0.00
75	501.84	-95.77	0.00	0.00	149.53	0.00
76	858.17	-294.43	0.00	0.00	-19.99	0.00
77	501.84	-91.81	0.00	0.00	146.84	0.00
78	849.87	-260.25	0.00	0.00	-19.99	0.00
79	501.84	-102.76	0.00	0.00	43.74	0.00
80	585.88	-183.41	0.00	0.00	-19.99	0.00
81	499.57	-71.76	0.00	0.00	25.76	0.00
82	564.56	-102.76	0.00	0.00	-19.99	0.00
83	501.84	-102.76	0.00	0.00	78.77	0.00
84	736.91	-220.15	0.00	0.00	-19.99	0.00
85	501.84	-102.76	0.00	0.00	77.21	0.00
86	743.22	-208.04	0.00	0.00	-19.99	0.00
87	501.84	-102.76	0.00	0.00	10.55	0.00
88	537.32	-136.77	0.00	0.00	-19.99	0.00
89	501.84	-94.99	0.00	0.00	6.53	0.00
90	557.22	-102.76	0.00	0.00	-19.99	0.00
91	937.58	92.13	0.00	0.00	149.53	0.00
92	-42.36	-457.88	0.00	0.00	-119.04	0.00

Combinazioni rare:			
comb	N	Mx	My
1	487.19	-101.74	0.00
2	560.46	-106.92	0.00

Combinazioni frequenti:			
comb	N	Mx	My
1	487.19	-71.50	0.00
2	489.57	-101.74	0.00
3	487.19	-101.74	0.00
4	533.52	-139.06	0.00
5	487.19	-98.83	0.00
6	497.29	-101.74	0.00

Combinazioni quasi permanenti:			
comb	N	Mx	My
1	-32.59	70.87	0.00
2	1.42	0.00	0.00
3	-32.59	70.87	0.00
4	211.24	-97.34	0.00
5	211.24	-97.34	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFFLESSIONE (comb. di carico N.ro 92):

Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=-0.000000$; $b=-2000.000000$; $c=-63886.709233$

Angolo asse neutro-asse x : $\alpha=-180.000000$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls : $\epsilon_c = 3.50000 / 1000$

Deformazione massima acciaio : $\epsilon_f = -27.69164 / 1000$

Deformazione minima acciaio : $\epsilon_f = -0.06228 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):
 NS=-42360.00; MxiS=-0.00; MyiS=457880.00; TxiS=119040.00; TyiS=-0.00
 Ecc. aggiuntiva minima considerata: nessuna
 Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):
 NR=-42361.23; MxiR= -0.00; MyiR= 625242.91

Mxi0=0.00, Myi0=-0.00 - Punto base nel grafico Mxi-Myi sul piano NS=cost.
 MR=((MxiR-Mxi0)²+(MyiR-Myi0)²)^{1/2}=625242.91; MS=((MxiS-Mxi0)²+(MyiS-Myi0)²)^{1/2}=457880.00
 Fattore di sicurezza ad N costante: MR/MS = 1.3655 > 1
 VERIFICA POSITIVA

VALORI DI δ (p 4.1.1.1 NTC2008) (x/d= 0.1122)
 $\delta = 0.44 + 1.25 \cdot (0.6 + 0.0014/\epsilon_{cu}) \cdot x/d = 0.5803$

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA
 Comb. n.ro: 60; NS=937580.00 < Nrd=10800619.16 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICA AZIONE MASSIMA DI TRAZIONE
 Comb. n.ro: 1; NS=-42360.00 > Nrt=-2009198.75 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI (fck = 24.90 N/mm²)
 Comb. rara n.ro 2: Tens. cls= 1.54 < 0.60•fck = 14.94 N/mm²
 Comb. rara n.ro 1: Tens. acciaio= -3.07 > -0.80•fyk = -360.00 N/mm²
 Comb. q. per. n.ro 4: Tens. cls= 1.42 < 0.45•fck = 11.20 N/mm²
 VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE
 Comb. freq. n.ro 4: Tens. min. cls= -0.51 N/mm²; $\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = -2.13$ N/mm², fctk=-2.15 N/mm²
 wk=1.7•srm• ϵ_{sm} =0.0000 mm < w3=0.4 mm VERIFICA POSITIVA

Comb. q. per. n.ro 1: Tens. min. cls= -0.61 N/mm²; $\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = -2.13$ N/mm², fctk=-2.15 N/mm²
 wk=1.7•srm• ϵ_{sm} =0.0000 mm < w2=0.3 mm VERIFICA POSITIVA

VERTICI SEZIONE:			
Nv	X (cm)	Y (cm)	$\epsilon_c \times 1000$
1	-50.00	-40.00	3.50
2	-50.00	40.00	-31.25
3	50.00	40.00	-31.25
4	50.00	-40.00	3.50

BARRE LONGITUDINALI:				
Nf	X (cm)	Y (cm)	diametro(mm)	$\epsilon_f \times 1000$
1	41.80	31.80	24.00	-27.69
2	41.80	-31.80	24.00	-0.06
3	-41.80	-31.80	24.00	-0.06
4	-41.80	31.80	24.00	-27.69
5	-20.90	31.80	24.00	-27.69
6	0.00	31.80	24.00	-27.69
7	20.90	31.80	24.00	-27.69
8	-20.90	-31.80	24.00	-0.06
9	0.00	-31.80	24.00	-0.06
10	20.90	-31.80	24.00	-0.06

INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE:		
Ni	X (cm)	Y (cm)
1	-50.00	-31.94
2	50.00	-31.94

Fattore di sicurezza SLU per sforzo normale e flessione per tutte le combinazioni

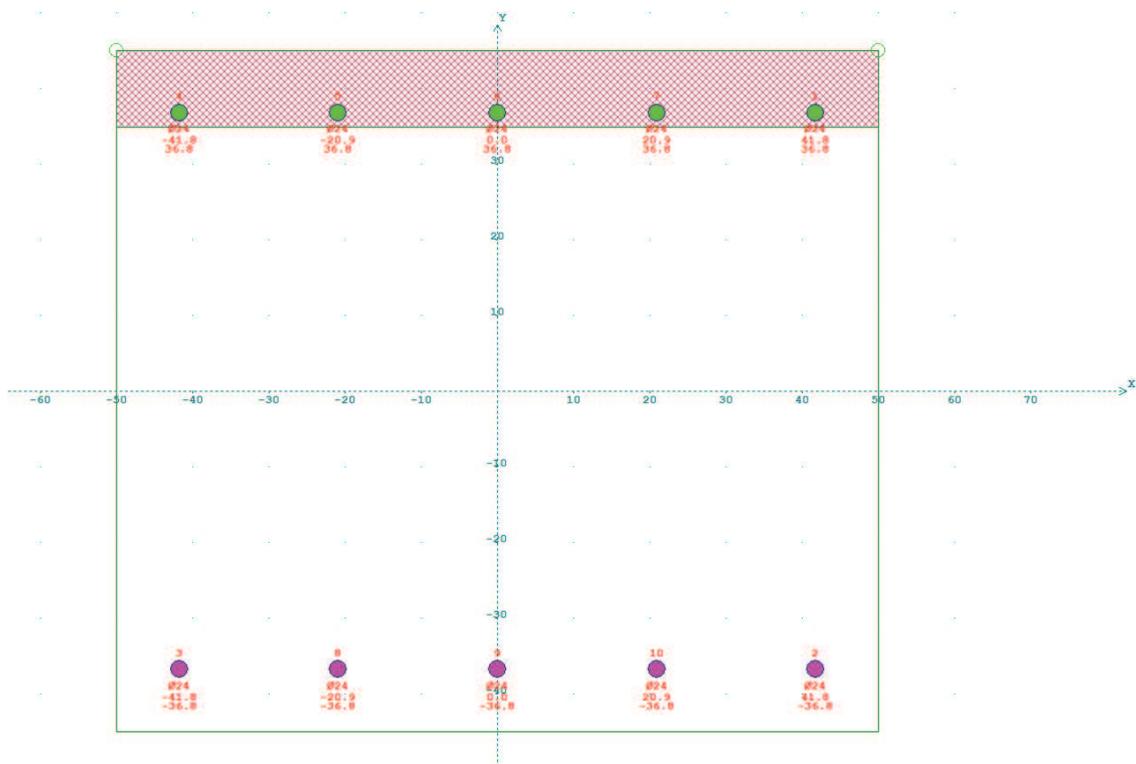
NSi, MSxi, MSyi: azioni sollecitanti rispetto agli assi principali di inerzia NRi, MRxi, MRyi: azioni resistenti " " " " sic.: fattore Resistenza/Sicurezza a pressoflessione (o per la compressione assiale) SLU Aft, Afc: armatura in zona tesa e compressa a pressoflessione TV: tipo verifica N = pressofles. ad N costante; M = pressofles. ad M/N costante; C = NS>Nrd o il fattore NRd/NS risulta piu' sfavorevole (NRd= 10800.62 KN); T = NS<Nrt o il fattore NRt/NS risulta piu' sfavorevole (NRt= -2009.20 KN); E = l'eccentricità della sollecitazione è inferiore al minimo imposto dalla normativa; ? = Sezione non verificabile; 0 = Azioni nulle V : verifiche - con un asterisco viene indicata la sezione non verificata, con un N se la combinazione non converge											
cb	NSi	MSxi	MSyi	NRi	MRxi	MRyi	Aft	Afc	sic.	TV	V
n.ro	(KN)	(KNm)	(KNm)	(KN)	(KNm)	(KNm)	(cm²)	(cm²)			
1	-42.36	0.00	-92.13	-42.36	0.00	-625.24	45.24	0.00	6.7865	N	
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0000	0	
3	-42.36	0.00	-92.13	-42.36	0.00	-625.24	45.24	0.00	6.7865	N	
4	274.61	-0.00	126.54	274.61	-0.00	723.26	22.62	22.62	5.7157	N	
5	274.61	-0.00	126.54	274.61	-0.00	723.26	22.62	22.62	5.7157	N	
6	633.33	-0.00	132.24	633.33	-0.00	833.31	22.62	22.62	6.3015	N	
7	633.33	-0.00	132.24	633.33	-0.00	833.31	22.62	22.62	6.3015	N	
8	743.26	-0.00	140.03	743.27	-0.00	866.72	22.62	22.62	6.1895	N	
9	-42.36	0.00	-92.13	-42.36	0.00	-625.24	45.24	0.00	6.7865	N	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0000	0	
11	-42.36	0.00	-92.13	-42.36	0.00	-625.24	45.24	0.00	6.7865	N	
12	195.59	-0.00	71.28	195.60	-0.00	698.87	22.62	22.62	9.8046	N	
13	195.59	-0.00	24.58	195.60	-0.00	698.87	22.62	22.62	28.4327	N	
14	473.62	-0.00	71.28	473.63	-0.00	784.48	22.62	22.62	11.0056	N	
15	473.62	0.00	-31.13	473.63	0.00	-784.48	22.62	22.62	22.8044	C	
16	479.47	-0.00	24.58	479.47	-0.00	786.27	22.62	22.62	22.5262	C	
17	-32.59	0.00	-70.87	-32.60	0.00	-628.27	45.24	0.00	8.8651	N	
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0000	0	
19	-32.59	0.00	-70.87	-32.60	0.00	-628.27	45.24	0.00	8.8651	N	
20	290.49	-0.00	152.64	290.49	-0.00	728.16	22.62	22.62	4.7704	N	
21	290.49	-0.00	152.64	290.49	-0.00	728.16	22.62	22.62	4.7704	N	
22	647.10	-0.00	209.53	647.10	-0.00	837.50	22.62	22.62	3.9970	N	
23	647.10	-0.00	209.53	647.10	-0.00	837.50	22.62	22.62	3.9970	N	
24	752.54	-0.00	273.99	752.54	-0.00	869.53	22.62	22.62	3.1736	N	
25	-42.36	0.00	-92.13	-42.36	0.00	-625.24	45.24	0.00	6.7865	N	
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0000	0	
27	-42.36	0.00	-92.13	-42.36	0.00	-625.24	45.24	0.00	6.7865	N	
28	269.31	-0.00	130.73	269.32	-0.00	721.63	22.62	22.62	5.5200	N	
29	269.31	-0.00	130.73	269.32	-0.00	721.63	22.62	22.62	5.5200	N	
30	617.00	-0.00	139.95	617.00	-0.00	828.32	22.62	22.62	5.9187	N	
31	617.00	-0.00	139.95	617.00	-0.00	828.32	22.62	22.62	5.9187	N	
32	709.29	-0.00	153.31	709.28	-0.00	856.42	22.62	22.62	5.5862	N	
33	-32.59	0.00	-70.87	-32.60	0.00	-628.27	45.24	0.00	8.8651	N	
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0000	0	
35	-32.59	0.00	-70.87	-32.60	0.00	-628.27	45.24	0.00	8.8651	N	
36	284.92	-0.00	156.77	284.93	-0.00	726.45	22.62	22.62	4.6338	N	
37	284.92	-0.00	156.77	284.93	-0.00	726.45	22.62	22.62	4.6338	N	
38	631.15	-0.00	217.26	631.16	-0.00	832.64	22.62	22.62	3.8325	N	
39	631.15	-0.00	217.26	631.16	-0.00	832.64	22.62	22.62	3.8325	N	
40	719.99	-0.00	287.11	720.00	-0.00	859.67	22.62	22.62	2.9942	N	
41	-42.36	0.00	-92.13	-42.36	0.00	-625.24	45.24	0.00	6.7865	N	
42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0000	0	
43	-42.36	0.00	-92.13	-42.36	0.00	-625.24	45.24	0.00	6.7865	N	
44	261.51	-0.00	113.01	261.51	-0.00	719.22	22.62	22.62	6.3643	N	
45	261.51	-0.00	65.27	261.51	-0.00	719.22	22.62	22.62	11.0192	N	
46	553.55	-0.00	113.01	553.54	-0.00	808.95	22.62	22.62	7.1582	N	
47	553.55	-0.00	51.70	553.54	-0.00	808.95	22.62	22.62	15.6470	N	
48	639.85	-0.00	65.27	639.86	-0.00	835.29	22.62	22.62	12.7975	N	
49	-32.59	0.00	-70.87	-32.60	0.00	-628.27	45.24	0.00	8.8651	N	
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0000	0	
51	-32.59	0.00	-70.87	-32.60	0.00	-628.27	45.24	0.00	8.8651	N	
52	277.00	-0.00	138.46	277.00	-0.00	724.00	22.62	22.62	5.2290	N	
53	277.00	-0.00	138.46	277.00	-0.00	724.00	22.62	22.62	5.2290	N	
54	566.80	-0.00	140.87	566.81	-0.00	813.01	22.62	22.62	5.7714	N	
55	566.80	-0.00	140.87	566.81	-0.00	813.01	22.62	22.62	5.7714	N	
56	648.67	-0.00	183.20	648.66	-0.00	837.98	22.62	22.62	4.5741	N	
57	487.19	-0.00	101.73	487.19	-0.00	788.63	22.62	22.62	7.7522	N	
58	501.84	-0.00	102.77	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7175	N	
59	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	

60	937.58	-0.00	457.88	937.59	-0.00	925.31	22.62	22.62	2.0209	N	
61	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	
62	929.07	-0.00	427.21	929.08	-0.00	922.76	22.62	22.62	2.1600	N	
63	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	
64	639.69	-0.00	262.81	639.70	-0.00	835.24	22.62	22.62	3.1781	N	
65	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	
66	616.43	-0.00	150.89	616.42	-0.00	828.15	22.62	22.62	5.4884	N	
67	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	
68	788.26	-0.00	328.55	788.26	-0.00	880.35	22.62	22.62	2.6795	N	
69	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	
70	794.28	-0.00	316.05	794.29	-0.00	882.18	22.62	22.62	2.7913	N	
71	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	
72	577.91	-0.00	189.61	577.90	-0.00	816.40	22.62	22.62	4.3057	N	
73	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	
74	598.02	-0.00	147.89	598.03	-0.00	822.54	22.62	22.62	5.5618	N	
75	501.84	-0.00	95.77	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	8.2816	N	
76	858.17	-0.00	294.43	858.17	-0.00	901.44	22.62	22.62	3.0617	N	
77	501.84	-0.00	91.81	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	8.6388	N	
78	849.87	-0.00	260.25	849.88	-0.00	898.94	22.62	22.62	3.4542	N	
79	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	
80	585.88	-0.00	183.41	585.89	-0.00	818.84	22.62	22.62	4.4645	N	
81	499.57	-0.00	71.76	499.57	-0.00	792.43	22.62	22.62	11.0428	N	
82	564.56	-0.00	102.76	564.56	-0.00	812.32	22.62	22.62	7.9051	N	
83	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	
84	736.91	-0.00	220.15	736.92	-0.00	864.80	22.62	22.62	3.9282	N	
85	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	
86	743.22	-0.00	208.04	743.21	-0.00	866.70	22.62	22.62	4.1660	N	
87	501.84	-0.00	102.76	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	7.7182	N	
88	537.32	-0.00	136.77	537.31	-0.00	803.99	22.62	22.62	5.8784	N	
89	501.84	-0.00	94.99	501.85	-0.00	793.12	22.62	22.62	8.3496	N	
90	557.22	-0.00	102.76	557.21	-0.00	810.08	22.62	22.62	7.8832	N	
91	937.58	0.00	-92.13	937.59	0.00	-925.31	22.62	22.62	10.0435	N	
92	-42.36	-0.00	457.88	-42.36	-0.00	625.24	45.24	0.00	1.3655	N	
Tutte le combinazioni sono verificate a sforzo normale e flessione SLU											

3.2 VERIFICA SEZ.2 – Calotta

La sezione si riferisce alla calotta, dove lo spessore dell'elemento è 90cm. La sezione è stata armata con $5\phi 24/100$ cm su entrambi i lati del rivestimento; si è considerato un copriferro pari a 70 mm + 12 mm dello spessore dell'armatura secondaria, per un totale di 82 mm per favorire il posizionamento di ferri di ripartizione $\Phi 16/20$ in senso longitudinale alla galleria. L'armatura a taglio viene verificata in seguito.

Si propone il tabulato di verifica. Si fa riferimento alle 23 combinazioni di Stato Limite Ultimo (7SLU+16SLV) e alle 5 combinazioni di Stato Limite di esercizio (1SLE-C+3SLE-F+1SLE-QP).



MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; $R_{ck}=30.00$; $E_c=31447.16$; N/mm²; $\gamma_c=1.50$

$f_{ck}=24.90$; $f_{cd}=14.11$; $f_{ctk}=1.79$; $f_{ctd}=1.19$; $f_{ctm}=2.56$; $f_{cfm}=3.07$; (in N/mm²)

Grafico tensioni/deformazioni cls: $f_2=14.11$ N/mm²; $\epsilon_{cu2}=0.0035$; $\epsilon_{c2}=0.0020$

Acciaio barre: B450C; $\gamma_s=1.15$

$f_{yk}=450.00$; $f_{yd}=391.30$; $f_{bd}=2.69$; $E_s=206000.00$; (in N/mm²);

Grafico tensioni/deformazioni acciaio: $\sigma_u=0.0675$; $k=1.15$

Nelle verifiche delle tensioni SLE trascura sempre la resistenza a trazione del cls: Si

Acciaio staffe: $f_{yks}=430.00$, $f_{yds}=373.91$ (in N/mm²)

Percent. torsione limite (TorSoll/TorRes)•100=20.00 %

FORMA DELLA SEZIONE: Rettangolare

Base (cm): B = 100.00 cm; Base (cm): H = 90.00 cm

Rotazione: rot = 0.00 gradi

Area totale acciaio : $A_{st} = 45.24$ cm²

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: $A_{cls} = 9000.00$ cm²; Baricentro: $X_{gCls} = 0.00$ cm; $Y_{gCls} = 0.00$ cm

Momenti d'inerzia: $J_x = 6075000.00 \text{ cm}^4$; $J_y = 7500000.00 \text{ cm}^4$; $J_{xy} = 0.00 \text{ cm}^4$;
 Momenti principali d'inerzia: $J_{csi} = 7500000.00 \text{ cm}^4$; $J_{eta} = 6075000.00 \text{ cm}^4$;
 Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: $\theta = -1.57 \text{ rad}$;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).

Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KNm).

Combinazioni stati limite ultimi:						
comb	N	Mx	Vx	My	Vy	Mt
1	-3.40	161.65	0.00	0.00	0.00	0.00
2	44.74	-96.85	0.00	0.00	-91.94	0.00
3	44.74	137.35	0.00	0.00	111.04	0.00
4	271.89	-96.85	0.00	0.00	-91.94	0.00
5	271.89	137.35	0.00	0.00	111.04	0.00
6	700.73	79.34	0.00	0.00	89.82	0.00
7	700.73	88.22	0.00	0.00	89.82	0.00
8	814.11	79.34	0.00	0.00	89.29	0.00
9	-3.40	161.65	0.00	0.00	0.00	0.00
10	44.74	-96.85	0.00	0.00	-91.94	0.00
11	44.74	80.06	0.00	0.00	59.97	0.00
12	215.38	-96.85	0.00	0.00	-91.94	0.00
13	215.38	80.06	0.00	0.00	59.97	0.00
14	603.97	-20.36	0.00	0.00	-1.60	0.00
15	603.97	-20.36	0.00	0.00	-1.60	0.00
16	674.73	-80.02	0.00	0.00	-52.45	0.00
17	-2.62	124.34	0.00	0.00	0.00	0.00
18	34.42	-74.50	0.00	0.00	-70.72	0.00
19	34.42	164.02	0.00	0.00	136.85	0.00
20	265.58	-74.50	0.00	0.00	-70.72	0.00
21	265.58	164.02	0.00	0.00	160.75	0.00
22	635.86	161.20	0.00	0.00	136.85	0.00
23	635.86	231.93	0.00	0.00	212.40	0.00
24	679.07	161.20	0.00	0.00	160.75	0.00
25	-3.40	161.65	0.00	0.00	0.00	0.00
26	44.74	-96.85	0.00	0.00	-91.94	0.00
27	44.74	103.45	0.00	0.00	108.10	0.00
28	271.81	-96.85	0.00	0.00	-91.94	0.00
29	271.81	103.45	0.00	0.00	108.10	0.00
30	720.36	1.96	0.00	0.00	85.73	0.00
31	720.36	1.96	0.00	0.00	85.73	0.00
32	865.39	-58.24	0.00	0.00	83.66	0.00
33	-2.62	124.34	0.00	0.00	0.00	0.00
34	34.42	-74.50	0.00	0.00	-70.72	0.00
35	34.42	128.94	0.00	0.00	133.49	0.00
36	265.56	-74.50	0.00	0.00	-70.72	0.00
37	265.56	128.94	0.00	0.00	157.29	0.00
38	655.38	85.61	0.00	0.00	133.49	0.00
39	655.38	93.07	0.00	0.00	209.25	0.00
40	729.77	85.58	0.00	0.00	157.29	0.00
41	-3.40	161.65	0.00	0.00	0.00	0.00
42	44.74	-96.85	0.00	0.00	-91.94	0.00
43	44.74	174.34	0.00	0.00	112.70	0.00
44	251.02	-96.85	0.00	0.00	-91.94	0.00
45	251.02	174.34	0.00	0.00	112.70	0.00
46	622.56	116.97	0.00	0.00	53.88	0.00
47	622.56	179.37	0.00	0.00	53.88	0.00
48	701.17	116.97	0.00	0.00	53.60	0.00
49	-2.62	124.34	0.00	0.00	0.00	0.00
50	34.42	-74.50	0.00	0.00	-70.72	0.00
51	34.42	203.18	0.00	0.00	138.79	0.00
52	243.86	-74.50	0.00	0.00	-70.72	0.00
53	243.86	207.57	0.00	0.00	138.79	0.00
54	555.12	203.18	0.00	0.00	126.51	0.00
55	555.12	337.22	0.00	0.00	179.69	0.00
56	562.30	207.56	0.00	0.00	126.51	0.00
57	539.04	62.20	0.00	0.00	69.10	0.00

58	554.15	60.99	0.00	0.00	69.02	0.00
59	554.15	100.27	0.00	0.00	323.77	0.00
60	925.74	58.09	0.00	0.00	69.02	0.00
61	554.15	62.20	0.00	0.00	296.11	0.00
62	953.75	47.17	0.00	0.00	69.02	0.00
63	554.15	117.35	0.00	0.00	197.61	0.00
64	622.24	62.20	0.00	0.00	69.02	0.00
65	554.15	62.20	0.00	0.00	88.81	0.00
66	718.34	-8.08	0.00	0.00	69.02	0.00
67	554.15	106.05	0.00	0.00	231.62	0.00
68	761.34	62.20	0.00	0.00	69.02	0.00
69	554.15	90.96	0.00	0.00	220.25	0.00
70	784.97	62.20	0.00	0.00	69.02	0.00
71	554.15	94.24	0.00	0.00	134.01	0.00
72	580.81	62.20	0.00	0.00	69.02	0.00
73	554.15	62.20	0.00	0.00	95.91	0.00
74	659.55	44.16	0.00	0.00	69.02	0.00
75	526.03	682.89	0.00	0.00	316.67	0.00
76	554.15	62.20	0.00	0.00	67.89	0.00
77	529.97	648.99	0.00	0.00	284.40	0.00
78	573.49	62.20	0.00	0.00	65.02	0.00
79	481.10	301.25	0.00	0.00	172.48	0.00
80	554.15	62.20	0.00	0.00	69.02	0.00
81	547.80	169.77	0.00	0.00	69.02	0.00
82	580.37	62.20	0.00	0.00	48.52	0.00
83	534.87	444.09	0.00	0.00	213.84	0.00
84	554.15	62.20	0.00	0.00	69.02	0.00
85	542.73	427.94	0.00	0.00	202.31	0.00

Combinazioni rare:			
comb	N	Mx	My
1	539.04	66.95	0.00
2	614.61	61.03	0.00

Combinazioni frequenti:			
comb	N	Mx	My
1	539.04	61.03	0.00
2	576.46	28.03	0.00
3	539.04	61.03	0.00
4	579.12	59.52	0.00
5	521.99	101.07	0.00
6	539.04	61.03	0.00

Combinazioni quasi permanenti:			
comb	N	Mx	My
1	786.48	233.73	0.00
2	34.42	-74.50	0.00
3	34.42	105.67	0.00
4	209.14	-74.50	0.00
5	209.14	105.67	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFFLESSIONE (comb. di carico N.ro 75):
Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=0.000000$; $b=2000.000000$; $c=-69845.385282$
Angolo asse neutro-asse x : $\alpha= 0.00000$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls : $\epsilon_c = 3.50000 / 1000$

Deformazione massima acciaio : $\epsilon_f = -24.91037 / 1000$

Deformazione minima acciaio : $\epsilon_f' = 0.65202 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NS=526030.00; MxiS=0.00; MyiS=-682890.00; TxiS=-316670.00; TyiS=0.00

Ecc. aggiuntiva minima considerata: nessuna

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NR=526026.77; MxiR= 0.00; MyiR= -923589.66

Mxi0=-0.00, Myi0=-0.00 - Punto base nel grafico Mxi-Myi sul piano NS=cost.
 MR= $((MxiR-Mxi0)^2+(MyiR-Myi0)^2)^{1/2}=923589.66$; MS= $((MxiS-Mxi0)^2+(MyiS-Myi0)^2)^{1/2}=682890.00$
 Fattore di sicurezza ad N costante: MR/MS = 1.3525 > 1
 VERIFICA POSITIVA

VALORI DI δ (p 4.1.1.1 NTC2008) (x/d= 0.1232)
 $\delta = 0.44 + 1.25 \cdot (0.6 + 0.0014/\epsilon_{cu}) \cdot x/d = 0.5940$

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA
 Comb. n.ro: 62; NS=953750.00 < Nrd=11929419.16 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICA AZIONE MASSIMA DI TRAZIONE
 Comb. n.ro: 1; NS=-3400.00 > Nrt=-2009198.75 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI (fck = 24.90 N/mm²)
 Comb. rara n.ro 2: Tens. cls= 1.03 < 0.60•fck = 14.94 N/mm²
 Comb. rara n.ro 1: Tens. acciaio= 3.07 > -0.80•fyk = -360.00 N/mm²
 Comb. q. per. n.ro 1: Tens. cls= 2.59 < 0.45•fck = 11.20 N/mm²
 VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE
 Comb. freq. n.ro 5: Tens. min. cls= -0.11 N/mm²; $\sigma_t=fctm/1.2=-2.13$ N/mm², fctk=-2.15 N/mm²
 $w_k=1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm}=0.0000$ mm < w3=0.4 mm VERIFICA POSITIVA

Comb. q. per. n.ro 1: Tens. min. cls= -0.69 N/mm²; $\sigma_t=fctm/1.2=-2.13$ N/mm², fctk=-2.15 N/mm²
 $w_k=1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm}=0.0000$ mm < w2=0.3 mm VERIFICA POSITIVA

VERTICI SEZIONE:			
Nv	X (cm)	Y (cm)	$\epsilon_c \times 1000$
1	-50.00	-45.00	-27.76
2	-50.00	45.00	3.50
3	50.00	45.00	3.50
4	50.00	-45.00	-27.76

BARRE LONGITUDINALI:				
Nf	X (cm)	Y (cm)	diametro(mm)	$\epsilon_f \times 1000$
1	41.80	36.80	24.00	0.65
2	41.80	-36.80	24.00	-24.91
3	-41.80	-36.80	24.00	-24.91
4	-41.80	36.80	24.00	0.65
5	-20.90	36.80	24.00	0.65
6	0.00	36.80	24.00	0.65
7	20.90	36.80	24.00	0.65
8	-20.90	-36.80	24.00	-24.91
9	0.00	-36.80	24.00	-24.91
10	20.90	-36.80	24.00	-24.91

INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE:		
Ni	X (cm)	Y (cm)
1	-50.00	34.92
2	50.00	34.92

Fattore di sicurezza SLU per sforzo normale e flessione per tutte le combinazioni
NSi, MSxi, MSyi: azioni sollecitanti rispetto agli assi principali di inerzia
NRi, MRxi, MRyi: azioni resistenti " " " "
sic.: fattore Resistenza/Sicurezza a pressoflessione (o per la compressione assiale) SLU
Aft, Afc: armatura in zona tesa e compressa a pressoflessione
TV: tipo verifica N = pressofles. ad N costante; M = pressofles. ad M/N costante; C = NS>Nrd o il fattore NRd/NS risulta piu'

sfavorevole (NRd= 11929.42 KN); T = NS<Nrt o il fattore NRt/NS risulta piu' sfavorevole (NRt= -2009.20 KN); E = l'eccentricità della sollecitazione è inferiore al minimo imposto dalla normativa; ? = Sezione non verificabile; 0 = Azioni nulle
V : verifiche - con un asterisco viene indicata la sezione non verificata, con un N se la combinazione non converge

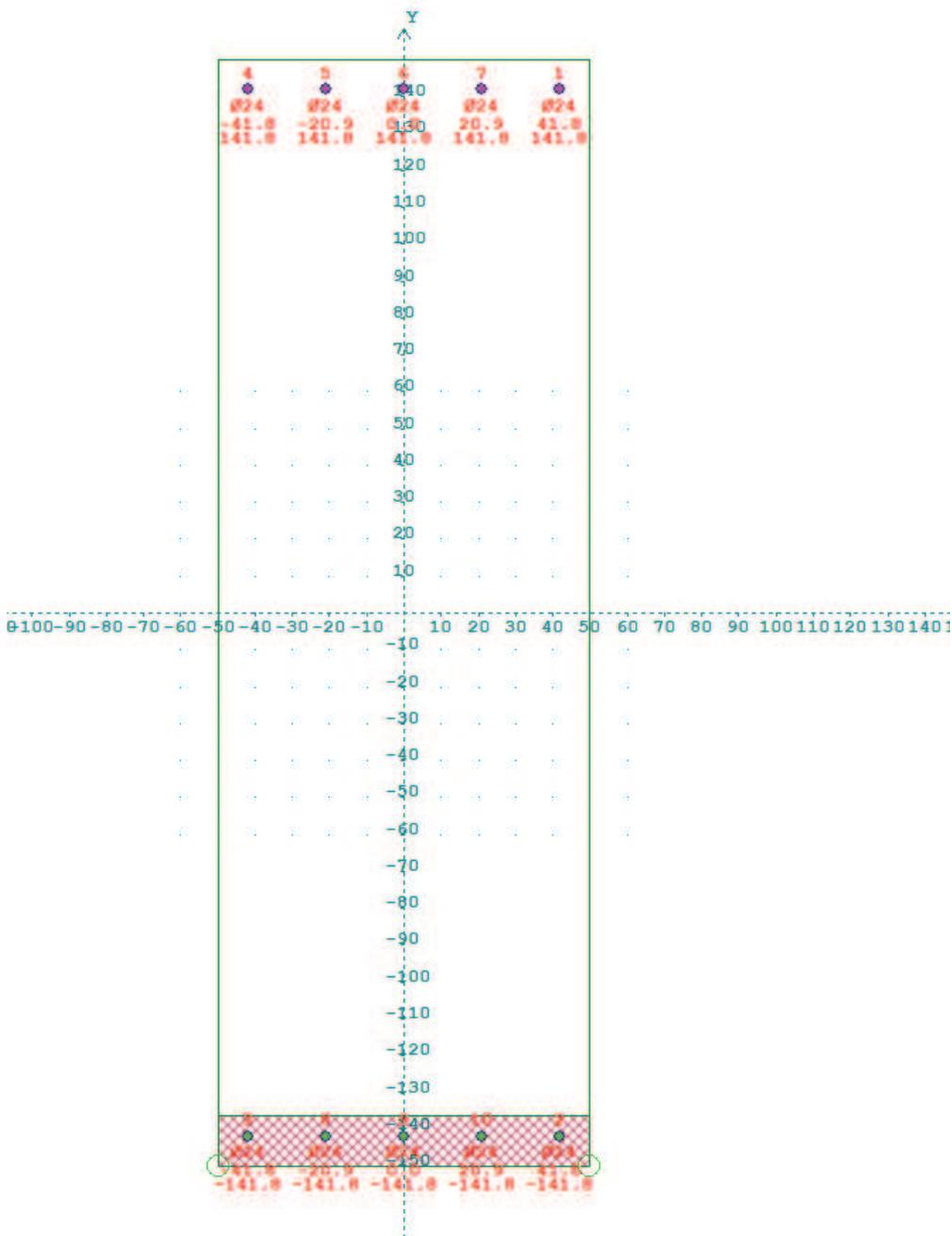
cb	NSi	MSxi	MSyi	NRi	MRxi	MRyi	Aft	Afc	sic.	TV	V
n.ro	(KN)	(KNm)	(KNm)	(KN)	(KNm)	(KNm)	(cm²)	(cm²)			
1	-3.40	0.00	-161.65	-3.41	0.00	-735.94	22.62	22.62	4.5527	N	
2	44.74	-0.00	96.85	44.75	-0.00	753.07	22.62	22.62	7.7756	N	
3	44.74	0.00	-137.35	44.75	0.00	-753.07	22.62	22.62	5.4828	N	
4	271.89	-0.00	96.85	271.89	-0.00	833.72	22.62	22.62	8.6084	N	
5	271.89	0.00	-137.35	271.89	0.00	-833.72	22.62	22.62	6.0701	N	
6	700.73	0.00	-79.34	700.72	0.00	-985.00	22.62	22.62	12.4150	N	
7	700.73	0.00	-88.22	700.72	0.00	-985.00	22.62	22.62	11.1653	N	
8	814.11	0.00	-79.34	814.10	0.00	-1024.64	22.62	22.62	12.9146	N	
9	-3.40	0.00	-161.65	-3.41	0.00	-735.94	22.62	22.62	4.5527	N	
10	44.74	-0.00	96.85	44.75	-0.00	753.07	22.62	22.62	7.7756	N	
11	44.74	0.00	-80.06	44.75	0.00	-753.07	22.62	22.62	9.4063	N	
12	215.38	-0.00	96.85	215.39	-0.00	813.68	22.62	22.62	8.4015	N	
13	215.38	0.00	-80.06	215.39	0.00	-813.68	22.62	22.62	10.1634	N	
14	603.97	-0.00	20.36	603.98	-0.00	951.03	22.62	22.62	19.7517	C	
15	603.97	-0.00	20.36	603.98	-0.00	951.03	22.62	22.62	19.7517	C	
16	674.73	-0.00	80.02	674.74	-0.00	975.90	22.62	22.62	12.1956	N	
17	-2.62	0.00	-124.34	-2.62	0.00	-736.22	22.62	22.62	5.9210	N	
18	34.42	-0.00	74.50	34.42	-0.00	749.40	22.62	22.62	10.0590	N	
19	34.42	0.00	-164.02	34.42	0.00	-749.40	22.62	22.62	4.5689	N	
20	265.58	-0.00	74.50	265.57	-0.00	831.48	22.62	22.62	11.1608	N	
21	265.58	0.00	-164.02	265.57	0.00	-831.48	22.62	22.62	5.0694	N	
22	635.86	0.00	-161.20	635.87	0.00	-962.24	22.62	22.62	5.9693	N	
23	635.86	0.00	-231.93	635.87	0.00	-962.24	22.62	22.62	4.1489	N	
24	679.07	0.00	-161.20	679.07	0.00	-977.42	22.62	22.62	6.0634	N	
25	-3.40	0.00	-161.65	-3.41	0.00	-735.94	22.62	22.62	4.5527	N	
26	44.74	-0.00	96.85	44.75	-0.00	753.07	22.62	22.62	7.7756	N	
27	44.74	0.00	-103.45	44.75	0.00	-753.07	22.62	22.62	7.2795	N	
28	271.81	-0.00	96.85	271.81	-0.00	833.69	22.62	22.62	8.6081	N	
29	271.81	0.00	-103.45	271.81	0.00	-833.69	22.62	22.62	8.0589	N	
30	720.36	0.00	-1.96	720.36	0.00	-991.88	22.62	22.62	16.5604	C	
31	720.36	0.00	-1.96	720.36	0.00	-991.88	22.62	22.62	16.5604	C	
32	865.39	-0.00	58.24	865.38	-0.00	1042.50	22.62	22.62	13.7850	C	
33	-2.62	0.00	-124.34	-2.62	0.00	-736.22	22.62	22.62	5.9210	N	
34	34.42	-0.00	74.50	34.42	-0.00	749.40	22.62	22.62	10.0590	N	
35	34.42	0.00	-128.94	34.42	0.00	-749.40	22.62	22.62	5.8120	N	
36	265.56	-0.00	74.50	265.57	-0.00	831.48	22.62	22.62	11.1608	N	
37	265.56	0.00	-128.94	265.57	0.00	-831.48	22.62	22.62	6.4486	N	
38	655.38	0.00	-85.61	655.39	0.00	-969.10	22.62	22.62	11.3199	N	
39	655.38	0.00	-93.07	655.39	0.00	-969.10	22.62	22.62	10.4126	N	
40	729.77	0.00	-85.58	729.76	0.00	-995.17	22.62	22.62	11.6285	N	
41	-3.40	0.00	-161.65	-3.41	0.00	-735.94	22.62	22.62	4.5527	N	
42	44.74	-0.00	96.85	44.75	-0.00	753.07	22.62	22.62	7.7756	N	
43	44.74	0.00	-174.34	44.75	0.00	-753.07	22.62	22.62	4.3195	N	
44	251.02	-0.00	96.85	251.01	-0.00	826.32	22.62	22.62	8.5320	N	
45	251.02	0.00	-174.34	251.01	0.00	-826.32	22.62	22.62	4.7397	N	
46	622.56	0.00	-116.97	622.57	0.00	-957.57	22.62	22.62	8.1865	N	
47	622.56	0.00	-179.37	622.57	0.00	-957.57	22.62	22.62	5.3385	N	
48	701.17	0.00	-116.97	701.18	0.00	-985.17	22.62	22.62	8.4224	N	
49	-2.62	0.00	-124.34	-2.62	0.00	-736.22	22.62	22.62	5.9210	N	
50	34.42	-0.00	74.50	34.42	-0.00	749.40	22.62	22.62	10.0590	N	
51	34.42	0.00	-203.18	34.42	0.00	-749.40	22.62	22.62	3.6883	N	
52	243.86	-0.00	74.50	243.87	-0.00	823.79	22.62	22.62	11.0576	N	
53	243.86	0.00	-207.57	243.87	0.00	-823.79	22.62	22.62	3.9687	N	
54	555.12	0.00	-203.18	555.13	0.00	-933.85	22.62	22.62	4.5962	N	
55	555.12	0.00	-337.22	555.13	0.00	-933.85	22.62	22.62	2.7693	N	
56	562.30	0.00	-207.56	562.31	0.00	-936.38	22.62	22.62	4.5114	N	
57	539.04	0.00	-62.20	539.05	0.00	-928.18	22.62	22.62	14.9225	N	
58	554.15	0.00	-60.99	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	15.3058	N	
59	554.15	0.00	-100.27	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	9.3099	N	
60	925.74	0.00	-58.09	925.73	0.00	-1063.47	22.62	22.62	12.8864	C	
61	554.15	0.00	-62.20	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	15.0081	N	
62	953.75	0.00	-47.17	953.74	0.00	-1073.16	22.62	22.62	12.5079	C	
63	554.15	0.00	-117.35	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	7.9548	N	
64	622.24	0.00	-62.20	622.23	0.00	-957.45	22.62	22.62	15.3931	N	

65	554.15	0.00	-62.20	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	15.0081	N	
66	718.34	-0.00	8.08	718.33	-0.00	991.17	22.62	22.62	16.6069	C	
67	554.15	0.00	-106.05	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	8.8025	N	
68	761.34	0.00	-62.20	761.35	0.00	-1006.22	22.62	22.62	15.6690	C	
69	554.15	0.00	-90.96	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	10.2628	N	
70	784.97	0.00	-62.20	784.97	0.00	-1014.48	22.62	22.62	15.1973	C	
71	554.15	0.00	-94.24	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	9.9056	N	
72	580.81	0.00	-62.20	580.82	0.00	-942.89	22.62	22.62	15.1590	N	
73	554.15	0.00	-62.20	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	15.0081	N	
74	659.55	0.00	-44.16	659.55	0.00	-970.56	22.62	22.62	18.0872	C	
75	526.03	0.00	-682.89	526.03	0.00	-923.59	22.62	22.62	1.3525	N	
76	554.15	0.00	-62.20	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	15.0081	N	
77	529.97	0.00	-648.99	529.97	0.00	-924.98	22.62	22.62	1.4253	N	
78	573.49	0.00	-62.20	573.48	0.00	-940.31	22.62	22.62	15.1175	N	
79	481.10	0.00	-301.25	481.10	0.00	-907.74	22.62	22.62	3.0132	N	
80	554.15	0.00	-62.20	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	15.0081	N	
81	547.80	0.00	-169.77	547.80	0.00	-931.26	22.62	22.62	5.4854	N	
82	580.37	0.00	-62.20	580.38	0.00	-942.74	22.62	22.62	15.1565	N	
83	534.87	0.00	-444.09	534.87	0.00	-926.71	22.62	22.62	2.0868	N	
84	554.15	0.00	-62.20	554.15	0.00	-933.50	22.62	22.62	15.0081	N	
85	542.73	0.00	-427.94	542.74	0.00	-929.48	22.62	22.62	2.1720	N	
Tutte le combinazioni sono verificate a sforzo normale e flessione SLU											

3.3 VERIFICA SEZ.3 – Piedritti

La sezione si riferisce ai piedritti, dove lo spessore dell'elemento è 300cm. La sezione è stata armata con $5\phi 24/100\text{cm}$ all'intradosso e all'estradosso del rivestimento; si è considerato un copriferro pari a 70 mm + 12 mm dello spessore dell'armatura secondaria, per un totale di 82 mm per favorire il posizionamento di ferri di ripartizione $\Phi 16/20$ in senso longitudinale alla galleria. L'armatura a taglio viene verificata in seguito.

Si propone il tabulato di verifica. Si fa riferimento alle 23 combinazioni di Stato Limite Ultimo (7SLU+16SLV) e alle 5 combinazioni di Stato Limite di esercizio (1SLE-C+3SLE-F+1SLE-QP).



MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; $R_{ck}=30.00$; $E_c=31447.16$; N/mm^2 ; $\gamma_c: 1.50$
 $f_{ck}=24.90$; $f_{cd}=14.11$; $f_{ctk}=1.79$; $f_{ctd}=1.19$; $f_{ctm}=2.56$; $f_{cfm}=3.07$; (in N/mm^2)
 Grafico tensioni/deformazioni cls: $f_2=14.11$ N/mm^2 ; $\epsilon_{cu2}=0.0035$; $\epsilon_{c2}=0.0020$

Acciaio barre: B450C; $\gamma_s: 1.15$
 $f_{yk}=450.00$; $f_{yd}=391.30$; $f_{bd}=2.69$; $E_s=206000.00$; (in N/mm^2);

Grafico tensioni/deformazioni acciaio: $\sigma_u=0.0675$; $k=1.15$

Nelle verifiche delle tensioni SLE trascura sempre la resistenza a trazione del cls: Si

Acciaio staffe: $f_{yks}=430.00$, $f_{yds}=373.91$ (in N/mm^2)

Percent. torsione limite (TorSoll/TorRes) $\cdot 100=20.00$ %

FORMA DELLA SEZIONE: Rettangolare

Base (cm): B = 100.00 cm; Base (cm): H = 300.00 cm

Rotazione: rot = 0.00 gradi

Area totale acciaio : $A_{st} = 45.24$ cm^2

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: $A_{cls} = 30000.00$ cm^2 ; Baricentro: $X_{gCls} = -0.00$ cm; $Y_{gCls} = 0.00$ cm

Momenti d'inerzia: $J_x = 225000000.00$ cm^4 ; $J_y = 25000000.00$ cm^4 ; $J_{xy} = 0.00$ cm^4 ;

Momenti principali d'inerzia: $J_{csi} = 225000000.00$ cm^4 ; $J_{eta} = 25000000.00$ cm^4 ;

Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: $\theta = -0.00$ rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).

Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KNm).

Combinazioni stati limite ultimi:						
comb	N	Mx	Vx	My	Vy	Mt
1	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
2	497.47	-618.97	0.00	0.00	-119.45	0.00
3	497.47	-398.29	0.00	0.00	-119.45	0.00
4	652.55	-618.97	0.00	0.00	-470.02	0.00
5	652.55	-398.29	0.00	0.00	-470.02	0.00
6	1168.36	-750.71	0.00	0.00	-730.07	0.00
7	1168.36	-750.71	0.00	0.00	-730.07	0.00
8	1285.42	-837.17	0.00	0.00	-800.08	0.00
9	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
10	497.47	-618.97	0.00	0.00	-119.45	0.00
11	497.47	-460.57	0.00	0.00	-119.45	0.00
12	616.23	-618.97	0.00	0.00	-379.96	0.00
13	616.23	-460.57	0.00	0.00	-379.96	0.00
14	1126.02	-876.41	0.00	0.00	-583.52	0.00
15	1126.02	-876.41	0.00	0.00	-583.52	0.00
16	1241.50	-1021.57	0.00	0.00	-588.82	0.00
17	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
18	382.67	-476.13	0.00	0.00	-91.89	0.00
19	382.67	-244.90	0.00	0.00	-91.89	0.00
20	537.97	-476.13	0.00	0.00	-452.42	0.00
21	537.97	-244.90	0.00	0.00	-452.42	0.00
22	940.98	-451.15	0.00	0.00	-708.95	0.00
23	940.98	-389.05	0.00	0.00	-708.95	0.00
24	942.23	-451.15	0.00	0.00	-777.74	0.00
25	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
26	497.47	-618.97	0.00	0.00	-119.45	0.00
27	497.47	-325.62	0.00	0.00	-119.45	0.00
28	630.04	-618.97	0.00	0.00	-489.91	0.00
29	630.04	-325.62	0.00	0.00	-489.91	0.00
30	1162.72	-633.11	0.00	0.00	-758.79	0.00
31	1162.72	-633.11	0.00	0.00	-758.79	0.00
32	1307.75	-649.23	0.00	0.00	-842.26	0.00
33	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
34	382.67	-476.13	0.00	0.00	-91.89	0.00
35	382.67	-171.41	0.00	0.00	-91.89	0.00
36	515.82	-476.13	0.00	0.00	-471.35	0.00

37	515.82	-171.41	0.00	0.00	-471.35	0.00
38	935.67	-336.06	0.00	0.00	-737.57	0.00
39	935.67	-211.85	0.00	0.00	-737.57	0.00
40	966.44	-336.06	0.00	0.00	-818.96	0.00
41	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
42	497.47	-618.97	0.00	0.00	-119.45	0.00
43	497.47	-412.86	0.00	0.00	-119.45	0.00
44	635.25	-618.97	0.00	0.00	-479.43	0.00
45	635.25	-412.86	0.00	0.00	-479.43	0.00
46	1130.03	-881.01	0.00	0.00	-672.77	0.00
47	1130.03	-881.01	0.00	0.00	-672.77	0.00
48	1219.87	-1018.61	0.00	0.00	-765.40	0.00
49	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
50	382.67	-476.13	0.00	0.00	-91.89	0.00
51	382.67	-259.64	0.00	0.00	-91.89	0.00
52	519.84	-476.13	0.00	0.00	-463.61	0.00
53	519.84	-259.64	0.00	0.00	-463.61	0.00
54	899.58	-583.92	0.00	0.00	-658.56	0.00
55	871.83	-575.33	0.00	0.00	-658.56	0.00
56	899.58	-584.00	0.00	0.00	-754.41	0.00
57	898.75	-577.43	0.00	0.00	-561.61	0.00
58	914.39	-589.03	0.00	0.00	-570.94	0.00
59	914.39	93.77	0.00	0.00	-570.94	0.00
60	1041.86	-589.03	0.00	0.00	-992.59	0.00
61	914.39	-28.41	0.00	0.00	-570.94	0.00
62	1142.95	-589.03	0.00	0.00	-1004.47	0.00
63	785.98	-151.35	0.00	0.00	-570.94	0.00
64	914.39	-589.03	0.00	0.00	-685.19	0.00
65	914.39	-589.03	0.00	0.00	-570.94	0.00
66	1137.19	-602.36	0.00	0.00	-718.99	0.00
67	914.39	-215.88	0.00	0.00	-570.94	0.00
68	988.31	-589.03	0.00	0.00	-797.03	0.00
69	914.39	-228.86	0.00	0.00	-570.94	0.00
70	1001.59	-589.03	0.00	0.00	-792.08	0.00
71	914.38	-450.62	0.00	0.00	-570.94	0.00
72	915.06	-589.03	0.00	0.00	-648.45	0.00
73	914.39	-494.60	0.00	0.00	-570.94	0.00
74	959.55	-589.03	0.00	0.00	-631.32	0.00
75	721.61	-521.75	0.00	0.00	-555.59	0.00
76	914.39	-644.00	0.00	0.00	-979.27	0.00
77	825.98	-589.03	0.00	0.00	-556.54	0.00
78	914.39	-667.17	0.00	0.00	-987.83	0.00
79	686.77	-415.87	0.00	0.00	-550.92	0.00
80	914.39	-589.03	0.00	0.00	-642.99	0.00
81	914.39	-589.03	0.00	0.00	-561.10	0.00
82	1044.12	-873.07	0.00	0.00	-665.67	0.00
83	828.08	-589.03	0.00	0.00	-570.94	0.00
84	914.39	-647.51	0.00	0.00	-804.03	0.00
85	841.89	-589.03	0.00	0.00	-570.94	0.00

Combinazioni rare:			
comb	N	Mx	My
1	898.75	-577.43	0.00
2	976.79	-635.11	0.00

Combinazioni frequenti:			
comb	N	Mx	My
1	898.75	-577.43	0.00
2	960.55	-656.74	0.00
3	898.75	-503.45	0.00
4	913.91	-577.43	0.00
5	884.26	-577.43	0.00
6	898.76	-619.30	0.00

Combinazioni quasi permanenti:			
comb	N	Mx	My
1	1.43	1.18	0.00
2	382.67	-476.13	0.00

3	382.67	-306.40	0.00
4	501.96	-476.13	0.00
5	501.96	-306.40	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 48):
 Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=-0.000000$; $b=-2000.000000$; $c=-272160.631595$
 Angolo asse neutro-asse x : $\alpha=-180.000000$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls : $\epsilon_c = 3.38124 / 1000$

Deformazione massima acciaio : $\epsilon_f = -67.50000 / 1000$

Deformazione minima acciaio : $\epsilon_f = 1.38937 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NS=1219870.00; MxiS=-1018610.00; MyiS=-0.00; TxiS=0.00; TyiS=-765400.00

Ecc. aggiuntiva minima considerata: nessuna

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NR=1219865.19; MxiR= -4617319.20; MyiR= 0.00

Mxi0=-0.00, Myi0=-0.00 - Punto base nel grafico Mxi-Myi sul piano NS=cost.

MR= $((MxiR-Mxi0)^2+(MyiR-Myi0)^2)^{1/2}=4617319.20$; MS= $((MxiS-Mxi0)^2+(MyiS-Myi0)^2)^{1/2}=1018610.00$

Fattore di sicurezza ad N costante: MR/MS = 4.5330 > 1

VERIFICA POSITIVA

VALORI DI δ (p 4.1.1.1 NTC2008) ($x/d=0.0477$)

$\delta = 0.44 + 1.25 \cdot (0.6 + 0.0014/\epsilon_{cu}) \cdot x/d = 0.4996$

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA

Comb. n.ro: 32; NS=1307750.00 < Nrd=35634219.16 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI ($f_{ck} = 24.90$ N/mm²)

Comb. rara n.ro 2: Tens. cls= 0.73 < $0.60 \cdot f_{ck} = 14.94$ N/mm²

Comb. rara n.ro 2: Tens. acciaio= -1.22 > $-0.80 \cdot f_{yk} = -360.00$ N/mm²

Comb. q. per. n.ro 2: Tens. cls= 0.60 < $0.45 \cdot f_{ck} = 11.20$ N/mm²

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE

Comb. freq. n.ro 2: Tens. min. cls= -0.10 N/mm²; $\sigma_t=f_{ctm}/1.2=-2.13$ N/mm², $f_{ctk}=-2.15$ N/mm²

$w_k=1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm}=0.0000$ mm < $w_3=0.4$ mm VERIFICA POSITIVA

Comb. q. per. n.ro 2: Tens. min. cls= -0.17 N/mm²; $\sigma_t=f_{ctm}/1.2=-2.13$ N/mm², $f_{ctk}=-2.15$ N/mm²

$w_k=1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm}=0.0000$ mm < $w_2=0.3$ mm VERIFICA POSITIVA

VERTICI SEZIONE:			
Nv	X (cm)	Y (cm)	$\epsilon_c \times 1000$
1	-50.00	-150.00	3.38
2	-50.00	150.00	-69.49
3	50.00	150.00	-69.49
4	50.00	-150.00	3.38

BARRE LONGITUDINALI:				
Nf	X (cm)	Y (cm)	diametro(mm)	$\epsilon_f \times 1000$
1	41.80	141.80	24.00	-67.50
2	41.80	-141.80	24.00	1.39
3	-41.80	-141.80	24.00	1.39
4	-41.80	141.80	24.00	-67.50
5	-20.90	141.80	24.00	-67.50

6	0.00	141.80	24.00	-67.50
7	20.90	141.80	24.00	-67.50
8	-20.90	-141.80	24.00	1.39
9	0.00	-141.80	24.00	1.39
10	20.90	-141.80	24.00	1.39

INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE:		
Ni	X (cm)	Y (cm)
1	-50.00	-136.08
2	50.00	-136.08

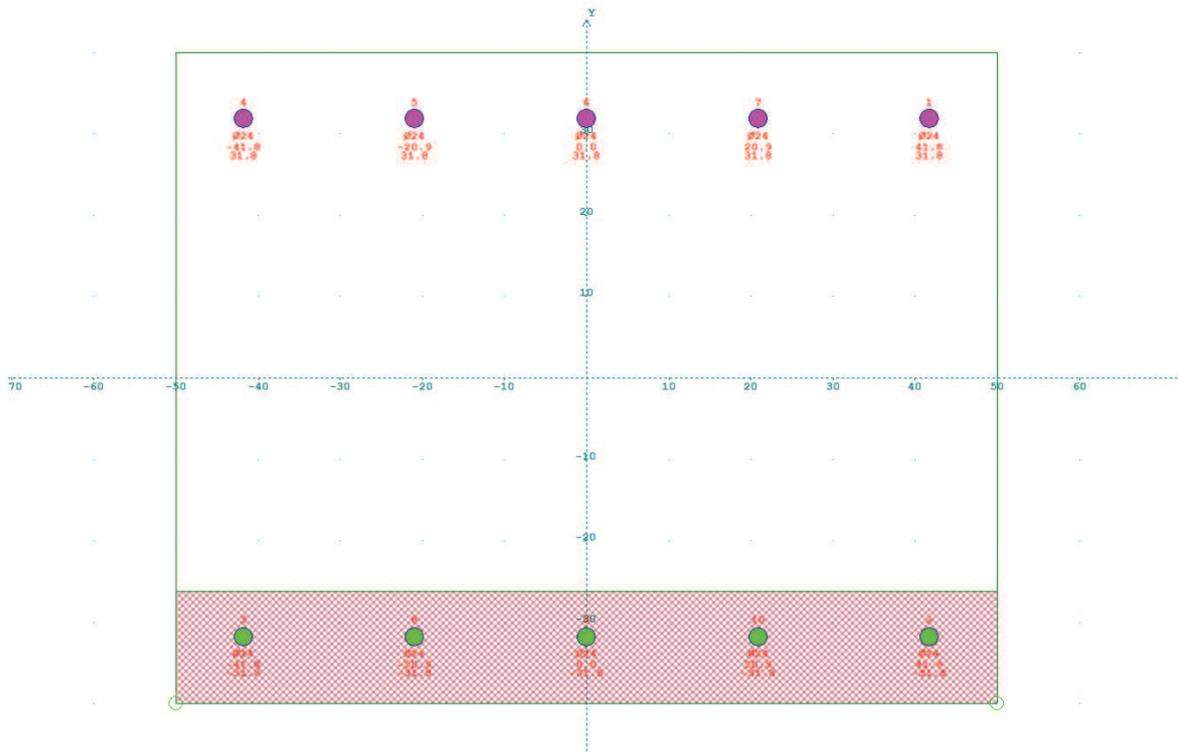
Fattore di sicurezza SLU per sforzo normale e flessione per tutte le combinazioni											
NSi, MSxi, MSyi: azioni sollecitanti rispetto agli assi principali di inerzia											
NRi, MRxi, MRyi: azioni resistenti " " " "											
sic.: fattore Resistenza/Sicurezza a pressoflessione (o per la compressione assiale) SLU											
Aft, Afc: armatura in zona tesa e compressa a pressoflessione											
TV: tipo verifica N = pressofles. ad N costante; M = pressofles. ad M/N costante; C = NS>Nrd o il fattore NRd/NS risulta piu' sfavorevole (NRd= 35634.22 KN); T = NS<Nrt o il fattore NRt/NS risulta piu' sfavorevole (NRt= -2009.20 KN); E = l'eccentricita della sollecitazione è inferiore al minimo imposto dalla normativa; ? = Sezione non verificabile; 0 = Azioni nulle											
V : verifiche - con un asterisco viene indicata la sezione non verificata, con un N se la combinazione non converge											
cb	NSi	MSxi	MSyi	NRi	MRxi	MRyi	Aft	Afc	sic.	TV	V
n.ro	(KN)	(KNm)	(KNm)	(KN)	(KNm)	(KNm)	(cm²)	(cm²)			
1	0.00	0.28	0.00	-0.01	2891.33	0.00	22.62	22.62	10326	N	
2	497.47	-618.97	0.00	497.47	-3599.15	0.00	22.62	22.62	5.8147	N	
3	497.47	-398.29	0.00	497.47	-3599.15	0.00	22.62	22.62	9.0365	N	
4	652.55	-618.97	-0.00	652.55	-3818.71	0.00	22.62	22.62	6.1695	N	
5	652.55	-398.29	-0.00	652.55	-3818.71	0.00	22.62	22.62	9.5878	N	
6	1168.36	-750.71	-0.00	1168.36	-4545.13	0.00	22.62	22.62	6.0544	N	
7	1168.36	-750.71	-0.00	1168.36	-4545.13	0.00	22.62	22.62	6.0544	N	
8	1285.42	-837.17	0.00	1285.43	-4709.18	0.00	22.62	22.62	5.6251	N	
9	0.00	0.28	0.00	-0.01	2891.33	0.00	22.62	22.62	10326	N	
10	497.47	-618.97	0.00	497.47	-3599.15	0.00	22.62	22.62	5.8147	N	
11	497.47	-460.57	0.00	497.47	-3599.15	0.00	22.62	22.62	7.8146	N	
12	616.23	-618.97	0.00	616.23	-3767.32	0.00	22.62	22.62	6.0864	N	
13	616.23	-460.57	0.00	616.23	-3767.32	0.00	22.62	22.62	8.1797	N	
14	1126.02	-876.41	0.00	1126.01	-4485.68	0.00	22.62	22.62	5.1182	N	
15	1126.02	-876.41	0.00	1126.01	-4485.68	0.00	22.62	22.62	5.1182	N	
16	1241.50	-1021.57	0.00	1241.50	-4647.64	0.00	22.62	22.62	4.5495	N	
17	0.00	0.22	0.00	-0.01	2891.33	0.00	22.62	22.62	13142	N	
18	382.67	-476.13	-0.00	382.66	-3436.30	0.00	22.62	22.62	7.2171	N	
19	382.67	-244.90	-0.00	382.66	-3436.30	0.00	22.62	22.62	14.0314	N	
20	537.97	-476.13	-0.00	537.98	-3656.56	0.00	22.62	22.62	7.6798	N	
21	537.97	-244.90	-0.00	537.98	-3656.56	0.00	22.62	22.62	14.9308	N	
22	940.98	-451.15	-0.00	940.98	-4225.61	0.00	22.62	22.62	9.3663	N	
23	940.98	-389.05	-0.00	940.98	-4225.61	0.00	22.62	22.62	10.8613	N	
24	942.23	-451.15	-0.00	942.23	-4227.36	0.00	22.62	22.62	9.3702	N	
25	0.00	0.28	0.00	-0.01	2891.33	0.00	22.62	22.62	10326	N	
26	497.47	-618.97	0.00	497.47	-3599.15	0.00	22.62	22.62	5.8147	N	
27	497.47	-325.62	0.00	497.47	-3599.15	0.00	22.62	22.62	11.0532	N	
28	630.04	-618.97	-0.00	630.04	-3786.86	0.00	22.62	22.62	6.1180	N	
29	630.04	-325.62	-0.00	630.04	-3786.86	0.00	22.62	22.62	11.6297	N	
30	1162.72	-633.11	0.00	1162.71	-4537.20	0.00	22.62	22.62	7.1665	N	
31	1162.72	-633.11	0.00	1162.71	-4537.20	0.00	22.62	22.62	7.1665	N	
32	1307.75	-649.23	0.00	1307.75	-4740.45	0.00	22.62	22.62	7.3017	N	
33	0.00	0.22	0.00	-0.01	2891.33	0.00	22.62	22.62	13142	N	
34	382.67	-476.13	-0.00	382.66	-3436.30	0.00	22.62	22.62	7.2171	N	
35	382.67	-171.41	-0.00	382.66	-3436.30	0.00	22.62	22.62	20.0472	N	
36	515.82	-476.13	-0.00	515.82	-3625.17	0.00	22.62	22.62	7.6138	N	
37	515.82	-171.41	-0.00	515.82	-3625.17	0.00	22.62	22.62	21.1491	N	
38	935.67	-336.06	0.00	935.67	-4218.13	0.00	22.62	22.62	12.5517	N	
39	935.67	-211.85	0.00	935.67	-4218.13	0.00	22.62	22.62	19.9109	N	
40	966.44	-336.06	-0.00	966.44	-4261.43	0.00	22.62	22.62	12.6805	N	
41	0.00	0.28	0.00	-0.01	2891.33	0.00	22.62	22.62	10326	N	
42	497.47	-618.97	0.00	497.47	-3599.15	0.00	22.62	22.62	5.8147	N	
43	497.47	-412.86	0.00	497.47	-3599.15	0.00	22.62	22.62	8.7176	N	
44	635.25	-618.97	-0.00	635.25	-3794.23	0.00	22.62	22.62	6.1299	N	
45	635.25	-412.86	-0.00	635.25	-3794.23	0.00	22.62	22.62	9.1901	N	
46	1130.03	-881.01	0.00	1130.02	-4491.31	0.00	22.62	22.62	5.0979	N	

47	1130.03	-881.01	0.00	1130.02	-4491.31	0.00	22.62	22.62	5.0979	N	
48	1219.87	-1018.61	-0.00	1219.87	-4617.32	0.00	22.62	22.62	4.5330	N	
49	0.00	0.22	0.00	-0.01	2891.33	0.00	22.62	22.62	13142	N	
50	382.67	-476.13	-0.00	382.66	-3436.30	0.00	22.62	22.62	7.2171	N	
51	382.67	-259.64	-0.00	382.66	-3436.30	0.00	22.62	22.62	13.2349	N	
52	519.84	-476.13	-0.00	519.84	-3630.87	0.00	22.62	22.62	7.6258	N	
53	519.84	-259.64	-0.00	519.84	-3630.87	0.00	22.62	22.62	13.9842	N	
54	899.58	-583.92	-0.00	899.58	-4167.31	0.00	22.62	22.62	7.1368	N	
55	871.83	-575.33	-0.00	871.83	-4128.20	0.00	22.62	22.62	7.1754	N	
56	899.58	-584.00	-0.00	899.58	-4167.31	0.00	22.62	22.62	7.1358	N	
57	898.75	-577.43	0.00	898.75	-4166.15	0.00	22.62	22.62	7.2150	N	
58	914.39	-589.03	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	7.1103	N	
59	914.39	93.77	0.00	914.39	4188.18	-0.00	22.62	22.62	38.9705	C	
60	1041.86	-589.03	-0.00	1041.86	-4367.51	0.00	22.62	22.62	7.4148	N	
61	914.39	-28.41	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	38.9705	C	
62	1142.95	-589.03	0.00	1142.95	-4509.46	0.00	22.62	22.62	7.6557	N	
63	785.98	-151.35	-0.00	785.98	-4007.17	0.00	22.62	22.62	26.4762	N	
64	914.39	-589.03	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	7.1103	N	
65	914.39	-589.03	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	7.1103	N	
66	1137.19	-602.36	-0.00	1137.19	-4501.37	0.00	22.62	22.62	7.4729	N	
67	914.39	-215.88	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	19.4005	N	
68	988.31	-589.03	-0.00	988.31	-4292.18	0.00	22.62	22.62	7.2869	N	
69	914.39	-228.86	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	18.3002	N	
70	1001.59	-589.03	0.00	1001.59	-4310.87	0.00	22.62	22.62	7.3186	N	
71	914.38	-450.62	0.00	914.37	-4188.16	0.00	22.62	22.62	9.2942	N	
72	915.06	-589.03	-0.00	915.06	-4189.12	0.00	22.62	22.62	7.1119	N	
73	914.39	-494.60	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	8.4678	N	
74	959.55	-589.03	0.00	959.55	-4251.73	0.00	22.62	22.62	7.2182	N	
75	721.61	-521.75	-0.00	721.61	-3916.27	0.00	22.62	22.62	7.5060	N	
76	914.39	-644.00	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	6.5034	N	
77	825.98	-589.03	0.00	825.98	-4063.57	0.00	22.62	22.62	6.8987	N	
78	914.39	-667.17	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	6.2775	N	
79	686.77	-415.87	-0.00	686.77	-3867.07	0.00	22.62	22.62	9.2987	N	
80	914.39	-589.03	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	7.1103	N	
81	914.39	-589.03	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	7.1103	N	
82	1044.12	-873.07	0.00	1044.12	-4370.70	0.00	22.62	22.62	5.0061	N	
83	828.08	-589.03	0.00	828.07	-4066.52	0.00	22.62	22.62	6.9038	N	
84	914.39	-647.51	0.00	914.39	-4188.18	0.00	22.62	22.62	6.4681	N	
85	841.89	-589.03	-0.00	841.88	-4085.99	0.00	22.62	22.62	6.9368	N	
Tutte le combinazioni sono verificate a sforzo normale e flessione SLU											

3.4 VERIFICA SEZ.4 – Fondazione

La sezione si riferisce all'arco rovescio, dove lo spessore dell'elemento è 80cm. La sezione è stata armata con 5 ϕ 24/100cm su entrambi i lati del rivestimento; si è considerato un copriferro pari a 70 mm + 12 mm dello spessore dell'armatura secondaria, per un totale di 82 mm per favorire il posizionamento di ferri di ripartizione Φ 16/20 in senso longitudinale alla galleria. L'armatura a taglio viene verificata in seguito.

Si propone il tabulato di verifica. Si fa riferimento alle 23 combinazioni di Stato Limite Ultimo (7SLU+16SLV) e alle 5 combinazioni di Stato Limite di esercizio (1SLE-C+3SLE-F+1SLE-QP).



MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; $R_{ck}=30.00$; $E_c=31447.16$; N/mm^2 ; $\gamma_c: 1.50$
 $f_{ck}=24.90$; $f_{cd}=14.11$; $f_{ctk}=1.79$; $f_{ctd}=1.19$; $f_{ctm}=2.56$; $f_{cfm}=3.07$; (in N/mm^2)
Grafico tensioni/deformazioni cls: $f_2=14.11$ N/mm^2 ; $\epsilon_{cu2}=0.0035$; $\epsilon_{c2}=0.0020$

Acciaio barre: B450C; $\gamma_s: 1.15$
 $f_{yk}=450.00$; $f_{yd}=391.30$; $f_{bd}=2.69$; $E_s=206000.00$; (in N/mm^2);

Grafico tensioni/deformazioni acciaio: $\sigma_u=0.0675$; $k=1.15$

Nelle verifiche delle tensioni SLE trascura sempre la resistenza a trazione del cls: Si

Acciaio staffe: $f_{yks}=430.00$, $f_{yds}=373.91$ (in N/mm^2)

Percent. torsione limite (TorSoll/TorRes)•100=20.00 %

FORMA DELLA SEZIONE: Rettangolare

Base (cm): $B = 100.00$ cm; Base (cm): $H = 80.00$ cm

Rotazione: $rot = 0.00$ gradi

Area totale acciaio : $A_{st} = 45.24$ cm^2

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: $A_{cls} = 8000.00$ cm^2 ; Baricentro: $X_{gCls} = -0.00$ cm; $Y_{gCls} = 0.00$ cm

Momenti d'inerzia: $J_x = 4266666.67$ cm^4 ; $J_y = 6666666.67$ cm^4 ; $J_{xy} = 0.00$ cm^4 ;

Momenti principali d'inerzia: $J_{csi} = 6666666.67 \text{ cm}^4$; $J_{eta} = 4266666.67 \text{ cm}^4$;
 Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x : $\theta = -1.57 \text{ rad}$;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).

Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KNm).

Combinazioni stati limite ultimi:						
comb	N	Mx	Vx	My	Vy	Mt
1	-3.40	161.65	0.00	0.00	0.00	0.00
2	302.80	-232.88	0.00	0.00	-30.55	0.00
3	302.80	-76.89	0.00	0.00	-4.96	0.00
4	1077.78	-232.88	0.00	0.00	-30.55	0.00
5	1077.78	-76.89	0.00	0.00	6.73	0.00
6	1566.42	-204.81	0.00	0.00	-4.96	0.00
7	1566.42	-204.81	0.00	0.00	6.73	0.00
8	1695.49	-228.28	0.00	0.00	4.67	0.00
9	-3.40	161.65	0.00	0.00	0.00	0.00
10	302.80	-232.88	0.00	0.00	-30.55	0.00
11	302.80	-118.10	0.00	0.00	-12.65	0.00
12	883.94	-232.88	0.00	0.00	-30.55	0.00
13	883.94	-118.10	0.00	0.00	-12.01	0.00
14	1291.35	-275.33	0.00	0.00	-12.65	0.00
15	1291.35	-275.33	0.00	0.00	-12.03	0.00
16	1326.00	-332.89	0.00	0.00	-20.14	0.00
17	-2.62	124.34	0.00	0.00	0.00	0.00
18	232.93	-179.14	0.00	0.00	-23.50	0.00
19	232.93	-17.92	0.00	0.00	3.34	0.00
20	1022.87	-179.14	0.00	0.00	-23.50	0.00
21	1022.87	-17.92	0.00	0.00	23.86	0.00
22	1481.64	-86.53	0.00	0.00	3.34	0.00
23	1481.64	-49.97	0.00	0.00	29.77	0.00
24	1584.02	-86.53	0.00	0.00	23.86	0.00
25	-3.40	161.65	0.00	0.00	0.00	0.00
26	302.80	-232.88	0.00	0.00	-30.55	0.00
27	302.80	-66.02	0.00	0.00	8.48	0.00
28	1072.98	-232.88	0.00	0.00	-30.55	0.00
29	1072.98	-66.02	0.00	0.00	40.13	0.00
30	1564.68	-192.30	0.00	0.00	8.48	0.00
31	1564.68	-192.30	0.00	0.00	70.03	0.00
32	1698.53	-213.46	0.00	0.00	40.13	0.00
33	-2.62	124.34	0.00	0.00	0.00	0.00
34	232.93	-179.14	0.00	0.00	-23.50	0.00
35	232.93	-7.09	0.00	0.00	17.37	0.00
36	1018.08	-179.14	0.00	0.00	-23.50	0.00
37	1018.08	-7.09	0.00	0.00	56.61	0.00
38	1479.79	-74.24	0.00	0.00	17.37	0.00
39	1479.79	-36.33	0.00	0.00	92.59	0.00
40	1586.55	-74.24	0.00	0.00	56.61	0.00
41	-3.40	161.65	0.00	0.00	0.00	0.00
42	302.80	-232.88	0.00	0.00	-30.55	0.00
43	302.80	-68.40	0.00	0.00	-26.92	0.00
44	1067.82	-232.88	0.00	0.00	-30.55	0.00
45	1067.82	-68.40	0.00	0.00	-27.31	0.00
46	1463.26	-229.63	0.00	0.00	-43.66	0.00
47	1463.26	-229.63	0.00	0.00	-43.66	0.00
48	1600.31	-250.21	0.00	0.00	-79.73	0.00
49	-2.62	124.34	0.00	0.00	0.00	0.00
50	232.93	-179.14	0.00	0.00	-23.50	0.00
51	232.93	-9.46	0.00	0.00	-20.71	0.00
52	1013.05	-179.14	0.00	0.00	-23.50	0.00
53	1013.05	-9.46	0.00	0.00	-21.15	0.00
54	1380.88	-110.78	0.00	0.00	-33.42	0.00
55	1380.88	-71.40	0.00	0.00	-33.42	0.00
56	1491.37	-110.78	0.00	0.00	-65.64	0.00
57	1204.97	-157.54	0.00	0.00	5.19	0.00
58	1222.18	-160.69	0.00	0.00	4.90	0.00

59	1222.18	55.32	0.00	0.00	191.55	0.00
60	1759.09	-160.69	0.00	0.00	4.90	0.00
61	1222.18	3.90	0.00	0.00	186.90	0.00
62	1798.49	-160.69	0.00	0.00	4.90	0.00
63	1222.18	-10.09	0.00	0.00	77.35	0.00
64	1325.18	-160.69	0.00	0.00	4.90	0.00
65	1222.18	-160.69	0.00	0.00	53.88	0.00
66	1455.20	-189.82	0.00	0.00	4.90	0.00
67	1222.18	-45.24	0.00	0.00	110.90	0.00
68	1533.54	-160.69	0.00	0.00	4.90	0.00
69	1222.18	-51.71	0.00	0.00	110.42	0.00
70	1527.94	-160.69	0.00	0.00	4.90	0.00
71	1222.18	-115.53	0.00	0.00	38.80	0.00
72	1324.18	-160.69	0.00	0.00	4.90	0.00
73	1222.18	-137.17	0.00	0.00	37.13	0.00
74	1305.57	-160.69	0.00	0.00	4.90	0.00
75	1204.44	32.51	0.00	0.00	4.90	0.00
76	1694.50	-163.63	0.00	0.00	-159.17	0.00
77	1208.70	-19.97	0.00	0.00	4.90	0.00
78	1733.06	-169.59	0.00	0.00	-165.89	0.00
79	1181.93	-37.83	0.00	0.00	4.90	0.00
80	1250.83	-160.69	0.00	0.00	-48.20	0.00
81	1222.18	-160.69	0.00	0.00	4.90	0.00
82	1377.07	-219.36	0.00	0.00	-63.79	0.00
83	1222.18	-70.01	0.00	0.00	4.90	0.00
84	1470.62	-160.69	0.00	0.00	-95.11	0.00
85	1222.18	-76.34	0.00	0.00	4.90	0.00

Combinazioni rare:			
comb	N	Mx	My
1	1204.97	-157.54	0.00
2	1290.99	-173.19	0.00

Combinazioni frequenti:			
comb	N	Mx	My
1	1204.97	-157.54	0.00
2	1219.19	-189.58	0.00
3	1204.97	-136.51	0.00
4	1262.31	-157.54	0.00
5	1202.26	-157.54	0.00
6	1205.11	-159.13	0.00

Combinazioni quasi permanenti:			
comb	N	Mx	My
1	-2.62	124.34	0.00
2	232.93	-179.14	0.00
3	232.93	-59.15	0.00
4	829.05	-179.14	0.00
5	829.05	-59.15	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 16):

Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=-0.000000$; $b=-2000.000000$; $c=-52406.120905$

Angolo asse neutro-asse x : $\alpha = -180.00000$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls : $\epsilon_c = 3.50000 / 1000$

Deformazione massima acciaio : $\epsilon_f = -14.71418 / 1000$

Deformazione minima acciaio : $\epsilon_f' = 1.41983 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NS=1326000.00; MxiS=-0.00; MyiS=332890.00; TxiS=20140.00; TyiS=-0.00

Ecc. aggiuntiva minima considerata: nessuna

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NR=1326001.38; MxiR= -0.00; MyiR= 1039952.04

Mxi0=-0.00, Myi0=-0.00 - Punto base nel grafico Mxi-Myi sul piano NS=cost.
 MR=((MxiR-Mxi0)²+(MyiR-Myi0)²)^{1/2}=1039952.04; MS=((MxiS-Mxi0)²+(MyiS-Myi0)²)^{1/2}=332890.00
 Fattore di sicurezza ad N costante: MR/MS = 3.1240 > 1
 VERIFICA POSITIVA

VALORI DI δ (p 4.1.1.1 NTC2008) (x/d= 0.1922)
 δ = 0.44 + 1.25*(0.6 + 0.0014/εcu)*x/d = 0.6802

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA
 Comb. n.ro: 62; NS=1798490.00 < Nrd=10800619.16 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICA AZIONE MASSIMA DI TRAZIONE
 Comb. n.ro: 1; NS=-3400.00 > Nrt=-2009198.75 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI (fck = 24.90 N/mm²)
 Comb. rara n.ro 2: Tens. cls= 2.89 < 0.60*fck = 14.94 N/mm²
 Comb. rara n.ro 2: Tens. acciaio= 5.63 > -0.80*fyk = -360.00 N/mm²
 Comb. q. per. n.ro 2: Tens. cls= 2.67 < 0.45*fck = 11.20 N/mm²
 VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE
 Comb. freq. n.ro 2: Tens. min. cls= -0.13 N/mm²; σt=fctm/1.2=-2.13 N/mm², fck=-2.15 N/mm²
 wk=1.7*srm*εsm=0.0000 mm < w3=0.4 mm VERIFICA POSITIVA

Comb. q. per. n.ro 2: Tens. min. cls= -1.18 N/mm²; σt=fctm/1.2=-2.13 N/mm², fck=-2.15 N/mm²
 wk=1.7*srm*εsm=0.0000 mm < w2=0.3 mm VERIFICA POSITIVA

VERTICI SEZIONE:			
Nv	X (cm)	Y (cm)	εc x1000
1	-50.00	-40.00	3.50
2	-50.00	40.00	-16.79
3	50.00	40.00	-16.79
4	50.00	-40.00	3.50

BARRE LONGITUDINALI:				
Nf	X (cm)	Y (cm)	diametro(mm)	εf x1000
1	41.80	31.80	24.00	-14.71
2	41.80	-31.80	24.00	1.42
3	-41.80	-31.80	24.00	1.42
4	-41.80	31.80	24.00	-14.71
5	-20.90	31.80	24.00	-14.71
6	0.00	31.80	24.00	-14.71
7	20.90	31.80	24.00	-14.71
8	-20.90	-31.80	24.00	1.42
9	0.00	-31.80	24.00	1.42
10	20.90	-31.80	24.00	1.42

INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE:		
Ni	X (cm)	Y (cm)
1	-50.00	-26.20
2	50.00	-26.20

Fattore di sicurezza SLU per sforzo normale e flessione per tutte le combinazioni
NSi, MSxi, MSyi: azioni sollecitanti rispetto agli assi principali di inerzia
NRi, MRxi, MRyi: azioni resistenti " " " "
sic.: fattore Resistenza/Sicurezza a pressoflessione (o per la compressione assiale) SLU
Aft, Afc: armatura in zona tesa e compressa a pressoflessione
TV: tipo verifica N = pressofles. ad N costante; M = pressofles. ad M/N costante; C = NS>Nrd o il fattore NRd/NS risulta piu' sfavorevole (NRd= 10800.62 KN); T = NS<Nrt o il fattore NRt/NS risulta piu' sfavorevole (NRt= -2009.20 KN); E = l'eccentricità

della sollecitazione è inferiore al minimo imposto dalla normativa; ? = Sezione non verificabile; 0 = Azioni nulle
V : verifiche - con un asterisco viene indicata la sezione non verificata, con un N se la combinazione non converge

cb	NSi	MSxi	MSyi	NRi	MRxi	MRyi	Aft	Afc	sic.	TV	V
n.ro	(KN)	(KNm)	(KNm)	(KN)	(KNm)	(KNm)	(cm ²)	(cm ²)			
1	-3.40	0.00	-161.65	-3.40	0.00	-637.31	45.24	0.00	3.9425	N	
2	302.80	-0.00	232.88	302.80	-0.00	731.95	22.62	22.62	3.1431	N	
3	302.80	-0.00	76.89	302.80	-0.00	731.95	22.62	22.62	9.5195	N	
4	1077.78	-0.00	232.88	1077.78	-0.00	967.10	22.62	22.62	4.1528	N	
5	1077.78	-0.00	76.89	1077.78	-0.00	967.10	22.62	22.62	10.0212	C	
6	1566.42	-0.00	204.81	1566.41	-0.00	1108.76	22.62	22.62	5.4136	N	
7	1566.42	-0.00	204.81	1566.41	-0.00	1108.76	22.62	22.62	5.4136	N	
8	1695.49	-0.00	228.28	1695.49	-0.00	1144.88	22.62	22.62	5.0153	N	
9	-3.40	0.00	-161.65	-3.40	0.00	-637.31	45.24	0.00	3.9425	N	
10	302.80	-0.00	232.88	302.80	-0.00	731.95	22.62	22.62	3.1431	N	
11	302.80	-0.00	118.10	302.80	-0.00	731.95	22.62	22.62	6.1977	N	
12	883.94	-0.00	232.88	883.94	-0.00	909.20	22.62	22.62	3.9042	N	
13	883.94	-0.00	118.10	883.94	-0.00	909.20	22.62	22.62	7.6986	N	
14	1291.35	-0.00	275.33	1291.35	-0.00	1029.87	22.62	22.62	3.7405	N	
15	1291.35	-0.00	275.33	1291.35	-0.00	1029.87	22.62	22.62	3.7405	N	
16	1326.00	-0.00	332.89	1326.00	-0.00	1039.95	22.62	22.62	3.1240	N	
17	-2.62	0.00	-124.34	-2.61	0.00	-637.55	45.24	0.00	5.1275	N	
18	232.93	-0.00	179.14	232.94	-0.00	710.41	22.62	22.62	3.9657	N	
19	232.93	-0.00	17.92	232.94	-0.00	710.41	22.62	22.62	39.6432	N	
20	1022.87	-0.00	179.14	1022.87	-0.00	950.81	22.62	22.62	5.3076	N	
21	1022.87	-0.00	17.92	1022.87	-0.00	950.81	22.62	22.62	10.5591	C	
22	1481.64	-0.00	86.53	1481.64	-0.00	1084.71	22.62	22.62	7.2896	C	
23	1481.64	-0.00	49.97	1481.64	-0.00	1084.71	22.62	22.62	7.2896	C	
24	1584.02	-0.00	86.53	1584.02	-0.00	1113.74	22.62	22.62	6.8185	C	
25	-3.40	0.00	-161.65	-3.40	0.00	-637.31	45.24	0.00	3.9425	N	
26	302.80	-0.00	232.88	302.80	-0.00	731.95	22.62	22.62	3.1431	N	
27	302.80	-0.00	66.02	302.80	-0.00	731.95	22.62	22.62	11.0869	N	
28	1072.98	-0.00	232.88	1072.97	-0.00	965.67	22.62	22.62	4.1467	N	
29	1072.98	-0.00	66.02	1072.97	-0.00	965.67	22.62	22.62	10.0660	C	
30	1564.68	-0.00	192.30	1564.69	-0.00	1108.27	22.62	22.62	5.7632	N	
31	1564.68	-0.00	192.30	1564.69	-0.00	1108.27	22.62	22.62	5.7632	N	
32	1698.53	-0.00	213.46	1698.54	-0.00	1145.73	22.62	22.62	5.3674	N	
33	-2.62	0.00	-124.34	-2.61	0.00	-637.55	45.24	0.00	5.1275	N	
34	232.93	-0.00	179.14	232.94	-0.00	710.41	22.62	22.62	3.9657	N	
35	232.93	-0.00	7.09	232.94	-0.00	710.41	22.62	22.62	46.3685	C	
36	1018.08	-0.00	179.14	1018.09	-0.00	949.38	22.62	22.62	5.2996	N	
37	1018.08	-0.00	7.09	1018.09	-0.00	949.38	22.62	22.62	10.6088	C	
38	1479.79	-0.00	74.24	1479.78	-0.00	1084.18	22.62	22.62	7.2988	C	
39	1479.79	-0.00	36.33	1479.78	-0.00	1084.18	22.62	22.62	7.2988	C	
40	1586.55	-0.00	74.24	1586.54	-0.00	1114.45	22.62	22.62	6.8076	C	
41	-3.40	0.00	-161.65	-3.40	0.00	-637.31	45.24	0.00	3.9425	N	
42	302.80	-0.00	232.88	302.80	-0.00	731.95	22.62	22.62	3.1431	N	
43	302.80	-0.00	68.40	302.80	-0.00	731.95	22.62	22.62	10.7011	N	
44	1067.82	-0.00	232.88	1067.81	-0.00	964.14	22.62	22.62	4.1401	N	
45	1067.82	-0.00	68.40	1067.81	-0.00	964.14	22.62	22.62	10.1146	C	
46	1463.26	-0.00	229.63	1463.26	-0.00	1079.45	22.62	22.62	4.7008	N	
47	1463.26	-0.00	229.63	1463.26	-0.00	1079.45	22.62	22.62	4.7008	N	
48	1600.31	-0.00	250.21	1600.32	-0.00	1118.31	22.62	22.62	4.4695	N	
49	-2.62	0.00	-124.34	-2.61	0.00	-637.55	45.24	0.00	5.1275	N	
50	232.93	-0.00	179.14	232.94	-0.00	710.41	22.62	22.62	3.9657	N	
51	232.93	-0.00	9.46	232.94	-0.00	710.41	22.62	22.62	46.3685	C	
52	1013.05	-0.00	179.14	1013.06	-0.00	947.87	22.62	22.62	5.2912	N	
53	1013.05	-0.00	9.46	1013.06	-0.00	947.87	22.62	22.62	10.6615	C	
54	1380.88	-0.00	110.78	1380.88	-0.00	1055.81	22.62	22.62	7.8215	C	
55	1380.88	-0.00	71.40	1380.88	-0.00	1055.81	22.62	22.62	7.8215	C	
56	1491.37	-0.00	110.78	1491.38	-0.00	1087.49	22.62	22.62	7.2421	C	
57	1204.97	-0.00	157.54	1204.97	-0.00	1004.64	22.62	22.62	6.3770	N	
58	1222.18	-0.00	160.69	1222.18	-0.00	1009.70	22.62	22.62	6.2835	N	
59	1222.18	0.00	-55.32	1222.18	0.00	-1009.70	22.62	22.62	8.8372	C	
60	1759.09	-0.00	160.69	1759.09	-0.00	1162.48	22.62	22.62	6.1399	C	
61	1222.18	0.00	-3.90	1222.18	0.00	-1009.70	22.62	22.62	8.8372	C	
62	1798.49	-0.00	160.69	1798.49	-0.00	1173.25	22.62	22.62	6.0054	C	
63	1222.18	-0.00	10.09	1222.18	-0.00	1009.70	22.62	22.62	8.8372	C	
64	1325.18	-0.00	160.69	1325.18	-0.00	1039.72	22.62	22.62	6.4703	N	
65	1222.18	-0.00	160.69	1222.18	-0.00	1009.70	22.62	22.62	6.2835	N	

66	1455.20	-0.00	189.82	1455.19	-0.00	1077.14	22.62	22.62	5.6746	N	
67	1222.18	-0.00	45.24	1222.18	-0.00	1009.70	22.62	22.62	8.8372	C	
68	1533.54	-0.00	160.69	1533.54	-0.00	1099.45	22.62	22.62	6.8421	N	
69	1222.18	-0.00	51.71	1222.18	-0.00	1009.70	22.62	22.62	8.8372	C	
70	1527.94	-0.00	160.69	1527.94	-0.00	1097.86	22.62	22.62	6.8322	N	
71	1222.18	-0.00	115.53	1222.18	-0.00	1009.70	22.62	22.62	8.7397	N	
72	1324.18	-0.00	160.69	1324.17	-0.00	1039.42	22.62	22.62	6.4685	N	
73	1222.18	-0.00	137.17	1222.18	-0.00	1009.70	22.62	22.62	7.3609	N	
74	1305.57	-0.00	160.69	1305.58	-0.00	1034.02	22.62	22.62	6.4349	N	
75	1204.44	0.00	-32.51	1204.43	0.00	-1004.48	22.62	22.62	8.9673	C	
76	1694.50	-0.00	163.63	1694.50	-0.00	1144.61	22.62	22.62	6.3739	C	
77	1208.70	-0.00	19.97	1208.70	-0.00	1005.74	22.62	22.62	8.9357	C	
78	1733.06	-0.00	169.59	1733.07	-0.00	1155.28	22.62	22.62	6.2321	C	
79	1181.93	-0.00	37.83	1181.93	-0.00	997.86	22.62	22.62	9.1381	C	
80	1250.83	-0.00	160.69	1250.82	-0.00	1018.05	22.62	22.62	6.3355	N	
81	1222.18	-0.00	160.69	1222.18	-0.00	1009.70	22.62	22.62	6.2835	N	
82	1377.07	-0.00	219.36	1377.07	-0.00	1054.71	22.62	22.62	4.8081	N	
83	1222.18	-0.00	70.01	1222.18	-0.00	1009.70	22.62	22.62	8.8372	C	
84	1470.62	-0.00	160.69	1470.61	-0.00	1081.55	22.62	22.62	6.7307	N	
85	1222.18	-0.00	76.34	1222.18	-0.00	1009.70	22.62	22.62	8.8372	C	
Tutte le combinazioni sono verificate a sforzo normale e flessione SLU											

3.5 VERIFICHE A TAGLIO

Si riportano di seguito le verifiche a taglio; si prevede di predisporre spilli $9\Phi 14/\text{mq}$ nei piedritti, in calotta e nell'arco rovescio. Si propongono di seguito le verifiche.

3.5.1 Verifica SEZ 1

La sezione si riferisce alla calotta dove lo spessore delle membrature è pari a 80cm. Si prevede l'utilizzo di 9spilli $\Phi 14/\text{m}$:

VERIFICA SLU A TAGLIO PER ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO				
<u>Calcolo del taglio resistente</u>				
classe cls		Rck	30.00	N/mmq
resist. caratteristica cilindrica		fck	24.90	N/mmq
coeff riduttivo per carichi lunga durata		α, cc	0.85	
coeff. parziale		γ_c	1.50	
resist. di calcolo a compressione		fcd	14.11	N/mmq
resist. media trazione cls (trazione semplice)		fctm	2.56	N/mmq
resist. media trazione cls (flessione)		fctm	3.07	N/mmq
resist. caratteristica a trazione cls (flessione)		fck	2.15	N/mmq
resist. caratt. snerv. acciaio		fyk	450	N/mmq
coeff. parziale		γ_s	1.15	
resistenza di progetto		fyd	391.30	N/mmq
altezza membratura resistente a V		D	0.80	m
altezza utile sezione		d	0.72	m
larghezza membratura resist. a V		bw	1.00	m
diámetro staffe 1		Ds (1)	14	mm
n bracci staffe 1		nb (1)	3	
interasse staffe 1		s (1)	33	cm
diámetro staffe 2		Ds (2)	0	mm
n bracci staffe 2		nb (2)	0	
interasse staffe 2		s (2)	0	cm
area staffe 1		Asw (1)	462	
area staffe 2		Asw (2)	0	mmq
inclinazione staffe rispetto asse		α	90	°
inclinazione bielle compresse cls		θ	22	°
coefficiente maggiorativo per compressione		α, c	1	
Resistenza taglio acciaio		Vrsd	876	kN
Resistenza taglio cls		Vrcd	1583	kN
Resistenza a taglio		Vrd	876	kN
TAGLIO AGENTE		Vsdu	149.53	kN
			ok	
			F.S. =	5.86

$V_{rd} > V_{sd}$ – VERIFICATO

3.5.2 Verifica SEZ 2

La sezione si riferisce alla calotta dove lo spessore delle membrature è pari a 90cm. Si prevede l'utilizzo di 9spilli Φ 14/m:

VERIFICA SLU A TAGLIO PER ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
<u>Calcolo del taglio resistente</u>					
classe cls		Rck	30.00	N/mm ²	
resist. caratteristica cilindrica		fck	24.90	N/mm ²	
coeff riduttivo per carichi lunga durata		α_{cc}	0.85		
coeff. parziale		γ_c	1.50		
resist. di calcolo a compressione		fcd	14.11	N/mm ²	
resist. media trazione cls (trazione semplice)		fctm	2.56	N/mm ²	
resist. media trazione cls (flessione)		fcfm	3.07	N/mm ²	
resist. caratteristica a trazione cls (flessione)		fcfk	2.15	N/mm ²	
resist.caratt. snerv.acciaio		fyk	450	N/mm ²	
coeff. parziale		γ_s	1.15		
resistenza di progetto		fyd	391.30	N/mm ²	
altezza membratura resistente a V		D	0.90	m	
altezza utile sezione		d	0.82	m	
larghezza membratura resist. a V		bw	1.00	m	
diametro staffe 1		Ds (1)	14	mm	
n bracci staffe 1		nb (1)	3		
interasse staffe 1		s (1)	33	cm	
diametro staffe 2		Ds (2)	0	mm	
n bracci staffe 2		nb (2)	0		
interasse staffe 2		s (2)	0	cm	
area staffe 1		Asw (1)	462		
area staffe 2		Asw (2)	0	mm ²	
inclinazione staffe rispetto asse		α	90	°	
inclinazione bielle compresse cls		θ	22	°	
coefficiente maggiorativo per compressione		α_c	1		
Resistenza taglio acciaio		Vrsd	998	kN	
Resistenza taglio cls		Vrcd	1804	kN	
Resistenza a taglio		Vrd	998	kN	
TAGLIO AGENTE		Vsdu	323.77	kN	
			ok		
			F.S. =	3.08	

Vrd > Vsdu – VERIFICATO

3.5.3 Verifica SEZ 3

La sezione si riferisce ai piedritti dove lo spessore delle membrature è pari a 300cm. Si prevede l'utilizzo di 9spilli Φ 14/m:

VERIFICA SLU A TAGLIO PER ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
<u>Calcolo del taglio resistente</u>					
classe cls		Rck		30.00	N/mm ²
resist. caratteristica cilindrica		fck		24.90	N/mm ²
coeff riduttivo per carichi lunga durata		α_{cc}		0.85	
coeff. parziale		γ_c		1.50	
resist. di calcolo a compressione		fcd		14.11	N/mm ²
resist. media trazione cls (trazione semplice)		fctm		2.56	N/mm ²
resist. media trazione cls (flessione)		fcfm		3.07	N/mm ²
resist. caratteristica a trazione cls (flessione)		fcfk		2.15	N/mm ²
resist.caratt. snerv.acciaio		fyk		450	N/mm ²
coeff. parziale		γ_s		1.15	
resistenza di progetto		fyd		391.30	N/mm ²
altezza membratura resistente a V		D		3.00	m
altezza utile sezione		d		2.92	m
larghezza membratura resist. a V		bw		1.00	m
diametro staffe 1		Ds (1)		14	mm
n bracci staffe 1		nb (1)		3	
interasse staffe 1		s (1)		33	cm
diametro staffe 2		Ds (2)		0	mm
n bracci staffe 2		nb (2)		0	
interasse staffe 2		s (2)		0	cm
area staffe 1		Asw (1)		462	
area staffe 2		Asw (2)		0	mm ²
inclinazione staffe rispetto asse		α		90	°
inclinazione bielle compresse cls		θ		22	°
coefficiente maggiorativo per compressione		$\alpha_{c,c}$		1	
Resistenza taglio acciaio		V_{rsd}		3559	kN
Resistenza taglio cls		V_{rzd}		6435	kN
Resistenza a taglio		V_{rd}		3559	kN
TAGLIO AGENTE		V_{sdu}		1004.47	kN
				ok	
				F.S. =	3.54

V_{rd} > V_{sdu} – VERIFICATO

3.5.4 Verifica SEZ 4

La sezione di verifica dell'arco rovescio ha uno spessore di 80 cm e Si prevede l'utilizzo di 9spilli Φ 14/m²:

VERIFICA SLU A TAGLIO PER ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
<u>Calcolo del taglio resistente</u>					
classe cls		Rck		30.00	N/mm ²
resist. caratteristica cilindrica		fck		24.90	N/mm ²
coeff riduttivo per carichi lunga durata		α_{cc}		0.85	
coeff. parziale		γ_c		1.50	
resist. di calcolo a compressione		fcd		14.11	N/mm ²
resist. media trazione cls (trazione semplice)		fctm		2.56	N/mm ²
resist. media trazione cls (flessione)		fctm		3.07	N/mm ²
resist. caratteristica a trazione cls (flessione)		fck		2.15	N/mm ²
resist. caratt. snerv. acciaio		fyk		450	N/mm ²
coeff. parziale		γ_s		1.15	
resistenza di progetto		fyd		391.30	N/mm ²
altezza membratura resistente a V		D		0.80	m
altezza utile sezione		d		0.71	m
larghezza membratura resist. a V		bw		1.00	m
diametro staffe 1		Ds (1)		14	mm
n bracci staffe 1		nb (1)		3	
interasse staffe 1		s (1)		33	cm
diametro staffe 2		Ds (2)		0	mm
n bracci staffe 2		nb (2)		0	
interasse staffe 2		s (2)		0	cm
area staffe 1		Asw (1)		462	
area staffe 2		Asw (2)		0	mm ²
inclinazione staffe rispetto asse		α		90	°
inclinazione bielle compresse cls		θ		22	°
coefficiente maggiorativo per compressione		α_c		1	
Resistenza taglio acciaio		Vrsd		869	kN
Resistenza taglio cls		Vrcd		1570	kN
Resistenza a taglio		Vrd		869	kN
TAGLIO AGENTE		Vsdu		191.55	kN
				ok	
				F.S. =	4.53

Vrd > Vsdu – VERIFICATO

GALLERIA TAORMINA-RELAZIONE GEOTECNICA E
DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO LATO
MESSINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO
RS2S	02	D 07 RB	GA 06 00 001	B	3

ALLEGATO 3

TITOLO	Analisi di verifica dei muri d'ala dell'imbocco Taormina lato ME
TIPO DI DOCUMENTO:	Documento - Formato A4
CODIFICA:	-
PAGINE:	45
DATA:	Settembre 2017
SORGENTE:	U.O. Gallerie Italferr S.p.A.
NOTE:	-

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

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

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

Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

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

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

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

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

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

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

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente A vale

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

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

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

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

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

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi. Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica a ribaltamento

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

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

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

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

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

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

Verifica a scorrimento

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

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

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

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

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

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

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

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

Verifica al carico limite

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

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

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

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

Caso generale

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

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

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

in cui d_c, d_q, d_γ sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_γ sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_γ sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_γ sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_γ sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza. I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

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

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

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

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

Fattori di forma

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

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

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

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

Fattori di profondità

Si definisce il parametro k come

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

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

I vari coefficienti si esprimono come

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

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

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$$

$$d_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

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

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

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

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

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

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

$$\text{per } \eta > 0 \quad i_y = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ/450^\circ)H}{V + A_f c_a \text{ctg} \phi}\right)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

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

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

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

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

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con β la pendenza del pendio i fattori g si ottengono dalle espressioni seguenti:

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

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

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

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

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

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_r > 0$$

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

Verifica alla stabilità globale

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

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

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

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

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

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

dove il termine m è espresso da

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

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} , c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

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

Sezione muro – H = 3.00 m

N.T.C. 2008 - Approccio 2

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	0.90	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gfav}	1.30	1.00	1.10	1.30
Variabili	Favorevole	γ_{Qsfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.50	1.50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri			M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c		1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniaxiale	γ_{qu}		1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r		1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00	1.30
Variabili	Favorevole	γ_{Qsfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00	1.50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri			M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c		1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniaxiale	γ_{qu}		1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r		1.00	1.00	1.00	1.00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica

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

Geometria muro e fondazione

Descrizione

	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	3.00 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.60 [m]

Inclinazione paramento esterno	5.71 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	13.80 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.30 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2.10 [m]
Lunghezza totale fondazione	3.00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.70 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

<i>Calcestruzzo</i>	
Peso specifico	25.000 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	30000 [kPa]
Modulo elastico E	31447048 [kPa]
<i>Acciaio</i>	
Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	449936 [kPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

N	X	Y	A
1	1.60	0.00	0.00
2	20.00	6.26	18.79

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.50	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Strato CODb	25.00	25.00	47.00	31.33	150.0	75.0
Ritombamento	20.00	20.00	35.00	23.33	0.0	0.0

Stratigrafia

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
K _w	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
K _s	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	K _w	K _s	Terreno
1	3.70	0.00	0.00	0.00	Ritombamento
2	5.00	0.00	223.94	0.00	Strato CODb

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	ψ	γ * ψ
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	ψ	γ * ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	ψ	γ * ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	ψ	γ * ψ
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	ψ	γ * ψ
Peso proprio muro	FAV	0.90	1.00	0.90
Peso proprio terrapieno	FAV	0.90	1.00	0.90
Spinta terreno	SFAV	1.10	1.00	1.10

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	ψ	γ * ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	ψ	γ * ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	ψ	γ * ψ
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	ψ	γ * ψ
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite**Impostazioni verifiche SLU**Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

Impostazioni verifiche SLECondizioni ambientali
Armatura ad aderenza migliorata

Ordinarie

Verifica fessurazioneSensibilità delle armature
Valori limite delle aperture delle fessure

Poco sensibile

 $w_1 = 0.20$ $w_2 = 0.20$ $w_3 = 0.20$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

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

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.75 f_{yk}$ Quasi permanente $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$ Calcolo della portanza

metodo di Hansen

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1.00Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS _{QLM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS _{sco}	CS _{rib}	CS _{qlim}	CS _{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	6.56	--	399.57	--
2	A1-M1 - [1]	--	7.26	--	334.89	--
3	A1-M1 - [1]	--	6.98	--	351.43	--
4	A1-M1 - [1]	--	6.84	--	359.33	--
5	EQU - [1]	--	--	4.55	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	5.64
7	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	4.08	--	265.06	--
8	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	4.07	--	245.95	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2.40	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2.79	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	4.29
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	4.47
13	SLEQ - [1]	--	8.45	--	450.88	--
14	SLEF - [1]	--	8.45	--	450.88	--
15	SLER - [1]	--	8.45	--	450.88	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
 Origine in testa al muro (spigolo di monte)
 Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte
 Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto
 Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
 Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta
 Calcolo del carico limite
 Calcolo della stabilità globale
 Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann
 metodo di Hansen
 metodo di Bishop
 Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g 3.09 [m/s²]
 Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.09
 Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.20
 Coefficiente riduzione (β_m) 0.31
 Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50
 Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 12.73$
 Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v=0.50 * k_h = 6.36$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g 1.21 [m/s²]
 Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.20
 Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.20
 Coefficiente riduzione (β_m) 0.24
 Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50
 Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 4.26$
 Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v=0.50 * k_h = 2.13$

Forma diagramma incremento sismico

Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)

0.0

Lunghezza del muro

13.80 [m]

Peso muro 86.2500 [kN]
 Baricentro del muro X=0.27 Y=-2.69

Superficie di spinta
 Punto inferiore superficie di spinta X = 2.10 Y = -3.70
 Punto superiore superficie di spinta X = 2.10 Y = 0.17
 Altezza della superficie di spinta 3.87 [m]
 Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale) 0.00 [°]

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica 61.3099 [kN]
 Componente orizzontale della spinta statica 56.2958 [kN]
 Componente verticale della spinta statica 24.2836 [kN]
 Punto d'applicazione della spinta X = 2.10 [m] Y = -2.41 [m]
 Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 23.33 [°]
 Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 54.26 [°]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 126.8505 [kN]
 Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 1.06 [m] Y = -1.49 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 56.2958 [kN]
 Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 237.3842 [kN]
 Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 237.3842 [kN]
 Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 56.2958 [kN]
 Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 0.03 [m]
 Lunghezza fondazione reagente 3.00 [m]
 Risultante in fondazione 243.9681 [kN]
 Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 13.34 [°]
 Momento rispetto al baricentro della fondazione 6.5449 [kNm]
 Carico ultimo della fondazione 94850.7407 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 3.00 [m]
 Tensione terreno allo spigolo di valle 83.49 [kPa]
 Tensione terreno allo spigolo di monte 74.76 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante $N_c = 173.64$ $N_q = 187.21$ $N_\gamma = 299.52$
Fattori forma $s_c = 1.00$ $s_q = 1.00$ $s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione $i_c = 0.72$ $i_q = 0.72$ $i_\gamma = 0.63$
Fattori profondità $d_c = 1.16$ $d_q = 1.06$ $d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa $b_c = 1.00$ $b_q = 1.00$ $b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio $g_c = 1.00$ $g_q = 1.00$ $g_\gamma = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.
 $N'_c = 144.80$ $N'_q = 143.21$ $N'_\gamma = 188.06$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 6.56
 Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 399.57

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	1.1530	-0.0010	0.0656
3	0.30	2.3621	0.0088	0.2626
4	0.45	3.6273	0.0486	0.5908
5	0.60	4.9485	0.1378	1.0503

6	0.75	6.3258	0.2956	1.6411
7	0.90	7.7591	0.5413	2.3631
8	1.05	9.2486	0.8942	3.2165
9	1.20	10.7940	1.3734	4.2012
10	1.35	12.3956	1.9984	5.3171
11	1.50	14.0532	2.7883	6.5643
12	1.65	15.7668	3.7625	7.9428
13	1.80	17.5366	4.9401	9.4526
14	1.95	19.3624	6.3406	11.0937
15	2.10	21.2442	7.9830	12.8660
16	2.25	23.1822	9.8868	14.7697
17	2.40	25.1761	12.0712	16.8046
18	2.55	27.2262	14.5554	18.9710
19	2.70	29.3323	17.3591	21.2771
20	2.85	31.4945	20.5047	23.7466
21	3.00	33.7127	24.0163	26.3654

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.03	0.0297	1.9784
3	0.06	0.1187	3.9542
4	0.09	0.2669	5.9274
5	0.12	0.4743	7.8980
6	0.15	0.7408	9.8660
7	0.18	1.0662	11.8313
8	0.21	1.4506	13.7940
9	0.24	1.8938	15.7541
10	0.27	2.3958	17.7116
11	0.30	2.9565	19.6665

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.21	-0.5366	-5.0240
3	0.42	-2.0738	-9.5296
4	0.63	-4.5060	-13.5916
5	0.84	-7.7725	-17.4970
6	1.05	-11.8458	-21.2742
7	1.26	-16.6987	-24.9230
8	1.47	-22.3045	-28.4436
9	1.68	-28.6361	-31.8359
10	1.89	-35.6666	-35.0999
11	2.10	-43.3690	-38.2356

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 1

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]
 CS coefficiente sicurezza sezione
 VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
 VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
 VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 30	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	125.49	--	--
2	0.15	100, 32	10.05	10.05	4334.07	3.84	3758.85	128.74	--	--
3	0.30	100, 33	10.05	10.05	4477.73	-16.61	1895.64	131.92	--	--
4	0.45	100, 35	10.05	10.05	4562.42	-61.15	1257.80	135.06	--	--
5	0.60	100, 36	10.05	10.05	4613.34	-128.48	932.27	138.14	--	--
6	0.75	100, 38	10.05	10.05	4507.73	-210.67	712.60	141.17	--	--
7	0.90	100, 39	10.05	10.05	4104.72	-286.37	529.02	144.77	--	--
8	1.05	100, 41	10.05	10.05	3669.49	-354.78	396.76	149.13	--	--
9	1.20	100, 42	10.05	10.05	3254.75	-414.14	301.53	153.47	--	--
10	1.35	100, 44	10.05	10.05	2851.22	-459.67	230.02	157.79	--	--
11	1.50	100, 45	10.05	10.05	2393.19	-474.84	170.30	162.08	--	--
12	1.65	100, 47	10.05	10.05	1951.66	-465.73	123.78	166.36	--	--
13	1.80	100, 48	10.05	10.05	1577.06	-444.27	89.93	170.63	--	--
14	1.95	100, 50	10.05	10.05	1284.75	-420.71	66.35	174.88	--	--
15	2.10	100, 51	10.05	10.05	1039.83	-390.74	48.95	179.11	--	--
16	2.25	100, 53	10.05	10.05	870.98	-371.46	37.57	183.34	--	--
17	2.40	100, 54	10.05	10.05	736.64	-353.19	29.26	187.55	--	--
18	2.55	100, 56	10.05	10.05	638.76	-341.48	23.46	191.75	--	--
19	2.70	100, 57	10.05	10.05	564.39	-334.01	19.24	195.94	--	--
20	2.85	100, 59	10.05	10.05	505.97	-329.41	16.07	200.12	--	--
21	3.00	100, 60	10.05	10.05	458.80	-326.84	13.61	204.29	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 1

Simbologia adottata

B base della sezione espressa in [cm]
 H altezza della sezione espressa in [cm]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm²]
 A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm²]
 N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
 M_u momento ultimo espresso in [kNm]
 CS coefficiente sicurezza sezione
 VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
 VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
 VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.03	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	8435.77	224.88	--	--
3	0.06	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	2109.87	224.88	--	--
4	0.09	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	938.14	224.88	--	--
5	0.12	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	527.93	224.88	--	--
6	0.15	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	338.03	224.88	--	--
7	0.18	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	234.84	224.88	--	--
8	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	172.62	224.88	--	--
9	0.24	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	132.22	224.88	--	--
10	0.27	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	104.51	224.88	--	--
11	0.30	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	84.69	224.88	--	--

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	466.65	224.88	--	--
3	0.42	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	120.74	224.88	--	--
4	0.63	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	55.57	224.88	--	--
5	0.84	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	32.22	224.88	--	--

6	1.05	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	21.14	224.88	--	--
7	1.26	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	15.00	224.88	--	--
8	1.47	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	11.23	224.88	--	--
9	1.68	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	8.74	224.88	--	--
10	1.89	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	7.02	224.88	--	--
11	2.10	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	5.77	224.88	--	--

COMBINAZIONE n° 2

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	61.3099	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	56.2958	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	24.2836	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54.26	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	164.9057	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.49	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	56.2958	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	301.3143	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	301.3143	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	56.2958	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.01	[m]
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Risultante in fondazione	306.5282	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10.58	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-2.3678	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	100906.3055	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	98.86	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	102.02	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 173.64$	$N_q = 187.21$	$N_\gamma = 299.52$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.75$	$i_q = 0.75$	$i_\gamma = 0.67$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 151.38$	$N'_q = 149.67$	$N'_\gamma = 200.36$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	7.26
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	334.89

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	1.4989	-0.0023	0.0656
3	0.30	3.0708	0.0035	0.2626
4	0.45	4.7155	0.0366	0.5908
5	0.60	6.4331	0.1161	1.0503
6	0.75	8.2235	0.2612	1.6411

7	0.90	10.0869	0.4910	2.3631
8	1.05	12.0231	0.8247	3.2165
9	1.20	14.0322	1.2813	4.2012
10	1.35	16.1142	1.8801	5.3171
11	1.50	18.2691	2.6402	6.5643
12	1.65	20.4969	3.5807	7.9428
13	1.80	22.7976	4.7207	9.4526
14	1.95	25.1711	6.0795	11.0937
15	2.10	27.6175	7.6761	12.8660
16	2.25	30.1368	9.5297	14.7697
17	2.40	32.7290	11.6594	16.8046
18	2.55	35.3941	14.0844	18.9710
19	2.70	38.1320	16.8243	21.2771
20	2.85	40.9428	19.9011	23.7466
21	3.00	43.8265	23.3391	26.3654

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.03	0.0343	2.2838
3	0.06	0.1370	4.5685
4	0.09	0.3084	6.8541
5	0.12	0.5483	9.1407
6	0.15	0.8568	11.4283
7	0.18	1.2340	13.7168
8	0.21	1.6798	16.0062
9	0.24	2.1944	18.2966
10	0.27	2.7776	20.5879
11	0.30	3.4297	22.8802

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.21	-0.0576	-0.4910
3	0.42	-0.1821	-0.6382
4	0.63	-0.3048	-0.5166
5	0.84	-0.4016	-0.4130
6	1.05	-0.4815	-0.3558
7	1.26	-0.5543	-0.3451
8	1.47	-0.6297	-0.3807
9	1.68	-0.7175	-0.4628
10	1.89	-0.8273	-0.5913
11	2.10	-0.9690	-0.7662

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 2

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_s area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_t area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
 M_u momento ultimo espresso in [kNm]
 CS coefficiente sicurezza sezione
 V_{Rcd} Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
 V_{Rsd} Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
 VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 30	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	125.49	--	--
2	0.15	100, 32	10.05	10.05	4327.94	6.68	2887.33	128.78	--	--
3	0.30	100, 33	10.05	10.05	4501.16	-5.15	1465.81	132.02	--	--
4	0.45	100, 35	10.05	10.05	4611.56	-35.81	977.96	135.20	--	--
5	0.60	100, 36	10.05	10.05	4694.01	-84.75	729.67	138.34	--	--
6	0.75	100, 38	10.05	10.05	4754.03	-151.02	578.10	141.43	--	--
7	0.90	100, 39	10.05	10.05	4664.69	-227.08	462.45	145.08	--	--
8	1.05	100, 41	10.05	10.05	4342.37	-297.85	361.17	149.51	--	--
9	1.20	100, 42	10.05	10.05	3990.79	-364.42	284.40	153.91	--	--
10	1.35	100, 44	10.05	10.05	3638.66	-424.54	225.80	158.29	--	--
11	1.50	100, 45	10.05	10.05	3311.81	-478.61	181.28	162.66	--	--
12	1.65	100, 47	10.05	10.05	2964.91	-517.95	144.65	167.01	--	--
13	1.80	100, 48	10.05	10.05	2572.36	-532.66	112.83	171.35	--	--
14	1.95	100, 50	10.05	10.05	2194.86	-530.12	87.20	175.68	--	--
15	2.10	100, 51	10.05	10.05	1854.72	-515.51	67.16	179.99	--	--
16	2.25	100, 53	10.05	10.05	1563.73	-494.47	51.89	184.30	--	--
17	2.40	100, 54	10.05	10.05	1332.11	-474.55	40.70	188.60	--	--
18	2.55	100, 56	10.05	10.05	1127.16	-448.53	31.85	192.88	--	--
19	2.70	100, 57	10.05	10.05	979.21	-432.04	25.68	197.17	--	--
20	2.85	100, 59	10.05	10.05	851.38	-413.83	20.79	201.44	--	--
21	3.00	100, 60	10.05	10.05	752.14	-400.54	17.16	205.71	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 2

Simbologia adottata

B base della sezione espressa in [cm]
 H altezza della sezione espressa in [cm]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm²]
 A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm²]
 N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
 M_u momento ultimo espresso in [kNm]
 CS coefficiente sicurezza sezione
 V_{Rcd} Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
 V_{Rsd} Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
 VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.03	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	7310.06	224.88	--	--
3	0.06	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	1827.26	224.88	--	--
4	0.09	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	812.00	224.88	--	--
5	0.12	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	456.69	224.88	--	--
6	0.15	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	292.24	224.88	--	--
7	0.18	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	202.92	224.88	--	--
8	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	149.06	224.88	--	--
9	0.24	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	114.11	224.88	--	--
10	0.27	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	90.15	224.88	--	--
11	0.30	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	73.01	224.88	--	--

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	4349.88	224.88	--	--
3	0.42	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	1374.74	224.88	--	--
4	0.63	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	821.52	224.88	--	--
5	0.84	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	623.52	224.88	--	--

6	1.05	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	520.04	224.88	--	--
7	1.26	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	451.75	224.88	--	--
8	1.47	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	397.66	224.88	--	--
9	1.68	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	349.01	224.88	--	--
10	1.89	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	302.66	224.88	--	--
11	2.10	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	258.40	224.88	--	--

COMBINAZIONE n° 3

Peso muro favorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	61.3099	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	56.2958	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	24.2836	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54.26	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	164.9057	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.49	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	56.2958	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	275.4393	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	275.4393	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	56.2958	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.04	[m]
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Risultante in fondazione	281.1335	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11.55	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-10.8053	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	96797.4434	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	84.61	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	99.02	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 173.64$	$N_q = 187.21$	$N_\gamma = 299.52$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.74$	$i_q = 0.74$	$i_\gamma = 0.65$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 148.59$	$N'_q = 146.93$	$N'_\gamma = 195.13$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	6.98
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	351.43

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	1.1530	-0.0010	0.0656
3	0.30	2.3621	0.0088	0.2626
4	0.45	3.6273	0.0486	0.5908
5	0.60	4.9485	0.1378	1.0503
6	0.75	6.3258	0.2956	1.6411

7	0.90	7.7591	0.5413	2.3631
8	1.05	9.2486	0.8942	3.2165
9	1.20	10.7940	1.3734	4.2012
10	1.35	12.3956	1.9984	5.3171
11	1.50	14.0532	2.7883	6.5643
12	1.65	15.7668	3.7625	7.9428
13	1.80	17.5366	4.9401	9.4526
14	1.95	19.3624	6.3406	11.0937
15	2.10	21.2442	7.9830	12.8660
16	2.25	23.1822	9.8868	14.7697
17	2.40	25.1761	12.0712	16.8046
18	2.55	27.2262	14.5554	18.9710
19	2.70	29.3323	17.3591	21.2771
20	2.85	31.4945	20.5047	23.7466
21	3.00	33.7127	24.0163	26.3654

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 3

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.03	0.0302	2.0154
3	0.06	0.1210	4.0352
4	0.09	0.2724	6.0593
5	0.12	0.4846	8.0877
6	0.15	0.7577	10.1205
7	0.18	1.0918	12.1575
8	0.21	1.4872	14.1989
9	0.24	1.9438	16.2446
10	0.27	2.4619	18.2946
11	0.30	3.0415	20.3490

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.21	-0.0137	-0.1011
3	0.42	-0.0300	-0.0240
4	0.63	-0.0146	0.1568
5	0.84	0.0218	0.1540
6	1.05	0.0353	-0.0605
7	1.26	-0.0185	-0.4868
8	1.47	-0.1840	-1.1249
9	1.68	-0.5058	-1.9748
10	1.89	-1.0283	-3.0365
11	2.10	-1.7959	-4.3099

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 3

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_s area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_t area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N _u	sfuerzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V _{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 30	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	125.49	--	--
2	0.15	100, 32	10.05	10.05	4334.07	3.84	3758.85	128.74	--	--
3	0.30	100, 33	10.05	10.05	4477.73	-16.61	1895.64	131.92	--	--
4	0.45	100, 35	10.05	10.05	4562.42	-61.15	1257.80	135.06	--	--
5	0.60	100, 36	10.05	10.05	4613.34	-128.48	932.27	138.14	--	--
6	0.75	100, 38	10.05	10.05	4507.73	-210.67	712.60	141.17	--	--
7	0.90	100, 39	10.05	10.05	4104.72	-286.37	529.02	144.77	--	--
8	1.05	100, 41	10.05	10.05	3669.49	-354.78	396.76	149.13	--	--
9	1.20	100, 42	10.05	10.05	3254.75	-414.14	301.53	153.47	--	--
10	1.35	100, 44	10.05	10.05	2851.22	-459.67	230.02	157.79	--	--
11	1.50	100, 45	10.05	10.05	2393.19	-474.84	170.30	162.08	--	--
12	1.65	100, 47	10.05	10.05	1951.66	-465.73	123.78	166.36	--	--
13	1.80	100, 48	10.05	10.05	1577.06	-444.27	89.93	170.63	--	--
14	1.95	100, 50	10.05	10.05	1284.75	-420.71	66.35	174.88	--	--
15	2.10	100, 51	10.05	10.05	1039.83	-390.74	48.95	179.11	--	--
16	2.25	100, 53	10.05	10.05	870.98	-371.46	37.57	183.34	--	--
17	2.40	100, 54	10.05	10.05	736.64	-353.19	29.26	187.55	--	--
18	2.55	100, 56	10.05	10.05	638.76	-341.48	23.46	191.75	--	--
19	2.70	100, 57	10.05	10.05	564.39	-334.01	19.24	195.94	--	--
20	2.85	100, 59	10.05	10.05	505.97	-329.41	16.07	200.12	--	--
21	3.00	100, 60	10.05	10.05	458.80	-326.84	13.61	204.29	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 3

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
N _u	sfuerzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V _{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.03	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	8285.62	224.88	--	--
3	0.06	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	2069.93	224.88	--	--
4	0.09	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	919.31	224.88	--	--
5	0.12	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	516.74	224.88	--	--
6	0.15	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	330.48	224.88	--	--
7	0.18	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	229.34	224.88	--	--
8	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	168.37	224.88	--	--
9	0.24	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	128.82	224.88	--	--
10	0.27	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	101.71	224.88	--	--
11	0.30	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	82.33	224.88	--	--

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	18223.83	224.88	--	--
3	0.42	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	8347.31	224.88	--	--
4	0.63	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	17190.43	224.88	--	--
5	0.84	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	11501.59	224.88	--	--

6	1.05	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	7094.75	224.88	--	--
7	1.26	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	13555.13	224.88	--	--
8	1.47	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	1360.85	224.88	--	--
9	1.68	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	495.08	224.88	--	--
10	1.89	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	243.52	224.88	--	--
11	2.10	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	139.43	224.88	--	--

COMBINAZIONE n° 4

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	61.3099	[kN]								
Componente orizzontale della spinta statica	56.2958	[kN]								
Componente verticale della spinta statica	24.2836	[kN]								
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.10	[m]					Y = -2.41		[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]								
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54.26	[°]								
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	126.8505	[kN]								
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]					Y = -1.49		[m]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	56.2958	[kN]								
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	263.2592	[kN]								
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	263.2592	[kN]								
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	56.2958	[kN]								
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.06	[m]								
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]								
Risultante in fondazione	269.2111	[kN]								
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12.07	[°]								
Momento rispetto al baricentro della fondazione	14.9824	[kNm]								
Carico ultimo della fondazione	94596.5160	[kN]								

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]								
Tensione terreno allo spigolo di valle	97.74	[kPa]								
Tensione terreno allo spigolo di monte	77.76	[kPa]								

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 173.64$	$N_q = 187.21$	$N_\gamma = 299.52$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.73$	$i_q = 0.73$	$i_\gamma = 0.64$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 147.13$	$N'_q = 145.50$	$N'_\gamma = 192.39$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	6.84
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	359.33

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	1.4989	-0.0023	0.0656
3	0.30	3.0708	0.0035	0.2626
4	0.45	4.7155	0.0366	0.5908
5	0.60	6.4331	0.1161	1.0503

6	0.75	8.2235	0.2612	1.6411
7	0.90	10.0869	0.4910	2.3631
8	1.05	12.0231	0.8247	3.2165
9	1.20	14.0322	1.2813	4.2012
10	1.35	16.1142	1.8801	5.3171
11	1.50	18.2691	2.6402	6.5643
12	1.65	20.4969	3.5807	7.9428
13	1.80	22.7976	4.7207	9.4526
14	1.95	25.1711	6.0795	11.0937
15	2.10	27.6175	7.6761	12.8660
16	2.25	30.1368	9.5297	14.7697
17	2.40	32.7290	11.6594	16.8046
18	2.55	35.3941	14.0844	18.9710
19	2.70	38.1320	16.8243	21.2771
20	2.85	40.9428	19.9011	23.7466
21	3.00	43.8265	23.3391	26.3654

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.03	0.0337	2.2467
3	0.06	0.1347	4.4875
4	0.09	0.3029	6.7223
5	0.12	0.5380	8.9510
6	0.15	0.8399	11.1738
7	0.18	1.2084	13.3906
8	0.21	1.6433	15.6013
9	0.24	2.1444	17.8061
10	0.27	2.7116	20.0049
11	0.30	3.3446	22.1977

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.21	-0.5804	-5.4138
3	0.42	-2.2259	-10.1439
4	0.63	-4.7962	-14.2649
5	0.84	-8.1959	-18.0640
6	1.05	-12.3626	-21.5695
7	1.26	-17.2345	-24.7813
8	1.47	-22.7501	-27.6994
9	1.68	-28.8477	-30.3239
10	1.89	-35.4656	-32.6547
11	2.10	-42.5422	-34.6919

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 4

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

H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V _{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 30	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	125.49	--	--
2	0.15	100, 32	10.05	10.05	4327.94	6.68	2887.33	128.78	--	--
3	0.30	100, 33	10.05	10.05	4501.16	-5.15	1465.81	132.02	--	--
4	0.45	100, 35	10.05	10.05	4611.56	-35.81	977.96	135.20	--	--
5	0.60	100, 36	10.05	10.05	4694.01	-84.75	729.67	138.34	--	--
6	0.75	100, 38	10.05	10.05	4754.03	-151.02	578.10	141.43	--	--
7	0.90	100, 39	10.05	10.05	4664.69	-227.08	462.45	145.08	--	--
8	1.05	100, 41	10.05	10.05	4342.37	-297.85	361.17	149.51	--	--
9	1.20	100, 42	10.05	10.05	3990.79	-364.42	284.40	153.91	--	--
10	1.35	100, 44	10.05	10.05	3638.66	-424.54	225.80	158.29	--	--
11	1.50	100, 45	10.05	10.05	3311.81	-478.61	181.28	162.66	--	--
12	1.65	100, 47	10.05	10.05	2964.91	-517.95	144.65	167.01	--	--
13	1.80	100, 48	10.05	10.05	2572.36	-532.66	112.83	171.35	--	--
14	1.95	100, 50	10.05	10.05	2194.86	-530.12	87.20	175.68	--	--
15	2.10	100, 51	10.05	10.05	1854.72	-515.51	67.16	179.99	--	--
16	2.25	100, 53	10.05	10.05	1563.73	-494.47	51.89	184.30	--	--
17	2.40	100, 54	10.05	10.05	1332.11	-474.55	40.70	188.60	--	--
18	2.55	100, 56	10.05	10.05	1127.16	-448.53	31.85	192.88	--	--
19	2.70	100, 57	10.05	10.05	979.21	-432.04	25.68	197.17	--	--
20	2.85	100, 59	10.05	10.05	851.38	-413.83	20.79	201.44	--	--
21	3.00	100, 60	10.05	10.05	752.14	-400.54	17.16	205.71	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 4

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V _{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.03	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	7426.68	224.88	--	--
3	0.06	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	1858.32	224.88	--	--
4	0.09	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	826.66	224.88	--	--
5	0.12	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	465.41	224.88	--	--
6	0.15	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	298.13	224.88	--	--
7	0.18	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	207.22	224.88	--	--
8	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	152.38	224.88	--	--
9	0.24	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	116.77	224.88	--	--
10	0.27	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	92.34	224.88	--	--
11	0.30	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	74.87	224.88	--	--

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	431.41	224.88	--	--
3	0.42	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	112.49	224.88	--	--

4	0.63	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	52.21	224.88	--	--
5	0.84	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	30.55	224.88	--	--
6	1.05	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	20.25	224.88	--	--
7	1.26	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	14.53	224.88	--	--
8	1.47	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	11.01	224.88	--	--
9	1.68	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	8.68	224.88	--	--
10	1.89	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	7.06	224.88	--	--
11	2.10	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	5.89	224.88	--	--

COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	68.6763	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	64.9195	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	22.4028	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19.04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	48.37	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	114.1655	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.49	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	64.9195	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	214.1933	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	83.8129	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	381.6324	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	214.1933	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	64.9195	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.11	[m]
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Risultante in fondazione	223.8154	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16.86	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	23.4705	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.55
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6

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]
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]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 2.98

Raggio del cerchio R[m]= 7.00

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.37

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6.91

Larghezza della striscia dx[m]= 0.45

Coefficiente di sicurezza C= 5.64

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	6.2013	73.55	5.9475	0.0156	29.26	0	0
2	15.7430	63.22	14.0545	0.0098	29.26	0	0
3	21.3891	55.83	17.6966	0.0079	29.26	0	0
4	25.4011	49.68	19.3682	0.0068	29.26	0	0
5	28.3976	44.25	19.8158	0.0062	29.26	0	0
6	30.6606	39.29	19.4138	0.0057	29.26	0	0

7	32.3476	34.65	18.3934	0.0054	29.26	0	0
8	33.5575	30.27	16.9155	0.0051	29.26	0	0
9	34.3566	26.08	15.1015	0.0049	29.26	0	0
10	34.7911	22.03	13.0480	0.0048	29.26	0	0
11	35.4464	18.09	11.0074	0.0047	32.83	38	0
12	36.4984	14.24	8.9800	0.0046	40.63	120	0
13	37.1655	10.46	6.7471	0.0045	40.63	120	0
14	37.9093	6.72	4.4373	0.0045	40.63	120	0
15	38.3289	3.01	2.0146	0.0044	40.63	120	0
16	42.6871	-0.68	-0.5092	0.0044	40.63	120	0
17	23.1807	-4.38	-1.7714	0.0044	40.63	120	0
18	14.0407	-8.10	-1.9784	0.0045	40.63	120	0
19	12.7393	-11.85	-2.6167	0.0045	40.63	120	0
20	11.4924	-15.66	-3.1017	0.0046	40.24	116	0
21	10.0666	-19.54	-3.3662	0.0047	29.26	0	0
22	8.4590	-23.51	-3.3743	0.0048	29.26	0	0
23	6.5092	-27.61	-3.0165	0.0050	29.26	0	0
24	4.1795	-31.87	-2.2066	0.0052	29.26	0	0
25	1.4173	-36.33	-0.8397	0.0055	29.26	0	0

$\Sigma W_i = 582.9660$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 170.1604$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 405.0712$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 5.33$

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	47.1615	[kN]			
Componente orizzontale della spinta statica	43.3044	[kN]			
Componente verticale della spinta statica	18.6797	[kN]			
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54.26	[°]			
Incremento sismico della spinta	20.0548	[kN]			
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	43.82	[°]			
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	126.8505	[kN]			
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.49	[m]	
Inerzia del muro	10.9757	[kN]			
Inerzia verticale del muro	-5.4878	[kN]			
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	16.1422	[kN]			
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-8.0711	[kN]			
<u>Risultanti</u>					
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	88.8369	[kN]			
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	226.1646	[kN]			
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	226.1646	[kN]			
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	88.8369	[kN]			
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.26	[m]			
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]			
Risultante in fondazione	242.9865	[kN]			
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21.44	[°]			
Momento rispetto al baricentro della fondazione	58.6803	[kNm]			
Carico ultimo della fondazione	59946.4426	[kN]			
<u>Tensioni sul terreno</u>					
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]			
Tensione terreno allo spigolo di valle	114.51	[kPa]			
Tensione terreno allo spigolo di monte	36.27	[kPa]			

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 173.64$	$N_q = 187.21$	$N_\gamma = 299.52$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.55$	$i_q = 0.55$	$i_\gamma = 0.43$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.21	-0.9334	-8.6481
3	0.42	-3.5307	-15.8459
4	0.63	-7.4897	-21.6511
5	0.84	-12.5430	-26.2843
6	1.05	-18.4486	-29.7675
7	1.26	-24.9649	-32.1004
8	1.47	-31.8503	-33.2833
9	1.68	-38.8633	-33.3160
10	1.89	-45.7625	-32.1986
11	2.10	-52.3062	-29.9310

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 7

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

B base della sezione espressa in [cm]
 H altezza della sezione espressa in [cm]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
 A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
 N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
 M_u momento ultimo espresso in [kNm]
 CS coefficiente sicurezza sezione
 VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
 VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
 VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 30	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	125.49	--	--
2	0.15	100, 32	10.05	10.05	4262.44	-36.97	3696.72	128.74	--	--
3	0.30	100, 33	10.05	10.05	4310.29	-98.50	1824.75	131.92	--	--
4	0.45	100, 35	10.05	10.05	4212.39	-177.58	1161.31	135.06	--	--
5	0.60	100, 36	10.05	10.05	3776.44	-250.14	763.15	138.14	--	--
6	0.75	100, 38	10.05	10.05	3318.56	-314.52	524.61	141.17	--	--
7	0.90	100, 39	10.05	10.05	2892.36	-368.73	372.77	144.77	--	--
8	1.05	100, 41	10.05	10.05	2471.18	-405.51	267.20	149.13	--	--
9	1.20	100, 42	10.05	10.05	1986.78	-406.03	184.06	153.47	--	--
10	1.35	100, 44	10.05	10.05	1578.12	-391.49	127.31	157.79	--	--
11	1.50	100, 45	10.05	10.05	1250.83	-369.01	89.01	162.08	--	--
12	1.65	100, 47	10.05	10.05	995.80	-343.54	63.16	166.36	--	--
13	1.80	100, 48	10.05	10.05	818.82	-325.76	46.69	170.63	--	--
14	1.95	100, 50	10.05	10.05	682.90	-309.62	35.27	174.88	--	--
15	2.10	100, 51	10.05	10.05	586.18	-299.82	27.59	179.11	--	--
16	2.25	100, 53	10.05	10.05	514.00	-294.01	22.17	183.34	--	--
17	2.40	100, 54	10.05	10.05	458.19	-290.87	18.20	187.55	--	--
18	2.55	100, 56	10.05	10.05	413.83	-289.59	15.20	191.75	--	--
19	2.70	100, 57	10.05	10.05	377.75	-289.68	12.88	195.94	--	--
20	2.85	100, 59	10.05	10.05	347.83	-290.76	11.04	200.12	--	--
21	3.00	100, 60	10.05	10.05	322.57	-292.61	9.57	204.29	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 7

Simbologia adottata

B base della sezione espressa in [cm]
 H altezza della sezione espressa in [cm]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
 A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
 N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
 M_u momento ultimo espresso in [kNm]
 CS coefficiente sicurezza sezione
 VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
 VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
 VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.03	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	5751.49	224.88	--	--
3	0.06	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	1441.76	224.88	--	--
4	0.09	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	642.52	224.88	--	--
5	0.12	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	362.40	224.88	--	--
6	0.15	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	232.57	224.88	--	--
7	0.18	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	161.95	224.88	--	--
8	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	119.31	224.88	--	--
9	0.24	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	91.60	224.88	--	--
10	0.27	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	72.57	224.88	--	--
11	0.30	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	58.94	224.88	--	--

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	268.26	224.88	--	--
3	0.42	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	70.92	224.88	--	--
4	0.63	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	33.43	224.88	--	--
5	0.84	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	19.96	224.88	--	--
6	1.05	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	13.57	224.88	--	--
7	1.26	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	10.03	224.88	--	--
8	1.47	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	7.86	224.88	--	--
9	1.68	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	6.44	224.88	--	--
10	1.89	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	5.47	224.88	--	--
11	2.10	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	4.79	224.88	--	--

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	47.1615	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	43.3044	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	18.6797	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54.26	[°]		
Incremento sismico della spinta	25.1146	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	45.32	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	126.8505	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.49	[m]
Inerzia del muro	10.9757	[kN]		
Inerzia verticale del muro	5.4878	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	16.1422	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	8.0711	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	93.4830	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	255.2866	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	255.2866	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	93.4830	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.23	[m]
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Risultante in fondazione	271.8645	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20.11	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	57.8917	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	62786.5533	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	123.69	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	46.50	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 173.64$	$N_q = 187.21$	$N_\gamma = 299.52$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.56$	$i_q = 0.57$	$i_\gamma = 0.44$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 113.37$	$N'_q = 112.35$	$N'_\gamma = 132.12$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	4.07
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	245.95

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	1.1530	0.0103	0.2201
3	0.30	2.3621	0.0562	0.5941
4	0.45	3.6273	0.1605	1.1219
5	0.60	4.9485	0.3458	1.8037
6	0.75	6.3258	0.6347	2.6393
7	0.90	7.7591	1.0499	3.6288
8	1.05	9.2486	1.6140	4.7722
9	1.20	10.7940	2.3498	6.0694
10	1.35	12.3956	3.2799	7.5206
11	1.50	14.0532	4.4269	9.1256
12	1.65	15.7668	5.8135	10.8845
13	1.80	17.5366	7.4623	12.7973
14	1.95	19.3624	9.3961	14.8639
15	2.10	21.2442	11.6374	17.0845
16	2.25	23.1822	14.2090	19.4589
17	2.40	25.1761	17.1334	21.9872
18	2.55	27.2262	20.4334	24.6696
19	2.70	29.3323	24.1321	27.5152
20	2.85	31.4945	28.2555	30.5506
21	3.00	33.7127	32.8318	33.7601

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.03	0.0477	3.1741
3	0.06	0.1902	6.3251
4	0.09	0.4269	9.4529
5	0.12	0.7572	12.5575
6	0.15	1.1802	15.6390
7	0.18	1.6953	18.6974
8	0.21	2.3018	21.7326
9	0.24	2.9990	24.7446

10	0.27	3.7862	27.7334
11	0.30	4.6628	30.6992

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.21	-0.7083	-6.5069
3	0.42	-2.6324	-11.5790
4	0.63	-5.4735	-15.2738
5	0.84	-8.9674	-17.8122
6	1.05	-12.8753	-19.2159
7	1.26	-16.9587	-19.4850
8	1.47	-20.9795	-18.6194
9	1.68	-24.6994	-16.6191
10	1.89	-27.8801	-13.4841
11	2.10	-30.2833	-9.2144

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 8

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

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

V_{Rcd} Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]

V_{Rsd} Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]

VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 30	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	125.49	--	--
2	0.15	100, 32	10.05	10.05	4260.23	-37.99	3694.81	128.74	--	--
3	0.30	100, 33	10.05	10.05	4302.29	-102.41	1821.36	131.92	--	--
4	0.45	100, 35	10.05	10.05	4153.91	-183.80	1145.18	135.06	--	--
5	0.60	100, 36	10.05	10.05	3685.04	-257.48	744.68	138.14	--	--
6	0.75	100, 38	10.05	10.05	3202.21	-321.28	506.21	141.17	--	--
7	0.90	100, 39	10.05	10.05	2770.15	-374.82	357.02	144.77	--	--
8	1.05	100, 41	10.05	10.05	2288.68	-399.41	247.46	149.13	--	--
9	1.20	100, 42	10.05	10.05	1810.77	-394.20	167.76	153.47	--	--
10	1.35	100, 44	10.05	10.05	1408.04	-372.57	113.59	157.79	--	--
11	1.50	100, 45	10.05	10.05	1106.01	-348.40	78.70	162.08	--	--
12	1.65	100, 47	10.05	10.05	878.59	-323.95	55.72	166.36	--	--
13	1.80	100, 48	10.05	10.05	719.94	-306.35	41.05	170.63	--	--
14	1.95	100, 50	10.05	10.05	605.71	-293.94	31.28	174.88	--	--
15	2.10	100, 51	10.05	10.05	523.17	-286.59	24.63	179.11	--	--
16	2.25	100, 53	10.05	10.05	460.89	-282.49	19.88	183.34	--	--
17	2.40	100, 54	10.05	10.05	412.32	-280.60	16.38	187.55	--	--
18	2.55	100, 56	10.05	10.05	373.45	-280.28	13.72	191.75	--	--
19	2.70	100, 57	10.05	10.05	341.68	-281.11	11.65	195.94	--	--
20	2.85	100, 59	10.05	10.05	315.21	-282.79	10.01	200.12	--	--
21	3.00	100, 60	10.05	10.05	292.78	-285.13	8.68	204.29	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 8

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V _{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.03	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	5252.79	224.88	--	--
3	0.06	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	1316.40	224.88	--	--
4	0.09	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	586.49	224.88	--	--
5	0.12	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	330.71	224.88	--	--
6	0.15	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	212.17	224.88	--	--
7	0.18	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	147.70	224.88	--	--
8	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	108.79	224.88	--	--
9	0.24	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	83.49	224.88	--	--
10	0.27	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	66.13	224.88	--	--
11	0.30	100, 70	10.05	10.05	0.00	250.40	53.70	224.88	--	--

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	224.88	--	--
2	0.21	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	353.51	224.88	--	--
3	0.42	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	95.12	224.88	--	--
4	0.63	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	45.75	224.88	--	--
5	0.84	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	27.92	224.88	--	--
6	1.05	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	19.45	224.88	--	--
7	1.26	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	14.77	224.88	--	--
8	1.47	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	11.94	224.88	--	--
9	1.68	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	10.14	224.88	--	--
10	1.89	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	8.98	224.88	--	--
11	2.10	100, 70	10.05	10.05	0.00	-250.40	8.27	224.88	--	--

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	62.4330	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	59.0178	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	20.3662	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19.04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	48.37	[°]		
Incremento sismico della spinta	31.9829	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	33.31	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	126.8505	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.49	[m]
Inerzia del muro	10.9757	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-5.4878	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	16.1422	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-8.0711	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	116.3690	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	230.3409	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	184.2069	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	441.7579	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	230.3409	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	116.3690	[kN]

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.38	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]		
Risultante in fondazione	258.0672	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	26.80	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	87.9604	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.40

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	62.4330	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	59.0178	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	20.3662	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19.04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	48.37	[°]		
Incremento sismico della spinta	37.1994	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	35.75	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	126.8505	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.49	[m]
Inerzia del muro	10.9757	[kN]		
Inerzia verticale del muro	5.4878	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	16.1422	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	8.0711	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	121.3001	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	259.1605	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	168.3444	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	469.0916	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	259.1605	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	121.3001	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.34	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]		
Risultante in fondazione	286.1431	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	25.08	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	87.9935	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.79

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
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]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 2.98

Raggio del cerchio R[m]= 7.00

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.37

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6.91

Larghezza della striscia dx[m]= 0.45

Coefficiente di sicurezza C= 4.29

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	6.2013	73.55	5.9475	0.0156	29.26	0	0

2	15.7430	63.22	14.0545	0.0098	29.26	0	0
3	21.3891	55.83	17.6966	0.0079	29.26	0	0
4	25.4011	49.68	19.3682	0.0068	29.26	0	0
5	28.3976	44.25	19.8158	0.0062	29.26	0	0
6	30.6606	39.29	19.4138	0.0057	29.26	0	0
7	32.3476	34.65	18.3934	0.0054	29.26	0	0
8	33.5575	30.27	16.9155	0.0051	29.26	0	0
9	34.3566	26.08	15.1015	0.0049	29.26	0	0
10	34.7911	22.03	13.0480	0.0048	29.26	0	0
11	35.4464	18.09	11.0074	0.0047	32.83	38	0
12	36.4984	14.24	8.9800	0.0046	40.63	120	0
13	37.1655	10.46	6.7471	0.0045	40.63	120	0
14	37.9093	6.72	4.4373	0.0045	40.63	120	0
15	38.3289	3.01	2.0146	0.0044	40.63	120	0
16	42.6871	-0.68	-0.5092	0.0044	40.63	120	0
17	23.1807	-4.38	-1.7714	0.0044	40.63	120	0
18	14.0407	-8.10	-1.9784	0.0045	40.63	120	0
19	12.7393	-11.85	-2.6167	0.0045	40.63	120	0
20	11.4924	-15.66	-3.1017	0.0046	40.24	116	0
21	10.0666	-19.54	-3.3662	0.0047	29.26	0	0
22	8.4590	-23.51	-3.3743	0.0048	29.26	0	0
23	6.5092	-27.61	-3.0165	0.0050	29.26	0	0
24	4.1795	-31.87	-2.2066	0.0052	29.26	0	0
25	1.4173	-36.33	-0.8397	0.0055	29.26	0	0

$\Sigma W_i = 582.9660$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 170.1604$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 405.0712$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 5.33$

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
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]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 2.98

Raggio del cerchio R[m]= 7.00

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.37

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6.91

Larghezza della striscia dx[m]= 0.45

Coefficiente di sicurezza C= 4.47

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	ϕ	c	u
1	6.2013	73.55	5.9475	0.0156	29.26	0	0
2	15.7430	63.22	14.0545	0.0098	29.26	0	0
3	21.3891	55.83	17.6966	0.0079	29.26	0	0
4	25.4011	49.68	19.3682	0.0068	29.26	0	0
5	28.3976	44.25	19.8158	0.0062	29.26	0	0
6	30.6606	39.29	19.4138	0.0057	29.26	0	0
7	32.3476	34.65	18.3934	0.0054	29.26	0	0
8	33.5575	30.27	16.9155	0.0051	29.26	0	0
9	34.3566	26.08	15.1015	0.0049	29.26	0	0
10	34.7911	22.03	13.0480	0.0048	29.26	0	0
11	35.4464	18.09	11.0074	0.0047	32.83	38	0
12	36.4984	14.24	8.9800	0.0046	40.63	120	0
13	37.1655	10.46	6.7471	0.0045	40.63	120	0

14	37.9093	6.72	4.4373	0.0045	40.63	120	0
15	38.3289	3.01	2.0146	0.0044	40.63	120	0
16	42.6871	-0.68	-0.5092	0.0044	40.63	120	0
17	23.1807	-4.38	-1.7714	0.0044	40.63	120	0
18	14.0407	-8.10	-1.9784	0.0045	40.63	120	0
19	12.7393	-11.85	-2.6167	0.0045	40.63	120	0
20	11.4924	-15.66	-3.1017	0.0046	40.24	116	0
21	10.0666	-19.54	-3.3662	0.0047	29.26	0	0
22	8.4590	-23.51	-3.3743	0.0048	29.26	0	0
23	6.5092	-27.61	-3.0165	0.0050	29.26	0	0
24	4.1795	-31.87	-2.2066	0.0052	29.26	0	0
25	1.4173	-36.33	-0.8397	0.0055	29.26	0	0

$\Sigma W_i = 582.9660$ [kN]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 170.1604$ [kN]
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 405.0712$ [kN]
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 5.33$

COMBINAZIONE n° 13

Valore della spinta statica	47.1615	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	43.3044	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	18.6797	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54.26	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	126.8505	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.49	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	43.3044	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	231.7802	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	231.7802	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	43.3044	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.01	[m]
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Risultante in fondazione	235.7909	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10.58	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1.8214	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	104506.0057	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	76.05	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	78.47	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 173.64$	$N_q = 187.21$	$N_\gamma = 299.52$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.78$	$i_q = 0.78$	$i_\gamma = 0.70$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 156.31$	$N'_q = 154.51$	$N'_\gamma = 209.70$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	8.45
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	450.88

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 13

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm
 Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN
 Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	1.1530	-0.0018	0.0505
3	0.30	2.3621	0.0027	0.2020
4	0.45	3.6273	0.0282	0.4545
5	0.60	4.9485	0.0893	0.8079
6	0.75	6.3258	0.2010	1.2624
7	0.90	7.7591	0.3777	1.8178
8	1.05	9.2486	0.6344	2.4742
9	1.20	10.7940	0.9856	3.2317
10	1.35	12.3956	1.4463	4.0901
11	1.50	14.0532	2.0309	5.0495
12	1.65	15.7668	2.7544	6.1099
13	1.80	17.5366	3.6313	7.2712
14	1.95	19.3624	4.6765	8.5336
15	2.10	21.2442	5.9047	9.8970
16	2.25	23.1822	7.3305	11.3613
17	2.40	25.1761	8.9688	12.9266
18	2.55	27.2262	10.8342	14.5931
19	2.70	29.3323	12.9418	16.3670
20	2.85	31.4945	15.3086	18.2666
21	3.00	33.7127	17.9531	20.2811

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 13

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.03	0.0263	1.7567
3	0.06	0.1054	3.5142
4	0.09	0.2372	5.2724
5	0.12	0.4218	7.0313
6	0.15	0.6591	8.7910
7	0.18	0.9492	10.5514
8	0.21	1.2922	12.3125
9	0.24	1.6880	14.0743
10	0.27	2.1367	15.8369
11	0.30	2.6382	17.6002

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 13

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.21	-0.0443	-0.3777
3	0.42	-0.1401	-0.4909
4	0.63	-0.2345	-0.3973
5	0.84	-0.3089	-0.3177
6	1.05	-0.3704	-0.2737
7	1.26	-0.4264	-0.2655
8	1.47	-0.4844	-0.2929
9	1.68	-0.5519	-0.3560
10	1.89	-0.6364	-0.4548

11 2.10 -0.7454 -0.5894

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 13

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

B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0.00	100, 30	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.15	100, 32	10.05	10.05	3	0	-51	-49
3	0.30	100, 33	10.05	10.05	7	1	-97	-100
4	0.45	100, 35	10.05	10.05	11	2	-131	-159
5	0.60	100, 36	10.05	10.05	16	3	-148	-232
6	0.75	100, 38	10.05	10.05	23	4	-146	-322
7	0.90	100, 39	10.05	10.05	31	6	-122	-432
8	1.05	100, 41	10.05	10.05	42	8	-75	-563
9	1.20	100, 42	10.05	10.05	54	10	13	-722
10	1.35	100, 44	10.05	10.05	70	12	199	-927
11	1.50	100, 45	10.05	10.05	92	14	549	-1186
12	1.65	100, 47	10.05	10.05	118	17	1129	-1503
13	1.80	100, 48	10.05	10.05	151	19	1981	-1873
14	1.95	100, 50	10.05	10.05	187	22	3122	-2289
15	2.10	100, 51	10.05	10.05	228	25	4549	-2747
16	2.25	100, 53	10.05	10.05	273	28	6260	-3244
17	2.40	100, 54	10.05	10.05	322	30	8252	-3779
18	2.55	100, 56	10.05	10.05	374	33	10523	-4352
19	2.70	100, 57	10.05	10.05	429	36	13074	-4962
20	2.85	100, 59	10.05	10.05	488	39	15909	-5610
21	3.00	100, 60	10.05	10.05	550	43	19037	-6297

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 13

Simbologia adottata

B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi} tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs} tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.03	100, 70	10.05	10.05	1	3	42	-6
3	0.06	100, 70	10.05	10.05	2	6	169	-24
4	0.09	100, 70	10.05	10.05	6	9	380	-55
5	0.12	100, 70	10.05	10.05	10	13	676	-98
6	0.15	100, 70	10.05	10.05	15	16	1057	-153
7	0.18	100, 70	10.05	10.05	22	19	1522	-220
8	0.21	100, 70	10.05	10.05	30	22	2071	-299
9	0.24	100, 70	10.05	10.05	39	25	2706	-391
10	0.27	100, 70	10.05	10.05	50	28	3425	-495
11	0.30	100, 70	10.05	10.05	62	31	4229	-611

Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.21	100, 70	10.05	10.05	1	-1	-10	71
3	0.42	100, 70	10.05	10.05	3	-1	-32	225
4	0.63	100, 70	10.05	10.05	5	-1	-54	376
5	0.84	100, 70	10.05	10.05	7	-1	-72	495
6	1.05	100, 70	10.05	10.05	9	0	-86	594
7	1.26	100, 70	10.05	10.05	10	0	-99	684
8	1.47	100, 70	10.05	10.05	11	-1	-112	776
9	1.68	100, 70	10.05	10.05	13	-1	-128	885
10	1.89	100, 70	10.05	10.05	15	-1	-147	1020
11	2.10	100, 70	10.05	10.05	17	-1	-173	1195

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 13

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

A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
M _{prf}	Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
M	Momento agente nella sezione espressa in [kNm]
ε _m	deformazione media espressa in [%]
s _m	Distanza media tra le fessure espressa in [mm]
w	Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{prf}	M	ε _m	s _m	w
1	0.00	10.05	10.05	-23.68	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.15	10.05	10.05	26.05	0.00	0.0000	0.00	0.000
3	0.30	10.05	10.05	-28.54	0.00	0.0000	0.00	0.000
4	0.45	10.05	10.05	-31.13	-0.03	0.0000	0.00	0.000
5	0.60	10.05	10.05	-33.83	-0.09	0.0000	0.00	0.000
6	0.75	10.05	10.05	-36.63	-0.20	0.0000	0.00	0.000
7	0.90	10.05	10.05	-39.54	-0.38	0.0000	0.00	0.000
8	1.05	10.05	10.05	-42.56	-0.63	0.0000	0.00	0.000
9	1.20	10.05	10.05	-45.68	-0.99	0.0000	0.00	0.000
10	1.35	10.05	10.05	-48.91	-1.45	0.0000	0.00	0.000
11	1.50	10.05	10.05	-52.25	-2.03	0.0000	0.00	0.000
12	1.65	10.05	10.05	-55.69	-2.75	0.0000	0.00	0.000
13	1.80	10.05	10.05	-59.24	-3.63	0.0000	0.00	0.000
14	1.95	10.05	10.05	-62.89	-4.68	0.0000	0.00	0.000
15	2.10	10.05	10.05	-66.65	-5.90	0.0000	0.00	0.000
16	2.25	10.05	10.05	-70.52	-7.33	0.0000	0.00	0.000
17	2.40	10.05	10.05	-74.50	-8.97	0.0000	0.00	0.000
18	2.55	10.05	10.05	-78.58	-10.83	0.0000	0.00	0.000
19	2.70	10.05	10.05	-82.76	-12.94	0.0000	0.00	0.000
20	2.85	10.05	10.05	-87.05	-15.31	0.0000	0.00	0.000
21	3.00	10.05	10.05	-91.45	-17.95	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{prf}	M	ε _m	s _m	w
1	-0.90	10.05	10.05	-123.48	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.87	10.05	10.05	123.48	0.03	0.0000	0.00	0.000
3	-0.84	10.05	10.05	123.48	0.11	0.0000	0.00	0.000
4	-0.81	10.05	10.05	123.48	0.24	0.0000	0.00	0.000
5	-0.78	10.05	10.05	123.48	0.42	0.0000	0.00	0.000
6	-0.75	10.05	10.05	123.48	0.66	0.0000	0.00	0.000
7	-0.72	10.05	10.05	123.48	0.95	0.0000	0.00	0.000
8	-0.69	10.05	10.05	123.48	1.29	0.0000	0.00	0.000
9	-0.66	10.05	10.05	123.48	1.69	0.0000	0.00	0.000
10	-0.63	10.05	10.05	123.48	2.14	0.0000	0.00	0.000
11	-0.60	10.05	10.05	123.48	2.64	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-123.48	-0.75	0.0000	0.00	0.000
13	0.21	10.05	10.05	-123.48	-0.64	0.0000	0.00	0.000
14	0.42	10.05	10.05	-123.48	-0.55	0.0000	0.00	0.000

15	0.63	10.05	10.05	-123.48	-0.48	0.0000	0.00	0.000
16	0.84	10.05	10.05	-123.48	-0.43	0.0000	0.00	0.000
17	1.05	10.05	10.05	-123.48	-0.37	0.0000	0.00	0.000
18	1.26	10.05	10.05	-123.48	-0.31	0.0000	0.00	0.000
19	1.47	10.05	10.05	-123.48	-0.23	0.0000	0.00	0.000
20	1.68	10.05	10.05	-123.48	-0.14	0.0000	0.00	0.000
21	1.89	10.05	10.05	-123.48	-0.04	0.0000	0.00	0.000
22	2.10	10.05	10.05	-123.48	0.00	0.0000	0.00	0.000

COMBINAZIONE n° 14

Valore della spinta statica	47.1615	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	43.3044	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	18.6797	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54.26	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	126.8505	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.49	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	43.3044	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	231.7802	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	231.7802	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	43.3044	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.01	[m]
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Risultante in fondazione	235.7909	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10.58	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1.8214	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	104506.0057	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	76.05	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	78.47	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 173.64$	$N_q = 187.21$	$N_\gamma = 299.52$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.78$	$i_q = 0.78$	$i_\gamma = 0.70$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 156.31$	$N'_q = 154.51$	$N'_\gamma = 209.70$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	8.45
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	450.88

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 14

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	1.1530	-0.0018	0.0505
3	0.30	2.3621	0.0027	0.2020
4	0.45	3.6273	0.0282	0.4545
5	0.60	4.9485	0.0893	0.8079

6	0.75	6.3258	0.2010	1.2624
7	0.90	7.7591	0.3777	1.8178
8	1.05	9.2486	0.6344	2.4742
9	1.20	10.7940	0.9856	3.2317
10	1.35	12.3956	1.4463	4.0901
11	1.50	14.0532	2.0309	5.0495
12	1.65	15.7668	2.7544	6.1099
13	1.80	17.5366	3.6313	7.2712
14	1.95	19.3624	4.6765	8.5336
15	2.10	21.2442	5.9047	9.8970
16	2.25	23.1822	7.3305	11.3613
17	2.40	25.1761	8.9688	12.9266
18	2.55	27.2262	10.8342	14.5931
19	2.70	29.3323	12.9418	16.3670
20	2.85	31.4945	15.3086	18.2666
21	3.00	33.7127	17.9531	20.2811

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 14

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.03	0.0263	1.7567
3	0.06	0.1054	3.5142
4	0.09	0.2372	5.2724
5	0.12	0.4218	7.0313
6	0.15	0.6591	8.7910
7	0.18	0.9492	10.5514
8	0.21	1.2922	12.3125
9	0.24	1.6880	14.0743
10	0.27	2.1367	15.8369
11	0.30	2.6382	17.6002

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 14

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.21	-0.0443	-0.3777
3	0.42	-0.1401	-0.4909
4	0.63	-0.2345	-0.3973
5	0.84	-0.3089	-0.3177
6	1.05	-0.3704	-0.2737
7	1.26	-0.4264	-0.2655
8	1.47	-0.4844	-0.2929
9	1.68	-0.5519	-0.3560
10	1.89	-0.6364	-0.4548
11	2.10	-0.7454	-0.5894

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 14

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

H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0.00	100, 30	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.15	100, 32	10.05	10.05	3	0	-51	-49
3	0.30	100, 33	10.05	10.05	7	1	-97	-100
4	0.45	100, 35	10.05	10.05	11	2	-131	-159
5	0.60	100, 36	10.05	10.05	16	3	-148	-232
6	0.75	100, 38	10.05	10.05	23	4	-146	-322
7	0.90	100, 39	10.05	10.05	31	6	-122	-432
8	1.05	100, 41	10.05	10.05	42	8	-75	-563
9	1.20	100, 42	10.05	10.05	54	10	13	-722
10	1.35	100, 44	10.05	10.05	70	12	199	-927
11	1.50	100, 45	10.05	10.05	92	14	549	-1186
12	1.65	100, 47	10.05	10.05	118	17	1129	-1503
13	1.80	100, 48	10.05	10.05	151	19	1981	-1873
14	1.95	100, 50	10.05	10.05	187	22	3122	-2289
15	2.10	100, 51	10.05	10.05	228	25	4549	-2747
16	2.25	100, 53	10.05	10.05	273	28	6260	-3244
17	2.40	100, 54	10.05	10.05	322	30	8252	-3779
18	2.55	100, 56	10.05	10.05	374	33	10523	-4352
19	2.70	100, 57	10.05	10.05	429	36	13074	-4962
20	2.85	100, 59	10.05	10.05	488	39	15909	-5610
21	3.00	100, 60	10.05	10.05	550	43	19037	-6297

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 14

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.03	100, 70	10.05	10.05	1	3	42	-6
3	0.06	100, 70	10.05	10.05	2	6	169	-24
4	0.09	100, 70	10.05	10.05	6	9	380	-55
5	0.12	100, 70	10.05	10.05	10	13	676	-98
6	0.15	100, 70	10.05	10.05	15	16	1057	-153
7	0.18	100, 70	10.05	10.05	22	19	1522	-220
8	0.21	100, 70	10.05	10.05	30	22	2071	-299
9	0.24	100, 70	10.05	10.05	39	25	2706	-391
10	0.27	100, 70	10.05	10.05	50	28	3425	-495
11	0.30	100, 70	10.05	10.05	62	31	4229	-611

Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.21	100, 70	10.05	10.05	1	-1	-10	71
3	0.42	100, 70	10.05	10.05	3	-1	-32	225
4	0.63	100, 70	10.05	10.05	5	-1	-54	376
5	0.84	100, 70	10.05	10.05	7	-1	-72	495
6	1.05	100, 70	10.05	10.05	9	0	-86	594

7	1.26	100, 70	10.05	10.05	10	0	-99	684
8	1.47	100, 70	10.05	10.05	11	-1	-112	776
9	1.68	100, 70	10.05	10.05	13	-1	-128	885
10	1.89	100, 70	10.05	10.05	15	-1	-147	1020
11	2.10	100, 70	10.05	10.05	17	-1	-173	1195

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 14

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

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ε_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pf}	M	ε _m	s _m	w
1	0.00	10.05	10.05	-23.68	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.15	10.05	10.05	26.05	0.00	0.0000	0.00	0.000
3	0.30	10.05	10.05	-28.54	0.00	0.0000	0.00	0.000
4	0.45	10.05	10.05	-31.13	-0.03	0.0000	0.00	0.000
5	0.60	10.05	10.05	-33.83	-0.09	0.0000	0.00	0.000
6	0.75	10.05	10.05	-36.63	-0.20	0.0000	0.00	0.000
7	0.90	10.05	10.05	-39.54	-0.38	0.0000	0.00	0.000
8	1.05	10.05	10.05	-42.56	-0.63	0.0000	0.00	0.000
9	1.20	10.05	10.05	-45.68	-0.99	0.0000	0.00	0.000
10	1.35	10.05	10.05	-48.91	-1.45	0.0000	0.00	0.000
11	1.50	10.05	10.05	-52.25	-2.03	0.0000	0.00	0.000
12	1.65	10.05	10.05	-55.69	-2.75	0.0000	0.00	0.000
13	1.80	10.05	10.05	-59.24	-3.63	0.0000	0.00	0.000
14	1.95	10.05	10.05	-62.89	-4.68	0.0000	0.00	0.000
15	2.10	10.05	10.05	-66.65	-5.90	0.0000	0.00	0.000
16	2.25	10.05	10.05	-70.52	-7.33	0.0000	0.00	0.000
17	2.40	10.05	10.05	-74.50	-8.97	0.0000	0.00	0.000
18	2.55	10.05	10.05	-78.58	-10.83	0.0000	0.00	0.000
19	2.70	10.05	10.05	-82.76	-12.94	0.0000	0.00	0.000
20	2.85	10.05	10.05	-87.05	-15.31	0.0000	0.00	0.000
21	3.00	10.05	10.05	-91.45	-17.95	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pf}	M	ε _m	s _m	w
1	-0.90	10.05	10.05	-123.48	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.87	10.05	10.05	123.48	0.03	0.0000	0.00	0.000
3	-0.84	10.05	10.05	123.48	0.11	0.0000	0.00	0.000
4	-0.81	10.05	10.05	123.48	0.24	0.0000	0.00	0.000
5	-0.78	10.05	10.05	123.48	0.42	0.0000	0.00	0.000
6	-0.75	10.05	10.05	123.48	0.66	0.0000	0.00	0.000
7	-0.72	10.05	10.05	123.48	0.95	0.0000	0.00	0.000
8	-0.69	10.05	10.05	123.48	1.29	0.0000	0.00	0.000
9	-0.66	10.05	10.05	123.48	1.69	0.0000	0.00	0.000
10	-0.63	10.05	10.05	123.48	2.14	0.0000	0.00	0.000
11	-0.60	10.05	10.05	123.48	2.64	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-123.48	-0.75	0.0000	0.00	0.000
13	0.21	10.05	10.05	-123.48	-0.64	0.0000	0.00	0.000
14	0.42	10.05	10.05	-123.48	-0.55	0.0000	0.00	0.000
15	0.63	10.05	10.05	-123.48	-0.48	0.0000	0.00	0.000
16	0.84	10.05	10.05	-123.48	-0.43	0.0000	0.00	0.000
17	1.05	10.05	10.05	-123.48	-0.37	0.0000	0.00	0.000
18	1.26	10.05	10.05	-123.48	-0.31	0.0000	0.00	0.000
19	1.47	10.05	10.05	-123.48	-0.23	0.0000	0.00	0.000
20	1.68	10.05	10.05	-123.48	-0.14	0.0000	0.00	0.000
21	1.89	10.05	10.05	-123.48	-0.04	0.0000	0.00	0.000
22	2.10	10.05	10.05	-123.48	0.00	0.0000	0.00	0.000

COMBINAZIONE n° 15

Valore della spinta statica	47.1615	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	43.3044	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	18.6797	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.10	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54.26	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	126.8505	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.49	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	43.3044	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	231.7802	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	231.7802	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	43.3044	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.01	[m]
Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Risultante in fondazione	235.7909	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10.58	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1.8214	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	104506.0057	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	76.05	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	78.47	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 173.64$	$N_q = 187.21$	$N_\gamma = 299.52$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.78$	$i_q = 0.78$	$i_\gamma = 0.70$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 156.31$	$N'_q = 154.51$	$N'_\gamma = 209.70$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	8.45
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	450.88

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 15

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	1.1530	-0.0018	0.0505
3	0.30	2.3621	0.0027	0.2020
4	0.45	3.6273	0.0282	0.4545
5	0.60	4.9485	0.0893	0.8079
6	0.75	6.3258	0.2010	1.2624
7	0.90	7.7591	0.3777	1.8178
8	1.05	9.2486	0.6344	2.4742
9	1.20	10.7940	0.9856	3.2317
10	1.35	12.3956	1.4463	4.0901
11	1.50	14.0532	2.0309	5.0495
12	1.65	15.7668	2.7544	6.1099
13	1.80	17.5366	3.6313	7.2712
14	1.95	19.3624	4.6765	8.5336
15	2.10	21.2442	5.9047	9.8970
16	2.25	23.1822	7.3305	11.3613
17	2.40	25.1761	8.9688	12.9266

18	2.55	27.2262	10.8342	14.5931
19	2.70	29.3323	12.9418	16.3670
20	2.85	31.4945	15.3086	18.2666
21	3.00	33.7127	17.9531	20.2811

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 15

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.03	0.0263	1.7567
3	0.06	0.1054	3.5142
4	0.09	0.2372	5.2724
5	0.12	0.4218	7.0313
6	0.15	0.6591	8.7910
7	0.18	0.9492	10.5514
8	0.21	1.2922	12.3125
9	0.24	1.6880	14.0743
10	0.27	2.1367	15.8369
11	0.30	2.6382	17.6002

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 15

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.21	-0.0443	-0.3777
3	0.42	-0.1401	-0.4909
4	0.63	-0.2345	-0.3973
5	0.84	-0.3089	-0.3177
6	1.05	-0.3704	-0.2737
7	1.26	-0.4264	-0.2655
8	1.47	-0.4844	-0.2929
9	1.68	-0.5519	-0.3560
10	1.89	-0.6364	-0.4548
11	2.10	-0.7454	-0.5894

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 15

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

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0.00	100, 30	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.15	100, 32	10.05	10.05	3	0	-51	-49
3	0.30	100, 33	10.05	10.05	7	1	-97	-100

4	0.45	100, 35	10.05	10.05	11	2	-131	-159
5	0.60	100, 36	10.05	10.05	16	3	-148	-232
6	0.75	100, 38	10.05	10.05	23	4	-146	-322
7	0.90	100, 39	10.05	10.05	31	6	-122	-432
8	1.05	100, 41	10.05	10.05	42	8	-75	-563
9	1.20	100, 42	10.05	10.05	54	10	13	-722
10	1.35	100, 44	10.05	10.05	70	12	199	-927
11	1.50	100, 45	10.05	10.05	92	14	549	-1186
12	1.65	100, 47	10.05	10.05	118	17	1129	-1503
13	1.80	100, 48	10.05	10.05	151	19	1981	-1873
14	1.95	100, 50	10.05	10.05	187	22	3122	-2289
15	2.10	100, 51	10.05	10.05	228	25	4549	-2747
16	2.25	100, 53	10.05	10.05	273	28	6260	-3244
17	2.40	100, 54	10.05	10.05	322	30	8252	-3779
18	2.55	100, 56	10.05	10.05	374	33	10523	-4352
19	2.70	100, 57	10.05	10.05	429	36	13074	-4962
20	2.85	100, 59	10.05	10.05	488	39	15909	-5610
21	3.00	100, 60	10.05	10.05	550	43	19037	-6297

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 15

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.03	100, 70	10.05	10.05	1	3	42	-6
3	0.06	100, 70	10.05	10.05	2	6	169	-24
4	0.09	100, 70	10.05	10.05	6	9	380	-55
5	0.12	100, 70	10.05	10.05	10	13	676	-98
6	0.15	100, 70	10.05	10.05	15	16	1057	-153
7	0.18	100, 70	10.05	10.05	22	19	1522	-220
8	0.21	100, 70	10.05	10.05	30	22	2071	-299
9	0.24	100, 70	10.05	10.05	39	25	2706	-391
10	0.27	100, 70	10.05	10.05	50	28	3425	-495
11	0.30	100, 70	10.05	10.05	62	31	4229	-611

Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 70	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.21	100, 70	10.05	10.05	1	-1	-10	71
3	0.42	100, 70	10.05	10.05	3	-1	-32	225
4	0.63	100, 70	10.05	10.05	5	-1	-54	376
5	0.84	100, 70	10.05	10.05	7	-1	-72	495
6	1.05	100, 70	10.05	10.05	9	0	-86	594
7	1.26	100, 70	10.05	10.05	10	0	-99	684
8	1.47	100, 70	10.05	10.05	11	-1	-112	776
9	1.68	100, 70	10.05	10.05	13	-1	-128	885
10	1.89	100, 70	10.05	10.05	15	-1	-147	1020
11	2.10	100, 70	10.05	10.05	17	-1	-173	1195

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 15

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

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ϵ_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	10.05	10.05	-23.68	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.15	10.05	10.05	26.05	0.00	0.0000	0.00	0.000
3	0.30	10.05	10.05	-28.54	0.00	0.0000	0.00	0.000
4	0.45	10.05	10.05	-31.13	-0.03	0.0000	0.00	0.000
5	0.60	10.05	10.05	-33.83	-0.09	0.0000	0.00	0.000
6	0.75	10.05	10.05	-36.63	-0.20	0.0000	0.00	0.000
7	0.90	10.05	10.05	-39.54	-0.38	0.0000	0.00	0.000
8	1.05	10.05	10.05	-42.56	-0.63	0.0000	0.00	0.000
9	1.20	10.05	10.05	-45.68	-0.99	0.0000	0.00	0.000
10	1.35	10.05	10.05	-48.91	-1.45	0.0000	0.00	0.000
11	1.50	10.05	10.05	-52.25	-2.03	0.0000	0.00	0.000
12	1.65	10.05	10.05	-55.69	-2.75	0.0000	0.00	0.000
13	1.80	10.05	10.05	-59.24	-3.63	0.0000	0.00	0.000
14	1.95	10.05	10.05	-62.89	-4.68	0.0000	0.00	0.000
15	2.10	10.05	10.05	-66.65	-5.90	0.0000	0.00	0.000
16	2.25	10.05	10.05	-70.52	-7.33	0.0000	0.00	0.000
17	2.40	10.05	10.05	-74.50	-8.97	0.0000	0.00	0.000
18	2.55	10.05	10.05	-78.58	-10.83	0.0000	0.00	0.000
19	2.70	10.05	10.05	-82.76	-12.94	0.0000	0.00	0.000
20	2.85	10.05	10.05	-87.05	-15.31	0.0000	0.00	0.000
21	3.00	10.05	10.05	-91.45	-17.95	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	-0.90	10.05	10.05	-123.48	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.87	10.05	10.05	123.48	0.03	0.0000	0.00	0.000
3	-0.84	10.05	10.05	123.48	0.11	0.0000	0.00	0.000
4	-0.81	10.05	10.05	123.48	0.24	0.0000	0.00	0.000
5	-0.78	10.05	10.05	123.48	0.42	0.0000	0.00	0.000
6	-0.75	10.05	10.05	123.48	0.66	0.0000	0.00	0.000
7	-0.72	10.05	10.05	123.48	0.95	0.0000	0.00	0.000
8	-0.69	10.05	10.05	123.48	1.29	0.0000	0.00	0.000
9	-0.66	10.05	10.05	123.48	1.69	0.0000	0.00	0.000
10	-0.63	10.05	10.05	123.48	2.14	0.0000	0.00	0.000
11	-0.60	10.05	10.05	123.48	2.64	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-123.48	-0.75	0.0000	0.00	0.000
13	0.21	10.05	10.05	-123.48	-0.64	0.0000	0.00	0.000
14	0.42	10.05	10.05	-123.48	-0.55	0.0000	0.00	0.000
15	0.63	10.05	10.05	-123.48	-0.48	0.0000	0.00	0.000
16	0.84	10.05	10.05	-123.48	-0.43	0.0000	0.00	0.000
17	1.05	10.05	10.05	-123.48	-0.37	0.0000	0.00	0.000
18	1.26	10.05	10.05	-123.48	-0.31	0.0000	0.00	0.000
19	1.47	10.05	10.05	-123.48	-0.23	0.0000	0.00	0.000
20	1.68	10.05	10.05	-123.48	-0.14	0.0000	0.00	0.000
21	1.89	10.05	10.05	-123.48	-0.04	0.0000	0.00	0.000
22	2.10	10.05	10.05	-123.48	0.00	0.0000	0.00	0.000