

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI NOVARA

1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

GALLERIA DI DUE CANNE SOTTO AUTOSTRADA A4

Relazione geotecnica opere provvisionali

SCALA:

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

N M 0 Y 0 0 D 1 1 C L G A 0 0 0 0 0 0 5 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Ingloiti	Maggio 2021	M.Milovanovic 	Maggio 2021	F. Perrone 	Maggio 2021	D. Maranzano Maggio 2021



	<p>NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO</p> <p>OPERE D'ARTE</p>												
<p>GA01 Relazione geotecnica opere provvisionali</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>NMOY</td> <td>10</td> <td>D 29 CL</td> <td>GA 01 00 005</td> <td>A</td> <td>2 di 9</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOY	10	D 29 CL	GA 01 00 005	A	2 di 9
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOY	10	D 29 CL	GA 01 00 005	A	2 di 9								

INDICE

1	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	3
2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
2.1	STRUTTURE IN FONDAZIONE – DIAFRAMMI E SOLETTA INFERIORE	5
2.2	ACCIAIO PER ARMATURA MICROPALI.....	5
2.3	ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA CONTROLLATO IN STABILIMENTO.....	5
3	CARATTERISTICHE DEI TERRENI	6
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	8
4.2	ANALISI DEI CARICHI.....	9
5	DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE OPERA.....	9
6	CONCLUSIONI.....	9
7	ALLEGATI	9

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione geotecnica opere provvisionali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 005	REV. A

1 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Le opere provvisionali oggetto della presente relazione di calcolo interessano n° 2 paratie di micropali da eseguire nel corso delle fasi di cantiere con la finalità di garantire il sostegno dei fronti di scavo e la funzionalità della viabilità dell'autostrada A4 mantenuta in esercizio.

In particolare si avrà una paratia "a mensola" in micropali infissi nel rilevato stradale per sostenere il fronte di scavo eseguito nella fase 1C per la realizzazione del solettone sulla testa delle paratie di pali. Lo scavo in questione determina un salto di quota tra il piano carrabile dell'autostrada e il piano di posa del solettone di circa 3.00m di altezza e, per mantenere la larghezza della carreggiata per garantire le due corsie sia in fase 1 sia in fase 2 si rende necessario eseguire lo scavo con fronte verticale, da qui la necessità di realizzazione della paratia di micropali.

La seconda paratia di micropali viene realizzata in fase 2, sulla sede della A4 per difendere lo scavo da realizzarsi per la costruzione di ampliamento dello sbocco del sottopasso esistente.

Data l'altezza del fronte di scavo si procederà con la realizzazione di paratia di micropali tirantata. La scelta si rende necessaria per limitare l'entità dello scavo che, qualora eseguito senza difese in splatemento, porterebbe alla rimozione di porzione importante della carreggiata autostradale interessata dai lavori della galleria in seconda fase.

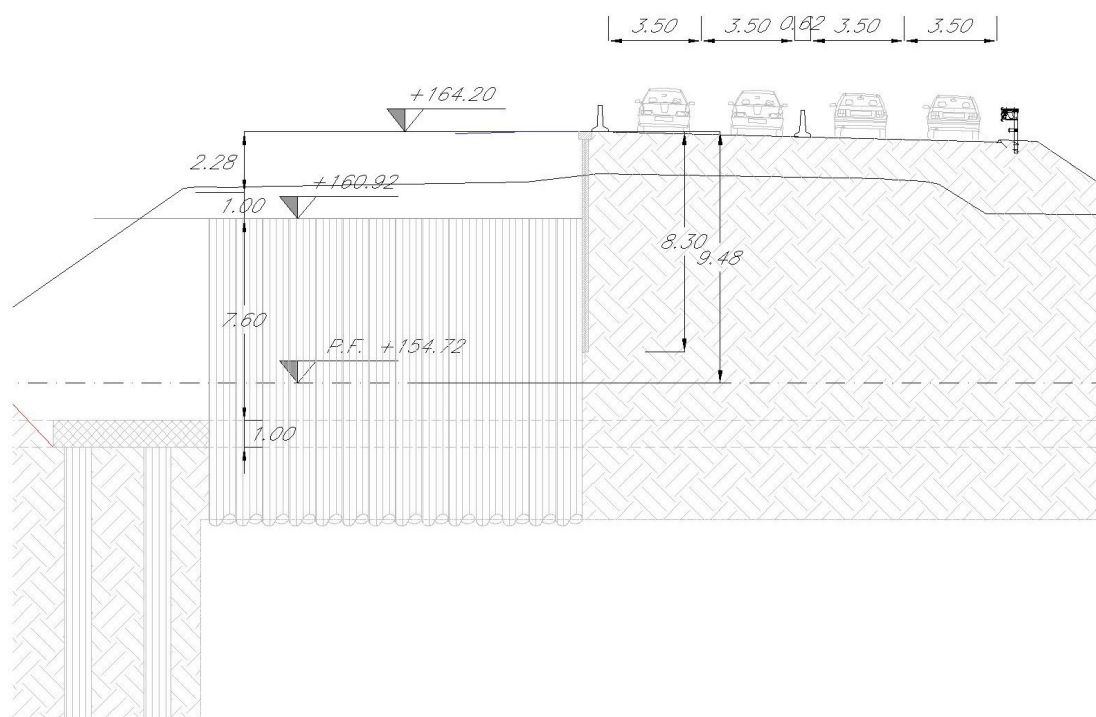


Figura 1 – Sezione del manufatto oggetto della presente relazione di calcolo.

	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
GA01 Relazione geotecnica opere provvisionali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 005	REV. A	FOGLIO 4 di 9

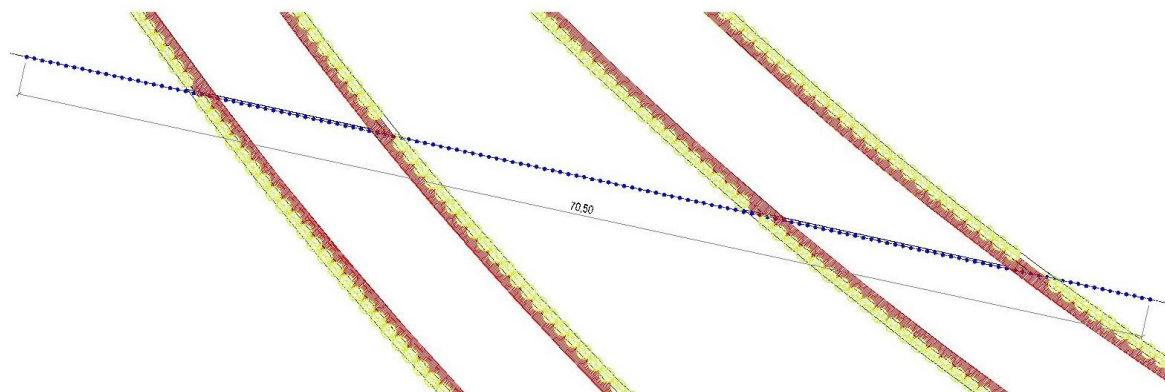


Figura 2 – Pianta dei manufatti oggetto della presente relazione di calcolo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO					
	OPERE D'ARTE					
GA01 Relazione geotecnica opere provvisionali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 005	REV. A	FOGLIO 5 di 9

2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

2.1 Strutture in Fondazione – Diaframmi e soletta inferiore

CALCESTRUZZO MAGRO classe C12/15

Resistenza caratteristica a 28 gg.	Rck = 150 daN/cm ²
------------------------------------	-------------------------------

BETONCINO classe C25/30 per iniezione micropali

Resistenza caratteristica a 28 gg.	Rck = 300 daN/cm ²
------------------------------------	-------------------------------

CALCESTRUZZO classe C25/30 Cordolo Testa Palo

Resistenza caratteristica a 28 gg.	Rck = 300 daN/cm ²
Classe di esposizione	XC2
Rapporto acqua/cemento max	0.60
Dose minima cemento	300 kg/m ³
Consistenza	S3-S4
Diametro massimo degli aggregati	25 mm
Copriferro minimo	40 mm

2.2 Acciaio per armatura micropali

Tubolari tondi in acciaio	S275
---------------------------	------

2.3 Acciaio per barre di armatura controllato in stabilimento

Acciaio barre ad aderenza migliorata	B450C
--------------------------------------	-------

	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO					
	OPERE D'ARTE					
GA01 Relazione geotecnica opere provvisionali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 005	REV. A	FOGLIO 6 di 9

3 CARATTERISTICHE DEI TERRENI

Dal punto di vista più strettamente geotecnico, il sottosuolo dell'area di progetto è costituito da sedimenti pressoché esclusivamente granulari, più grossolani nella parte superiore, di natura da ghiaiosa a ghiaioso-sabbiosa, a più fini, in quella inferiore, da sabbiosi a sabbioso-limosi, più raramente debolmente ghiaiosi.

Uno strato di terreni di riporto di spessore compreso tra 0.5-1.50 m, seguito da un livello di sabbia limosa da sciolta a mediamente addensata, localmente ghiaiosa, talora contenente residui organici, spesso da 1.5 a 2.70 m, contraddistingue la porzione più superficiale del sottosuolo lungo l'intera tratta presa in esame.

La successione prosegue inferiormente con un materasso di depositi più grossolani ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi mediamente addensati. Tali litotipi caratterizzano il sottosuolo fino a profondità comprese tra -14 m e -16 dal p.c., in corrispondenza del tratto comprendente l'interferenza con l'autostrada A4 e la linea TAV TO-MI (sondaggi SN80-S258) e -9 m circa, nel tratto più orientale, nel tratto corrispondente alla fine dell'intervento di progetto (sondaggi S260-S261).

La falda si trova a circa 1.70m dal p.c.. In relazione ai caratteri stratigrafici del sottosuolo emersi dalle indagini a disposizione e in precedenza descritti, il modello geotecnico del sottosuolo può considerarsi rappresentato dalle seguenti 3 Unità Geotecniche:

- **Unità geotecnica E – Corpo di Rilevati – dal p.c. a salire (circa 9.00-10.00m d.p.c.)**

Unità geotecnica	Peso di volume kN/m ³	Nspt	Coesione efficace c' (kPa)	Densità relativa Dr (%)	Angolo di attrito ϕ'	Modulo edometrico Ed (MPa)
UNITA' E	20	/	0	/	34° - 35°	/

- **Unità geotecnica superiore D – Limo con argilla debolmente sabbioso - fino a 1.50m dal p.c.**

Unità geotecnica	Peso di volume kN/m ³	Nspt	Coesione efficace c' (kPa)	Densità relativa Dr (%)	Angolo di attrito ϕ'	Modulo edometrico Ed (MPa)
UNITA' D	18.0 – 19.0	/	50-60	/	26° - 28°	/

- **Unità geotecnica intermedio B – Ghiaia eterometrica, con clasti poligenici arrotondati**

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione geotecnica opere provvisionali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 005	REV. A

Unità geotecnica	Peso di volume kN/m ³	Nspt	Coesione efficace c' (kPa)	Densità relativa Dr (%)	Angolo di attrito ϕ'	Modulo edometrico Ed (MPa)
UNITA' B	20.0	/	0	/	40° - 44°	/

- **Unità geotecnica inferiore C – Sabbie da media a fine con locale presenza di ghiaie e limo**

Unità geotecnica	Peso di volume kN/m ³	Nspt	Coesione efficace c' (kPa)	Densità relativa Dr (%)	Angolo di attrito ϕ'	Modulo edometrico Ed (MPa)
UNITA' C	18.0 – 19.0	/	0	/	34° - 36°	/

La falda si trova a circa 10 m dalla testa del rilevato autostradale.

	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
GA01 Relazione geotecnica opere provvisionali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 005	REV. A	FOGLIO 8 di 9

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

4.1 Documenti Referenziati

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- D.M. del 17.01.2018 “*Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (G.U. n.42 del 20.02.2018);*
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: “*Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.2 : Ponti e strutture* “ del 22/12/2017.
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 B: “*Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.3. : Corpo stradale*” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI GA MA IFS 001 B: “*Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.4. : Gallerie*” del 22/12/2017.
- EN 1991-2 “*Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2 : carichi da traffico sui ponti*”
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1 : Regole generali e regole per edifici*”
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 2: ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi.*”
- EN 1997-1 “*Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1 : Regole generali.*”
- Regolamento (UE) n.1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.

	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
GA01 Relazione geotecnica opere provvisionali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 005	REV. A	FOGLIO 9 di 9

4.2 Analisi dei carichi

Le paratie saranno sollecitate dalla spinta dei terreni e, data la loro provvisorietà, dai soli carichi mobili indotti dal traffico stradale che sarà inserito nel modello di calcolo come azione uniformemente ripartita sulla sommità dell'opera di sostegno pari a 20kN/mq.

L'azione sismica viene introdotta nel modello di calcolo, anche se potrebbe essere omissa data la provvisorietà delle opere.

5 DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE OPERA

Per il modello geotecnico si è utilizzato il software PAC 14 della Aztec Informatica s.r.l. Negli allegati 1 e 2 alla presente relazione di calcolo vi sono paragrafi dedicati che descrivono le caratteristiche del software utilizzato.

Sempre in allegato si trovano i dettagli numerici dei modelli di calcolo con indicazioni sulle caratteristiche geometriche dei manufatti, il calcolo delle sollecitazioni e i criteri di verifica degli stati limite.

6 CONCLUSIONI

Nella presente relazione si riporta l'intervento in corrispondenza dell'autostrada A4 legato alle opere provvisionali da porre in opera per la realizzazione delle varie fasi operative.

Il dimensionamento dei manufatti verifica le condizioni di sicurezza minime richieste dalle vigenti norme tecniche.

Relativamente allo stato deformativo della paratia a mensola parallela alla A4 si hanno valori che per lo SLE sono inferiori ad $H/75 = 300/75 = 4\text{cm}$ infatti per lo SLE si ha uno spostamento in testa alla paratia pari a 3.79cm.

7 ALLEGATI

- ALLEGATO 1 – Modello geotecnico paratia di micropali a mensola
- ALLEGATO 2 – Modello geotecnico paratia di micropali tirantata

ALLEGATO 1

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

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

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

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

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

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

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am}	diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av}	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm}	diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv}	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

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

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

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\phi)$ e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

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 valore della 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).

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 nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

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

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

$$F_i = W \cdot C$$

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

$$DS = S \cdot S_s$$

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

Analisi ad elementi finiti

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

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

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

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

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku = p$$

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

contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassetto e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

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

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

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

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare. In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

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

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

dove 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 e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia. Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i / \cos \alpha_i$). Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

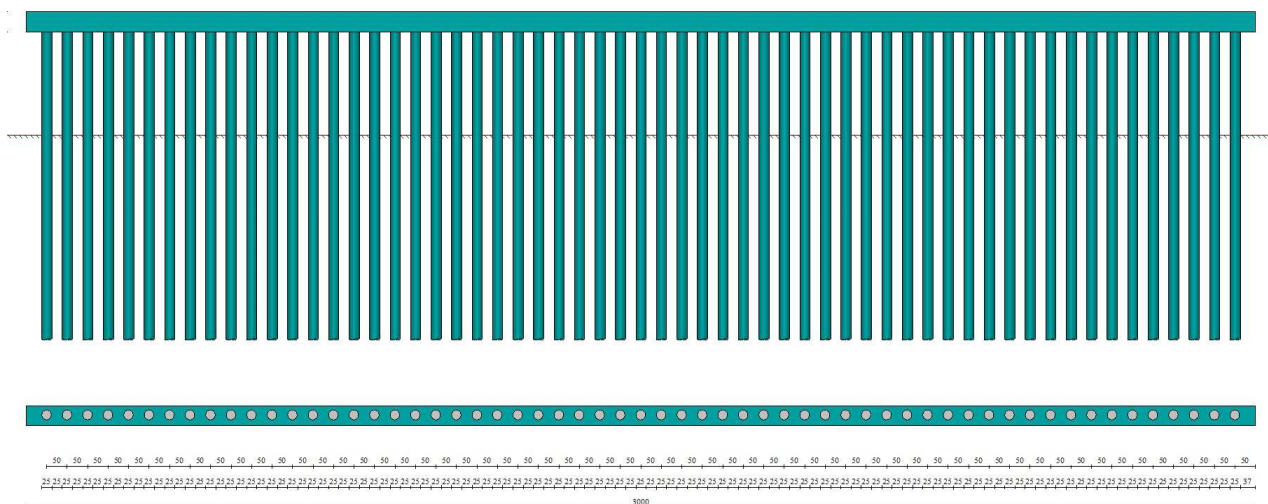
Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	3.00	[m]
Profondità di infissione	5.00	[m]
Altezza totale della paratia	8.00	[m]
Lunghezza paratia	30.00	[m]

Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0.50	[m]
Diametro dei micropali	25.00	[cm]
Numero totale di micropali	59	
Numero di micropali per metro lineare	1.97	
Diametro esterno del tubolare	139.70	[mm]
Spessore del tubolare	8.00	[mm]



Geometria cordoli

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm ³]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm ³]
1	0.00	Acciaio	--	--	1000.00	600.00

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	10.00	0.00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-10.00	-3.00	0.00
2	0.00	-3.00	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm ^q]

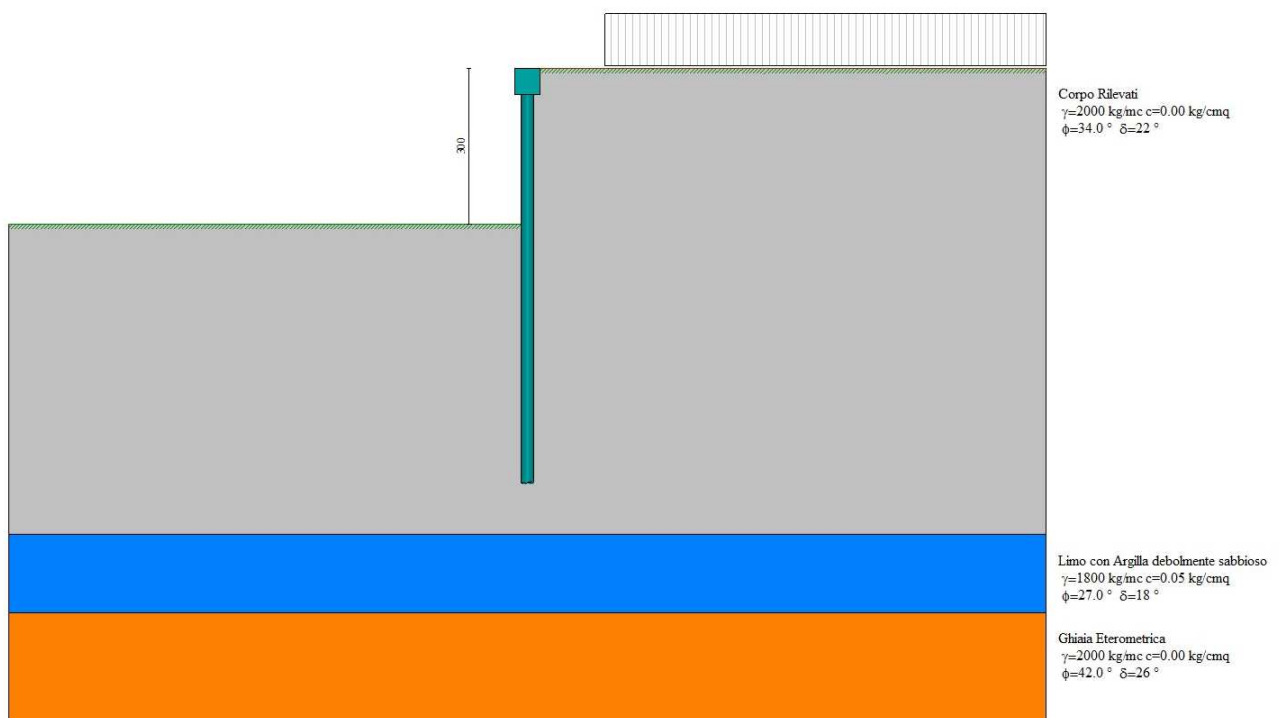
N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm ^q]
1	Corpo Rilevati	2000.0	2100.0	34.00	22.00	0.000
2	Limo con Argilla debolmente sabbioso	1800.0	2000.0	27.00	18.00	0.050
3	Ghiaia Eterometrica	2000.0	2000.0	42.00	26.00	0.000
4	Sabbia da Media a Fine	1800.0	2000.0	35.00	23.50	0.000

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
α	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V: strato di valle)
Terreno	Terreno associato allo strato (M: strato di monte V: strato di valle)

N°	sp	α_M	α_V	K _{wM}	K _{wV}	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cm ^q /cm]	[kg/cm ^q /cm]		
1	9.00	0.00	0.00	1.95	1.95	Corpo Rilevati	Corpo Rilevati
2	1.50	0.00	0.00	3.10	3.10	Limo con Argilla debolmente sabbioso	Limo con Argilla debolmente sabbioso
3	13.00	0.00	0.00	10.89	10.89	Ghiaia Eterometrica	Ghiaia Eterometrica
4	3.00	0.00	0.00	11.26	11.26	Sabbia da Media a Fine	Sabbia da Media a Fine



Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidità cubica caratteristica, espressa in [kg/cm ²]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cm ²]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls} [kg/mc]	Classe cls	Rck [kg/cm ²]	E [kg/cm ²]	Acciaio	n
Paratia	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

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

Ig	Indice di gruppo
F _x	Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
F _y	Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
Q _i , Q _r	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
V _i , V _s	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Variabile - Condizione 1 (I_g=0) [$\Psi_0=1.00$ - $\Psi_1=1.00$ - $\Psi_2=1.00$]

Carico distribuito sul profilo	X _i = 1.50	X _r = 10.00	Q _i = 2000	Q _r = 2000
--------------------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------	-----------------------

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Condizione 1	SFAV	1.50	1.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)**

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

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coazione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_y	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali : Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	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

Verifica Taglio

Sezione in acciaio

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot f_{yd} / 3.0^{0.5}$$

con:

A_v Area lorda sezione profilo

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva K_a e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Identificazione del sito

Latitudine	45.445084
Longitudine	8.618671
Comune	Novara
Provincia	Novara
Regione	Piemonte

Punti di interpolazione del reticolo 12253 - 12031 - 12030 - 12252

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

Combinazioni/Fase

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s ²]	0.365	0.178
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.623	2.500
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.279	0.170
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.000	1.000
Tipo di sottosuolo	C	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.500	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.040	0.040
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.642	0.642
Prodotto $\alpha \beta$	0.642 > 0.2	0.642 > 0.2
Coefficiente di intensità sismica (per cento)	3.578	1.750
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 60 elementi fuori terra e 100 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	3.00	[m]
Profondità di infissione	5.00	[m]
Altezza totale della paratia	8.00	[m]

Analisi della spinta

Pressioni terreno

Simbologia adottata

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo

Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.

Le pressioni sono tutte espresse in [kg/mq]

σ_{am} sigma attiva da monte

σ_{av} sigma attiva da valle

σ_{pm} sigma passiva da monte

σ_{pv} sigma passiva da valle

δ_a inclinazione spinta attiva espressa in [°]

δ_p inclinazione spinta passiva espressa in [°]

Combinazione n° 1 - SLU - STR

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
1	0.00	0	0	0	0	22.00	0.00
2	0.10	66	0	920	0	22.00	0.00
3	0.20	132	0	1839	0	22.00	0.00
4	0.30	198	0	2759	0	22.00	0.00
5	0.40	265	0	3679	0	22.00	0.00
6	0.50	331	0	4598	0	22.00	0.00
7	0.60	397	0	5518	0	22.00	0.00
8	0.70	463	0	6438	0	22.00	0.00
9	0.80	529	0	7357	0	22.00	0.00
10	0.90	595	0	8277	0	22.00	0.00
11	1.00	661	0	9197	0	22.00	0.00
12	1.10	727	0	10116	0	22.00	0.00
13	1.20	794	0	11036	0	22.00	0.00
14	1.30	860	0	11955	0	22.00	0.00
15	1.40	926	0	12875	0	22.00	0.00
16	1.50	992	0	13794	0	22.00	0.00
17	1.60	1058	0	14714	0	22.00	0.00
18	1.70	1124	0	15633	0	22.00	0.00
19	1.80	1190	0	16553	0	22.00	0.00
20	1.90	1256	0	17472	0	22.00	0.00
21	2.00	1322	0	18392	0	22.00	0.00
22	2.10	1388	0	19311	0	22.00	0.00
23	2.20	1454	0	20231	0	22.00	0.00
24	2.30	1520	0	21150	0	22.00	0.00
25	2.40	1586	0	22070	0	22.00	0.00
26	2.50	1652	0	22989	0	22.00	0.00
27	2.60	1718	0	23909	0	22.00	0.00
28	2.70	1784	0	24828	0	22.00	0.00
29	2.80	1850	0	25748	0	22.00	0.00
30	2.90	1916	0	26667	0	22.00	0.00
31	3.00	1982	0	27587	0	22.00	0.00
32	3.10	2048	66	28506	920	22.00	0.00
33	3.20	2114	132	29426	1839	22.00	0.00
34	3.30	2180	198	30345	2759	22.00	0.00
35	3.40	2246	265	31265	3679	22.00	0.00
36	3.50	2312	331	32184	4598	22.00	0.00
37	3.60	2378	397	33104	5518	22.00	0.00
38	3.70	2444	463	34023	6438	22.00	0.00
39	3.80	2510	529	34943	7357	22.00	0.00
40	3.90	2576	595	35862	8277	22.00	0.00
41	4.00	2642	661	36782	9197	22.00	0.00
42	4.10	2708	727	37701	10116	22.00	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
43	4.20	3492	794	49360	11036	22.00	0.00
44	4.30	3561	860	50271	11956	22.00	0.00
45	4.40	3629	926	51184	12875	22.00	0.00
46	4.50	3698	992	52097	13795	22.00	0.00
47	4.60	3766	1058	53010	14714	22.00	0.00
48	4.70	3834	1124	51507	15634	22.00	0.00
49	4.80	3902	1190	47917	16554	22.00	0.00
50	4.90	3970	1257	46717	17473	22.00	0.00
51	5.00	4038	1323	47577	18393	22.00	0.00
52	5.10	4105	1389	48440	19313	22.00	0.00
53	5.20	4173	1455	49305	20232	22.00	0.00
54	5.30	4240	1521	50172	21152	22.00	0.00
55	5.40	4308	1587	51042	22072	22.00	0.00
56	5.50	4375	1653	51914	22991	22.00	0.00
57	5.60	4442	1720	52787	23911	22.00	0.00
58	5.70	4510	1786	53663	24831	22.00	0.00
59	5.80	4577	1852	54540	25750	22.00	0.00
60	5.90	4644	1918	55419	26670	22.00	0.00
61	6.00	4711	1984	56300	27590	22.00	0.00
62	6.10	4778	2050	57182	28509	22.00	0.00
63	6.20	4845	2116	58066	29429	22.00	0.00
64	6.30	4912	2182	58951	30349	22.00	0.00
65	6.40	4978	2249	59838	31268	22.00	0.00
66	6.50	5045	2315	60726	32188	22.00	0.00
67	6.60	5112	2381	61615	33108	22.00	0.00
68	6.70	5179	2447	62506	34027	22.00	0.00
69	6.80	5245	2513	63397	34947	22.00	0.00
70	6.90	5312	2579	64290	35867	22.00	0.00
71	7.00	5379	2645	65183	36786	22.00	0.00
72	7.10	5445	2712	66078	37706	22.00	0.00
73	7.20	5512	2778	66973	38625	22.00	0.00
74	7.30	5579	2844	67870	39545	22.00	0.00
75	7.40	5645	2910	68767	40465	22.00	0.00
76	7.50	5712	2976	69666	41384	22.00	0.00
77	7.60	5778	3042	70565	42304	22.00	0.00
78	7.70	5845	3108	71464	43224	22.00	0.00
79	7.80	5911	3175	72365	44143	22.00	0.00
80	7.90	5978	3241	73266	45063	22.00	0.00
81	8.00	6044	3307	74168	45983	22.00	0.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
1	0.00	0	0	0	0	17.91	0.00
2	0.10	64	0	562	0	17.91	0.00
3	0.20	127	0	1123	0	17.91	0.00
4	0.30	191	0	1685	0	17.91	0.00
5	0.40	254	0	2247	0	17.91	0.00
6	0.50	318	0	2809	0	17.91	0.00
7	0.60	381	0	3370	0	17.91	0.00
8	0.70	445	0	3932	0	17.91	0.00
9	0.80	508	0	4494	0	17.91	0.00
10	0.90	572	0	5143	0	17.91	0.00
11	1.00	635	0	6004	0	17.91	0.00
12	1.10	699	0	7084	0	17.91	0.00
13	1.20	763	0	8378	0	17.91	0.00
14	1.30	826	0	9944	0	17.91	0.00
15	1.40	890	0	11865	0	17.91	0.00
16	1.50	1104	0	14258	0	17.91	0.00
17	1.60	1420	0	17291	0	17.91	0.00
18	1.70	1600	0	21083	0	17.91	0.00
19	1.80	1692	0	22830	0	17.91	0.00
20	1.90	1781	0	21887	0	17.91	0.00
21	2.00	1867	0	21139	0	17.91	0.00
22	2.10	1951	0	21014	0	17.91	0.00
23	2.20	2032	0	21149	0	17.91	0.00
24	2.30	2111	0	21421	0	17.91	0.00
25	2.40	2189	0	21774	0	17.91	0.00
26	2.50	2265	0	22179	0	17.91	0.00
27	2.60	2340	0	22620	0	17.91	0.00
28	2.70	2413	0	23085	0	17.91	0.00
29	2.80	2486	0	23569	0	17.91	0.00
30	2.90	2558	0	24067	0	17.91	0.00
31	3.00	2629	0	24576	0	17.91	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
32	3.10	2699	64	25093	562	17.91	0.00
33	3.20	2769	127	25616	1123	17.91	0.00
34	3.30	2839	191	26145	1685	17.91	0.00
35	3.40	2907	254	26679	2247	17.91	0.00
36	3.50	2976	318	27216	2809	17.91	0.00
37	3.60	3044	381	27756	3370	17.91	0.00
38	3.70	3112	445	28299	3932	17.91	0.00
39	3.80	3179	508	28844	4494	17.91	0.00
40	3.90	3246	572	29390	5056	17.91	0.00
41	4.00	3313	635	29939	5617	17.91	0.00
42	4.10	3379	699	30488	6179	17.91	0.00
43	4.20	3446	763	31039	6741	17.91	0.00
44	4.30	3512	826	31591	7303	17.91	0.00
45	4.40	3578	890	32144	7864	17.91	0.00
46	4.50	3644	953	32698	8426	17.91	0.00
47	4.60	3709	1017	33252	8988	17.91	0.00
48	4.70	3775	1080	33807	9549	17.91	0.00
49	4.80	3840	1144	34363	10111	17.91	0.00
50	4.90	3905	1207	34919	10673	17.91	0.00
51	5.00	3971	1271	35475	11235	17.91	0.00
52	5.10	4036	1335	36032	11796	17.91	0.00
53	5.20	4101	1398	34225	12358	17.91	0.00
54	5.30	4166	1462	31753	12920	17.91	0.00
55	5.40	4230	1525	31629	13482	17.91	0.00
56	5.50	4295	1589	32150	14043	17.91	0.00
57	5.60	4360	1652	32673	14605	17.91	0.00
58	5.70	4424	1716	33198	15167	17.91	0.00
59	5.80	4489	1779	33723	15728	17.91	0.00
60	5.90	4553	1843	34250	16290	17.91	0.00
61	6.00	4618	1906	34779	16852	17.91	0.00
62	6.10	4682	1970	35308	17414	17.91	0.00
63	6.20	4747	2034	35839	17975	17.91	0.00
64	6.30	4811	2097	36370	18537	17.91	0.00
65	6.40	4875	2161	36903	19099	17.91	0.00
66	6.50	4939	2224	37437	19661	17.91	0.00
67	6.60	5004	2288	37972	20222	17.91	0.00
68	6.70	5068	2351	38507	20784	17.91	0.00
69	6.80	5132	2415	39044	21346	17.91	0.00
70	6.90	5196	2478	39581	21908	17.91	0.00
71	7.00	5260	2542	40119	22469	17.91	0.00
72	7.10	5324	2606	40659	23031	17.91	0.00
73	7.20	5388	2669	41198	23593	17.91	0.00
74	7.30	5452	2733	41739	24154	17.91	0.00
75	7.40	5516	2796	42280	24716	17.91	0.00
76	7.50	5580	2860	42822	25278	17.91	0.00
77	7.60	5644	2923	43365	25840	17.91	0.00
78	7.70	5708	2987	43908	26401	17.91	0.00
79	7.80	5772	3050	44452	26963	17.91	0.00
80	7.90	5836	3114	44997	27525	17.91	0.00
81	8.00	5900	3177	45542	28087	17.91	0.00

Combinazione n° 3 - SLV - GEO

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
1	0.00	0	0	0	0	22.00	0.00
2	0.10	71	0	562	0	22.00	0.00
3	0.20	142	0	1123	0	22.00	0.00
4	0.30	213	0	1685	0	22.00	0.00
5	0.40	284	0	2247	0	22.00	0.00
6	0.50	355	0	2809	0	22.00	0.00
7	0.60	427	0	3370	0	22.00	0.00
8	0.70	498	0	3932	0	22.00	0.00
9	0.80	569	0	4494	0	22.00	0.00
10	0.90	640	0	5143	0	22.00	0.00
11	1.00	711	0	6004	0	22.00	0.00
12	1.10	782	0	7084	0	22.00	0.00
13	1.20	853	0	8378	0	22.00	0.00
14	1.30	924	0	9944	0	22.00	0.00
15	1.40	995	0	11865	0	22.00	0.00
16	1.50	1217	0	14258	0	22.00	0.00
17	1.60	1540	0	17291	0	22.00	0.00
18	1.70	1728	0	21083	0	22.00	0.00
19	1.80	1828	0	22830	0	22.00	0.00
20	1.90	1925	0	21887	0	22.00	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
21	2.00	2018	0	21139	0	22.00	0.00
22	2.10	2109	0	21014	0	22.00	0.00
23	2.20	2198	0	21149	0	22.00	0.00
24	2.30	2285	0	21421	0	22.00	0.00
25	2.40	2370	0	21774	0	22.00	0.00
26	2.50	2454	0	22179	0	22.00	0.00
27	2.60	2536	0	22620	0	22.00	0.00
28	2.70	2617	0	23085	0	22.00	0.00
29	2.80	2697	0	23569	0	22.00	0.00
30	2.90	2777	0	24067	0	22.00	0.00
31	3.00	2855	0	24576	0	22.00	0.00
32	3.10	2933	64	25093	562	22.00	0.00
33	3.20	3011	127	25616	1123	22.00	0.00
34	3.30	3088	191	26145	1685	22.00	0.00
35	3.40	3164	254	26679	2247	22.00	0.00
36	3.50	3240	318	27216	2809	22.00	0.00
37	3.60	3316	381	27756	3370	22.00	0.00
38	3.70	3112	445	28299	3932	22.00	0.00
39	3.80	3179	508	28844	4494	22.00	0.00
40	3.90	3246	572	29390	5056	22.00	0.00
41	4.00	3313	635	29939	5617	22.00	0.00
42	4.10	3379	699	30488	6179	22.00	0.00
43	4.20	3446	763	31039	6741	22.00	0.00
44	4.30	3512	826	31591	7303	22.00	0.00
45	4.40	3578	890	32144	7864	22.00	0.00
46	4.50	3644	953	32698	8426	22.00	0.00
47	4.60	3709	1017	33252	8988	22.00	0.00
48	4.70	3775	1080	33807	9549	22.00	0.00
49	4.80	3840	1144	34363	10111	22.00	0.00
50	4.90	3905	1207	34919	10673	22.00	0.00
51	5.00	3971	1271	35475	11235	22.00	0.00
52	5.10	4036	1335	36032	11796	22.00	0.00
53	5.20	4101	1398	34225	12358	22.00	0.00
54	5.30	4166	1462	31753	12920	22.00	0.00
55	5.40	4230	1525	31629	13482	22.00	0.00
56	5.50	4295	1589	32150	14043	22.00	0.00
57	5.60	4360	1652	32673	14605	22.00	0.00
58	5.70	4424	1716	33198	15167	22.00	0.00
59	5.80	4489	1779	33723	15728	22.00	0.00
60	5.90	4553	1843	34250	16290	22.00	0.00
61	6.00	4618	1906	34779	16852	22.00	0.00
62	6.10	4682	1970	35308	17414	22.00	0.00
63	6.20	4747	2034	35839	17975	22.00	0.00
64	6.30	4811	2097	36370	18537	22.00	0.00
65	6.40	4875	2161	36903	19099	22.00	0.00
66	6.50	4939	2224	37437	19661	22.00	0.00
67	6.60	5004	2288	37972	20222	22.00	0.00
68	6.70	5068	2351	38507	20784	22.00	0.00
69	6.80	5132	2415	39044	21346	22.00	0.00
70	6.90	5196	2478	39581	21908	22.00	0.00
71	7.00	5260	2542	40119	22469	22.00	0.00
72	7.10	5324	2606	40659	23031	22.00	0.00
73	7.20	5388	2669	41198	23593	22.00	0.00
74	7.30	5452	2733	41739	24154	22.00	0.00
75	7.40	5516	2796	42280	24716	22.00	0.00
76	7.50	5580	2860	42822	25278	22.00	0.00
77	7.60	5644	2923	43365	25840	22.00	0.00
78	7.70	5708	2987	43908	26401	22.00	0.00
79	7.80	5772	3050	44452	26963	22.00	0.00
80	7.90	5836	3114	44997	27525	22.00	0.00
81	8.00	5900	3177	45542	28087	22.00	0.00

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
1	0.00	0	0	0	0	22.00	0.00
2	0.10	51	0	707	0	22.00	0.00
3	0.20	102	0	1415	0	22.00	0.00
4	0.30	153	0	2122	0	22.00	0.00
5	0.40	203	0	2830	0	22.00	0.00
6	0.50	254	0	3537	0	22.00	0.00
7	0.60	305	0	4245	0	22.00	0.00
8	0.70	356	0	4952	0	22.00	0.00
9	0.80	407	0	5786	0	22.00	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
10	0.90	458	0	6959	0	22.00	0.00
11	1.00	509	0	8532	0	22.00	0.00
12	1.10	560	0	10547	0	22.00	0.00
13	1.20	610	0	13188	0	22.00	0.00
14	1.30	661	0	16747	0	22.00	0.00
15	1.40	712	0	20544	0	22.00	0.00
16	1.50	763	0	21686	0	22.00	0.00
17	1.60	814	0	20930	0	22.00	0.00
18	1.70	865	0	20856	0	22.00	0.00
19	1.80	916	0	21118	0	22.00	0.00
20	1.90	1035	0	21538	0	22.00	0.00
21	2.00	1264	0	22047	0	22.00	0.00
22	2.10	1432	0	22610	0	22.00	0.00
23	2.20	1496	0	23208	0	22.00	0.00
24	2.30	1559	0	23830	0	22.00	0.00
25	2.40	1620	0	24471	0	22.00	0.00
26	2.50	1680	0	25124	0	22.00	0.00
27	2.60	1739	0	25787	0	22.00	0.00
28	2.70	1797	0	26457	0	22.00	0.00
29	2.80	1855	0	27133	0	22.00	0.00
30	2.90	1911	0	27815	0	22.00	0.00
31	3.00	1968	0	28499	0	22.00	0.00
32	3.10	2023	51	29187	707	22.00	0.00
33	3.20	2079	102	29878	1415	22.00	0.00
34	3.30	2133	153	30571	2122	22.00	0.00
35	3.40	2188	203	31265	2830	22.00	0.00
36	3.50	2242	254	31961	3537	22.00	0.00
37	3.60	2296	305	32658	4245	22.00	0.00
38	3.70	2350	356	33357	4952	22.00	0.00
39	3.80	2403	407	34056	5659	22.00	0.00
40	3.90	2456	458	34756	6367	22.00	0.00
41	4.00	2509	509	35457	7074	22.00	0.00
42	4.10	2562	560	36158	7782	22.00	0.00
43	4.20	2615	610	36861	8489	22.00	0.00
44	4.30	2667	661	37563	9197	22.00	0.00
45	4.40	2720	712	38266	9904	22.00	0.00
46	4.50	2772	763	38969	10611	22.00	0.00
47	4.60	2824	814	39673	11319	22.00	0.00
48	4.70	2877	865	40377	12026	22.00	0.00
49	4.80	2929	916	38271	12734	22.00	0.00
50	4.90	2981	967	35924	13441	22.00	0.00
51	5.00	3033	1017	36370	14149	22.00	0.00
52	5.10	3084	1068	37041	14856	22.00	0.00
53	5.20	3136	1119	37712	15563	22.00	0.00
54	5.30	3188	1170	38386	16271	22.00	0.00
55	5.40	3240	1221	39061	16978	22.00	0.00
56	5.50	3291	1272	39737	17686	22.00	0.00
57	5.60	3343	1323	40414	18393	22.00	0.00
58	5.70	3394	1374	41093	19101	22.00	0.00
59	5.80	3446	1424	41773	19808	22.00	0.00
60	5.90	3497	1475	42455	20515	22.00	0.00
61	6.00	3549	1526	43137	21223	22.00	0.00
62	6.10	3600	1577	43821	21930	22.00	0.00
63	6.20	3651	1628	44505	22638	22.00	0.00
64	6.30	3703	1679	45191	23345	22.00	0.00
65	6.40	3754	1730	45877	24052	22.00	0.00
66	6.50	3805	1781	46564	24760	22.00	0.00
67	6.60	3857	1831	47252	25467	22.00	0.00
68	6.70	3908	1882	47941	26175	22.00	0.00
69	6.80	3959	1933	48631	26882	22.00	0.00
70	6.90	4010	1984	49321	27590	22.00	0.00
71	7.00	4061	2035	50012	28297	22.00	0.00
72	7.10	4113	2086	50704	29004	22.00	0.00
73	7.20	4164	2137	51396	29712	22.00	0.00
74	7.30	4215	2188	52089	30419	22.00	0.00
75	7.40	4266	2238	52782	31127	22.00	0.00
76	7.50	4317	2289	53476	31834	22.00	0.00
77	7.60	4368	2340	54171	32542	22.00	0.00
78	7.70	4419	2391	54866	33249	22.00	0.00
79	7.80	4471	2442	55561	33956	22.00	0.00
80	7.90	4522	2493	56257	34664	22.00	0.00
81	8.00	4573	2544	56954	35371	22.00	0.00

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

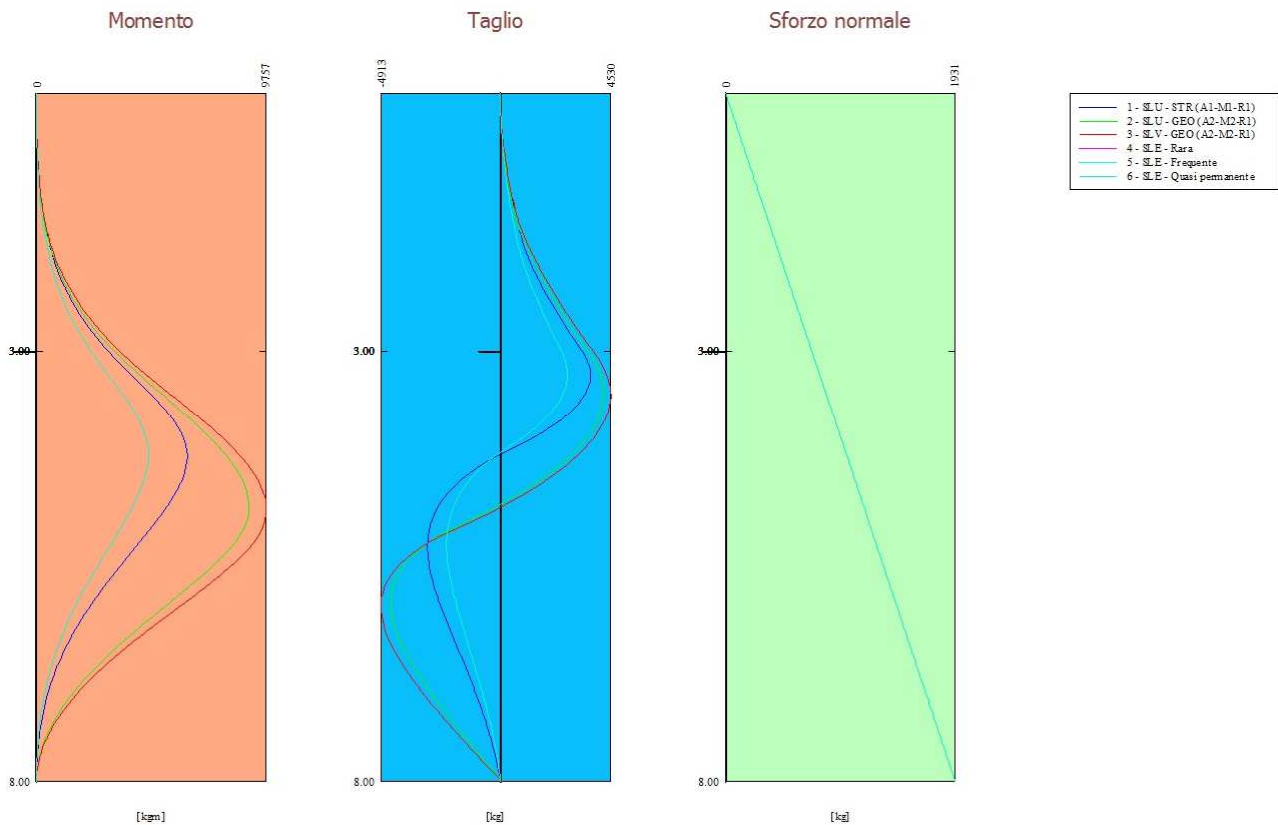
n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
1	0.00	0	0	0	0	22.00	0.00
2	0.10	51	0	707	0	22.00	0.00
3	0.20	102	0	1415	0	22.00	0.00
4	0.30	153	0	2122	0	22.00	0.00
5	0.40	203	0	2830	0	22.00	0.00
6	0.50	254	0	3537	0	22.00	0.00
7	0.60	305	0	4245	0	22.00	0.00
8	0.70	356	0	4952	0	22.00	0.00
9	0.80	407	0	5786	0	22.00	0.00
10	0.90	458	0	6959	0	22.00	0.00
11	1.00	509	0	8532	0	22.00	0.00
12	1.10	560	0	10547	0	22.00	0.00
13	1.20	610	0	13188	0	22.00	0.00
14	1.30	661	0	16747	0	22.00	0.00
15	1.40	712	0	20544	0	22.00	0.00
16	1.50	763	0	21686	0	22.00	0.00
17	1.60	814	0	20930	0	22.00	0.00
18	1.70	865	0	20856	0	22.00	0.00
19	1.80	916	0	21118	0	22.00	0.00
20	1.90	1035	0	21538	0	22.00	0.00
21	2.00	1264	0	22047	0	22.00	0.00
22	2.10	1432	0	22610	0	22.00	0.00
23	2.20	1496	0	23208	0	22.00	0.00
24	2.30	1559	0	23830	0	22.00	0.00
25	2.40	1620	0	24471	0	22.00	0.00
26	2.50	1680	0	25124	0	22.00	0.00
27	2.60	1739	0	25787	0	22.00	0.00
28	2.70	1797	0	26457	0	22.00	0.00
29	2.80	1855	0	27133	0	22.00	0.00
30	2.90	1911	0	27815	0	22.00	0.00
31	3.00	1968	0	28499	0	22.00	0.00
32	3.10	2023	51	29187	707	22.00	0.00
33	3.20	2079	102	29878	1415	22.00	0.00
34	3.30	2133	153	30571	2122	22.00	0.00
35	3.40	2188	203	31265	2830	22.00	0.00
36	3.50	2242	254	31961	3537	22.00	0.00
37	3.60	2296	305	32658	4245	22.00	0.00
38	3.70	2350	356	33357	4952	22.00	0.00
39	3.80	2403	407	34056	5659	22.00	0.00
40	3.90	2456	458	34756	6367	22.00	0.00
41	4.00	2509	509	35457	7074	22.00	0.00
42	4.10	2562	560	36158	7782	22.00	0.00
43	4.20	2615	610	36861	8489	22.00	0.00
44	4.30	2667	661	37563	9197	22.00	0.00
45	4.40	2720	712	38266	9904	22.00	0.00
46	4.50	2772	763	38969	10611	22.00	0.00
47	4.60	2824	814	39673	11319	22.00	0.00
48	4.70	2877	865	40377	12026	22.00	0.00
49	4.80	2929	916	40871	12734	22.00	0.00
50	4.90	2981	967	41365	13441	22.00	0.00
51	5.00	3033	1017	41859	14149	22.00	0.00
52	5.10	3084	1068	42353	14856	22.00	0.00
53	5.20	3136	1119	42847	15563	22.00	0.00
54	5.30	3188	1170	43341	16271	22.00	0.00
55	5.40	3240	1221	43835	16978	22.00	0.00
56	5.50	3291	1272	44329	17686	22.00	0.00
57	5.60	3343	1323	44823	18393	22.00	0.00
58	5.70	3394	1374	45317	19101	22.00	0.00
59	5.80	3446	1424	45811	19808	22.00	0.00
60	5.90	3497	1475	46305	20515	22.00	0.00
61	6.00	3549	1526	46799	21223	22.00	0.00
62	6.10	3600	1577	47293	21930	22.00	0.00
63	6.20	3651	1628	47787	22638	22.00	0.00
64	6.30	3703	1679	48281	23345	22.00	0.00
65	6.40	3754	1730	48775	24052	22.00	0.00
66	6.50	3805	1781	49269	24760	22.00	0.00
67	6.60	3857	1831	49763	25467	22.00	0.00
68	6.70	3908	1882	50257	26175	22.00	0.00
69	6.80	3959	1933	50751	26882	22.00	0.00
70	6.90	4010	1984	51245	27590	22.00	0.00
71	7.00	4061	2035	51739	28297	22.00	0.00
72	7.10	4113	2086	52233	29004	22.00	0.00
73	7.20	4164	2137	52727	29712	22.00	0.00
74	7.30	4215	2188	53221	30419	22.00	0.00
75	7.40	4266	2238	53715	31127	22.00	0.00
76	7.50	4317	2289	54209	31834	22.00	0.00
77	7.60	4368	2340	54703	32542	22.00	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
78	7.70	4419	2391	54866	33249	22.00	0.00
79	7.80	4471	2442	55561	33956	22.00	0.00
80	7.90	4522	2493	56257	34664	22.00	0.00
81	8.00	4573	2544	56954	35371	22.00	0.00

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
1	0.00	0	0	0	0	22.00	0.00
2	0.10	51	0	707	0	22.00	0.00
3	0.20	102	0	1415	0	22.00	0.00
4	0.30	153	0	2122	0	22.00	0.00
5	0.40	203	0	2830	0	22.00	0.00
6	0.50	254	0	3537	0	22.00	0.00
7	0.60	305	0	4245	0	22.00	0.00
8	0.70	356	0	4952	0	22.00	0.00
9	0.80	407	0	5786	0	22.00	0.00
10	0.90	458	0	6959	0	22.00	0.00
11	1.00	509	0	8532	0	22.00	0.00
12	1.10	560	0	10547	0	22.00	0.00
13	1.20	610	0	13188	0	22.00	0.00
14	1.30	661	0	16747	0	22.00	0.00
15	1.40	712	0	20544	0	22.00	0.00
16	1.50	763	0	21686	0	22.00	0.00
17	1.60	814	0	20930	0	22.00	0.00
18	1.70	865	0	20856	0	22.00	0.00
19	1.80	916	0	21118	0	22.00	0.00
20	1.90	1035	0	21538	0	22.00	0.00
21	2.00	1264	0	22047	0	22.00	0.00
22	2.10	1432	0	22610	0	22.00	0.00
23	2.20	1496	0	23208	0	22.00	0.00
24	2.30	1559	0	23830	0	22.00	0.00
25	2.40	1620	0	24471	0	22.00	0.00
26	2.50	1680	0	25124	0	22.00	0.00
27	2.60	1739	0	25787	0	22.00	0.00
28	2.70	1797	0	26457	0	22.00	0.00
29	2.80	1855	0	27133	0	22.00	0.00
30	2.90	1911	0	27815	0	22.00	0.00
31	3.00	1968	0	28499	0	22.00	0.00
32	3.10	2023	51	29187	707	22.00	0.00
33	3.20	2079	102	29878	1415	22.00	0.00
34	3.30	2133	153	30571	2122	22.00	0.00
35	3.40	2188	203	31265	2830	22.00	0.00
36	3.50	2242	254	31961	3537	22.00	0.00
37	3.60	2296	305	32658	4245	22.00	0.00
38	3.70	2350	356	33357	4952	22.00	0.00
39	3.80	2403	407	34056	5659	22.00	0.00
40	3.90	2456	458	34756	6367	22.00	0.00
41	4.00	2509	509	35457	7074	22.00	0.00
42	4.10	2562	560	36158	7782	22.00	0.00
43	4.20	2615	610	36861	8489	22.00	0.00
44	4.30	2667	661	37563	9197	22.00	0.00
45	4.40	2720	712	38266	9904	22.00	0.00
46	4.50	2772	763	38969	10611	22.00	0.00
47	4.60	2824	814	39673	11319	22.00	0.00
48	4.70	2877	865	40377	12026	22.00	0.00
49	4.80	2929	916	38271	12734	22.00	0.00
50	4.90	2981	967	35924	13441	22.00	0.00
51	5.00	3033	1017	36370	14149	22.00	0.00
52	5.10	3084	1068	37041	14856	22.00	0.00
53	5.20	3136	1119	37712	15563	22.00	0.00
54	5.30	3188	1170	38386	16271	22.00	0.00
55	5.40	3240	1221	39061	16978	22.00	0.00
56	5.50	3291	1272	39737	17686	22.00	0.00
57	5.60	3343	1323	40414	18393	22.00	0.00
58	5.70	3394	1374	41093	19101	22.00	0.00
59	5.80	3446	1424	41773	19808	22.00	0.00
60	5.90	3497	1475	42455	20515	22.00	0.00
61	6.00	3549	1526	43137	21223	22.00	0.00
62	6.10	3600	1577	43821	21930	22.00	0.00
63	6.20	3651	1628	44505	22638	22.00	0.00
64	6.30	3703	1679	45191	23345	22.00	0.00
65	6.40	3754	1730	45877	24052	22.00	0.00
66	6.50	3805	1781	46564	24760	22.00	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[°]	[°]
67	6.60	3857	1831	47252	25467	22.00	0.00
68	6.70	3908	1882	47941	26175	22.00	0.00
69	6.80	3959	1933	48631	26882	22.00	0.00
70	6.90	4010	1984	49321	27590	22.00	0.00
71	7.00	4061	2035	50012	28297	22.00	0.00
72	7.10	4113	2086	50704	29004	22.00	0.00
73	7.20	4164	2137	51396	29712	22.00	0.00
74	7.30	4215	2188	52089	30419	22.00	0.00
75	7.40	4266	2238	52782	31127	22.00	0.00
76	7.50	4317	2289	53476	31834	22.00	0.00
77	7.60	4368	2340	54171	32542	22.00	0.00
78	7.70	4419	2391	54866	33249	22.00	0.00
79	7.80	4471	2442	55561	33956	22.00	0.00
80	7.90	4522	2493	56257	34664	22.00	0.00
81	8.00	4573	2544	56954	35371	22.00	0.00



Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
		[kg]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]
1	SLU - STR	3702	2.18	--	--	--	--	-6701	4.19	2999	6.68
2	SLU - GEO	4228	2.24	--	--	--	--	-8738	4.79	4510	7.18
3	SLV - GEO	4041	2.27	489	2.00	--	--	-9443	4.82	4913	7.20
4	SLE - Rara	2761	2.17	--	--	--	--	-4985	4.17	2224	6.66
5	SLE - Frequente	2761	2.17	--	--	--	--	-4985	4.17	2224	6.66
6	SLE - Quasi permanente	2761	2.17	--	--	--	--	-4985	4.17	2224	6.66

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
----	--------------------------------

Tipo Tipo della Combinazione/Fase
 Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
 Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
 Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
 Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

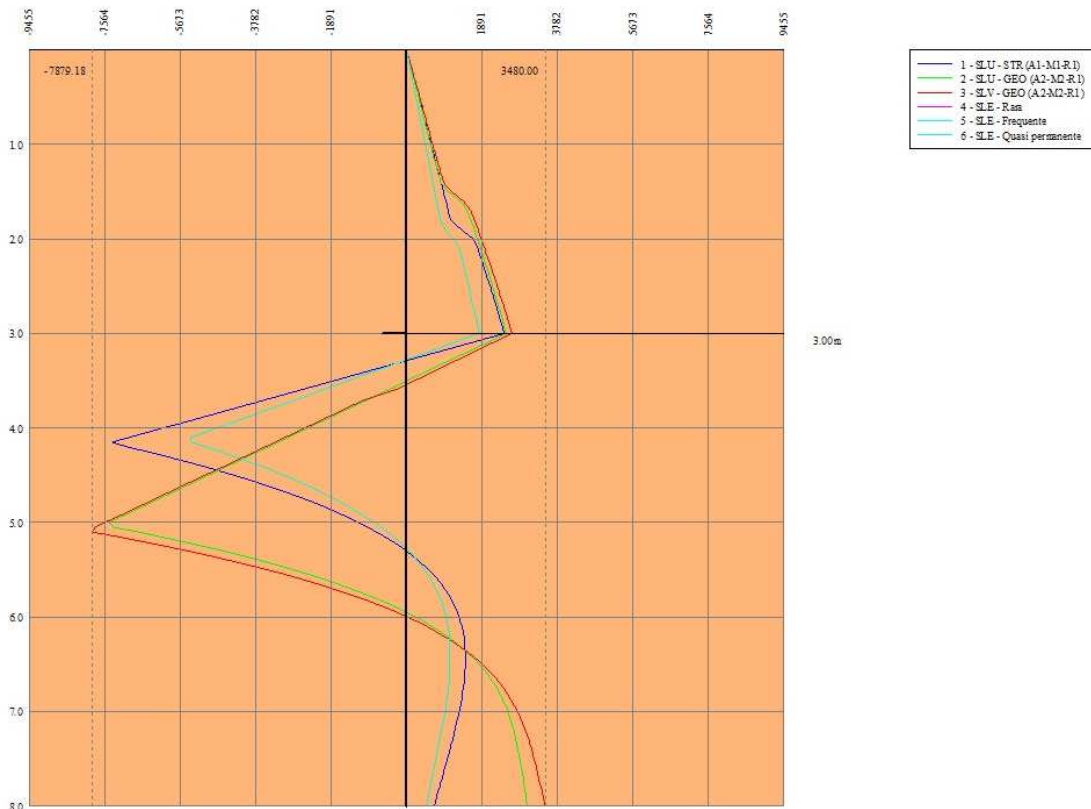
n°	Tipo	Rc [kg]	Y _{Rc} [m]	Rt [kg]	Y _{Rt} [m]	Rv [kg]	Y _{Rv} [m]	Rp [kg]	Y _{Rp} [m]
1	SLU - STR	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	SLU - GEO	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	SLV - GEO	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
4	SLE - Rara	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
5	SLE - Frequente	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6	SLE - Quasi permanente	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase
 P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
 P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
 C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
 MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
 R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
 Pd Portanza di progetto, espressa in [kg]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]	Pd [m]
1	SLU - STR	3.29	4.15	5.30	23.76	5.44	5407
2	SLU - GEO	3.50	5.00	5.95	40.59	14.48	---
3	SLV - GEO	3.54	5.10	6.00	41.58	15.64	---
4	SLE - Rara	3.28	4.10	5.28	22.77	5.22	---
5	SLE - Frequente	3.28	4.10	5.28	22.77	5.22	---
6	SLE - Quasi permanente	3.28	4.10	5.28	22.77	5.22	---

Diagramma delle pressioni



Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
 M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
 N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
 T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
		[kgm]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	
1	SLU - STR	6399	4.20	3702	3.25	1931	8.00	MAX
		0	8.00	-2999	5.30	0	0.00	MIN
2	SLU - GEO	9024	4.80	4228	3.50	1931	8.00	MAX
		0	0.00	-4510	5.95	0	0.00	MIN
3	SLV - GEO	9757	4.85	4530	3.50	1931	8.00	MAX
		0	0.00	-4913	5.95	0	0.00	MIN
4	SLE - Rara	4750	4.20	2761	3.25	1931	8.00	MAX
		0	0.00	-2224	5.25	0	0.00	MIN
5	SLE - Frequente	4750	4.20	2761	3.25	1931	8.00	MAX
		0	0.00	-2224	5.25	0	0.00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	4750	4.20	2761	3.25	1931	8.00	MAX
		0	0.00	-2224	5.25	0	0.00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U	spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V	spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y _u	V	Y _v	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	SLU - STR	4.0514	0.00	0.0026	0.00	MAX
		-0.0759	6.45	0.0000	0.00	MIN
2	SLU - GEO	7.1862	0.00	0.0026	0.00	MAX
		-0.1550	8.00	0.0000	0.00	MIN
3	SLV - GEO	7.9075	0.00	0.0026	0.00	MAX
		-0.1782	8.00	0.0000	0.00	MIN
4	SLE - Rara	2.9866	0.00	0.0026	0.00	MAX
		-0.0562	6.40	0.0000	0.00	MIN
5	SLE - Frequente	2.9866	0.00	0.0026	0.00	MAX
		-0.0562	6.40	0.0000	0.00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	2.9866	0.00	0.0026	0.00	MAX
		-0.0562	6.40	0.0000	0.00	MIN

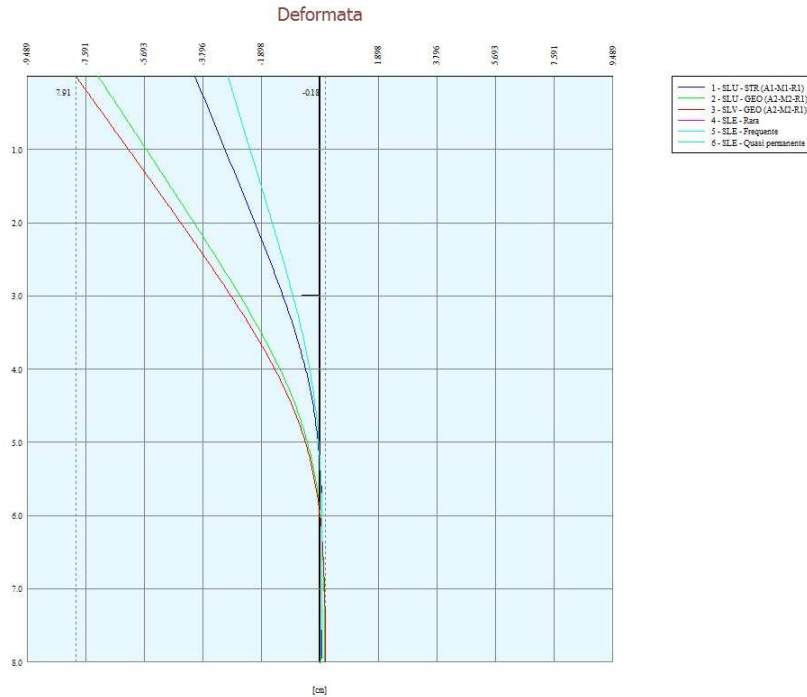
Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione/Fase
Tipo	Tipo combinazione/Fase
Ulim	spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U	spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	[cm]
1	SLU - STR	4.0000	4.0514
2	SLU - GEO	4.0000	7.1862
3	SLV - GEO	4.0000	7.9075
4	SLE - Rara	4.0000	2.9866
5	SLE - Frequente	4.0000	2.9866
6	SLE - Quasi permanente	4.0000	2.9866

I valori di deformazione in testa alla paratia risultano elevati, tuttavia vista la provvisorietà dell'opera si ritengono accettabili



Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
 - Tipo Tipo della combinazione/fase
 - S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
 - R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
 - W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
 - T Reazione tiranti espresso in [kg]
 - P Reazione puntoni espresso in [kg]
 - V Reazione vincoli espresso in [kg]
 - C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
 - Y Punto di applicazione, espresso in [m]
 - Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
 - Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
 - FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
 - FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento
- I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.
 La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS _{RIB}	FS _{SCO}
		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]		
3	SLV - GEO	26305 5.26	73039 6.40	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	66716	116886	1.752	2.995
2	SLU - GEO	25802 5.32	73039 6.40	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	65805	116886	1.776	2.975

Stabilità globale

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- (X_c; Y_c) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
- R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
- (X_v; Y_v) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
- (X_m; Y_m) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
- FS Coefficiente di sicurezza
- R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _c , Y _c [m]	R [m]	X _v , Y _v [m]	X _m , Y _m [m]	FS	R
2	SLU - GEO	-0.80; 0.00	8.04	-8.27; -2.97	7.24; 0.00	2.353	1.100
3	SLV - GEO	-0.80; 0.80	8.84	-8.79; -2.98	8.01; 0.00	2.933	1.200

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle
 N° numero d'ordine della striscia
 W peso della striscia espresso in [kg]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 L sviluppo della base della striscia espressa in [m] ($L=b/\cos\alpha$)
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
 Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Combinazione n° 2 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	Wi [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	190.93	-65.65	0.74	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
2	565.82	-60.76	0.63	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
3	875.45	-56.55	0.56	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
4	1140.89	-52.76	0.51	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
5	1373.35	-49.29	0.47	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
6	1579.66	-46.04	0.44	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
7	1764.37	-42.98	0.42	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
8	1930.67	-40.06	0.40	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
9	2080.92	-37.26	0.38	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
10	2216.93	-34.56	0.37	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
11	2340.07	-31.95	0.36	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
12	2451.48	-29.41	0.35	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
13	2552.04	-26.94	0.34	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
14	2642.49	-24.51	0.34	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
15	2723.43	-22.13	0.33	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
16	2795.36	-19.80	0.33	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
17	2858.69	-17.49	0.32	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
18	2913.78	-15.22	0.32	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
19	2960.89	-12.97	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
20	3000.28	-10.73	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
21	3032.11	-8.52	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
22	3056.56	-6.32	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
23	3073.71	-4.13	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
24	3083.65	-1.94	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
25	3086.43	0.24	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
26	3082.05	2.43	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
27	3070.50	4.62	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
28	4815.76	6.79	0.30	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
29	4790.57	8.96	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
30	4758.28	11.15	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
31	4718.75	13.35	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
32	4693.42	15.57	0.31	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
33	5401.53	17.81	0.32	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
34	5339.01	20.09	0.32	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
35	5268.24	22.39	0.33	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
36	5188.80	24.74	0.33	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
37	5100.24	27.13	0.34	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
38	5001.96	29.58	0.35	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
39	4893.27	32.08	0.36	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
40	4773.32	34.66	0.37	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
41	4641.04	37.32	0.38	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
42	4495.13	40.07	0.39	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
43	4333.88	42.95	0.41	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
44	4155.08	45.96	0.43	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
45	3955.74	49.15	0.46	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
46	3731.64	52.56	0.50	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
47	3476.50	56.27	0.54	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
48	3180.18	60.38	0.61	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
49	2824.02	65.11	0.72	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
50	2364.24	70.96	0.92	28.35	0.000	0.000	(0; 0)
51	1442.45	82.13	2.20	28.35	0.000	0.000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0.00 [kg]

$\Sigma W_i = 165785.54$ [kg]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 32158.72$ [kg]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 75658.40$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 0.00$ [kg]

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
M _u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N _u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Area della sezione del tubolare 33.10 [cmq]

n° - Tipo	Y	M	N	M _u	N _u	FS
	[m]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
3 - SLV - GEO	4.85	4961	595	5701	684	1.149

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
V _{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V _{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza a taglio (V _{Rd} /V _{Ed})

La verifica a taglio del micropalo è stata eseguita considerando una sezione anulare di area A = 33.10 cmq

n° - Tipo	Y	V _{Ed}	V _{Rd}	FS
	[m]	[kg]	[kg]	
3 - SLV - GEO	5.95	-2498	53167	21.284

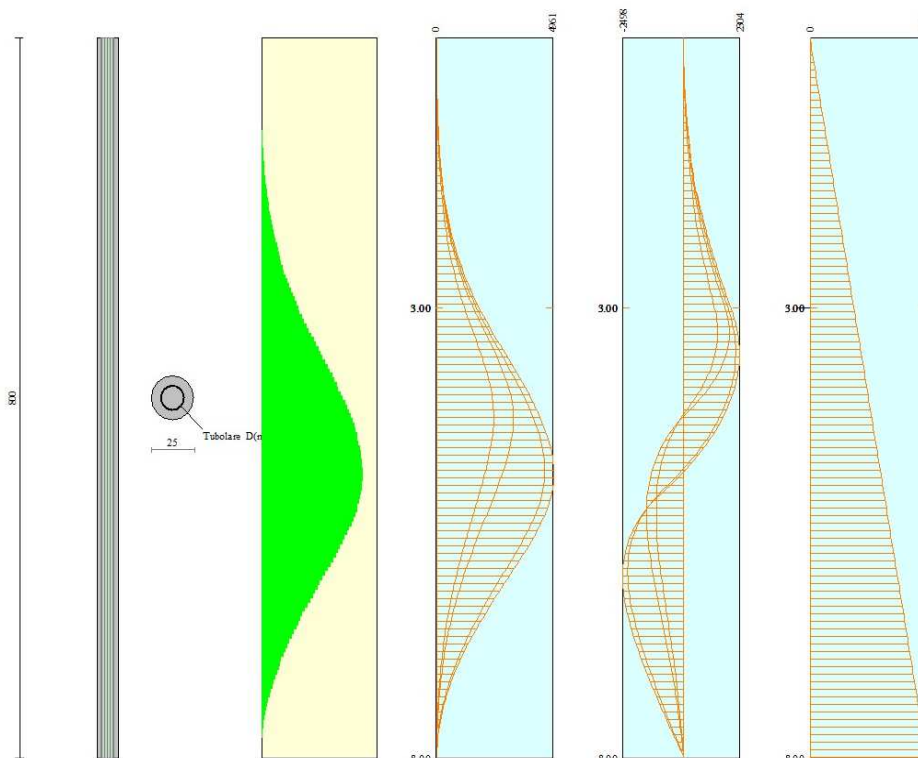
Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ _f	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm ²]
τ _f	tensione tangenziale in [kg/cm ²]
σ _{id}	tensione ideale espressa in [kg/cm ²]

Area della sezione del tubolare 33.10 [cmq]

σ _f	τ _f	σ _{id}	cmb
[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	
2357.94	3.60	2357.95	4



Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T_h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M_v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T_v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0.00 m) (Cordolo in acciaio)

$A=1000.00$ [cmq]

$W=600.00$ [cm³]

$M_h=1133$ [kgm]

$T_h=2265$ [kg]

$M_v=98$ [kgm]

$T_v=393$ [kg]

$\sigma_r = 188.78$ [kg/cmq]

$\tau_r = 2.27$ [kg/cmq]

$\sigma_{id} = 188.82$ [kg/cmq]

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

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

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazione).

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

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Ing. Palmos Giorgio
Licenza	AIU36547U

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Luogo e data

Il progettista
()
