

CITTÀ METROPOLITANA DI FIRENZE

S.G.C. FI-PI-LI km 10+500
Dir. Firenze

Somma urgenza per lavori di ripristino muro di contenimento
Primi interventi

Perizia giustificativa dei lavori di somma urgenza - Primi interventi

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

NOME FILE						SCALA	DATA	ELABORATO N.
0321	DEX	GEN	002	A	-	21/01/2021	1.1.2	
REDATTO: ANDROUTSOPOULOS			CONTROLLATO: ANDROUTSOPOULOS			REV.	DATA	DESCRIZIONE
			APPROVATO: BILIA			B		
						C		

PROGETTISTI

SMART
ENGINEERING

HYDEA

Ing. STEFANO MONNI
Ordine degli Ingegneri
di Prato n° 155

Ing. LUANA BILIA
Ordine degli Ingegneri
di Lucca n° 1005

LUANA
BILIA

Sezione A - N° 1.005
Ing. Responsabile

Responsabile Unico del Procedimento

Dott. Ing. Carlo Ferrante



S.G.C. FI-PI-LI
Global Service di gestione e manutenzione
Somma urgenza per lavori di ripristino muro di contenimento
al km 10+500 direzione Firenze

Relazione tecnica e di calcolo

S.G.C. FI-PI-LI
Global Service di gestione e manutenzione

**Somma urgenza per lavori di ripristino muro di contenimento
al km 10+500 direzione Firenze**

Primi interventi

Relazione tecnica e di calcolo

A	21/01/2021	Emissione	A. Androutsopoulos	A. Androutsopoulos	L. Bilia
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



Sommario

1	PREMESSA	4
2	STATO DEI LUOGHI.....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	9
4	MATERIALI	10
4.1	Calcestruzzi	10
4.2	Condizioni ambientali e classi di esposizione.....	10
4.2.1	Micropali.....	10
4.2.2	Durabilità e copriferro.....	10
4.2.3	Condizioni ambientali	11
4.2.4	Copriferro	13
4.3	Acciai per micropali.....	15
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	16
6	INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA	17
7	ANALISI STRUTTURALE E GEOTECNICA DELLE PARATIE.....	18
7.1	Modello di calcolo	18
7.1.1	Pressione e resistenza delle terre e dell'acqua	18
7.2	Condizioni di carico.....	20
7.3	Combinazione e coefficienti parziali	20
7.3.1	Note sulle verifiche in esercizio (SLE).....	22
7.3.2	Note sulle verifiche di resistenza degli elementi strutturali (SLU).....	22
7.3.3	Note sulle verifiche di stabilità geotecnica.....	22
7.4	Paratia provvisoria OS1	23
7.5	Paratia provvisoria OS2	24
8	INDICAZIONE PER LE SUCCESSIVE FASI.....	25
8.1	Previsione degli interventi di rimessa in pristino della scarpata	25
8.2	Muro di sottoscarpa su pali a ridosso della carreggiata.....	25
8.3	Intervento di ripristino della larghezza originaria della carreggiata	25
8.4	Muro di contenimento e opere di drenaggio al piede della scarpata	25
8.5	Quantificazione economica e tempistica prevista.....	26
9	QUADRO ECONOMICO DEI PRIMI INTERVENTI.....	27
	TABULATI DI CALCOLO	28



S.G.C. FI-PI-LI
Global Service di gestione e manutenzione
Somma urgenza per lavori di ripristino muro di contenimento
al km 10+500 direzione Firenze

Relazione tecnica e di calcolo



1 PREMESSA

Il progetto in oggetto, redatto a seguito dell'Ordine di Servizio trasmesso in data 12/01/2021 dal Direttore per l'Esecuzione del Contratto del servizio di Global Service di gestione e manutenzione della S.G.C. FI-PI-LI Ing. Michele Rosi, riguarda gli interventi di messa in sicurezza da eseguire in urgenza a seguito del crollo di due conci del muro di sottoscampa della Strada Grande Comunicazione Firenze-Pisa-Livorno al km 10+250 circa.

La presente descrive in dettaglio, anche attraverso specifici riferimenti agli elaborati grafici, le soluzioni tecniche individuate per i primi interventi di ripristino del dissesto del tratto di strada sulla S.G.C. FI-PI-LI, nel comune di Lastra a Signa, nella Città Metropolitana di Firenze.

Per una corretta individuazione del sito (Lat. 43.735145, Long. 11.106752) si riporta in Figura 1 un'immagine satellitare.

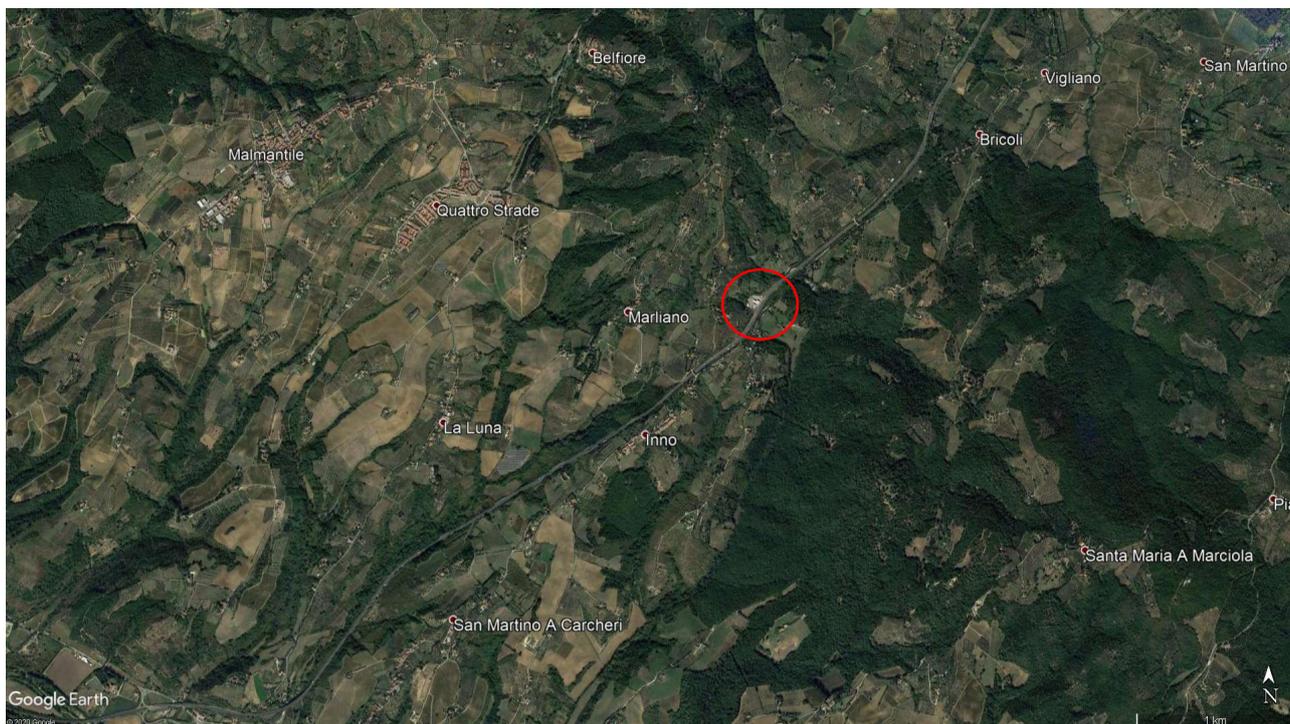


Figura 1 – Vista satellitare



2 STATO DEI LUOGHI

Nel pomeriggio del 7 gennaio scorso si è verificato il crollo di due conci del muro di sottoscampa della S.G.C. FI-PI-LI al km 10+250 circa, uno dei quali è stato parzialmente sostenuto da un contrafforte esistente all'estremità Ovest dello stesso paramento murario; su richiesta della AVR, i tecnici della scrivente hanno eseguito un primo sopralluogo nella mattina del giorno 8/01/2021, nel corso del quale è stato possibile visionare la scarpata, inizialmente dalla via di Carchieri-Via delle Fonti e, successivamente, dalla carreggiata chiusa al traffico della S.G.C. FI-PI-LI (Figura 2).



Figura 2 - Stato dei luoghi al giorno 8/01/2021

All'epoca del primo sopralluogo, la vista della scarpata era completamente impedita dalla presenza di sterpaglia che non consentiva di eseguire valutazioni sull'estensione e sulla gravità del movimento franoso; inoltre, l'importante afflusso di acque di filtrazione, che raggiungevano la sommità dei pannelli murari esistenti su Via di Carchieri, e il movimento ancora in atto sia del concio murario non completamente crollato sia della scarpata presente a monte, non consentivano di accedere alla scarpata in condizioni di sicurezza.

Il sopralluogo eseguito dalla carreggiata della S.G.C. FI-PI-LI – direzione Firenze, ha consentito di verificare la presenza di una paratia di micropali, con tiranti in sommità, evidentemente eseguita in passato, all'epoca della gestione ANAS, per la messa in sicurezza della strada a seguito di un precedente movimento franoso. La presenza della paratia, che all'epoca era visibile soltanto dalla carreggiata, non essendo possibile accedere alla scarpata per ragioni di sicurezza, ha indotto a ritenere che il dissesto fosse limitato soltanto al tratto del pannello murario crollato, lungo circa 40 m, dove non era stata realizzata la paratia a protezione della carreggiata della strada.



All'esito del primo sopralluogo, è stato suggerito di procedere con le seguenti attività:

- 1) Taglio della vegetazione presente su tutta la scarpata;
- 2) Messa in sicurezza del pannello murario parzialmente crollato mediante la realizzazione al piede di un terrapieno alto circa 2 m;
- 3) Messa in sicurezza dei restanti pannelli murari mediante il posizionamento al piede di geobloc, disposti su due livelli, con due file sul primo livello ed una fila sul secondo livello;
- 4) Esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo, realizzato dalla carreggiata chiusa della S.G.C. FI-PI-LI, fino alla profondità di 15 m, procedendo al prelievo di 2 campioni indisturbati, alle profondità di 4 e 8 m, oltre alla esecuzione di SPT in foro in corrispondenza dei punti di prelievo dei campioni;
- 5) Esecuzione di due prove dilatometriche nel corpo del terrapieno per verificare l'innescò di fenomeni di rottura all'interno dell'ammasso;
- 6) Esecuzione di un rilievo topografico dell'area interessata dal dissesto;
- 7) Monitoraggio topografico della paratia presente al bordo della carreggiata della FI-PI-LI – direzione Firenze.

Nella notte tra i giorni 8 e 9 gennaio, è crollato un ulteriore pannello murario, in corrispondenza del tratto in cui, a monte, a suo tempo era già stata realizzata la paratia; la presenza dell'opera di sostegno in corrispondenza del bordo della carreggiata della FI-PI-LI, la presenza delle acque di filtrazione che raggiungevano la sommità dei pannelli e la dinamica del crollo dei pannelli, i quali si sono ribaltati rispetto alla fondazione, stante la mancanza di un'armatura efficace a contrastare il ribaltamento del pannello, hanno indotto a ritenere che si trattasse di un crollo determinato dalla spinta idraulica delle acque di filtrazione sui pannelli murari, scongiurando ulteriori dissesti della scarpata oltre quello già riscontrato nel tratto in cui non era presente la paratia.

Nel pomeriggio del 12 gennaio 2021 è stato eseguito un secondo sopralluogo per accertare lo stato dei luoghi dopo il parziale taglio della vegetazione e l'inizio delle lavorazioni per la messa in sicurezza dei pannelli murari crollati.

In tale occasione, è stato possibile riscontrare che, rispetto a quanto era stato constatato nel precedente sopralluogo, la situazione si è palesata più grave di quanto fosse possibile prevedere, essendosi verificato un importante cedimento della scarpata in corrispondenza della paratia, che ha evidenziato un ampliamento dell'estensione del dissesto che non è limitato al solo tratto dove non è stata realizzata la paratia ma interessa anche la parte di scarpata a valle della stessa paratia.

Il taglio della vegetazione (Figura 3) ha consentito anche di accedere alla scarpata e di verificare lo stato della paratia dal lato di valle, dopo che essa è stata messa in vista dal cedimento della scarpata; l'ispezione della paratia ha evidenziato uno stato di stabilità fortemente precario, determinato dal fatto che essa non è costituita da micropali ma da jet-grouting armati e quindi assolutamente inadeguati a garantire la stabilità della scarpata.



Figura 3 - Vista della scarpata dalla carreggiata della FI-PI-LI



Figura 4 - Vista della paratia dal lato di valle



Figura 5 – Consistenza e stato di conservazione della paratia



3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione e verifica strutturale degli interventi sono state condotte ai sensi del DM Infr. e Trasp. 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" e della relativa "Circolare Esplicativa 21 Gennaio 2019 n° 7/C.S.LL.PP."

Per quanto non specificato nel DM Infrastrutture 17 gennaio 2019 è stato fatto riferimento ad altre normative di comprovata affidabilità ed in particolare:

- D.M. del 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche"
- Circ. Min. LL.PP. del 15 Ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C. "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 9 Gennaio 1996"
- D.M. del 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"
- Circ. Min. LL.PP. del 4 Luglio 1996, n. 156 AA.GG./S.T.C "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi' di cui al decreto ministeriale 16 Gennaio 1996"
- "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive" del Febbraio 2008 - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – "Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni"
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità"
- UNI EN 11104 marzo 2004 – "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità", Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1
- UNI EN 1992-1-1:2005 "Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici"
- D.M. del 11 Marzo 1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di fondazione"
- Circolare LL.PP. n° 30483 del 24 Settembre 1988: "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"



4 MATERIALI

4.1 Calcestruzzi

Per i micropali previsti in progetto per la realizzazione delle paratie provvisorie si farà riferimento alle seguenti caratteristiche dei calcestruzzi.

Classe di resistenza		C25/30		
Classe di esposizione		XC2		
Rapporto A/C		≤ 0.60		
R_{ck}	=	30.0	Mpa	resistenza cubica caratteristica
$f_{ck}=0.83 \cdot R_{ck}$	=	24.9	Mpa	resistenza cilindrica caratteristica
$f_{ctm}=0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	=	2.56	Mpa	resistenza media a trazione
$f_{ctk(5\%)}=0.7 \cdot f_{ctm}$	=	1.79	Mpa	resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)
$f_{ctk(95\%)}=1.3 \cdot f_{ctm}$	=	3.33	Mpa	resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)
$f_{ctm}=1.2 \cdot f_{ctm}$	=	3.07	Mpa	resistenza a trazione per flessione
$E_{cm}=22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$	=	31447	Mpa	modulo elastico istantaneo
$\alpha=1.2 \cdot 10^{-5}$	=	0.000012	$^{\circ}C^{-1}$	coefficiente di espansione termica lineare
Stato limite ultimo SLU				
$f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	=	14.11	Mpa	resistenza di progetto a compressione
Stato limite di esercizio SLE				
$\sigma_c=0.60 \cdot f_{ck}$	=	14.94	Mpa	combinazione di carico rara
$\sigma_c=0.45 \cdot f_{ck}$	=	11.205	Mpa	combinazione di carico quasi permanente

4.2 Condizioni ambientali e classi di esposizione

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno rispettare, oltre i requisiti di resistenza, anche i criteri previsti dalla vigente Normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate. Le condizioni di esposizione dell'opera, già riportate nei paragrafi precedenti, risultano le seguenti:

4.2.1 Micropali

Classe di resistenza C25/30

Classe di esposizione XC2

4.2.2 Durabilità e copriferro

Una struttura durevole deve soddisfare i requisiti di attitudine al servizio, resistenza e stabilità durante la sua vita utile di progetto, senza presentare perdite significative di funzionalità né richiedere manutenzione straordinaria eccessiva (per i requisiti generali vedere anche la EN 1990).

La protezione richiesta per la struttura deve essere stabilita considerandone l'utilizzo previsto, la vita utile di progetto (vedere EN 1990), il programma di manutenzione e le azioni.

Deve essere presa in considerazione l'eventuale importanza delle azioni dirette e indirette, delle condizioni ambientali e degli effetti che ne risultano.

La protezione delle armature d'acciaio contro la corrosione dipende dalla massa volumica, dalla quantità e dallo spessore del copriferro di calcestruzzo e dalla fessurazione. La massa volumica e la quantità del copriferro di ottengono controllando



il massimo rapporto acqua/cemento e il minimo contenuto di cemento (vedere EN 206-1) e possono essere associate ad una classe di resistenza minima del calcestruzzo.

4.2.3 Condizioni ambientali

Le condizioni di esposizione sono le condizioni chimiche e fisiche alle quali la struttura è esposta, in aggiunta alle azioni meccaniche.

Le condizioni ambientali sono classificate secondo il prospetto 4.1, basato sulla EN 206-1.

In aggiunta alle condizioni del prospetto 4.1, si raccomanda di considerare alcune forme particolari di azioni aggressive o indirette, incluse:

- Attacco chimico, dovuto per esempio a:
 - Utilizzo dell'edificio o della struttura (stoccaggio di liquidi, ecc),
 - Soluzioni di acidi o solfati (EN 206-1, ISO 9690),
 - Cloruri contenuti del calcestruzzo (EN 206-1),
 - Reazioni alcali-aggregati (EN 206-1, norme nazionali);
- Attacco fisico, dovuto per esempio a:
 - Variazione di temperatura,
 - Abrasione,
 - Penetrazione di acqua (EN 206-1).



prospetto 4.1 **Classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali, in conformità alla EN 206-1**

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Nessun rischio di corrosione o di attacco		
X0	Calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa
2 Corrosione indotta da carbonatazione		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa Calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo Molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2
3 Corrosione indotta da cloruri		
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte ad atmosfera salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni Pavimentazioni di parcheggi
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde, agli spruzzi oppure alle maree	Parti di strutture marine
5 Attacco di cicli gelo/disgelo		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e ad agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente ad agenti antigelo e al gelo Zone di strutture marine soggette a spruzzi ed esposte al gelo
6 Attacco chimico		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno



4.2.4 Copriferro

Il copriferro è la distanza tra la superficie esterna dell'armatura (inclusi staffe, collegamenti e rinforzi superficiali, se presenti) più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo.

Il copriferro nominale deve essere specificato sui disegni. Esso è definito come il copriferro minimo, c_{min} più un margine di progetto per gli scostamenti, Δc_{dev} :

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Il copriferro minimo deve essere assicurato al fine di garantire:

- Una corretta trasmissione delle forze di aderenza;
- La protezione dell'acciaio contro la corrosione (durabilità);
- Un'adeguata resistenza al fuoco.

Per far sì che le forze di aderenza siano trasmesse adeguatamente, e che il calcestruzzo sia sufficientemente compatto, si raccomanda che il copriferro minimo non sia inferiore ai valori di $c_{min,b}$ dati nel prospetto 4.2.

prospetto 4.2 Copriferro minimo, $c_{min,b}$ richiesto con riferimento all'aderenza

Requisito relativo all'aderenza	
Disposizione delle armature	Copriferro minimo $c_{min,b}$ ^{*)}
Isolate	Diametro della barra
Raggruppate	Diametro equivalente (ϕ_n) (vedere punto 8.9.1)
*) Se la dimensione nominale massima dell'aggregato è maggiore di 32 mm, si raccomanda di maggiorare $c_{min,b}$ di 5 mm.	

La classificazione strutturale e i valori di $c_{min,dur}$ da adottare in uno Stato possono essere reperiti nella sua appendice nazionale. La Classe Strutturale raccomandata (vita utile 50 anni) è S4 e le modifiche raccomandate alle classi strutturali sono date nel prospetto 4.3N. I valori raccomandati di $c_{min,dur}$ sono dati nel prospetto 4.4N.



prospetto 4.3N **Classificazione strutturale raccomandata**

Classe Strutturale							
Criterio	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
Vita utile di progetto di 100 anni	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi
Classe di resistenza ^{1) 2)}	≥C30/37 ridurre di 1 classe	≥C30/37 ridurre di 1 classe	≥C35/45 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C45/55 ridurre di 1 classe
Elemento di forma simile ad una soletta (posizione delle armature non influenzata dal processo costruttivo)	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe
È assicurato un controllo di qualità speciale della produzione del calcestruzzo	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe

prospetto 4.4N **Valori del copriferro minimo, $c_{min,dur}$, requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da armatura ordinaria, in accordo alla EN 10080**

Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Nel calcolo del copriferro nominale, c_{nom} , si deve aumentare il copriferro minimo per tener in conto degli scostamenti (Δc_{dev}). Il copriferro minimo richiesto deve essere aumentato del valore assoluto dello scostamento negativo accettato.

Il valore di Δc_{dev} da adottare in uno Stato può essere reperito dalla sua appendice nazionale. I valori raccomandati sono:

- Se l'esecuzione è sottoposta ad un sistema di assicurazione di qualità, nel quale siano incluse le misure dei copriferri, lo scostamento ammesso nel progetto, Δc_{dev} , può essere ridotto a:

$$10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 5 \text{ mm}$$

- Se si può assicurare che sia utilizzato un dispositivo di misurazione molto accurato per il monitoraggio e che gli elementi non conformi siano respinti, lo scostamento ammesso Δc_{dev} può essere ridotto a:

$$10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 0 \text{ mm}.$$

Il copriferro di progetto per i micropali è pari a 40 mm



4.3 Acciai per micropali

Per i micropali si utilizzerà acciaio della classe S355 avente le seguenti caratteristiche.

$f_{tk} = 510$ Mpa

tensione caratteristica a rottura

$f_{yk} = 355$ Mpa

tensione caratteristica allo snervamento

$f_{yd} = 338$ Mpa

tensione caratteristica allo snervamento



5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica è stata eseguita a partire dalle indagini descritte sopra e qui richiamate:

- 1) Esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo, realizzato dalla carreggiata chiusa della S.G.C. FI-PI-LI, fino alla profondità di 15 m, procedendo al prelievo di 2 campioni indisturbati, alle profondità di 4 e 8 m, oltre alla esecuzione di SPT in foro in corrispondenza dei punti di prelievo dei campioni
- 2) Esecuzione di due prove dilatometriche nel corpo del terrapieno per verificare l'insorgere di fenomeni di rottura all'interno dell'ammasso

Sulla base di tali indagini è stato possibile ricostruire il seguente modello geotecnico:

Strato degradato superficiale

$$\varphi = 25^\circ$$

$$c' = 5 \text{ kPa}$$

$$\gamma_n = 19 \text{ kN/mc}$$

$$E = 24 \text{ Mpa}$$

Substrato

$$\varphi = 35^\circ$$

$$c' = 5 \text{ kPa}$$

$$\gamma_n = 19 \text{ kN/mc}$$

$$E = 36 \text{ Mpa}$$



6 INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

Rispetto alle considerazioni che era stato possibile sviluppare a valle del primo sopralluogo, la situazione appare significativamente più critica per il fatto che la paratia esistente non riesce a garantire la stabilità della scarpata; per tale ragione, si rende necessario un intervento urgente di messa in sicurezza della scarpata che non è limitato soltanto al tratto in cui si è verificato il primo dissesto, che ha provocato anche lo svuotamento di parte del rilevato e della fondazione della carreggiata, ma deve essere esteso anche ad un altro tratto della carreggiata, dove è presente la paratia e dove l'entità del dissesto è maggiore, trovandosi nella parte centrale del movimento franoso. Si tratta quindi di eseguire due paratie composte da micropali:

- La prima paratia (OS1) avente estensione di 34 m, realizzata con micropali di lunghezza pari a 12 m, posti ad interasse di 50 cm, realizzati con perforazione di diametro pari a 250 mm, armati con tubo di acciaio avente diametro pari a 168.3 mm e spessore pari a 10 mm.
- La seconda paratia (OS2) avente estensione di 20 m, realizzata con micropali di lunghezza pari a 9 m, posti ad interasse di 50 cm, realizzati con perforazione di diametro pari a 250 mm, armati con tubo di acciaio avente diametro pari a 168.3 mm e spessore pari a 10 mm.

I tratti di paratia sono ubicati in Figura 6.

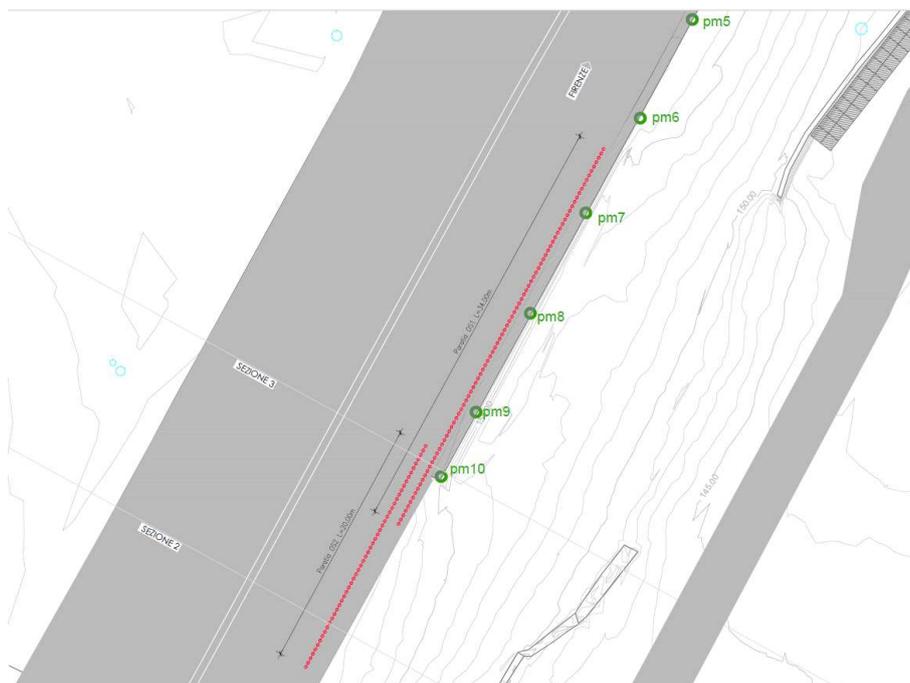


Figura 6 – Planimetria intervento



7 ANALISI STRUTTURALE E GEOTECNICA DELLE PARATIE

7.1 Modello di calcolo

Al fine di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle paratie è necessario poterne seguire il comportamento durante le principali fasi esecutive. Il calcolo "monodimensionale" della paratia verrà perciò condotto con l'ausilio del codice di calcolo automatico agli elementi finiti IS PARATIE prodotto da CDM Dolmen e omnia IS srl che, con l'impiego di un metodo di calcolo iterativo, consente di modellare l'interazione terreno-struttura nella successione delle fasi di scavo e di esercizio.

Infatti, in tale codice di calcolo, l'interazione fra la paratia e il terreno, è simulata modellando la prima con elementi finiti caratterizzati da una rigidità flessionale ed il secondo con molle elasto-plastiche connesse ai nodi della paratia di rigidità proporzionale al modulo di rigidità del terreno. Inoltre, è possibile modellare eventuali elementi di sostegno della paratia (tiranti, puntoni, centine) con molle dotate di opportuna rigidità.

La legge costitutiva elasto-plastica del terreno è identificata dai parametri di spinta del terreno: il terreno reagisce in modo elastico sino ai valori limite dello spostamento raggiunti i quali, la reazione corrisponde, a seconda del segno dello spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva. Si intende che gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di terreno "in quiete".

Questo modello, nella sua semplicità concettuale, derivato direttamente dal modello di Winkler, consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare, vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle fasi esecutive.

Il metodo di calcolo richiede la definizione di parametri di interazione struttura-terreno, valutati in funzione delle caratteristiche geotecniche e fisiche dei terreni e delle caratteristiche geometriche e strutturali dell'opera.

Tutti i calcoli verranno condotti con riferimento a condizioni di lungo termine (parametri del terreno "efficaci") che, nel caso di esecuzione di scavi (detensionamento del terreno), conducono a risultati cautelativi sul dimensionamento delle opere di sostegno.

7.1.1 Pressione e resistenza delle terre e dell'acqua

In generale, la pressione σ'_h che lo scheletro solido del terreno esercita su una struttura di sostegno dipende dagli spostamenti che essa subisce per effetto di σ'_h stessa ovvero dipende dall'interazione fra la struttura ed il terreno a tergo dell'opera. Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso valle (diminuzione della tensione orizzontale efficace rispetto alle condizioni geostatiche), la σ'_h sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$\sigma'_h = k_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{k_a} \quad \text{pressione attiva}$$

dove:

k_a è il coefficiente di spinta attiva

σ'_v è la tensione verticale efficace

c' è la coesione efficace

Il coefficiente di spinta attiva, per il caso in esame, è stato determinato tramite analisi limite, come illustrato dal seguente paragrafo.

Per il coefficiente di resistenza passiva, in condizioni statiche si può porre $k_p = k_p(\phi', \psi, \beta, \delta)$. Nelle analisi effettuate si è posto $\delta' = 0.50 \cdot \phi'$, con $\delta' \leq 15^\circ$. Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di k_p , di seguito, si farà riferimento a quella di [Caquot-Kerisel, 1948] che, nel caso in cui sia $\delta > \phi' / 3$ fornisce risultati più attendibili delle altre formulazioni.



La superficie potenziale di scorrimento del terreno è assimilabile in questo caso ad un arco di spirale logaritmica e non più ad una superficie piana. Tale coefficiente viene determinato dall'interpolazione polinomiale delle spirali logaritmiche fornite sperimentalmente da [Caquot-Kerisel, 1948], riportate in Figura 7.

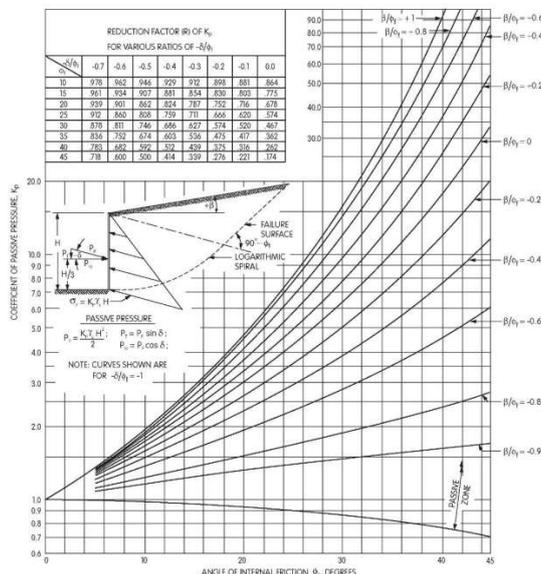


Figura 7 - Modello a spirale logaritmica per il calcolo dei coefficienti di spinta

Pertanto, in generale, nel caso di strutture di sostegno flessibili, eventualmente contrastate da elementi strutturali attivi o passivi messi in opera in fasi successive, sul paramento di monte agirà la pressione attiva e su quello di valle la pressione passiva.

Nel caso di strutture molto rigide, incapaci di subire spostamenti sufficienti a mobilitare la pressione attiva o quella passiva, la pressione $\sigma'h$ esercitata dallo scheletro solido sull'opera di sostegno può essere calcolata come la pressione in condizioni geostatiche:

$$\sigma'_h = k_0 \sigma'_v \quad \text{pressione a riposo}$$

dove:

k_0 è il coefficiente di spinta a riposo;

σ'_v è la tensione verticale efficace.

Secondo la relazione di [Kulhawy et al., 1989] k_0 dipende dalla resistenza del terreno e dal rapporto di sovraconsolidazione del terreno O.C.R.:

$$k_0 = k_0^{nc} (OCR)^m$$

dove:

k_0^{nc} è il coefficiente di spinta a riposo per terreni normal consolidati che secondo [Jaky, 1936] può essere posto pari a $(1 - \tan \phi')$;

m è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.



In generale, per strutture di sostegno impermeabili senza sistemi di drenaggio a monte, alla pressione esercitata dallo scheletro solido deve essere sommata la pressione esercitata dall'acqua.

In condizioni drenate (regime stazionario), che sono le condizioni a vantaggio di sicurezza nel caso di esecuzione di scavi (detensionamento del terreno), la pressione dell'acqua (pressione neutra) nei pori è indipendente dalla deformazione dello scheletro solido (disaccoppiamento meccanico-idraulico). Pertanto, nell'ipotesi semplificativa che il flusso nell'intorno della paratia si sviluppi prevalentemente in direzione verticale il calcolo della pressione neutra p alla quota z può essere condotto considerando che il prodotto fra permeabilità k e perdita di carico i è costante (principio di conservazione della massa applicato alla legge di Darcy) ovvero, che in ciascun tratto omogeneo (permeabilità k costante), di spessore $L = z - z_0$, la perdita di carico i è costante:

$$p = p_0 - \gamma_w (1 + i)(z - z_0) \quad \text{pressione neutra}$$

p_0 è la pressione all'inizio di ciascun tratto omogeneo ovvero $p(z = z_0)$

γ_w è il peso specifico dell'acqua

$$i = \frac{-\Delta h}{L} = -\frac{[h(z) - h(z_0)]}{z - z_0}$$

i è la perdita di carico

z è la quota, positiva verso l'alto, alla quale si calcola p

7.2 Condizioni di carico

Le azioni applicate a monte della paratia sono state assunte pari ad un carico uniformemente distribuito con intensità 10 kN/mq.

7.3 Combinazione e coefficienti parziali

Le analisi per il dimensionamento dell'opera sono svolte secondo la metodologia degli stati limite.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la seguente relazione:

$$E_d < R_d$$

dove E_d sono le azioni di progetto agenti sul sistema considerato, R_d la resistenza di progetto del sistema considerato.

Inoltre, valgono le seguenti relazioni:

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

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

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $E_d = \gamma_E E_k$, dei parametri di progetto $X_d = X_k / \gamma_M$ e della geometria di progetto a_d . Nella formulazione di R_d compare esplicitamente il coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.



La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1, A2), per i parametri geotecnici (M1, M2) e per le resistenze (R1, R2, R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti [NTC – 6.5.3.1.2].

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata con la seguente combinazione:

Combinazione 2: A2+M2+R2 utilizzata per le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera.

Le restanti verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti (*Approccio 1*):

Combinazione 1: A1+M1+R1 utilizzata per le verifiche strutturali in condizioni statiche;

Combinazione 2: A2+M2+R1 utilizzata per le verifiche geotecniche in condizioni statiche;

Nelle tabelle sotto riportate, sono riassunti i fattori parziali considerati per ciascuna combinazione e per ciascuno stato limite. I valori caratteristici della coesione e dell'angolo di attrito efficaci del terreno sono stati ottenuti direttamente dai risultati delle indagini, condotte nell'area in esame.

Tabella 1 – Coefficienti parziali sulle azioni

Combinazione	γ_{G1}	γ_{Qi}
A1	1.30	1.50
A2	1.00	1.30

γ_{G1} = coefficiente parziale azioni permanenti

γ_{Qi} = coefficiente parziale azioni variabili

Tabella 2 – Coefficienti parziali sulle resistenze

Combinazione	$\gamma_{\phi'}$	$\gamma_{c'}$	γ_{cu}	γ_c	γ_s
M1	1.0	1.0	1.0	1.5	1.15
M2	1.25	1.25	1.4	1.5	1.15

$\gamma_{\phi'}$ = coefficiente parziale angolo di attrito efficace

$\gamma_{c'}$ = coefficiente parziale coesione efficace

γ_{cu} = coefficiente parziale coesione non drenata

γ_c = coefficiente parziale resistenza calcestruzzo

γ_s = coefficiente parziale resistenza acciaio

Nelle seguenti tabelle si riportano i coefficienti parziali indicati dalla normativa (moltiplicativi per le azioni e riduttivi per i parametri di resistenza del terreno).

Azioni (γ_F)				Proprietà del terreno (γ_M)		
Permanenti		Variabili		$\tan \phi'$	c'	c_u
sfavorevoli	favorevoli	sfavorevoli	favorevoli			
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 3 – Combinazioni per analisi statiche in esercizio (SLE)

Combinazione	Azioni (γ_F)				Proprietà del terreno (γ_M)		
	Permanenti		Variabili				
	sfavorevoli	favorevoli	sfavorevoli	favorevoli	$\tan \varphi'$	c'	c_u
STR (A1 + M1)	1.30	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00
GEO (A2 + M2)	1.00	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.40

Tabella 4 – Combinazioni per analisi statiche SLU

Le analisi contemplano le seguenti combinazioni di carico:

SLE indicativa per le analisi di deformabilità e per le verifiche delle tensioni sui materiali e di fessurazione delle sezioni in c.a.

SLU (STR) per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali in condizioni statiche.

SLU (GEO) per le verifiche di stabilità geotecnica in condizioni statiche.

7.3.1 Note sulle verifiche in esercizio (SLE)

I valori delle proprietà meccaniche da adoperare nell'analisi sono quelli caratteristici e i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri di resistenza sono sempre unitari. Tale combinazione è di riferimento per le verifiche tensionali sui materiali e le verifiche di fessurazione. È inoltre rappresentativa delle condizioni di deformazione dell'opera e del terreno circostante.

7.3.2 Note sulle verifiche di resistenza degli elementi strutturali (SLU)

Si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali. L'analisi può essere svolta utilizzando la Combinazione 1 (A1+M1+R1), nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1.

7.3.3 Note sulle verifiche di stabilità geotecnica

Nelle verifiche agli stati limite ultimi per il dimensionamento geotecnico delle paratie (GEO), si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e, specificamente, dal raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia. L'analisi può essere condotta con la Combinazione 2 (A2+M2+R1), nella quale i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2, i coefficienti γ_R sulla resistenza globale (R1) sono unitari e le sole azioni variabili sono amplificate con i coefficienti del gruppo A2. I parametri di resistenza di progetto sono perciò inferiori a quelli caratteristici e di conseguenza il valore di progetto della spinta attiva è maggiore, e quello della resistenza passiva è minore, dei corrispondenti valori caratteristici. Le azioni di progetto E_d sono le risultanti o i momenti risultanti delle forze sulla paratia che producono il cinematismo di collasso ipotizzato, mentre le resistenze di progetto R_d sono le risultanti o i momenti risultanti delle forze che vi si oppongono.



7.4 Paratia provvisoria OS1

Il modello è stato realizzato secondo i criteri sopra esposti. La paratia sarà provvisoria, pertanto, non sono state eseguite le verifiche in condizioni sismiche,

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con le sollecitazioni ottenute nelle diverse combinazioni di calcolo analizzate.

COMBO	Spostamento X paratia	Cedimenti Z terreno	Momento paratia	Momento paratia	Taglio paratia	Taglio paratia
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kNm]	[kN/m]	[kN]
SLU-STR-1	3.26	1.14	109.94	54.97	60.24	30.12
SLU-STR-2	4.91	2.25	134.53	67.26	62.86	31.43
SLE	1.78	0.60	66.52	33.26	39.60	15.84

Di seguito viene invece riportata la verifica strutturale della sezione di acciaio del micropalo. Per maggiori dettagli si rimanda al tabulato di calcolo allegato alla presente relazione.

VERIFICA STRUTTURALE MICROPALO												
Profilo	\varnothing	s	A	A _v	W _{pl}	f _{yk}	V _{Ed}	M _{Ed}	V _{c,Rd}	ρ	M _{c,Rd}	Esito Verifica
	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ³]	[MPa]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kNm]	
Ø168.3#10	168.3	10.0	4970	3164	251000	355	31.43	67.26	617.6109	0	84.8619	OK

Profilo	Ø168.3#10
A	4970
A _v	3164
W _{pl}	251000
Ø	168.3
s	10.0

Acciaio	S355
f _{yk}	355 Mpa



7.5 Paratia provvisoria OS2

Il modello è stato realizzato secondo i criteri sopra esposti. La paratia sarà provvisoria, pertanto, non sono state eseguite le verifiche in condizioni sismiche,

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con le sollecitazioni ottenute nelle diverse combinazioni di calcolo analizzate.

COMBO	Spostamento X paratia	Cedimenti Z terreno	Momento paratia	Momento paratia	Taglio paratia	Taglio paratia
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kNm]	[kN/m]	[kN]
SLU-STR-1	1.04	0.19	26.90	13.45	20.85	10.43
SLU-STR-2	1.79	0.33	35.89	17.94	21.51	10.76
SLE	0.42	0.08	12.09	6.05	12.04	4.82

Di seguito viene invece riportata la verifica strutturale della sezione di acciaio del micropalo. Per maggiori dettagli si rimanda al tabulato di calcolo allegato alla presente relazione.

VERIFICA STRUTTURALE MICROPALO												
Profilo	\emptyset	s	A	A_V	W_{pl}	f_{yk}	V_{Ed}	M_{Ed}	$V_{c,Rd}$	ρ	$M_{c,Rd}$	Esito Verifica
	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ³]	[MPa]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kNm]	
Ø168.3≠10	168.3	10.0	4970	3164	251000	355	10.76	17.94	617.6109	0	84.8619	OK

Profilo	Ø168.3≠10
A	4970
A_V	3164
W_{pl}	251000
\emptyset	168.3
s	10.0

Acciaio	S355
f_{yk}	355 Mpa



8 INDICAZIONE PER LE SUCCESSIVE FASI

8.1 Previsione degli interventi di rimessa in pristino della scarpata

Dopo il completamento dei primi interventi, che consentiranno la riapertura al traffico della corsia di sorpasso della carreggiata in direzione Firenze, sarà necessario programmare gli interventi di rimessa in pristino della scarpata; a tal fine, sono stati individuate tre tipologie di intervento:

- 1) Muro di sottoscarpa su pali a ridosso della carreggiata;
- 2) Ripristino della larghezza originaria della carreggiata;
- 3) Muro di contenimento e opere di drenaggio al piede della scarpata.

8.2 Muro di sottoscarpa su pali a ridosso della carreggiata

Questo intervento è necessario per la messa in sicurezza definitiva dell'intera carreggiata in direzione Firenze; in occasione del sopralluogo eseguito il giorno 12/1/21, all'estremità Est dell'area interessata dalla frana, è stata verificata la presenza del vecchio muro di contenimento della scarpata stradale, in posizione arretrata rispetto a quella della successiva paratia (Figura 8); per evitare la demolizione del cordolo tirantato, presente in corrispondenza del bordo della carreggiata, risulta più conveniente realizzare la nuova paratia più a valle di quella attuale ed elevare su di essa un nuovo muro di sostegno, che consentirà di realizzare il nuovo margine destro della carreggiata. In tal modo, si ottiene anche il vantaggio di ripristinare l'originaria larghezza della carreggiata, aumentando la larghezza di corsie e banchina nel tratto interessato dai lavori. Il nuovo muro di sottoscarpa su pali si estenderà dal limite Est dell'area in frana fino al limite Ovest, per una lunghezza di circa 200 m.



Figura 8 - Muro di sottoscarpa originario

8.3 Intervento di ripristino della larghezza originaria della carreggiata

Al termine dell'area in frana, sarà realizzato un intervento per l'arretramento della barriera di sicurezza, esteso fino al successivo muro originario della strada; in tal modo, si otterrà il ripristino della carreggiata stradale su tutto il tratto oggetto di intervento, che era stata ridotta in passato per la messa in sicurezza dell'area in frana e che aveva determinato la riduzione della carreggiata di oltre 1,00 m.

8.4 Muro di contenimento e opere di drenaggio al piede della scarpata

Gli ultimi interventi saranno quelli necessari per la ricostruzione dei paramenti murari crollati e per la messa in sicurezza degli altri; tali interventi saranno associati alla posa in opera di microdreni sub-orizzontali che avranno la funzione di drenare le acque provenienti dal pendio a monte della FI-PI-LI e che saturano la scarpata fino all'altezza di circa 4 m dal piano della via di Carchieri, incrementando la spinta sui paramenti murari; per tale ragione, il posizionamento dei



microdreni avrà l'importante funzione di drenare le acque a tergo del paramento murario in modo da ripristinare le condizioni di sicurezza di quelli non crollati e di ridurre la spinta su quelli di nuova realizzazione.

8.5 Quantificazione economica e tempistica prevista

Per la progettazione degli interventi delle successive fasi risultano necessari ulteriori approfondimenti, attualmente in corso di esecuzione, come prove geotecniche, individuazione sottoservizi esistenti, verifiche idrauliche ed idrologiche, ecc.

Solo a seguito di tali approfondimenti sarà possibile quantificare in modo certo la stima dei costi complessivi della somma urgenza, che sarà depositata entro 30 giorni dalla consegna della presente.



9 QUADRO ECONOMICO DEI PRIMI INTERVENTI

Il quadro economico complessivo dei primi interventi risulta pari a € 321.000,00

Città Metropolitana di Firenze Global Service di gestione e manutenzione		
S.G.C. FI-PI-LI km 10+500 Somma urgenza per lavori di ripristino muro di contenimento Primi interventi		
A - IMPORTO LAVORI COMPLESSIVI		
A.1	LAVORI A MISURA	€ 206 465.74
	di cui	
A.1a	IMPORTO LAVORI DA CME	€ 203 414.52
A.1b	MAGGIORAZIONE SPESE GENERALI IMPRESA CAUSA COVID-19	€ 3 051.22
A.2	ONERI PER LA SICUREZZA	€ 18 274.10
	di cui	
A.2.a	ONERI PER PREVISIONI DAPSC	€ 18 004.04
A.2.b	ONERI PER MISURE ANTI COVID-19	€ 270.06
	TOTALE (1) = LAVORI + SICUREZZA (A.1 + A.2)	224 739.84 €
	di cui	
	IMPORTO SOGGETTO A RIBASSO (A.1)	€ 206 465.74
A.3	RIBASSO D'ASTA 4.99%	€ 10 302.64
	IMPORTO LAVORI AL NETTO DEL RIBASSO (A.1-A.3)	€ 196 163.10
	ONERI PER LA SICUREZZA NON SOGGETTI A RIBASSO (A.2)	€ 18 274.10
	TOTALE = LAVORI AL NETTO DEL RIBASSO + SICUREZZA	€ 214 437.20
B - SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE		
B.1	LAVORI IN ECONOMIA	€ -
B.2	RISOLUZIONE INTERFERENZE	€ -
B.3	ALLACCIAMENTO PUBBLICI SERVIZI	€ -
B.4	IMPREVISTI (max 5% A.1+A.2)	€ 14 643.52
B.5	OCCUPAZIONE TEMPORANEA DI AREE	€ -
B.6.1	ACCANTONAMENTO PER ACCORDO BONARIO (art. 205 D. Lgs. 50/16)	€ -
B.6.2	ACCANTONAMENTO FONDO INCENTIVANTE (2% DI A.1+A.2) (art. 113 D. Lgs. 50/16)	€ -
B.7	SPESE ANAC	€ -
B.8	SPESE PUBBLICITÀ	€ -
B.9	SPESE CONNESSE ALL'ATTUAZIONE E GESTIONE DELL'APPALTO	€ -
B.9.1	Spese tecniche (PD, PE, CSP)	€ -
B.9.2	Spese tecniche (DL, CSE)	€ -
B.9.3	Spese per attività tecnico-amministrative	€ -
B.9.4	Spese per indagini	€ 6 146.20
B.9.5	Spese per rilievi topografici e monitoraggio	€ 38 596.90
B.9.6	Spese per commissioni giudicatrici	€ -
B.9.7	Spese per prove da CSA	€ -
B.9.8	Spese per collaudo	€ -
B.10	IVASUI LAVORI (22% DI A.1+A.2)	€ 47 176.18
B.11	ARROTONDAMENTI	€ -
	TOTALE SOMME IN DIRETTA AMM.NE (B)	€ 106 562.80
	TOTALE COMPLESSIVO (A) + (B)	€ 321 000.00



TABULATI DI CALCOLO

Relazione di Calcolo

Descrizione: Paratia flessibile

Nome: c:\dolmen18\lavori\oc0321\Paratia OS1_SLE_rev.0.prt

Nome Studio

Indirizzo Studio

20/01/2021 16:25:52

Modello Strutturale	3
Metodo di calcolo.....	3
Materiali da costruzione impiegati.....	4
Elementi strutturali	4
Strati	4
Spinta a riposo	4
Pressione limite attiva e passiva.....	5
Deformabilità.....	6
Paratia.....	6
Sezioni.....	6
Puntoni	7
Carichi uniformi distribuiti sul terreno	7
Peso proprio	7
Step di progetto.....	8
Tabella riassuntiva	8
Risultati.....	8
Singoli Step	8
Step 2.....	8
Inviluppo delle sollecitazioni	15
Calcolo dei cedimenti a monte della paratia.....	19

Modello Strutturale

Segue la descrizione dei materiali da costruzione impiegati nella definizione del modello di calcolo. Oltre a questi vengono elencati gli elementi strutturali elementari che formano il modello.

Metodo di calcolo

Il programma "IS Paratie 18" utilizza il metodo di calcolo degli elementi finiti con cui schematizza sia la paratia che il terreno. La paratia è schematizzata con elementi trave a sei gradi di libertà (due traslazioni ed una rotazione per nodo) mentre il terreno è schematizzato con una serie di molle distribuite lungo l'altezza della paratia. Il procedimento iterativo di risoluzione del modello considera il comportamento non lineare del terreno (non linearità meccanica), mentre agli altri elementi assegna un comportamento elastico lineare. I valori numerici utilizzati per il calcolo sono introdotti esplicitamente dall'utente attraverso l'interfaccia grafica del programma, e vengono utilizzati direttamente: in particolare **il programma non adotta alcun coefficiente di sicurezza implicito.**

Il programma "IS Paratie 18" verifica i seguenti meccanismi di stato limite ultimo: stabilità dell'opera (rototraslazione), resistenza degli elementi strutturali che compongono la paratia, resistenza strutturale degli eventuali ancoraggi (tiranti), verifica a sfilamento degli eventuali ancoraggi, verifica della resistenza strutturale delle eventuali travi di collegamento degli ancoraggi, verifica della resistenza strutturale di eventuali puntoni. Tutte le verifiche vengono condotte con riferimento alle combinazioni di carico indicate dall'utente, sia statiche che sismiche.

Le deformazioni e le sollecitazioni cui è soggetta l'opera vengono stabilite utilizzando il metodo FEM con un procedimento iterativo che permette di considerare il comportamento non lineare del terreno. Tutti gli elementi strutturali (paratia, eventuali tiranti, eventuali puntoni) ed il terreno stesso sono schematizzati con elementi finiti e partecipano al calcolo con le proprie caratteristiche di rigidità e resistenza. Qualora il procedimento iterativo di soluzione del sistema di equazioni non lineari non trovi l'equilibrio dell'opera o superi lo spostamento massimo (valore parametrizzato e modificabile dall'utente), il calcolo si interrompe, e viene riportato un messaggio esplicito a video e nell'output di stampa. L'esistenza dei risultati è di per se garanzia che il programma è stato in grado di calcolare una configurazione equilibrata e congruente, cioè una situazione di equilibrio tra le azioni applicate all'opera e la resistenza da questa espressa, stanti le caratteristiche meccaniche e geometriche della paratia e del terreno ed i coefficienti di sicurezza applicati. Alla situazione di equilibrio determinata, corrispondono spostamenti e sollecitazioni lungo la paratia e gli altri elementi strutturali, che vengono verificati in successione. Tutte queste ulteriori verifiche sono riportate a schermo e nell'output di stampa e devono essere superate per garantire la sicurezza dell'opera.

La sicurezza dell'opera è valutata in relazione al seguente approccio: **NTC 2018, punto 7.11.1, SLV (A=1+M=1+R1).**

Metodo di verifica degli elementi strutturali.

Le verifiche tensionali degli elementi strutturali vengono eseguite col metodo degli stati limite.

Coefficienti sulle azioni.

L'intensità delle azioni, o dell'effetto delle azioni, è modificata applicando i seguenti coefficienti di sicurezza parziali ai carichi: $\gamma_{G1} = 1$, $\gamma_{G2} = 1$, $\gamma_{Q1} = 1$.

Coefficienti per il calcolo delle spinte del terreno.

Si applicano coefficienti di sicurezza parziali alle caratteristiche meccaniche del terreno: $\gamma_{\varphi} = 1$, $\gamma_c = 1$, $\gamma_{su} = 1$, $\gamma_r = 1$.

Unità di misura e convenzioni.

Ove non altrimenti specificato si utilizzano le seguenti unità di misura: daN; cm; cm²; daN/cm; daN cm; daN/cm².

Per quanto riguarda lo Step di inserimento di un elemento, si intende che quest'ultimo è presente nel modello dall'inizio dello Step. La stessa regola vale per lo Step di rimozione, cioè si intende che un elemento viene rimosso all'inizio dello Step specificato. Il sistema di riferimento utilizzato vede l'asse delle z verticale, orientato verso l'alto, l'asse delle x parallelo al piano di lavoro ed orientato verso destra, e l'asse delle y parallelo allo sviluppo longitudinale della paratia. In quest'ultima direzione viene convenzionalmente considerata una sezione di paratia larga 100 cm.

Materiali da costruzione impiegati

Cemento Armato: Conglomerato Cementizio Rck 300, Barre d'armatura B450C (cls: $f_{cd} = 141.1$; barre: $f_{yd} = 3913.04$).

Elementi strutturali

La struttura analizzata è formata dai seguenti elementi.

Strati

Segue la descrizione della stratigrafia del terreno utilizzata nel modello.

	STR_1	STR_2
Descrizione	Rilevato degradato	Substrato
Quota iniziale [cm]	0	-800
Grado di preconsolidazione (OCR)	1	1
Angolo d'attrito (φ') [°]	25	35
Coesione efficace (c') [daN/cm ²]	0.05	0.05
Resistenza non drenata (s_u) [daN/cm ²]	0.8	0.8
Permeabilità (m) [cm/s]	0.001	0.001
Peso di unità di volume fuori falda (γ_d) [daN/cm ³]	0.0019	0.0019
Peso di unità di volume sotto falda (γ_t) [daN/cm ³]	0.0019	0.002

Spinta a riposo

STR_1

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^\alpha.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \varphi') = 0.5774$.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.5774$$

$$k_{0,oc} = 0.5774$$

STR_2

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^\alpha.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \varphi')$ = 0.4264.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.4264$$

$$k_{0,oc} = 0.4264$$

Pressione limite attiva e passiva

STR_1

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_v - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.4059$$

Metodo *NAVFAC* per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h} \sigma'_v + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 2.4969$$

STR_2

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_v - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.271$$

Metodo NAVFAC per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h}\sigma'_v + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 3.9368$$

Deformabilità

STR_1

Metodo Vesic per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 2.6374$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

STR_2

Metodo Vesic per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 3.956$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

Paratia

Il modello comprende una sola paratia (PAR_1), alta 1200 cm.

La paratia PAR_1 utilizza la sezione trasversale SEZ_14. Per la verifica delle tensioni si utilizza la sezione 15.

Sezioni

Segue la descrizione delle sezioni trasversali utilizzate dagli elementi del modello.

	SEZ_13	SEZ_14	SEZ_15
Tipo	RETTANGOLARE	RETTANGOLARE	TUBO CIRCOLARE
Descrizione	cordolo	Ø250	Ø168.3/10
Materiale	C.A.	C.A.	C.A.
Modulo di Young [daN/cm ²]	314472.	314472.	314472.
Numero di sezioni per metro	1.	2.	2.

Area [cm ²]	5000.	1474.	49.76
Momento d'inerzia Z [cm ⁴]	1041667.	26688.	1561.
Momento d'inerzia Y [cm ⁴]	4166667.	1228333.	1561.
Ferri superiori	nessun ferro	nessun ferro	nessun ferro
Ferri inferiori	nessun ferro	nessun ferro	nessun ferro

Puntoni

Segue la descrizione dei puntoni impiegati nel modello.

	PUN_1
Quota di applicazione [cm]	0
Lunghezza [cm]	300
Rotazione [°]	0
Sezione trasversale	SEZ_13
Vincolo agli estremi	Cerniera
Step di attivazione	2
Step di rimozione	-

Carichi uniformi distribuiti sul terreno

Segue la descrizione dei carichi uniformi distribuiti sul terreno nella zona a monte. I carichi sono dati in daN/cm, per ogni metro di estensione longitudinale della paratia. Il valore dichiarato rappresenta quindi il carico distribuito su una striscia di 1x100 cm.

	CCD_1_1
Quota di applicazione [cm]	0
Carico distribuito [daN/cm]	-10
Carico distribuito [daN/cm ²]	-0.1
Tipologia	variabile
Step di attivazione	1
Step di rimozione	-

Peso proprio

Alla paratia PAR_1, viene automaticamente applicato il peso proprio come carico distribuito in direzione verticale, con intensita' definita dalla propria sezione trasversale.

Ai puntoni, viene automaticamente applicato il peso proprio come carico distribuito in direzione verticale, con intensita' definite dalle rispettive sezioni.

Step di progetto

Segue la descrizione dei passi considerati nella definizione del modello per simulare le fasi realizzative dell'opera.

Step 1

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento carico uniforme su terreno: CCD_1_1

Step 2

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento puntone: PUN_1

Scavo portato a quota: -425

Tabella riassuntiva

La seguente tabella riassume le caratteristiche del modello strutturale nell'insieme degli step considerati.

Step	Quota scavo	Strati		Puntoni	Carichi terreno
1	0	STR_1	STR_1 STR_2		CCD_1_1
2	-425	STR_1	STR_1 STR_2	PUN_1	CCD_1_1

Risultati

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 2 Step.

Singoli Step

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 2

In questo Step si hanno le seguenti sollecitazioni, deformazioni, reazioni vincolari, pressioni nel terreno e risultanti delle spinte.

Sollecitazioni - Paratia PAR_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
-14.6	-0.1234	-0.008	44549.11	-3054.8	-1982.5
-29.2	-0.2456	-0.008	89098.221	-3054.8	-2090
-43.8	-0.3667	-0.008	133647.333	-3054.8	-2197.4
-58.3	-0.4861	-0.008	177970.675	-3039.3	-2304.9
-72.9	-0.6032	-0.008	221829.081	-3007.4	-2412.4
-87.5	-0.7175	-0.008	264983.382	-2959.2	-2519.9

-102.1	-0.8285	-0.008	307194.41	-2894.5	-2627.4
-116.7	-0.9356	-0.008	348222.993	-2813.4	-2734.8
-131.2	-1.0383	-0.008	387829.958	-2715.9	-2842.3
-145.8	-1.136	-0.008	425776.131	-2602	-2949.8
-160.4	-1.2284	-0.008	461822.333	-2471.7	-3057.3
-175	-1.3149	-0.008	495729.384	-2325.1	-3164.8
-189.6	-1.3952	-0.008	527258.103	-2162	-3272.2
-204.2	-1.4688	-0.008	556169.303	-1982.5	-3379.7
-218.8	-1.5353	-0.008	582223.798	-1786.6	-3487.2
-233.3	-1.5945	-0.007	605182.399	-1574.3	-3594.7
-247.9	-1.646	-0.007	624805.917	-1345.6	-3702.1
-262.5	-1.6896	-0.007	640855.16	-1100.5	-3809.6
-277.1	-1.7251	-0.007	653090.942	-839	-3917.1
-291.7	-1.7523	-0.007	661274.078	-561.1	-4024.6
-306.2	-1.7711	-0.007	665165.387	-266.8	-4132.1
-320.8	-1.7816	-0.007	664525.699	43.9	-4239.5
-335.4	-1.7836	-0.007	659115.856	371	-4347
-350	-1.7773	-0.007	648696.714	714.5	-4454.5
-362.5	-1.7653	-0.007	635595.504	1048.1	-4546.6
-375	-1.7474	-0.007	618379.193	1377.3	-4638.8
-387.5	-1.7238	-0.007	596788.679	1727.2	-4730.9
-400	-1.6946	-0.007	570564.881	2097.9	-4823
-412.5	-1.6602	-0.007	539448.734	2489.3	-4915.1
-425	-1.6207	-0.007	503181.203	2901.4	-5007.3
-439.4	-1.5693	-0.006	457696.62	3153.6	-5113.5
-453.8	-1.5123	-0.006	408860.765	3386	-5219.8
-468.3	-1.4502	-0.006	357238.482	3579.1	-5326.1
-482.7	-1.3837	-0.006	303394.671	3733.2	-5432.4
-497.1	-1.3135	-0.006	247894.283	3848	-5538.7
-511.5	-1.2402	-0.006	191302.318	3923.7	-5645

-526	-1.1645	-0.006	134183.814	3960.2	-5751.3
-540.4	-1.0871	-0.006	77103.833	3957.5	-5857.6
-554.8	-1.0088	-0.006	20627.444	3915.7	-5963.9
-569.2	-0.9302	-0.006	-34680.311	3834.7	-6070.2
-583.7	-0.8521	-0.006	-88254.448	3714.5	-6176.5
-598.1	-0.775	-0.006	-139530.065	3555.1	-6282.8
-612.5	-0.6997	-0.005	-187942.361	3356.6	-6389.1
-626.9	-0.6267	-0.005	-232926.644	3118.9	-6495.4
-641.3	-0.5565	-0.005	-273918.334	2842.1	-6601.7
-655.8	-0.4898	-0.005	-310352.958	2526.1	-6708
-670.2	-0.4269	-0.005	-341666.145	2171	-6814.3
-684.6	-0.3682	-0.005	-367293.616	1776.8	-6920.6
-699	-0.314	-0.005	-386671.167	1343.5	-7026.9
-713.5	-0.2646	-0.005	-399234.663	871.1	-7133.2
-727.9	-0.2202	-0.005	-404420.017	359.5	-7239.5
-742.3	-0.1808	-0.004	-401663.174	-191.1	-7345.8
-756.7	-0.1463	-0.004	-390400.099	-780.9	-7452.1
-771.2	-0.1166	-0.004	-372322.881	-1253.4	-7558.4
-785.6	-0.0916	-0.004	-349003.555	-1616.8	-7664.7
-800	-0.0708	-0.004	-322131.272	-1863.1	-7771
-814.3	-0.0542	-0.004	-293760.577	-1985.9	-7876.3
-828.6	-0.0412	-0.004	-260911.468	-2299.4	-7981.6
-842.9	-0.0313	-0.004	-225032.03	-2511.6	-8086.9
-857.1	-0.0241	-0.003	-188685.948	-2544.2	-8192.1
-871.4	-0.0193	-0.003	-153730.278	-2446.9	-8297.4
-885.7	-0.0163	-0.003	-121428.648	-2261.1	-8402.7
-900	-0.0148	-0.003	-92560.399	-2020.8	-8508
-914.3	-0.0145	-0.003	-67521.642	-1752.7	-8613.3
-928.6	-0.0149	-0.003	-46415.73	-1477.4	-8718.6
-942.9	-0.016	-0.003	-29131.86	-1209.9	-8823.9

-957.1	-0.0174	-0.003	-15411.425	-960.4	-8929.1
-971.4	-0.019	-0.002	-4902.445	-735.6	-9034.4
-985.7	-0.0207	-0.002	2797.153	-539	-9139.7
-1000	-0.0223	-0.002	8106.313	-371.6	-9245
-1014.3	-0.0238	-0.002	11436.442	-233.1	-9350.3
-1028.6	-0.0252	-0.002	13174.521	-121.7	-9455.6
-1042.9	-0.0265	-0.002	13672.439	-34.9	-9560.9
-1057.1	-0.0276	-0.002	13241.353	30.2	-9666.1
-1071.4	-0.0285	-0.001	12149.956	76.4	-9771.4
-1085.7	-0.0293	-0.001	10625.694	106.7	-9876.7
-1100	-0.0299	-0.001	8858.073	123.7	-9982
-1114.3	-0.0305	-0.001	7003.35	129.8	-10087.3
-1128.6	-0.0309	-0.001	5190.002	126.9	-10192.6
-1142.9	-0.0313	-0.001	3524.486	116.6	-10297.9
-1157.1	-0.0317	0	2096.878	99.9	-10403.1
-1171.4	-0.032	0	986.059	77.8	-10508.4
-1185.7	-0.0323	0	264.158	50.5	-10613.7
-1200	-0.0326	0	0	18.5	-10719

Sollecitazioni - Puntone PUN_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
30	0	-0.002	-50625	-1500	-3098
60	0	-0.004	-90000	-1125	-3098
90	0	-0.006	-118125	-750	-3098
120	0	-0.007	-135000	-375	-3098
150	0	-0.008	-140625	0	-3098
180	0	-0.009	-135000	375	-3098
210	0	-0.009	-118125	750	-3098
240	0	-0.009	-90000	1125	-3098
270	-0.001	-0.009	-50625	1500	-3098

300	-0.001	-0.008	0	1875	-3098
-----	--------	--------	---	------	-------

Reazioni vincolari				
Descrizione	Nome	Orizzontale [daN]	Verticale [daN]	Momento [daN cm]
Base Paratia	PAR_1	-	10719.	-
Puntone	PUN_1	3098.	1875.	0.

Pressioni nel terreno, Paratia PAR_1												
Quota [cm]	Pres. Monte [daN/cm ²]						Pres. Valle [daN/cm ²]					
	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ
0	0.107	0.059	0	0.107	0.059	0	0	0	0	0	0	0
-14.58	0.128	0	0	0.128	0	0	0	0	0	0	0	0
-29.17	0.155	0	0	0.155	0	0	0	0	0	0	0	0
-43.75	0.183	0.011	0	0.183	0.011	0	0	0	0	0	0	0
-58.33	0.211	0.022	0	0.211	0.022	0	0	0	0	0	0	0
-72.92	0.239	0.033	0	0.239	0.033	0	0	0	0	0	0	0
-87.5	0.266	0.044	0	0.266	0.044	0	0	0	0	0	0	0
-102.08	0.294	0.056	0	0.294	0.056	0	0	0	0	0	0	0
-116.67	0.322	0.067	0	0.322	0.067	0	0	0	0	0	0	0
-131.25	0.349	0.078	0	0.349	0.078	0	0	0	0	0	0	0
-145.83	0.377	0.089	0	0.377	0.089	0	0	0	0	0	0	0
-160.42	0.405	0.101	0	0.405	0.101	0	0	0	0	0	0	0
-175	0.432	0.112	0	0.432	0.112	0	0	0	0	0	0	0
-189.58	0.46	0.123	0	0.46	0.123	0	0	0	0	0	0	0
-204.17	0.488	0.134	0	0.488	0.134	0	0	0	0	0	0	0
-218.75	0.516	0.146	0	0.516	0.146	0	0	0	0	0	0	0
-233.33	0.543	0.157	0	0.543	0.157	0	0	0	0	0	0	0
-247.92	0.571	0.168	0	0.571	0.168	0	0	0	0	0	0	0
-262.5	0.599	0.179	0	0.599	0.179	0	0	0	0	0	0	0
-277.08	0.626	0.191	0	0.626	0.191	0	0	0	0	0	0	0

-291.67	0.654	0.202	0	0.654	0.202	0	0	0	0	0	0	0
-306.25	0.682	0.213	0	0.682	0.213	0	0	0	0	0	0	0
-320.83	0.71	0.224	0	0.71	0.224	0	0	0	0	0	0	0
-335.42	0.737	0.236	0	0.737	0.236	0	0	0	0	0	0	0
-350	0.764	0.246	0	0.764	0.246	0	0	0	0	0	0	0
-362.5	0.789	0.263	0.012	0.777	0.252	0	0	0	0	0	0	0
-375	0.812	0.28	0.023	0.789	0.257	0	0	0	0	0	0	0
-387.5	0.836	0.297	0.035	0.801	0.261	0	0	0	0	0	0	0
-400	0.86	0.313	0.047	0.813	0.266	0	0	0	0	0	0	0
-412.5	0.884	0.33	0.058	0.825	0.271	0	0	0	0	0	0	0
-425	0.908	0.347	0.071	0.838	0.276	0	0.001	0.16	0	0	0.159	0
-439.42	0.935	0.365	0.084	0.851	0.282	0	0.027	0.204	0.015	0.013	0.189	0
-453.85	0.962	0.385	0.097	0.865	0.287	0	0.055	0.251	0.03	0.025	0.221	0
-468.27	0.99	0.404	0.111	0.879	0.293	0	0.082	0.297	0.044	0.038	0.252	0
-482.69	1.017	0.423	0.124	0.893	0.299	0	0.11	0.343	0.059	0.05	0.284	0
-497.12	1.045	0.442	0.138	0.907	0.304	0	0.137	0.389	0.074	0.063	0.315	0
-511.54	1.072	0.461	0.151	0.921	0.31	0	0.164	0.436	0.089	0.076	0.347	0
-525.96	1.099	0.48	0.165	0.935	0.316	0	0.192	0.482	0.104	0.088	0.378	0
-540.38	1.127	0.499	0.178	0.949	0.321	0	0.219	0.528	0.118	0.101	0.41	0
-554.81	1.154	0.519	0.192	0.963	0.327	0	0.247	0.574	0.133	0.113	0.441	0
-569.23	1.182	0.538	0.205	0.976	0.333	0	0.274	0.621	0.148	0.126	0.473	0
-583.65	1.209	0.557	0.219	0.99	0.338	0	0.301	0.667	0.163	0.139	0.504	0
-598.08	1.236	0.576	0.232	1.004	0.344	0	0.329	0.713	0.178	0.151	0.536	0
-612.5	1.264	0.595	0.246	1.018	0.35	0	0.356	0.76	0.192	0.164	0.567	0
-626.92	1.291	0.614	0.259	1.032	0.355	0	0.384	0.806	0.207	0.176	0.599	0
-641.35	1.319	0.633	0.273	1.046	0.361	0	0.411	0.852	0.222	0.189	0.63	0
-655.77	1.346	0.652	0.286	1.06	0.366	0	0.438	0.898	0.237	0.202	0.662	0
-670.19	1.373	0.672	0.3	1.074	0.372	0	0.466	0.945	0.252	0.214	0.693	0
-684.62	1.401	0.691	0.313	1.088	0.378	0	0.493	0.991	0.266	0.227	0.725	0
-699.04	1.428	0.71	0.326	1.102	0.383	0	0.521	1.037	0.281	0.24	0.756	0

-713.46	1.456	0.729	0.34	1.116	0.389	0	0.548	1.084	0.296	0.252	0.788	0
-727.88	1.483	0.748	0.353	1.13	0.395	0	0.575	1.13	0.311	0.265	0.819	0
-742.31	1.51	0.767	0.367	1.143	0.4	0	0.603	1.176	0.326	0.277	0.851	0
-756.73	1.538	0.786	0.38	1.157	0.406	0	0.63	1.114	0.34	0.29	0.774	0
-771.15	1.565	0.806	0.394	1.171	0.412	0	0.658	1.058	0.355	0.303	0.702	0
-785.58	1.593	0.825	0.407	1.185	0.417	0	0.685	0.995	0.37	0.315	0.626	0
-800	1.62	0.844	0.421	1.199	0.423	0	0.712	0.929	0.385	0.328	0.545	0
-814.29	1.649	0.711	0.434	1.214	0.277	0	0.741	0.931	0.399	0.342	0.531	0
-828.57	1.677	0.733	0.448	1.229	0.285	0	0.77	0.882	0.414	0.356	0.467	0
-842.86	1.706	0.816	0.461	1.245	0.355	0	0.798	0.839	0.429	0.37	0.41	0
-857.14	1.734	0.882	0.474	1.26	0.407	0	0.827	0.814	0.443	0.383	0.37	0
-871.43	1.763	0.933	0.488	1.275	0.445	0	0.855	0.803	0.458	0.397	0.345	0
-885.71	1.791	0.972	0.501	1.29	0.471	0	0.884	0.804	0.473	0.411	0.331	0
-900	1.82	1.002	0.514	1.306	0.488	0	0.913	0.815	0.487	0.425	0.327	0
-914.29	1.849	1.025	0.528	1.321	0.497	0	0.941	0.832	0.502	0.439	0.33	0
-928.57	1.877	1.042	0.541	1.336	0.501	0	0.97	0.855	0.517	0.453	0.339	0
-942.86	1.906	1.056	0.555	1.351	0.502	0	0.998	0.882	0.531	0.467	0.35	0
-957.14	1.934	1.068	0.568	1.366	0.5	0	1.027	0.911	0.546	0.481	0.365	0
-971.43	1.963	1.078	0.581	1.382	0.497	0	1.055	0.941	0.561	0.495	0.38	0
-985.71	1.991	1.088	0.595	1.397	0.494	0	1.084	0.971	0.575	0.509	0.396	0
-1000	2.02	1.098	0.608	1.412	0.49	0	1.112	1.001	0.59	0.523	0.412	0
-1014.29	2.049	1.109	0.621	1.427	0.488	0	1.141	1.031	0.605	0.537	0.427	0
-1028.57	2.077	1.121	0.635	1.442	0.486	0	1.17	1.06	0.619	0.55	0.441	0
-1042.86	2.106	1.133	0.648	1.458	0.485	0	1.198	1.088	0.634	0.564	0.454	0
-1057.14	2.134	1.147	0.661	1.473	0.485	0	1.227	1.115	0.649	0.578	0.466	0
-1071.43	2.163	1.162	0.675	1.488	0.487	0	1.255	1.14	0.663	0.592	0.477	0
-1085.71	2.191	1.177	0.688	1.503	0.489	0	1.284	1.165	0.678	0.606	0.487	0
-1100	2.22	1.194	0.702	1.518	0.492	0	1.312	1.189	0.693	0.62	0.497	0
-1114.29	2.249	1.211	0.715	1.534	0.496	0	1.341	1.213	0.707	0.634	0.506	0
-1128.57	2.277	1.228	0.728	1.549	0.5	0	1.37	1.236	0.722	0.648	0.514	0

-1142.86	2.306	1.246	0.742	1.564	0.505	0	1.398	1.258	0.736	0.662	0.521	0
-1157.14	2.334	1.265	0.755	1.579	0.51	0	1.427	1.28	0.751	0.676	0.529	0
-1171.43	2.363	1.283	0.768	1.594	0.515	0	1.455	1.302	0.766	0.69	0.536	0
-1185.71	2.391	1.302	0.782	1.61	0.52	0	1.484	1.324	0.78	0.703	0.544	0
-1200	2.413	1.315	0.792	1.621	0.523	0	1.505	1.341	0.791	0.714	0.549	0

σ_v = tensione verticale totale

σ_h = tensione orizzontale totale

u = pressione neutra

σ'_v = tensione verticale efficace

σ'_h = tensione orizzontale efficace

Risultanti delle pressioni [daN] e bracci [cm], Paratia PAR_1							
Monte				Valle			
R _h	-71621.3	b _h	835.9	R _h	68516.8	b _h	873.7
R' _h	-37831.7	b' _h	763.7	R' _h	37708.9	b' _h	818.2
R _u	-33789.6	b _u	916.7	R _u	30807.9	b _u	941.7

R = risultanti delle spinte, b = bracci rispetto alla testa della paratia.
pedice h = risultante delle pressioni totali sulla paratia.
pedice 'h = risultante delle pressioni efficaci sulla paratia.
pedice u = risultante delle pressioni neutre sulla paratia.

Inviluppo delle sollecitazioni

Segue l'inviluppo dei risultati ottenuti negli Step considerati.

Inviluppo - Paratia PAR_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
z						
-14.6	0.	44549.	-3055.	0.	-1983.	-107.5
-29.2	0.	89098.	-3055.	0.	-2090.	-215.
-43.8	0.	133647	-3055.	0.	-2197.	-322.4
-58.3	0.	177971	-3039.	0.	-2305.	-429.9
-72.9	0.	221829	-3007.	0.	-2412.	-537.4

-87.5	0.	264983	-2959.	0.	-2520.	-644.9
-102.1	0.	307194	-2895.	0.	-2627.	-752.4
-116.7	0.	348223	-2813.	0.	-2735.	-859.8
-131.2	0.	387830	-2716.	0.	-2842.	-967.3
-145.8	0.	425776	-2602.	0.	-2950.	-1075.
-160.4	0.	461822	-2472.	0.	-3057.	-1182.
-175.	0.	495729	-2325.	0.	-3165.	-1290.
-189.6	0.	527258	-2162.	0.	-3272.	-1397.
-204.2	0.	556169	-1983.	0.	-3380.	-1505.
-218.8	0.	582224	-1787.	0.	-3487.	-1612.
-233.3	0.	605182	-1574.	0.	-3595.	-1720.
-247.9	0.	624806	-1346.	0.	-3702.	-1827.
-262.5	0.	640855	-1101.	0.	-3810.	-1935.
-277.1	0.	653091	-839.	0.	-3917.	-2042.
-291.7	0.	661274	-561.1	0.	-4025.	-2150.
-306.2	0.	665165	-266.8	0.	-4132.	-2257.
-320.8	0.	664526	0.	43.9	-4240.	-2365.
-335.4	0.	659116	0.	371.	-4347.	-2472.
-350.	0.	648697	0.	714.5	-4455.	-2580.
-362.5	0.	635596	0.	1048.1	-4547.	-2672.
-375.	0.	618379	0.	1377.3	-4639.	-2764.
-387.5	0.	596789	0.	1727.2	-4731.	-2856.
-400.	0.	570565	0.	2097.9	-4823.	-2948.
-412.5	0.	539449	0.	2489.3	-4915.	-3040.
-425.	0.	503181	0.	2901.4	-5007.	-3132.
-439.4	0.	457697	0.	3153.6	-5114.	-3239.
-453.8	0.	408861	0.	3386.	-5220.	-3345.
-468.3	0.	357239	0.	3579.1	-5326.	-3451.
-482.7	0.	303395	0.	3733.2	-5432.	-3557.
-497.1	0.	247894	0.	3848.	-5539.	-3664.

-511.5	0.	191302	0.	3923.7	-5645.	-3770.
-526.	0.	134184	0.	3960.2	-5751.	-3876.
-540.4	0.	77104.	0.	3957.5	-5858.	-3983.
-554.8	0.	20627.	0.	3915.7	-5964.	-4089.
-569.2	-34680	0.	0.	3834.7	-6070.	-4195.
-583.7	-88254	0.	0.	3714.5	-6177.	-4302.
-598.1	-.14E6	0.	0.	3555.1	-6283.	-4408.
-612.5	-.19E6	0.	0.	3356.6	-6389.	-4514.
-626.9	-.23E6	0.	0.	3118.9	-6495.	-4620.
-641.3	-.27E6	0.	0.	2842.1	-6602.	-4727.
-655.8	-.31E6	0.	0.	2526.1	-6708.	-4833.
-670.2	-.34E6	0.	0.	2171.	-6814.	-4939.
-684.6	-.37E6	0.	0.	1776.8	-6921.	-5046.
-699.	-.39E6	0.	0.	1343.5	-7027.	-5152.
-713.5	-.4E6	0.	0.	871.1	-7133.	-5258.
-727.9	-.4E6	0.	0.	359.5	-7240.	-5365.
-742.3	-.4E6	0.	-191.1	0.	-7346.	-5471.
-756.7	-.39E6	0.	-780.9	0.	-7452.	-5577.
-771.2	-.37E6	0.	-1253.	0.	-7558.	-5683.
-785.6	-.35E6	0.	-1617.	0.	-7665.	-5790.
-800.	-.32E6	0.	-1863.	0.	-7771.	-5896.
-814.3	-.29E6	0.	-1986.	0.	-7876.	-6001.
-828.6	-.26E6	0.	-2299.	0.	-7982.	-6107.
-842.9	-.23E6	0.	-2512.	0.	-8087.	-6212.
-857.1	-.19E6	0.	-2544.	0.	-8192.	-6317.
-871.4	-.15E6	0.	-2447.	0.	-8297.	-6422.
-885.7	-.12E6	0.	-2261.	0.	-8403.	-6528.
-900.	-92560	0.	-2021.	0.	-8508.	-6633.
-914.3	-67522	0.	-1753.	0.	-8613.	-6738.
-928.6	-46416	0.	-1477.	0.	-8719.	-6844.

-942.9	-29132	0.	-1210.	0.	-8824.	-6949.
-957.1	-15411	0.	-960.4	0.	-8929.	-7054.
-971.4	-4902.	0.	-735.6	0.	-9034.	-7159.
-985.7	0.	2797.2	-539.	0.	-9140.	-7265.
-1000.	0.	8106.3	-371.6	0.	-9245.	-7370.
-1014.	0.	11436.	-233.1	0.	-9350.	-7475.
-1029.	0.	13175.	-121.7	0.	-9456.	-7581.
-1043.	0.	13672.	-34.9	0.	-9561.	-7686.
-1057.	0.	13241.	0.	30.2	-9666.	-7791.
-1071.	0.	12150.	0.	76.4	-9771.	-7896.
-1086.	0.	10626.	0.	106.7	-9877.	-8002.
-1100.	0.	8858.1	0.	123.7	-9982.	-8107.
-1114.	0.	7003.3	0.	129.8	-10087	-8212.
-1129.	0.	5190.	0.	126.9	-10193	-8318.
-1143.	0.	3524.5	0.	116.6	-10298	-8423.
-1157.	0.	2096.9	0.	99.9	-10403	-8528.
-1171.	0.	986.1	0.	77.8	-10508	-8633.
-1186.	0.	264.2	0.	50.5	-10614	-8739.
-1200.	0.	0.	0.	18.5	-10719	-8844.

Sollecitazioni - Puntone PUN_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
z						
30.	-50625	-50625	-1500.	-1500.	-3098.	-3098.
60.	-90000	-90000	-1125.	-1125.	-3098.	-3098.
90.	-.12E6	-.12E6	-750.	-750.	-3098.	-3098.
120.	-.14E6	-.14E6	-375.	-375.	-3098.	-3098.
150.	-.14E6	-.14E6	0.	0.	-3098.	-3098.
180.	-.14E6	-.14E6	375.	375.	-3098.	-3098.
210.	-.12E6	-.12E6	750.	750.	-3098.	-3098.

240.	-90000	-90000	1125.	1125.	-3098.	-3098.
270.	-50625	-50625	1500.	1500.	-3098.	-3098.
300.	0.	0.	1875.	1875.	-3098.	-3098.

Calcolo dei cedimenti a monte della paratia

Metodo *Volume* per il calcolo dei cedimenti a monte della paratia.

Si ipotizza che la variazione di volume complessiva del terreno coinvolto nel processo deformativo sia nulla (deformandosi, i terreni tendono a dilatare). In questo caso, definito il cuneo di spinta, si ha uguaglianza tra il volume che il terreno occupa in seguito allo spostamento della paratia e quello che il terreno libera per i cedimenti verticali a monte dell'opera.

Segue il calcolo per lo Step in cui si verifica il cedimento massimo (Step 2 di 2).

Paratia PAR_1 Step 2		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 692.8[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.6
50	50	0.56
100	100	0.51
150	150	0.47
200	200	0.43
250	250	0.38
300	300	0.34
350	350	0.3
400	400	0.25
450	450	0.21
500	500	0.17
550	550	0.12
600	600	0.08
650	650	0.04
692.8	692.8	0

Relazione di Calcolo

Descrizione: Paratia flessibile

Nome: c:\dolmen18\lavori\oc0321\Paratia OS1_STR1_rev.0.prt

Nome Studio

Indirizzo Studio

20/01/2021 16:20:06

Modello Strutturale	3
Metodo di calcolo.....	3
Materiali da costruzione impiegati.....	4
Elementi strutturali	4
Strati	4
Spinta a riposo	4
Pressione limite attiva e passiva.....	5
Deformabilità.....	6
Paratia.....	6
Sezioni.....	6
Puntoni	7
Carichi uniformi distribuiti sul terreno	7
Peso proprio	7
Step di progetto.....	8
Tabella riassuntiva	8
Risultati.....	8
Singoli Step	8
Step 2.....	8
Inviluppo delle sollecitazioni	15
Calcolo dei cedimenti a monte della paratia.....	19

Modello Strutturale

Segue la descrizione dei materiali da costruzione impiegati nella definizione del modello di calcolo. Oltre a questi vengono elencati gli elementi strutturali elementari che formano il modello.

Metodo di calcolo

Il programma "IS Paratie 18" utilizza il metodo di calcolo degli elementi finiti con cui schematizza sia la paratia che il terreno. La paratia è schematizzata con elementi trave a sei gradi di libertà (due traslazioni ed una rotazione per nodo) mentre il terreno è schematizzato con una serie di molle distribuite lungo l'altezza della paratia. Il procedimento iterativo di risoluzione del modello considera il comportamento non lineare del terreno (non linearità meccanica), mentre agli altri elementi assegna un comportamento elastico lineare. I valori numerici utilizzati per il calcolo sono introdotti esplicitamente dall'utente attraverso l'interfaccia grafica del programma, e vengono utilizzati direttamente: in particolare **il programma non adotta alcun coefficiente di sicurezza implicito.**

Il programma "IS Paratie 18" verifica i seguenti meccanismi di stato limite ultimo: stabilità dell'opera (rototraslazione), resistenza degli elementi strutturali che compongono la paratia, resistenza strutturale degli eventuali ancoraggi (tiranti), verifica a sfilamento degli eventuali ancoraggi, verifica della resistenza strutturale delle eventuali travi di collegamento degli ancoraggi, verifica della resistenza strutturale di eventuali puntoni. Tutte le verifiche vengono condotte con riferimento alle combinazioni di carico indicate dall'utente, sia statiche che sismiche.

Le deformazioni e le sollecitazioni cui è soggetta l'opera vengono stabilite utilizzando il metodo FEM con un procedimento iterativo che permette di considerare il comportamento non lineare del terreno. Tutti gli elementi strutturali (paratia, eventuali tiranti, eventuali puntoni) ed il terreno stesso sono schematizzati con elementi finiti e partecipano al calcolo con le proprie caratteristiche di rigidità e resistenza. Qualora il procedimento iterativo di soluzione del sistema di equazioni non lineari non trovi l'equilibrio dell'opera o superi lo spostamento massimo (valore parametrizzato e modificabile dall'utente), il calcolo si interrompe, e viene riportato un messaggio esplicito a video e nell'output di stampa. L'esistenza dei risultati è di per se garanzia che il programma è stato in grado di calcolare una configurazione equilibrata e congruente, cioè una situazione di equilibrio tra le azioni applicate all'opera e la resistenza da questa espressa, stanti le caratteristiche meccaniche e geometriche della paratia e del terreno ed i coefficienti di sicurezza applicati. Alla situazione di equilibrio determinata, corrispondono spostamenti e sollecitazioni lungo la paratia e gli altri elementi strutturali, che vengono verificati in successione. Tutte queste ulteriori verifiche sono riportate a schermo e nell'output di stampa e devono essere superate per garantire la sicurezza dell'opera.

La sicurezza dell'opera è valutata in relazione al seguente approccio: **NTC 2018, punto 6.5.3.1.2, SLU Approccio 1 Combinazione 1 (A1+M1+R1).**

Metodo di verifica degli elementi strutturali.

Le verifiche tensionali degli elementi strutturali vengono eseguite col metodo degli stati limite.

Coefficienti sulle azioni.

L'intensità delle azioni, o dell'effetto delle azioni, è modificata applicando i seguenti coefficienti di sicurezza parziali ai carichi: $\gamma_{G1} = 1.3$, $\gamma_{G2} = 1.5$, $\gamma_{Qi} = 1.5$.

Coefficienti per il calcolo delle spinte del terreno.

Si applicano coefficienti di sicurezza parziali alle caratteristiche meccaniche del terreno: $\gamma_{\varphi} = 1$, $\gamma_c = 1$, $\gamma_{su} = 1$, $\gamma_r = 1$.

Unità di misura e convenzioni.

Ove non altrimenti specificato si utilizzano le seguenti unità di misura: daN; cm; cm²; daN/cm; daN cm; daN/cm².

Per quanto riguarda lo Step di inserimento di un elemento, si intende che quest'ultimo è presente nel modello dall'inizio dello Step. La stessa regola vale per lo Step di rimozione, cioè si intende che un elemento viene rimosso all'inizio dello Step specificato. Il sistema di riferimento utilizzato vede l'asse delle z verticale, orientato verso l'alto, l'asse delle x parallelo al piano di lavoro ed orientato verso destra, e l'asse delle y parallelo allo sviluppo longitudinale della paratia. In quest'ultima direzione viene convenzionalmente considerata una sezione di paratia larga 100 cm.

Materiali da costruzione impiegati

Cemento Armato: Conglomerato Cementizio Rck 300, Barre d'armatura B450C (cls: $f_{cd} = 141.1$; barre: $f_{yd} = 3913.04$).

Elementi strutturali

La struttura analizzata è formata dai seguenti elementi.

Strati

Segue la descrizione della stratigrafia del terreno utilizzata nel modello.

	STR_1	STR_2
Descrizione	Rilevato degradato	Substrato
Quota iniziale [cm]	0	-800
Grado di preconsolidazione (OCR)	1	1
Angolo d'attrito (φ') [°]	25	35
Coesione efficace (c') [daN/cm ²]	0.05	0.05
Resistenza non drenata (s_u) [daN/cm ²]	0.8	0.8
Permeabilità (m) [cm/s]	0.001	0.001
Peso di unità di volume fuori falda (γ_d) [daN/cm ³]	0.0019	0.0019
Peso di unità di volume sotto falda (γ_t) [daN/cm ³]	0.0019	0.002

Spinta a riposo

STR_1

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^\alpha.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \varphi') = 0.5774$.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.5774$$

$$k_{0,oc} = 0.5774$$

STR_2

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^\alpha.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \varphi')$ = 0.4264.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.4264$$

$$k_{0,oc} = 0.4264$$

Pressione limite attiva e passiva

STR_1

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_v - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.4059$$

Metodo *NAVFAC* per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h} \sigma'_v + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 2.4969$$

STR_2

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_v - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.271$$

Metodo NAVFAC per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h}\sigma'_v + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 3.9368$$

Deformabilità

STR_1

Metodo *Vesic* per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 2.6374$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

STR_2

Metodo *Vesic* per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 3.956$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

Paratia

Il modello comprende una sola paratia (PAR_1), alta 1200 cm.

La paratia PAR_1 utilizza la sezione trasversale SEZ_14. Per la verifica delle tensioni si utilizza la sezione 15.

Sezioni

Segue la descrizione delle sezioni trasversali utilizzate dagli elementi del modello.

	SEZ_13	SEZ_14	SEZ_15
Tipo	RETTANGOLARE	RETTANGOLARE	TUBO CIRCOLARE
Descrizione	cordolo	Ø250	Ø168.3/10
Materiale	C.A.	C.A.	C.A.
Modulo di Young [daN/cm ²]	314472.	314472.	314472.
Numero di sezioni per metro	1.	2.	2.

Area [cm ²]	5000.	1474.	49.76
Momento d'inerzia Z [cm ⁴]	1041667.	26688.	1561.
Momento d'inerzia Y [cm ⁴]	4166667.	1228333.	1561.
Ferri superiori	nessun ferro	nessun ferro	nessun ferro
Ferri inferiori	nessun ferro	nessun ferro	nessun ferro

Puntoni

Segue la descrizione dei puntoni impiegati nel modello.

	PUN_1
Quota di applicazione [cm]	0
Lunghezza [cm]	300
Rotazione [°]	0
Sezione trasversale	SEZ_13
Vincolo agli estremi	Cerniera
Step di attivazione	2
Step di rimozione	-

Carichi uniformi distribuiti sul terreno

Segue la descrizione dei carichi uniformi distribuiti sul terreno nella zona a monte. I carichi sono dati in daN/cm, per ogni metro di estensione longitudinale della paratia. Il valore dichiarato rappresenta quindi il carico distribuito su una striscia di 1x100 cm.

	CCD_1_1
Quota di applicazione [cm]	0
Carico distribuito [daN/cm]	-10
Carico distribuito [daN/cm ²]	-0.1
Tipologia	variabile
Step di attivazione	1
Step di rimozione	-

Peso proprio

Alla paratia PAR_1, viene automaticamente applicato il peso proprio come carico distribuito in direzione verticale, con intensita' definita dalla propria sezione trasversale.

Ai puntoni, viene automaticamente applicato il peso proprio come carico distribuito in direzione verticale, con intensita' definite dalle rispettive sezioni.

Step di progetto

Segue la descrizione dei passi considerati nella definizione del modello per simulare le fasi realizzative dell'opera.

Step 1

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento carico uniforme su terreno: CCD_1_1

Step 2

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento puntone: PUN_1

Scavo portato a quota: -425

Tabella riassuntiva

La seguente tabella riassume le caratteristiche del modello strutturale nell'insieme degli step considerati.

Step	Quota scavo	Strati		Puntoni	Carichi terreno
1	0	STR_1	STR_1 STR_2		CCD_1_1
2	-425	STR_1	STR_1 STR_2	PUN_1	CCD_1_1

Risultati

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 2 Step.

Singoli Step

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 2

In questo Step si hanno le seguenti sollecitazioni, deformazioni, reazioni vincolari, pressioni nel terreno e risultanti delle spinte.

Sollecitazioni - Paratia PAR_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
-14.6	-0.2165	-0.011	74370.097	-5099.7	-2577.2
-29.2	-0.4311	-0.011	148489.431	-5082.5	-2716.9
-43.8	-0.6437	-0.01	222047.087	-5044	-2856.7
-58.3	-0.8536	-0.01	294732.152	-4984.1	-2996.4
-72.9	-1.0597	-0.01	366233.713	-4903	-3136.1
-87.5	-1.2612	-0.01	436240.855	-4800.5	-3275.8

-102.1	-1.4572	-0.01	504442.662	-4676.7	-3415.6
-116.7	-1.6468	-0.01	570528.218	-4531.6	-3555.3
-131.2	-1.8292	-0.01	634186.607	-4365.1	-3695
-145.8	-2.0035	-0.01	695106.91	-4177.4	-3834.7
-160.4	-2.169	-0.01	752978.207	-3968.3	-3974.5
-175	-2.325	-0.01	807489.576	-3737.9	-4114.2
-189.6	-2.4708	-0.01	858330.095	-3486.2	-4253.9
-204.2	-2.6057	-0.01	905188.837	-3213.2	-4393.6
-218.8	-2.7292	-0.01	947754.875	-2918.8	-4533.3
-233.3	-2.8406	-0.01	985717.278	-2603.1	-4673.1
-247.9	-2.9396	-0.01	1018765.114	-2266.1	-4812.8
-262.5	-3.0257	-0.01	1046587.448	-1907.8	-4952.5
-277.1	-3.0985	-0.009	1068873.344	-1528.2	-5092.2
-291.7	-3.1578	-0.009	1085311.862	-1127.2	-5232
-306.2	-3.2034	-0.009	1095592.064	-704.9	-5371.7
-320.8	-3.2351	-0.009	1099403.012	-261.3	-5511.4
-335.4	-3.2528	-0.009	1096433.769	203.6	-5651.1
-350	-3.2567	-0.009	1086373.402	689.9	-5790.8
-362.5	-3.2491	-0.009	1071867.64	1160.5	-5910.6
-375	-3.2316	-0.009	1051586.727	1622.5	-6030.4
-387.5	-3.2042	-0.009	1025193.761	2111.4	-6150.1
-400	-3.1673	-0.009	992351.848	2627.4	-6269.9
-412.5	-3.1212	-0.009	952724.103	3170.2	-6389.7
-425	-3.0662	-0.009	905973.653	3740	-6509.4
-439.4	-2.9923	-0.008	845852.364	4168.4	-6647.6
-453.8	-2.908	-0.008	779820.811	4578.2	-6785.8
-468.3	-2.814	-0.008	708613.008	4937.1	-6924
-482.7	-2.7112	-0.008	632963.009	5245.1	-7062.2
-497.1	-2.6006	-0.008	553604.913	5502.2	-7200.4
-511.5	-2.4831	-0.008	471272.869	5708.4	-7338.6

-526	-2.3598	-0.008	386701.075	5863.6	-7476.7
-540.4	-2.2318	-0.008	300623.783	5968	-7614.9
-554.8	-2.0999	-0.008	213775.292	6021.5	-7753.1
-569.2	-1.9655	-0.007	126889.95	6024.1	-7891.3
-583.7	-1.8294	-0.007	40702.138	5975.7	-8029.5
-598.1	-1.6929	-0.007	-44053.74	5876.4	-8167.7
-612.5	-1.5569	-0.007	-126643.282	5726.2	-8305.9
-626.9	-1.4225	-0.007	-206332.114	5525.1	-8444.1
-641.3	-1.2906	-0.007	-282385.924	5273.1	-8582.2
-655.8	-1.1622	-0.007	-354070.489	4970.1	-8720.4
-670.2	-1.0381	-0.007	-420651.69	4616.3	-8858.6
-684.6	-0.9193	-0.006	-481395.521	4211.6	-8996.8
-699	-0.8065	-0.006	-535568.089	3756	-9135
-713.5	-0.7002	-0.006	-582435.611	3249.5	-9273.2
-727.9	-0.6012	-0.006	-621264.405	2692.1	-9411.4
-742.3	-0.5098	-0.006	-651320.878	2083.9	-9549.6
-756.7	-0.4265	-0.006	-671871.512	1424.8	-9687.7
-771.2	-0.3515	-0.005	-682182.848	714.9	-9825.9
-785.6	-0.2849	-0.005	-681521.472	-45.9	-9964.1
-800	-0.2268	-0.005	-669153.991	-857.5	-10102.3
-814.3	-0.1773	-0.005	-646448.218	-1589.4	-10239.2
-828.6	-0.1357	-0.005	-609656.038	-2575.5	-10376
-842.9	-0.1015	-0.005	-562062.876	-3331.5	-10512.9
-857.1	-0.0741	-0.005	-506357.431	-3899.4	-10649.8
-871.4	-0.0529	-0.004	-444677.948	-4317.6	-10786.7
-885.7	-0.037	-0.004	-379448.693	-4566	-10923.5
-900	-0.0257	-0.004	-314781.225	-4526.7	-11060.4
-914.3	-0.0183	-0.004	-253594.881	-4283	-11197.3
-928.6	-0.014	-0.004	-197818.383	-3904.4	-11334.1
-942.9	-0.0121	-0.004	-148581.027	-3446.6	-11471

-957.1	-0.0121	-0.003	-106387.299	-2953.6	-11607.9
-971.4	-0.0133	-0.003	-71271.274	-2458.1	-11744.8
-985.7	-0.0154	-0.003	-42929.134	-1983.9	-11881.6
-1000	-0.018	-0.003	-20829.642	-1547	-12018.5
-1014.3	-0.021	-0.003	-4303.439	-1156.8	-12155.4
-1028.6	-0.0239	-0.002	7387.18	-818.3	-12292.2
-1042.9	-0.0268	-0.002	14995.969	-532.6	-12429.1
-1057.1	-0.0295	-0.002	19255.616	-298.2	-12566
-1071.4	-0.032	-0.002	20853.454	-111.8	-12702.9
-1085.7	-0.0343	-0.002	20417.728	30.5	-12839.7
-1100	-0.0363	-0.001	18512.238	133.4	-12976.6
-1114.3	-0.038	-0.001	15637.422	201.2	-13113.5
-1128.6	-0.0396	-0.001	12236.071	238.1	-13250.3
-1142.9	-0.041	-0.001	8702.133	247.4	-13387.2
-1157.1	-0.0424	-0.001	5391.189	231.8	-13524.1
-1171.4	-0.0436	0	2631.368	193.2	-13661
-1185.7	-0.0449	0	733.575	132.8	-13797.8
-1200	-0.0461	0	0	51.4	-13934.7

Sollecitazioni - Puntone PUN_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
30	0	-0.003	-65812.5	-1950	-5163.6
60	0	-0.005	-117000	-1462.5	-5163.6
90	0	-0.007	-153562.5	-975	-5163.6
120	0	-0.009	-175500	-487.5	-5163.6
150	0	-0.011	-182812.5	0	-5163.6
180	-0.001	-0.011	-175500	487.5	-5163.6
210	-0.001	-0.012	-153562.5	975	-5163.6
240	-0.001	-0.012	-117000	1462.5	-5163.6
270	-0.001	-0.011	-65812.5	1950	-5163.6

300	-0.001	-0.011	0	2437.5	-5163.6
-----	--------	--------	---	--------	---------

Reazioni vincolari				
Descrizione	Nome	Orizzontale [daN]	Verticale [daN]	Momento [daN cm]
Base Paratia	PAR_1	-	13935.	-
Puntone	PUN_1	5163.6	2437.5	0.

Pressioni nel terreno, Paratia PAR_1												
Quota [cm]	Pres. Monte [daN/cm ²]						Pres. Valle [daN/cm ²]					
	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ
0	0.159	0.088	0	0.159	0.088	0	0	0	0	0	0	0
-14.58	0.186	0.012	0	0.186	0.012	0	0	0	0	0	0	0
-29.17	0.222	0.026	0	0.222	0.026	0	0	0	0	0	0	0
-43.75	0.258	0.041	0	0.258	0.041	0	0	0	0	0	0	0
-58.33	0.294	0.056	0	0.294	0.056	0	0	0	0	0	0	0
-72.92	0.33	0.07	0	0.33	0.07	0	0	0	0	0	0	0
-87.5	0.366	0.085	0	0.366	0.085	0	0	0	0	0	0	0
-102.08	0.402	0.1	0	0.402	0.1	0	0	0	0	0	0	0
-116.67	0.438	0.114	0	0.438	0.114	0	0	0	0	0	0	0
-131.25	0.474	0.129	0	0.474	0.129	0	0	0	0	0	0	0
-145.83	0.51	0.143	0	0.51	0.143	0	0	0	0	0	0	0
-160.42	0.546	0.158	0	0.546	0.158	0	0	0	0	0	0	0
-175	0.582	0.173	0	0.582	0.173	0	0	0	0	0	0	0
-189.58	0.618	0.187	0	0.618	0.187	0	0	0	0	0	0	0
-204.17	0.654	0.202	0	0.654	0.202	0	0	0	0	0	0	0
-218.75	0.69	0.216	0	0.69	0.216	0	0	0	0	0	0	0
-233.33	0.726	0.231	0	0.726	0.231	0	0	0	0	0	0	0
-247.92	0.762	0.246	0	0.762	0.246	0	0	0	0	0	0	0
-262.5	0.798	0.26	0	0.798	0.26	0	0	0	0	0	0	0
-277.08	0.834	0.275	0	0.834	0.275	0	0	0	0	0	0	0

-291.67	0.87	0.29	0	0.87	0.29	0	0	0	0	0	0	0
-306.25	0.906	0.304	0	0.906	0.304	0	0	0	0	0	0	0
-320.83	0.942	0.319	0	0.942	0.319	0	0	0	0	0	0	0
-335.42	0.978	0.333	0	0.978	0.333	0	0	0	0	0	0	0
-350	1.013	0.348	0	1.013	0.348	0	0	0	0	0	0	0
-362.5	1.045	0.37	0.015	1.03	0.354	0	0	0	0	0	0	0
-375	1.076	0.391	0.03	1.046	0.361	0	0	0	0	0	0	0
-387.5	1.107	0.413	0.046	1.062	0.367	0	0	0	0	0	0	0
-400	1.138	0.434	0.061	1.077	0.373	0	0	0	0	0	0	0
-412.5	1.169	0.456	0.076	1.093	0.38	0	0	0	0	0	0	0
-425	1.201	0.478	0.092	1.109	0.386	0	0.001	0.16	0.001	0.001	0.159	0
-439.42	1.235	0.502	0.109	1.127	0.394	0	0.036	0.218	0.019	0.016	0.199	0
-453.85	1.271	0.527	0.126	1.145	0.401	0	0.071	0.278	0.038	0.033	0.24	0
-468.27	1.307	0.552	0.144	1.163	0.408	0	0.107	0.338	0.058	0.049	0.281	0
-482.69	1.342	0.577	0.161	1.181	0.416	0	0.142	0.399	0.077	0.066	0.322	0
-497.12	1.378	0.602	0.179	1.199	0.423	0	0.178	0.459	0.096	0.082	0.363	0
-511.54	1.414	0.627	0.196	1.217	0.43	0	0.214	0.519	0.115	0.098	0.404	0
-525.96	1.449	0.652	0.214	1.235	0.438	0	0.249	0.579	0.135	0.115	0.444	0
-540.38	1.485	0.676	0.232	1.253	0.445	0	0.285	0.639	0.154	0.131	0.485	0
-554.81	1.52	0.701	0.249	1.271	0.452	0	0.321	0.699	0.173	0.147	0.526	0
-569.23	1.556	0.726	0.267	1.289	0.46	0	0.356	0.76	0.192	0.164	0.567	0
-583.65	1.592	0.751	0.284	1.307	0.467	0	0.392	0.82	0.212	0.18	0.608	0
-598.08	1.627	0.776	0.302	1.326	0.474	0	0.428	0.88	0.231	0.197	0.649	0
-612.5	1.663	0.801	0.319	1.344	0.482	0	0.463	0.94	0.25	0.213	0.69	0
-626.92	1.699	0.826	0.337	1.362	0.489	0	0.499	1	0.269	0.229	0.731	0
-641.35	1.734	0.851	0.354	1.38	0.496	0	0.534	1.06	0.289	0.246	0.772	0
-655.77	1.77	0.875	0.372	1.398	0.504	0	0.57	1.121	0.308	0.262	0.813	0
-670.19	1.805	0.9	0.389	1.416	0.511	0	0.606	1.181	0.327	0.279	0.854	0
-684.62	1.841	0.925	0.407	1.434	0.518	0	0.641	1.241	0.346	0.295	0.895	0
-699.04	1.877	0.95	0.424	1.452	0.526	0	0.677	1.301	0.365	0.311	0.936	0

-713.46	1.912	0.975	0.442	1.47	0.533	0	0.712	1.361	0.385	0.328	0.976	0
-727.88	1.948	1	0.46	1.488	0.54	0	0.748	1.421	0.404	0.344	1.017	0
-742.31	1.983	1.025	0.477	1.506	0.548	0	0.784	1.481	0.423	0.361	1.058	0
-756.73	2.019	1.05	0.495	1.525	0.555	0	0.819	1.542	0.442	0.377	1.099	0
-771.15	2.055	1.075	0.512	1.543	0.562	0	0.855	1.602	0.462	0.393	1.14	0
-785.58	2.09	1.099	0.53	1.561	0.57	0	0.891	1.662	0.481	0.41	1.181	0
-800	2.126	1.124	0.547	1.579	0.577	0	0.926	1.634	0.5	0.426	1.134	0
-814.29	2.163	0.946	0.565	1.599	0.381	0	0.963	1.636	0.519	0.444	1.117	0
-828.57	2.2	0.968	0.582	1.618	0.386	0	1.001	1.498	0.538	0.462	0.959	0
-842.86	2.237	0.991	0.599	1.638	0.392	0	1.038	1.389	0.557	0.48	0.831	0
-857.14	2.275	1.014	0.617	1.658	0.397	0	1.075	1.307	0.576	0.498	0.73	0
-871.43	2.312	1.046	0.634	1.678	0.412	0	1.112	1.22	0.595	0.517	0.624	0
-885.71	2.349	1.173	0.651	1.697	0.521	0	1.149	1.145	0.614	0.535	0.531	0
-900	2.386	1.27	0.669	1.717	0.602	0	1.186	1.1	0.634	0.553	0.466	0
-914.29	2.423	1.344	0.686	1.737	0.658	0	1.223	1.079	0.653	0.571	0.426	0
-928.57	2.46	1.398	0.704	1.757	0.694	0	1.261	1.078	0.672	0.589	0.406	0
-942.86	2.497	1.437	0.721	1.776	0.716	0	1.298	1.091	0.691	0.607	0.401	0
-957.14	2.535	1.464	0.738	1.796	0.725	0	1.335	1.117	0.71	0.625	0.407	0
-971.43	2.572	1.483	0.756	1.816	0.727	0	1.372	1.151	0.729	0.643	0.422	0
-985.71	2.609	1.496	0.773	1.836	0.723	0	1.409	1.19	0.748	0.661	0.442	0
-1000	2.646	1.506	0.79	1.856	0.715	0	1.446	1.233	0.767	0.679	0.466	0
-1014.29	2.683	1.514	0.808	1.875	0.706	0	1.483	1.277	0.786	0.697	0.491	0
-1028.57	2.72	1.522	0.825	1.895	0.697	0	1.521	1.322	0.805	0.716	0.517	0
-1042.86	2.757	1.53	0.843	1.915	0.688	0	1.558	1.366	0.824	0.734	0.542	0
-1057.14	2.795	1.539	0.86	1.935	0.68	0	1.595	1.409	0.843	0.752	0.566	0
-1071.43	2.832	1.55	0.877	1.954	0.673	0	1.632	1.451	0.862	0.77	0.589	0
-1085.71	2.869	1.563	0.895	1.974	0.668	0	1.669	1.491	0.881	0.788	0.61	0
-1100	2.906	1.577	0.912	1.994	0.665	0	1.706	1.529	0.9	0.806	0.629	0
-1114.29	2.943	1.592	0.929	2.014	0.663	0	1.743	1.567	0.919	0.824	0.647	0
-1128.57	2.98	1.609	0.947	2.034	0.662	0	1.781	1.602	0.938	0.842	0.664	0

-1142.86	3.017	1.627	0.964	2.053	0.662	0	1.818	1.637	0.957	0.86	0.68	0
-1157.14	3.055	1.645	0.982	2.073	0.663	0	1.855	1.672	0.976	0.878	0.695	0
-1171.43	3.092	1.663	0.999	2.093	0.665	0	1.892	1.706	0.996	0.896	0.71	0
-1185.71	3.129	1.682	1.016	2.113	0.666	0	1.929	1.739	1.015	0.915	0.725	0
-1200	3.157	1.695	1.029	2.127	0.665	0	1.957	1.767	1.029	0.928	0.738	0

σ_v = tensione verticale totale

σ_h = tensione orizzontale totale

u = pressione neutra

σ'_v = tensione verticale efficace

σ'_h = tensione orizzontale efficace

Risultanti delle pressioni [daN] e bracci [cm], Paratia PAR_1							
Monte				Valle			
R _h	-95744.6	b _h	828	R _h	90574.8	b _h	875.2
R' _h	-51818.1	b' _h	752.8	R' _h	50524.6	b' _h	822.5
R _u	-43926.5	b _u	916.7	R _u	40050.2	b _u	941.7

R = risultanti delle spinte, b = bracci rispetto alla testa della paratia.
pedice h = risultante delle pressioni totali sulla paratia.
pedice 'h = risultante delle pressioni efficaci sulla paratia.
pedice u = risultante delle pressioni neutre sulla paratia.

Inviluppo delle sollecitazioni

Segue l'inviluppo dei risultati ottenuti negli Step considerati.

Inviluppo - Paratia PAR_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
z						
-14.6	0.	74370.	-5100.	0.	-2577.	-139.7
-29.2	0.	148489	-5083.	0.	-2717.	-279.4
-43.8	0.	222047	-5044.	0.	-2857.	-419.2
-58.3	0.	294732	-4984.	0.	-2996.	-558.9
-72.9	0.	366234	-4903.	0.	-3136.	-698.6

-87.5	0.	436241	-4801.	0.	-3276.	-838.3
-102.1	0.	504443	-4677.	0.	-3416.	-978.1
-116.7	0.	570528	-4532.	0.	-3555.	-1118.
-131.2	0.	634187	-4365.	0.	-3695.	-1258.
-145.8	0.	695107	-4177.	0.	-3835.	-1397.
-160.4	0.	752978	-3968.	0.	-3975.	-1537.
-175.	0.	807490	-3738.	0.	-4114.	-1677.
-189.6	0.	858330	-3486.	0.	-4254.	-1816.
-204.2	0.	905189	-3213.	0.	-4394.	-1956.
-218.8	0.	947755	-2919.	0.	-4533.	-2096.
-233.3	0.	985717	-2603.	0.	-4673.	-2236.
-247.9	0.	.102E7	-2266.	0.	-4813.	-2375.
-262.5	0.	.105E7	-1908.	0.	-4953.	-2515.
-277.1	0.	.107E7	-1528.	0.	-5092.	-2655.
-291.7	0.	.109E7	-1127.	0.	-5232.	-2795.
-306.2	0.	.11E7	-704.9	0.	-5372.	-2934.
-320.8	0.	.11E7	-261.3	0.	-5511.	-3074.
-335.4	0.	.11E7	0.	203.6	-5651.	-3214.
-350.	0.	.109E7	0.	689.9	-5791.	-3353.
-362.5	0.	.107E7	0.	1160.5	-5911.	-3473.
-375.	0.	.105E7	0.	1622.5	-6030.	-3593.
-387.5	0.	.103E7	0.	2111.4	-6150.	-3713.
-400.	0.	992352	0.	2627.4	-6270.	-3832.
-412.5	0.	952724	0.	3170.2	-6390.	-3952.
-425.	0.	905974	0.	3740.	-6509.	-4072.
-439.4	0.	845852	0.	4168.4	-6648.	-4210.
-453.8	0.	779821	0.	4578.2	-6786.	-4348.
-468.3	0.	708613	0.	4937.1	-6924.	-4487.
-482.7	0.	632963	0.	5245.1	-7062.	-4625.
-497.1	0.	553605	0.	5502.2	-7200.	-4763.

-511.5	0.	471273	0.	5708.4	-7339.	-4901.
-526.	0.	386701	0.	5863.6	-7477.	-5039.
-540.4	0.	300624	0.	5968.	-7615.	-5177.
-554.8	0.	213775	0.	6021.5	-7753.	-5316.
-569.2	0.	126890	0.	6024.1	-7891.	-5454.
-583.7	0.	40702.	0.	5975.7	-8030.	-5592.
-598.1	-44054	0.	0.	5876.4	-8168.	-5730.
-612.5	-.13E6	0.	0.	5726.2	-8306.	-5868.
-626.9	-.21E6	0.	0.	5525.1	-8444.	-6007.
-641.3	-.28E6	0.	0.	5273.1	-8582.	-6145.
-655.8	-.35E6	0.	0.	4970.1	-8720.	-6283.
-670.2	-.42E6	0.	0.	4616.3	-8859.	-6421.
-684.6	-.48E6	0.	0.	4211.6	-8997.	-6559.
-699.	-.54E6	0.	0.	3756.	-9135.	-6698.
-713.5	-.58E6	0.	0.	3249.5	-9273.	-6836.
-727.9	-.62E6	0.	0.	2692.1	-9411.	-6974.
-742.3	-.65E6	0.	0.	2083.9	-9550.	-7112.
-756.7	-.67E6	0.	0.	1424.8	-9688.	-7250.
-771.2	-.68E6	0.	0.	714.9	-9826.	-7388.
-785.6	-.68E6	0.	-45.9	0.	-9964.	-7527.
-800.	-.67E6	0.	-857.5	0.	-10102	-7665.
-814.3	-.65E6	0.	-1589.	0.	-10239	-7802.
-828.6	-.61E6	0.	-2576.	0.	-10376	-7939.
-842.9	-.56E6	0.	-3332.	0.	-10513	-8075.
-857.1	-.51E6	0.	-3899.	0.	-10650	-8212.
-871.4	-.44E6	0.	-4318.	0.	-10787	-8349.
-885.7	-.38E6	0.	-4566.	0.	-10924	-8486.
-900.	-.31E6	0.	-4527.	0.	-11060	-8623.
-914.3	-.25E6	0.	-4283.	0.	-11197	-8760.
-928.6	-.2E6	0.	-3904.	0.	-11334	-8897.

-942.9	-.15E6	0.	-3447.	0.	-11471	-9034.
-957.1	-.11E6	0.	-2954.	0.	-11608	-9170.
-971.4	-71271	0.	-2458.	0.	-11745	-9307.
-985.7	-42929	0.	-1984.	0.	-11882	-9444.
-1000.	-20830	0.	-1547.	0.	-12019	-9581.
-1014.	-4303.	0.	-1157.	0.	-12155	-9718.
-1029.	0.	7387.2	-818.3	0.	-12292	-9855.
-1043.	0.	14996.	-532.6	0.	-12429	-9992.
-1057.	0.	19256.	-298.2	0.	-12566	-10129
-1071.	0.	20854.	-111.8	0.	-12703	-10265
-1086.	0.	20418.	0.	30.5	-12840	-10402
-1100.	0.	18512.	0.	133.4	-12977	-10539
-1114.	0.	15637.	0.	201.2	-13114	-10676
-1129.	0.	12236.	0.	238.1	-13250	-10813
-1143.	0.	8702.1	0.	247.4	-13387	-10950
-1157.	0.	5391.2	0.	231.8	-13524	-11087
-1171.	0.	2631.4	0.	193.2	-13661	-11224
-1186.	0.	733.6	0.	132.8	-13798	-11360
-1200.	0.	0.	0.	51.4	-13935	-11497

Sollecitazioni - Puntone PUN_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
z						
30.	-65813	-65813	-1950.	-1950.	-5164.	-5164.
60.	-.12E6	-.12E6	-1463.	-1463.	-5164.	-5164.
90.	-.15E6	-.15E6	-975.	-975.	-5164.	-5164.
120.	-.18E6	-.18E6	-487.5	-487.5	-5164.	-5164.
150.	-.18E6	-.18E6	0.	0.	-5164.	-5164.
180.	-.18E6	-.18E6	487.5	487.5	-5164.	-5164.
210.	-.15E6	-.15E6	975.	975.	-5164.	-5164.

240.	-.12E6	-.12E6	1462.5	1462.5	-5164.	-5164.
270.	-65813	-65813	1950.	1950.	-5164.	-5164.
300.	0.	0.	2437.5	2437.5	-5164.	-5164.

Calcolo dei cedimenti a monte della paratia

Metodo *Volume* per il calcolo dei cedimenti a monte della paratia.

Si ipotizza che la variazione di volume complessiva del terreno coinvolto nel processo deformativo sia nulla (deformandosi, i terreni tendono a dilatare). In questo caso, definito il cuneo di spinta, si ha uguaglianza tra il volume che il terreno occupa in seguito allo spostamento della paratia e quello che il terreno libera per i cedimenti verticali a monte dell'opera.

Segue il calcolo per lo Step in cui si verifica il cedimento massimo (Step 2 di 2).

Paratia PAR_1 Step 2		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 692.8[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	1.14
50	50	1.06
100	100	0.98
150	150	0.9
200	200	0.81
250	250	0.73
300	300	0.65
350	350	0.57
400	400	0.48
450	450	0.4
500	500	0.32
550	550	0.24
600	600	0.15
650	650	0.07
692.8	692.8	0

Relazione di Calcolo

Descrizione: Paratia flessibile

Nome: c:\dolmen18\lavori\oc0321\Paratia OS1_STR2_rev.0.prt

Nome Studio

Indirizzo Studio

20/01/2021 16:31:09

Modello Strutturale	3
Metodo di calcolo.....	3
Materiali da costruzione impiegati.....	4
Elementi strutturali	4
Strati	4
Spinta a riposo	4
Pressione limite attiva e passiva.....	5
Deformabilità.....	6
Paratia.....	6
Sezioni.....	6
Puntoni	7
Carichi uniformi distribuiti sul terreno	7
Peso proprio	8
Step di progetto.....	8
Tabella riassuntiva	8
Risultati.....	8
Singoli Step	8
Step 2.....	8
Inviluppo delle sollecitazioni	15
Calcolo dei cedimenti a monte della paratia.....	20

Modello Strutturale

Segue la descrizione dei materiali da costruzione impiegati nella definizione del modello di calcolo. Oltre a questi vengono elencati gli elementi strutturali elementari che formano il modello.

Metodo di calcolo

Il programma "IS Paratie 18" utilizza il metodo di calcolo degli elementi finiti con cui schematizza sia la paratia che il terreno. La paratia è schematizzata con elementi trave a sei gradi di libertà (due traslazioni ed una rotazione per nodo) mentre il terreno è schematizzato con una serie di molle distribuite lungo l'altezza della paratia. Il procedimento iterativo di risoluzione del modello considera il comportamento non lineare del terreno (non linearità meccanica), mentre agli altri elementi assegna un comportamento elastico lineare. I valori numerici utilizzati per il calcolo sono introdotti esplicitamente dall'utente attraverso l'interfaccia grafica del programma, e vengono utilizzati direttamente: in particolare **il programma non adotta alcun coefficiente di sicurezza implicito.**

Il programma "IS Paratie 18" verifica i seguenti meccanismi di stato limite ultimo: stabilità dell'opera (rototraslazione), resistenza degli elementi strutturali che compongono la paratia, resistenza strutturale degli eventuali ancoraggi (tiranti), verifica a sfilamento degli eventuali ancoraggi, verifica della resistenza strutturale delle eventuali travi di collegamento degli ancoraggi, verifica della resistenza strutturale di eventuali puntoni. Tutte le verifiche vengono condotte con riferimento alle combinazioni di carico indicate dall'utente, sia statiche che sismiche.

Le deformazioni e le sollecitazioni cui è soggetta l'opera vengono stabilite utilizzando il metodo FEM con un procedimento iterativo che permette di considerare il comportamento non lineare del terreno. Tutti gli elementi strutturali (paratia, eventuali tiranti, eventuali puntoni) ed il terreno stesso sono schematizzati con elementi finiti e partecipano al calcolo con le proprie caratteristiche di rigidità e resistenza. Qualora il procedimento iterativo di soluzione del sistema di equazioni non lineari non trovi l'equilibrio dell'opera o superi lo spostamento massimo (valore parametrizzato e modificabile dall'utente), il calcolo si interrompe, e viene riportato un messaggio esplicito a video e nell'output di stampa. L'esistenza dei risultati è di per se garanzia che il programma è stato in grado di calcolare una configurazione equilibrata e congruente, cioè una situazione di equilibrio tra le azioni applicate all'opera e la resistenza da questa esplicita, stanti le caratteristiche meccaniche e geometriche della paratia e del terreno ed i coefficienti di sicurezza applicati. Alla situazione di equilibrio determinata, corrispondono spostamenti e sollecitazioni lungo la paratia e gli altri elementi strutturali, che vengono verificati in successione. Tutte queste ulteriori verifiche sono riportate a schermo e nell'output di stampa e devono essere superate per garantire la sicurezza dell'opera.

La sicurezza dell'opera è valutata in relazione al seguente approccio: **NTC 2018, punto 6.5.3.1.2, SLU Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R1).**

Metodo di verifica degli elementi strutturali.

Le verifiche tensionali degli elementi strutturali vengono eseguite col metodo degli stati limite.

Coefficienti sulle azioni.

L'intensità delle azioni, o dell'effetto delle azioni, è modificata applicando i seguenti coefficienti di sicurezza parziali ai carichi: $\gamma_{G1} = 1$, $\gamma_{G2} = 1.3$, $\gamma_{Qi} = 1.3$.

Coefficienti per il calcolo delle spinte del terreno.

Si applicano coefficienti di sicurezza parziali alle caratteristiche meccaniche del terreno: $\gamma_{\varphi} = 1.25$, $\gamma_c = 1.25$, $\gamma_{su} = 1.4$, $\gamma_{\gamma} = 1$.

Unità di misura e convenzioni.

Ove non altrimenti specificato si utilizzano le seguenti unità di misura: daN; cm; cm²; daN/cm; daN cm; daN/cm².

Per quanto riguarda lo Step di inserimento di un elemento, si intende che quest'ultimo è presente nel modello dall'inizio dello Step. La stessa regola vale per lo Step di rimozione, cioè si intende che un elemento viene rimosso all'inizio dello Step specificato. Il sistema di riferimento utilizzato vede l'asse delle z verticale, orientato verso l'alto, l'asse delle x parallelo al piano di lavoro ed orientato verso destra, e l'asse delle y parallelo allo sviluppo longitudinale della paratia. In quest'ultima direzione viene convenzionalmente considerata una sezione di paratia larga 100 cm.

Materiali da costruzione impiegati

Cemento Armato: Conglomerato Cementizio Rck 300, Barre d'armatura B450C (cls: $f_{cd} = 141.1$; barre: $f_{yd} = 3913.04$).

Elementi strutturali

La struttura analizzata è formata dai seguenti elementi.

Strati

Segue la descrizione della stratigrafia del terreno utilizzata nel modello.

	STR_1	STR_2
Descrizione	Rilevato degradato	Substrato
Quota iniziale [cm]	0	-800
Grado di preconsolidazione (OCR)	1	1
Angolo d'attrito (φ') [°]	25	35
Coesione efficace (c') [daN/cm ²]	0.05	0.05
Resistenza non drenata (s_u) [daN/cm ²]	0.8	0.8
Permeabilità (m) [cm/s]	0.001	0.001
Peso di unità di volume fuori falda (γ_d) [daN/cm ³]	0.0019	0.0019
Peso di unità di volume sotto falda (γ_t) [daN/cm ³]	0.0019	0.002

Spinta a riposo

STR_1

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^{\alpha}.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \varphi') = 0.5774$.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.5774$$

$$k_{0,oc} = 0.5774$$

STR_2

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^\alpha.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \varphi')$ = 0.4264.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.4264$$

$$k_{0,oc} = 0.4264$$

Pressione limite attiva e passiva

STR_1

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_{v} - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1.25$, $\gamma_c = 1.25$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.482$$

Metodo *NAVFAC* per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h} \sigma'_{v} + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1.25$, $\gamma_c = 1.25$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 2.0819$$

STR_2

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h}\sigma'_v - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1.25$, $\gamma_c = 1.25$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.3434$$

Metodo NAVFAC per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h}\sigma'_v + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1.25$, $\gamma_c = 1.25$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 2.9262$$

Deformabilità

STR_1

Metodo Vesic per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 2.6374$$

Il rapporto fra il modulo in ricarica rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

STR_2

Metodo Vesic per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 3.956$$

Il rapporto fra il modulo in ricarica rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

Paratia

Il modello comprende una sola paratia (PAR_1), alta 1200 cm.

La paratia PAR_1 utilizza la sezione trasversale SEZ_14. Per la verifica delle tensioni si utilizza la sezione 15.

Sezioni

Segue la descrizione delle sezioni trasversali utilizzate dagli elementi del modello.

	SEZ_13	SEZ_14	SEZ_15
Tipo	RETTANGOLARE	RETTANGOLARE	TUBO CIRCOLARE
Descrizione	cordolo	Ø250	Ø168.3/10
Materiale	C.A.	C.A.	C.A.

Modulo di Young [daN/cm ²]	314472.	314472.	314472.
Numero di sezioni per metro	1.	2.	2.
Area [cm ²]	5000.	1474.	49.76
Momento d'inerzia Z [cm ⁴]	1041667.	26688.	1561.
Momento d'inerzia Y [cm ⁴]	4166667.	1228333.	1561.
Ferri superiori	nessun ferro	nessun ferro	nessun ferro
Ferri inferiori	nessun ferro	nessun ferro	nessun ferro

Puntoni

Segue la descrizione dei puntoni impiegati nel modello.

	PUN_1
Quota di applicazione [cm]	0
Lunghezza [cm]	300
Rotazione [°]	0
Sezione trasversale	SEZ_13
Vincolo agli estremi	Cerniera
Step di attivazione	2
Step di rimozione	-

Carichi uniformi distribuiti sul terreno

Segue la descrizione dei carichi uniformi distribuiti sul terreno nella zona a monte. I carichi sono dati in daN/cm, per ogni metro di estensione longitudinale della paratia. Il valore dichiarato rappresenta quindi il carico distribuito su una striscia di 1x100 cm.

	CCD_1_1
Quota di applicazione [cm]	0
Carico distribuito [daN/cm]	-10
Carico distribuito [daN/cm ²]	-0.1
Tipologia	variabile
Step di attivazione	1
Step di rimozione	-

Peso proprio

Alla paratia PAR_1, viene automaticamente applicato il peso proprio come carico distribuito in direzione verticale, con intensita' definita dalla propria sezione trasversale.

Ai puntoni, viene automaticamente applicato il peso proprio come carico distribuito in direzione verticale, con intensita' definite dalle rispettive sezioni.

Step di progetto

Segue la descrizione dei passi considerati nella definizione del modello per simulare le fasi realizzative dell'opera.

Step 1

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento carico uniforme su terreno: CCD_1_1

Step 2

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento puntone: PUN_1

Scavo portato a quota: -425

Tabella riassuntiva

La seguente tabella riassume le caratteristiche del modello strutturale nell'insieme degli step considerati.

Step	Quota scavo	Strati		Puntoni	Carichi terreno
1	0	STR_1	STR_1 STR_2		CCD_1_1
2	-425	STR_1	STR_1 STR_2	PUN_1	CCD_1_1

Risultati

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 2 Step.

Singoli Step

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 2

In questo Step si hanno le seguenti sollecitazioni, deformazioni, reazioni vincolari, pressioni nel terreno e risultanti delle spinte.

Sollecitazioni - Paratia PAR_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
-14.6	-0.2961	-0.008	85014.106	-5829.5	-1982.5
-29.2	-0.59	-0.008	169592.753	-5799.7	-2090
-43.8	-0.8818	-0.008	253451.901	-5750.3	-2197.4
-58.3	-1.1703	-0.008	336307.509	-5681.5	-2304.9

-72.9	-1.4546	-0.008	417875.538	-5593.2	-2412.4
-87.5	-1.7336	-0.008	497871.947	-5485.5	-2519.9
-102.1	-2.0063	-0.008	576012.697	-5358.2	-2627.4
-116.7	-2.2717	-0.008	652013.747	-5211.5	-2734.8
-131.2	-2.5288	-0.008	725591.059	-5045.3	-2842.3
-145.8	-2.7768	-0.008	796460.591	-4859.6	-2949.8
-160.4	-3.0146	-0.008	864338.305	-4654.5	-3057.3
-175	-3.2416	-0.008	928940.16	-4429.8	-3164.8
-189.6	-3.4567	-0.008	989982.115	-4185.7	-3272.2
-204.2	-3.6594	-0.008	1047180.13	-3922.1	-3379.7
-218.8	-3.8487	-0.008	1100250.165	-3639.1	-3487.2
-233.3	-4.0242	-0.007	1148908.178	-3336.5	-3594.7
-247.9	-4.185	-0.007	1192870.126	-3014.5	-3702.1
-262.5	-4.3308	-0.007	1231851.966	-2673	-3809.6
-277.1	-4.461	-0.007	1265569.655	-2312.1	-3917.1
-291.7	-4.5752	-0.007	1293739.148	-1931.6	-4024.6
-306.2	-4.673	-0.007	1316076.396	-1531.7	-4132.1
-320.8	-4.7541	-0.007	1332297.352	-1112.3	-4239.5
-335.4	-4.8183	-0.007	1342117.966	-673.4	-4347
-350	-4.8656	-0.007	1345254.185	-215.1	-4454.5
-362.5	-4.8926	-0.007	1342404.13	228	-4546.6
-375	-4.907	-0.007	1334160.883	659.5	-4638.8
-387.5	-4.9091	-0.007	1320250.928	1112.8	-4730.9
-400	-4.8989	-0.007	1300400.747	1588	-4823
-412.5	-4.8765	-0.007	1274336.822	2085.1	-4915.1
-425	-4.8424	-0.007	1241785.635	2604.1	-5007.3
-439.4	-4.7886	-0.006	1198080.277	3030.2	-5113.5
-453.8	-4.72	-0.006	1148208.784	3457.8	-5219.8
-468.3	-4.6372	-0.006	1092604.798	3855.2	-5326.1
-482.7	-4.5408	-0.006	1031701.963	4222.6	-5432.4

-497.1	-4.4317	-0.006	965933.929	4559.9	-5538.7
-511.5	-4.3106	-0.006	895734.355	4867.2	-5645
-526	-4.1785	-0.006	821536.91	5144.4	-5751.3
-540.4	-4.0361	-0.006	743775.28	5391.5	-5857.6
-554.8	-3.8845	-0.006	662883.165	5608.5	-5963.9
-569.2	-3.7248	-0.006	579294.292	5795.5	-6070.2
-583.7	-3.5578	-0.006	493442.411	5952.4	-6176.5
-598.1	-3.3848	-0.006	405761.305	6079.2	-6282.8
-612.5	-3.2067	-0.005	316684.791	6176	-6389.1
-626.9	-3.0247	-0.005	226646.726	6242.6	-6495.4
-641.3	-2.8398	-0.005	136081.007	6279.2	-6601.7
-655.8	-2.6533	-0.005	45421.579	6285.7	-6708
-670.2	-2.4663	-0.005	-44897.573	6262.1	-6814.3
-684.6	-2.2798	-0.005	-134442.418	6208.4	-6920.6
-699	-2.0949	-0.005	-222778.891	6124.7	-7026.9
-713.5	-1.9128	-0.005	-309472.896	6010.8	-7133.2
-727.9	-1.7346	-0.005	-394090.324	5866.8	-7239.5
-742.3	-1.5612	-0.004	-476197.07	5692.7	-7345.8
-756.7	-1.3937	-0.004	-555359.063	5488.6	-7452.1
-771.2	-1.2331	-0.004	-631142.288	5254.3	-7558.4
-785.6	-1.0803	-0.004	-703112.819	4990	-7664.7
-800	-0.9362	-0.004	-770836.826	4695.5	-7771
-814.3	-0.8029	-0.004	-833303.26	4372.7	-7876.3
-828.6	-0.6797	-0.004	-881041.276	3341.7	-7981.6
-842.9	-0.5672	-0.004	-913300.27	2258.1	-8086.9
-857.1	-0.4657	-0.003	-929329.775	1122.1	-8192.1
-871.4	-0.3755	-0.003	-928379.432	-66.5	-8297.4
-885.7	-0.2966	-0.003	-909698.974	-1307.6	-8402.7
-900	-0.2286	-0.003	-872538.19	-2601.3	-8508
-914.3	-0.1713	-0.003	-818618.766	-3774.4	-8613.3

-928.6	-0.1239	-0.003	-752535.982	-4625.8	-8718.6
-942.9	-0.0856	-0.003	-678083.516	-5211.7	-8823.9
-957.1	-0.0556	-0.003	-598317.676	-5583.6	-8929.1
-971.4	-0.0328	-0.002	-515629.983	-5788.1	-9034.4
-985.7	-0.0163	-0.002	-432763.801	-5800.6	-9139.7
-1000	-0.005	-0.002	-353682.926	-5535.7	-9245
-1014.3	0.0019	-0.002	-281302.671	-5066.6	-9350.3
-1028.6	0.0054	-0.002	-217101.948	-4494.1	-9455.6
-1042.9	0.0062	-0.002	-161819.696	-3869.8	-9560.9
-1057.1	0.0051	-0.002	-115636.956	-3232.8	-9666.1
-1071.4	0.0025	-0.001	-78317.89	-2612.3	-9771.4
-1085.7	-0.0011	-0.001	-49327.75	-2029.3	-9876.7
-1100	-0.0052	-0.001	-27928.356	-1498	-9982
-1114.3	-0.0097	-0.001	-13252.396	-1027.3	-10087.3
-1128.6	-0.0144	-0.001	-4151.316	-637.1	-10192.6
-1142.9	-0.0192	-0.001	574.654	-330.8	-10297.9
-1157.1	-0.0239	0	2140.617	-109.6	-10403.1
-1171.4	-0.0286	0	1761.524	26.5	-10508.4
-1185.7	-0.0333	0	646.619	78	-10613.7
-1200	-0.038	0	0	45.3	-10719

Sollecitazioni - Puntone PUN_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
30	0	-0.002	-50625	-1500	-5883.7
60	0	-0.004	-90000	-1125	-5883.7
90	0	-0.006	-118125	-750	-5883.7
120	0	-0.007	-135000	-375	-5883.7
150	-0.001	-0.008	-140625	0	-5883.7
180	-0.001	-0.009	-135000	375	-5883.7
210	-0.001	-0.009	-118125	750	-5883.7

240	-0.001	-0.009	-90000	1125	-5883.7
270	-0.001	-0.009	-50625	1500	-5883.7
300	-0.001	-0.008	0	1875	-5883.7

Reazioni vincolari				
Descrizione	Nome	Orizzontale [daN]	Verticale [daN]	Momento [daN cm]
Base Paratia	PAR_1	-	10719.	-
Puntone	PUN_1	5883.7	1875.	0.

Pressioni nel terreno, Paratia PAR_1												
Quota [cm]	Pres. Monte [daN/cm ²]						Pres. Valle [daN/cm ²]					
	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ
0	0.137	0.074	0	0.137	0.074	0	0	0	0	0	0	0
-14.58	0.158	0.02	0	0.158	0.02	0	0	0	0	0	0	0
-29.17	0.185	0.034	0	0.185	0.034	0	0	0	0	0	0	0
-43.75	0.213	0.047	0	0.213	0.047	0	0	0	0	0	0	0
-58.33	0.241	0.061	0	0.241	0.061	0	0	0	0	0	0	0
-72.92	0.269	0.074	0	0.269	0.074	0	0	0	0	0	0	0
-87.5	0.296	0.087	0	0.296	0.087	0	0	0	0	0	0	0
-102.08	0.324	0.101	0	0.324	0.101	0	0	0	0	0	0	0
-116.67	0.352	0.114	0	0.352	0.114	0	0	0	0	0	0	0
-131.25	0.379	0.127	0	0.379	0.127	0	0	0	0	0	0	0
-145.83	0.407	0.141	0	0.407	0.141	0	0	0	0	0	0	0
-160.42	0.435	0.154	0	0.435	0.154	0	0	0	0	0	0	0
-175	0.462	0.167	0	0.462	0.167	0	0	0	0	0	0	0
-189.58	0.49	0.181	0	0.49	0.181	0	0	0	0	0	0	0
-204.17	0.518	0.194	0	0.518	0.194	0	0	0	0	0	0	0
-218.75	0.546	0.207	0	0.546	0.207	0	0	0	0	0	0	0
-233.33	0.573	0.221	0	0.573	0.221	0	0	0	0	0	0	0
-247.92	0.601	0.234	0	0.601	0.234	0	0	0	0	0	0	0

-262.5	0.629	0.248	0	0.629	0.248	0	0	0	0	0	0	0
-277.08	0.656	0.261	0	0.656	0.261	0	0	0	0	0	0	0
-291.67	0.684	0.274	0	0.684	0.274	0	0	0	0	0	0	0
-306.25	0.712	0.288	0	0.712	0.288	0	0	0	0	0	0	0
-320.83	0.74	0.301	0	0.74	0.301	0	0	0	0	0	0	0
-335.42	0.767	0.314	0	0.767	0.314	0	0	0	0	0	0	0
-350	0.794	0.327	0	0.794	0.327	0	0	0	0	0	0	0
-362.5	0.819	0.345	0.012	0.807	0.333	0	0	0	0	0	0	0
-375	0.842	0.363	0.023	0.819	0.339	0	0	0	0	0	0	0
-387.5	0.866	0.38	0.035	0.831	0.345	0	0	0	0	0	0	0
-400	0.89	0.398	0.047	0.843	0.351	0	0	0	0	0	0	0
-412.5	0.914	0.415	0.058	0.855	0.357	0	0	0	0	0	0	0
-425	0.938	0.433	0.071	0.868	0.363	0	0.001	0.117	0	0	0.116	0
-439.42	0.965	0.453	0.084	0.881	0.369	0	0.027	0.156	0.015	0.013	0.142	0
-453.85	0.992	0.473	0.097	0.895	0.376	0	0.055	0.198	0.03	0.025	0.168	0
-468.27	1.02	0.493	0.111	0.909	0.383	0	0.082	0.239	0.044	0.038	0.194	0
-482.69	1.047	0.513	0.124	0.923	0.389	0	0.11	0.28	0.059	0.05	0.22	0
-497.12	1.075	0.534	0.138	0.937	0.396	0	0.137	0.321	0.074	0.063	0.247	0
-511.54	1.102	0.554	0.151	0.951	0.403	0	0.164	0.362	0.089	0.076	0.273	0
-525.96	1.129	0.574	0.165	0.965	0.409	0	0.192	0.403	0.104	0.088	0.299	0
-540.38	1.157	0.594	0.178	0.979	0.416	0	0.219	0.444	0.118	0.101	0.325	0
-554.81	1.184	0.614	0.192	0.993	0.423	0	0.247	0.485	0.133	0.113	0.352	0
-569.23	1.212	0.635	0.205	1.006	0.43	0	0.274	0.526	0.148	0.126	0.378	0
-583.65	1.239	0.655	0.219	1.02	0.436	0	0.301	0.567	0.163	0.139	0.404	0
-598.08	1.266	0.675	0.232	1.034	0.443	0	0.329	0.608	0.178	0.151	0.43	0
-612.5	1.294	0.695	0.246	1.048	0.45	0	0.356	0.649	0.192	0.164	0.457	0
-626.92	1.321	0.715	0.259	1.062	0.456	0	0.384	0.69	0.207	0.176	0.483	0
-641.35	1.349	0.736	0.273	1.076	0.463	0	0.411	0.731	0.222	0.189	0.509	0
-655.77	1.376	0.756	0.286	1.09	0.47	0	0.438	0.772	0.237	0.202	0.535	0
-670.19	1.403	0.776	0.3	1.104	0.477	0	0.466	0.813	0.252	0.214	0.562	0

-684.62	1.431	0.796	0.313	1.118	0.483	0	0.493	0.854	0.266	0.227	0.588	0
-699.04	1.458	0.816	0.326	1.132	0.49	0	0.521	0.895	0.281	0.24	0.614	0
-713.46	1.486	0.837	0.34	1.146	0.497	0	0.548	0.936	0.296	0.252	0.64	0
-727.88	1.513	0.857	0.353	1.16	0.503	0	0.575	0.977	0.311	0.265	0.667	0
-742.31	1.54	0.877	0.367	1.173	0.51	0	0.603	1.018	0.326	0.277	0.693	0
-756.73	1.568	0.897	0.38	1.187	0.517	0	0.63	1.059	0.34	0.29	0.719	0
-771.15	1.595	0.917	0.394	1.201	0.523	0	0.658	1.1	0.355	0.303	0.745	0
-785.58	1.623	0.938	0.407	1.215	0.53	0	0.685	1.142	0.37	0.315	0.772	0
-800	1.65	0.958	0.421	1.229	0.537	0	0.712	1.182	0.385	0.328	0.798	0
-814.29	1.679	0.815	0.434	1.244	0.38	0	0.741	1.536	0.399	0.342	1.137	0
-828.57	1.707	0.833	0.448	1.259	0.386	0	0.77	1.591	0.414	0.356	1.177	0
-842.86	1.736	0.852	0.461	1.275	0.391	0	0.798	1.647	0.429	0.37	1.218	0
-857.14	1.764	0.871	0.474	1.29	0.396	0	0.827	1.702	0.443	0.383	1.259	0
-871.43	1.793	0.889	0.488	1.305	0.401	0	0.855	1.758	0.458	0.397	1.3	0
-885.71	1.821	0.908	0.501	1.32	0.407	0	0.884	1.813	0.473	0.411	1.34	0
-900	1.85	0.926	0.514	1.336	0.412	0	0.913	1.747	0.487	0.425	1.26	0
-914.29	1.879	0.945	0.528	1.351	0.417	0	0.941	1.541	0.502	0.439	1.039	0
-928.57	1.907	0.963	0.541	1.366	0.422	0	0.97	1.373	0.517	0.453	0.857	0
-942.86	1.936	0.982	0.555	1.381	0.427	0	0.998	1.242	0.531	0.467	0.711	0
-957.14	1.964	1.001	0.568	1.396	0.433	0	1.027	1.144	0.546	0.481	0.598	0
-971.43	1.993	1.019	0.581	1.412	0.438	0	1.055	1.028	0.561	0.495	0.467	0
-985.71	2.021	1.129	0.595	1.427	0.534	0	1.084	0.943	0.575	0.509	0.368	0
-1000	2.05	1.22	0.608	1.442	0.612	0	1.112	0.892	0.59	0.523	0.302	0
-1014.29	2.079	1.269	0.621	1.457	0.648	0	1.141	0.868	0.605	0.537	0.264	0
-1028.57	2.107	1.303	0.635	1.472	0.668	0	1.17	0.866	0.619	0.55	0.247	0
-1042.86	2.136	1.327	0.648	1.488	0.679	0	1.198	0.881	0.634	0.564	0.247	0
-1057.14	2.164	1.342	0.661	1.503	0.681	0	1.227	0.908	0.649	0.578	0.259	0
-1071.43	2.193	1.352	0.675	1.518	0.678	0	1.255	0.944	0.663	0.592	0.281	0
-1085.71	2.221	1.359	0.688	1.533	0.67	0	1.284	0.987	0.678	0.606	0.309	0
-1100	2.25	1.362	0.702	1.548	0.661	0	1.312	1.033	0.693	0.62	0.34	0

-1114.29	2.279	1.355	0.715	1.564	0.64	0	1.341	1.081	0.707	0.634	0.374	0
-1128.57	2.307	1.345	0.728	1.579	0.617	0	1.37	1.131	0.722	0.648	0.409	0
-1142.86	2.336	1.336	0.742	1.594	0.594	0	1.398	1.181	0.736	0.662	0.445	0
-1157.14	2.364	1.326	0.755	1.609	0.571	0	1.427	1.231	0.751	0.676	0.48	0
-1171.43	2.393	1.317	0.768	1.624	0.549	0	1.455	1.281	0.766	0.69	0.515	0
-1185.71	2.421	1.308	0.782	1.64	0.526	0	1.484	1.331	0.78	0.703	0.55	0
-1200	2.443	1.312	0.792	1.651	0.52	0	1.505	1.375	0.791	0.714	0.584	0

σ_v = tensione verticale totale

σ_h = tensione orizzontale totale

u = pressione neutra

σ'_v = tensione verticale efficace

σ'_h = tensione orizzontale efficace

Risultanti delle pressioni [daN] e bracci [cm], Paratia PAR_1							
Monte				Valle			
R _h	-80244.2	b _h	814.2	R _h	74354.5	b _h	878.7
R' _h	-46454.6	b' _h	739.7	R' _h	43546.7	b' _h	834.1
R _u	-33789.6	b _u	916.7	R _u	30807.9	b _u	941.7

R = risultanti delle spinte, b = bracci rispetto alla testa della paratia.
pedice h = risultante delle pressioni totali sulla paratia.
pedice 'h = risultante delle pressioni efficaci sulla paratia.
pedice u = risultante delle pressioni neutre sulla paratia.

Inviluppo delle sollecitazioni

Segue l'inviluppo dei risultati ottenuti negli Step considerati.

Inviluppo - Paratia PAR_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
z						
-14.6	0.	85014.	-5830.	0.	-1983.	-107.5
-29.2	0.	169593	-5800.	0.	-2090.	-215.
-43.8	0.	253452	-5750.	0.	-2197.	-322.4

-58.3	0.	336308	-5682.	0.	-2305.	-429.9
-72.9	0.	417876	-5593.	0.	-2412.	-537.4
-87.5	0.	497872	-5486.	0.	-2520.	-644.9
-102.1	0.	576013	-5358.	0.	-2627.	-752.4
-116.7	0.	652014	-5212.	0.	-2735.	-859.8
-131.2	0.	725591	-5045.	0.	-2842.	-967.3
-145.8	0.	796461	-4860.	0.	-2950.	-1075.
-160.4	0.	864338	-4655.	0.	-3057.	-1182.
-175.	0.	928940	-4430.	0.	-3165.	-1290.
-189.6	0.	989982	-4186.	0.	-3272.	-1397.
-204.2	0.	.105E7	-3922.	0.	-3380.	-1505.
-218.8	0.	.11E7	-3639.	0.	-3487.	-1612.
-233.3	0.	.115E7	-3337.	0.	-3595.	-1720.
-247.9	0.	.119E7	-3015.	0.	-3702.	-1827.
-262.5	0.	.123E7	-2673.	0.	-3810.	-1935.
-277.1	0.	.127E7	-2312.	0.	-3917.	-2042.
-291.7	0.	.129E7	-1932.	0.	-4025.	-2150.
-306.2	0.	.132E7	-1532.	0.	-4132.	-2257.
-320.8	0.	.133E7	-1112.	0.	-4240.	-2365.
-335.4	0.	.134E7	-673.4	0.	-4347.	-2472.
-350.	0.	.135E7	-215.1	0.	-4455.	-2580.
-362.5	0.	.134E7	0.	228.	-4547.	-2672.
-375.	0.	.133E7	0.	659.5	-4639.	-2764.
-387.5	0.	.132E7	0.	1112.8	-4731.	-2856.
-400.	0.	.13E7	0.	1588.	-4823.	-2948.
-412.5	0.	.127E7	0.	2085.1	-4915.	-3040.
-425.	0.	.124E7	0.	2604.1	-5007.	-3132.
-439.4	0.	.12E7	0.	3030.2	-5114.	-3239.
-453.8	0.	.115E7	0.	3457.8	-5220.	-3345.
-468.3	0.	.109E7	0.	3855.2	-5326.	-3451.

-482.7	0.	.103E7	0.	4222.6	-5432.	-3557.
-497.1	0.	965934	0.	4559.9	-5539.	-3664.
-511.5	0.	895734	0.	4867.2	-5645.	-3770.
-526.	0.	821537	0.	5144.4	-5751.	-3876.
-540.4	0.	743775	0.	5391.5	-5858.	-3983.
-554.8	0.	662883	0.	5608.5	-5964.	-4089.
-569.2	0.	579294	0.	5795.5	-6070.	-4195.
-583.7	0.	493442	0.	5952.4	-6177.	-4302.
-598.1	0.	405761	0.	6079.2	-6283.	-4408.
-612.5	0.	316685	0.	6176.	-6389.	-4514.
-626.9	0.	226647	0.	6242.6	-6495.	-4620.
-641.3	0.	136081	0.	6279.2	-6602.	-4727.
-655.8	0.	45422.	0.	6285.7	-6708.	-4833.
-670.2	-44898	0.	0.	6262.1	-6814.	-4939.
-684.6	-.13E6	0.	0.	6208.4	-6921.	-5046.
-699.	-.22E6	0.	0.	6124.7	-7027.	-5152.
-713.5	-.31E6	0.	0.	6010.8	-7133.	-5258.
-727.9	-.39E6	0.	0.	5866.8	-7240.	-5365.
-742.3	-.48E6	0.	0.	5692.7	-7346.	-5471.
-756.7	-.56E6	0.	0.	5488.6	-7452.	-5577.
-771.2	-.63E6	0.	0.	5254.3	-7558.	-5683.
-785.6	-.7E6	0.	0.	4990.	-7665.	-5790.
-800.	-.77E6	0.	0.	4695.5	-7771.	-5896.
-814.3	-.83E6	0.	0.	4372.7	-7876.	-6001.
-828.6	-.88E6	0.	0.	3341.7	-7982.	-6107.
-842.9	-.91E6	0.	0.	2258.1	-8087.	-6212.
-857.1	-.93E6	0.	0.	1122.1	-8192.	-6317.
-871.4	-.93E6	0.	-66.5	0.	-8297.	-6422.
-885.7	-.91E6	0.	-1308.	0.	-8403.	-6528.
-900.	-.87E6	0.	-2601.	0.	-8508.	-6633.

-914.3	-.82E6	0.	-3774.	0.	-8613.	-6738.
-928.6	-.75E6	0.	-4626.	0.	-8719.	-6844.
-942.9	-.68E6	0.	-5212.	0.	-8824.	-6949.
-957.1	-.6E6	0.	-5584.	0.	-8929.	-7054.
-971.4	-.52E6	0.	-5788.	0.	-9034.	-7159.
-985.7	-.43E6	0.	-5801.	0.	-9140.	-7265.
-1000.	-.35E6	0.	-5536.	0.	-9245.	-7370.
-1014.	-.28E6	0.	-5067.	0.	-9350.	-7475.
-1029.	-.22E6	0.	-4494.	0.	-9456.	-7581.
-1043.	-.16E6	0.	-3870.	0.	-9561.	-7686.
-1057.	-.12E6	0.	-3233.	0.	-9666.	-7791.
-1071.	-78318	0.	-2612.	0.	-9771.	-7896.
-1086.	-49328	0.	-2029.	0.	-9877.	-8002.
-1100.	-27928	0.	-1498.	0.	-9982.	-8107.
-1114.	-13252	0.	-1027.	0.	-10087	-8212.
-1129.	-4151.	0.	-637.1	0.	-10193	-8318.
-1143.	0.	574.7	-330.8	0.	-10298	-8423.
-1157.	0.	2140.6	-109.6	0.	-10403	-8528.
-1171.	0.	1761.5	0.	26.5	-10508	-8633.
-1186.	0.	646.6	0.	78.	-10614	-8739.
-1200.	0.	0.	0.	45.3	-10719	-8844.

Sollecitazioni - Puntone PUN_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
z						
30.	-50625	-50625	-1500.	-1500.	-5884.	-5884.
60.	-90000	-90000	-1125.	-1125.	-5884.	-5884.
90.	-.12E6	-.12E6	-750.	-750.	-5884.	-5884.
120.	-.14E6	-.14E6	-375.	-375.	-5884.	-5884.
150.	-.14E6	-.14E6	0.	0.	-5884.	-5884.

180.	-14E6	-14E6	375.	375.	-5884.	-5884.
210.	-12E6	-12E6	750.	750.	-5884.	-5884.
240.	-90000	-90000	1125.	1125.	-5884.	-5884.
270.	-50625	-50625	1500.	1500.	-5884.	-5884.
300.	0.	0.	1875.	1875.	-5884.	-5884.

Pressoflessione - Puntone PUN_1 (cls: 141.1 - barre: 3913.04)								Taglio		
σ cls = max tens. di compressione nel cls, σ acc = max tens. nell'armatura, ε cls = max defo. nel cls, ε acc = max defo. nell'armatura.								Ved = max taglio agente, Vrd = taglio resistente		
Progressiva	M [daN cm]	N [daN]	σ cls [daN/cm ²]	σ acc [daN/cm ²]	ε cls [%]	ε acc [%]	Verifica	Ved [daN]	Vrd [daN]	Verifica
0	0	-5883.7	-1.2	0	0	0	Soddisfatta	-1875	17704.7	Soddisfatta
30	-50625	-5883.7	-2.4	0	0	0	Soddisfatta	-1500	17704.7	Soddisfatta
60	-90000	-5883.7	-4	0	0	0	Soddisfatta	-1125	17704.7	Soddisfatta
90	-118125	-5883.7	-7.9	0	-0.01	0	Soddisfatta	-750	17704.7	Soddisfatta
120	-135000	-5883.7	-19	0	-0.01	0	Soddisfatta	-375	17704.7	Soddisfatta
150	-140625	-5883.7	-35.3	0	-0.03	0	Soddisfatta	0	17704.7	Soddisfatta
180	-135000	-5883.7	-19	0	-0.01	0	Soddisfatta	375	17704.7	Soddisfatta
210	-118125	-5883.7	-7.9	0	-0.0	0	Soddisfatta	750	17704.7	Soddisfatta

	5	7			1					
240	- 90000	- 5883. 7	-4	0	0	0	Soddisfatt a	1125	17704. 7	Soddisfatt a
270	- 50625	- 5883. 7	-2.4	0	0	0	Soddisfatt a	1500	17704. 7	Soddisfatt a
300	0	- 5883. 7	-1.2	0	0	0	Soddisfatt a	1875	17704. 7	Soddisfatt a

Calcolo dei cedimenti a monte della paratia

Metodo *Volume* per il calcolo dei cedimenti a monte della paratia.

Si ipotizza che la variazione di volume complessiva del terreno coinvolto nel processo deformativo sia nulla (deformandosi, i terreni tendono a dilatare). In questo caso, definito il cuneo di spinta, si ha uguaglianza tra il volume che il terreno occupa in seguito allo spostamento della paratia e quello che il terreno libera per i cedimenti verticali a monte dell'opera.

Segue il calcolo per lo Step in cui si verifica il cedimento massimo (Step 2 di 2).

Paratia PAR_1 Step 2		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -1014.3[\text{cm}]$ $L_{ced} = 585.6[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	2.25
50	50	2.05
100	100	1.86
150	150	1.67
200	200	1.48
250	250	1.29
300	300	1.09
350	350	0.9
400	400	0.71
450	450	0.52
500	500	0.33
550	550	0.14
585.6	585.6	0

Relazione di Calcolo

Descrizione: Paratia flessibile

Nome: c:\dolmen18\lavori\oc0321\Paratia OS2_SLE_rev.0.prt

Nome Studio

Indirizzo Studio

20/01/2021 16:36:46

Modello Strutturale	3
Metodo di calcolo.....	3
Materiali da costruzione impiegati.....	4
Elementi strutturali	4
Strati	4
Spinta a riposo	4
Pressione limite attiva e passiva.....	5
Deformabilità.....	6
Paratia.....	6
Sezioni.....	6
Carichi uniformi distribuiti sul terreno	7
Peso proprio	7
Step di progetto.....	7
Tabella riassuntiva	7
Risultati.....	8
Singoli Step	8
Step 2.....	8
Inviluppo delle sollecitazioni	13
Calcolo dei cedimenti a monte della paratia.....	15

Modello Strutturale

Segue la descrizione dei materiali da costruzione impiegati nella definizione del modello di calcolo. Oltre a questi vengono elencati gli elementi strutturali elementari che formano il modello.

Metodo di calcolo

Il programma "IS Paratie 18" utilizza il metodo di calcolo degli elementi finiti con cui schematizza sia la paratia che il terreno. La paratia è schematizzata con elementi trave a sei gradi di libertà (due traslazioni ed una rotazione per nodo) mentre il terreno è schematizzato con una serie di molle distribuite lungo l'altezza della paratia. Il procedimento iterativo di risoluzione del modello considera il comportamento non lineare del terreno (non linearità meccanica), mentre agli altri elementi assegna un comportamento elastico lineare. I valori numerici utilizzati per il calcolo sono introdotti esplicitamente dall'utente attraverso l'interfaccia grafica del programma, e vengono utilizzati direttamente: in particolare **il programma non adotta alcun coefficiente di sicurezza implicito.**

Il programma "IS Paratie 18" verifica i seguenti meccanismi di stato limite ultimo: stabilità dell'opera (rototraslazione), resistenza degli elementi strutturali che compongono la paratia, resistenza strutturale degli eventuali ancoraggi (tiranti), verifica a sfilamento degli eventuali ancoraggi, verifica della resistenza strutturale delle eventuali travi di collegamento degli ancoraggi, verifica della resistenza strutturale di eventuali puntoni. Tutte le verifiche vengono condotte con riferimento alle combinazioni di carico indicate dall'utente, sia statiche che sismiche.

Le deformazioni e le sollecitazioni cui è soggetta l'opera vengono stabilite utilizzando il metodo FEM con un procedimento iterativo che permette di considerare il comportamento non lineare del terreno. Tutti gli elementi strutturali (paratia, eventuali tiranti, eventuali puntoni) ed il terreno stesso sono schematizzati con elementi finiti e partecipano al calcolo con le proprie caratteristiche di rigidità e resistenza. Qualora il procedimento iterativo di soluzione del sistema di equazioni non lineari non trovi l'equilibrio dell'opera o superi lo spostamento massimo (valore parametrizzato e modificabile dall'utente), il calcolo si interrompe, e viene riportato un messaggio esplicito a video e nell'output di stampa. L'esistenza dei risultati è di per se garanzia che il programma è stato in grado di calcolare una configurazione equilibrata e congruente, cioè una situazione di equilibrio tra le azioni applicate all'opera e la resistenza da questa espletata, stanti le caratteristiche meccaniche e geometriche della paratia e del terreno ed i coefficienti di sicurezza applicati. Alla situazione di equilibrio determinata, corrispondono spostamenti e sollecitazioni lungo la paratia e gli altri elementi strutturali, che vengono verificati in successione. Tutte queste ulteriori verifiche sono riportate a schermo e nell'output di stampa e devono essere superate per garantire la sicurezza dell'opera.

La sicurezza dell'opera è valutata in relazione al seguente approccio: **NTC 2018, punto 7.11.1, SLV (A=1+M=1+R1).**

Metodo di verifica degli elementi strutturali.

Le verifiche tensionali degli elementi strutturali vengono eseguite col metodo degli stati limite.

Coefficienti sulle azioni.

L'intensità delle azioni, o dell'effetto delle azioni, è modificata applicando i seguenti coefficienti di sicurezza parziali ai carichi: $\gamma_{G1} = 1$, $\gamma_{G2} = 1$, $\gamma_{Q1} = 1$.

Coefficienti per il calcolo delle spinte del terreno.

Si applicano coefficienti di sicurezza parziali alle caratteristiche meccaniche del terreno: $\gamma_{\varphi} = 1$, $\gamma_c = 1$, $\gamma_{su} = 1$, $\gamma_r = 1$.

Unità di misura e convenzioni.

Ove non altrimenti specificato si utilizzano le seguenti unità di misura: daN; cm; cm²; daN/cm; daN cm; daN/cm².

Per quanto riguarda lo Step di inserimento di un elemento, si intende che quest'ultimo è presente nel modello dall'inizio dello Step. La stessa regola vale per lo Step di rimozione, cioè si intende che un elemento viene rimosso all'inizio dello Step specificato. Il sistema di riferimento utilizzato vede l'asse delle z verticale, orientato verso l'alto, l'asse delle x parallelo al piano di lavoro ed orientato verso destra, e l'asse delle y parallelo allo sviluppo longitudinale della paratia. In quest'ultima direzione viene convenzionalmente considerata una sezione di paratia larga 100 cm.

Materiali da costruzione impiegati

Cemento Armato: Conglomerato Cementizio Rck 300, Barre d'armatura B450C (cls: $f_{cd} = 141.1$; barre: $f_{yd} = 3913.04$).

Elementi strutturali

La struttura analizzata è formata dai seguenti elementi.

Strati

Segue la descrizione della stratigrafia del terreno utilizzata nel modello.

	STR_1	STR_2
Descrizione	Rilevato degradato	Substrato
Quota iniziale [cm]	0	-800
Grado di preconsolidazione (OCR)	1	1
Angolo d'attrito (φ') [°]	25	35
Coesione efficace (c') [daN/cm ²]	0.05	0.05
Resistenza non drenata (s_u) [daN/cm ²]	0.8	0.8
Permeabilità (m) [cm/s]	0.001	0.001
Peso di unità di volume fuori falda (γ_d) [daN/cm ³]	0.0019	0.0019
Peso di unità di volume sotto falda (γ_t) [daN/cm ³]	0.0019	0.002

Spinta a riposo

STR_1

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^\alpha.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \varphi') = 0.5774$.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.5774$$

$$k_{0,oc} = 0.5774$$

STR_2

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^\alpha.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \varphi')$ = 0.4264.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.4264$$

$$k_{0,oc} = 0.4264$$

Pressione limite attiva e passiva

STR_1

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_v - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.4059$$

Metodo *NAVFAC* per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h} \sigma'_v + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 2.4969$$

STR_2

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_v - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.271$$

Metodo NAVFAC per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h}\sigma'_v + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 3.9368$$

Deformabilità

STR_1

Metodo Vesic per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 2.6374$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

STR_2

Metodo Vesic per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 3.956$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

Paratia

Il modello comprende una sola paratia (PAR_1), alta 900 cm.

La paratia PAR_1 utilizza la sezione trasversale SEZ_14. Per la verifica delle tensioni si utilizza la sezione 15.

Sezioni

Segue la descrizione delle sezioni trasversali utilizzate dagli elementi del modello.

	SEZ_14	SEZ_15
Tipo	RETTANGOLARE	TUBO CIRCOLARE
Descrizione	Ø250	Ø168.3/10
Materiale	C.A.	C.A.
Modulo di Young [daN/cm ²]	314472.	314472.
Numero di sezioni per metro	2.	2.

Area [cm ²]	1473.	49.76
Momento d'inerzia Z [cm ⁴]	26633.	1561.
Momento d'inerzia Y [cm ⁴]	1227500.	1561.
Ferri superiori	nessun ferro	nessun ferro
Ferri inferiori	nessun ferro	nessun ferro

Carichi uniformi distribuiti sul terreno

Segue la descrizione dei carichi uniformi distribuiti sul terreno nella zona a monte. I carichi sono dati in daN/cm, per ogni metro di estensione longitudinale della paratia. Il valore dichiarato rappresenta quindi il carico distribuito su una striscia di 1x100 cm.

	CCD_1_1
Quota di applicazione [cm]	0
Carico distribuito [daN/cm]	-10
Carico distribuito [daN/cm ²]	-0.1
Tipologia	variabile
Step di attivazione	1
Step di rimozione	-

Peso proprio

Alla paratia PAR_1, viene automaticamente applicato il peso proprio come carico distribuito in direzione verticale, con intensita' definita dalla propria sezione trasversale.

Step di progetto

Segue la descrizione dei passi considerati nella definizione del modello per simulare le fasi realizzative dell'opera.

Step 1

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento carico uniforme su terreno: CCD_1_1

Step 2

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Scavo portato a quota: -200

Tabella riassuntiva

La seguente tabella riassume le caratteristiche del modello strutturale nell'insieme degli step considerati.

Step	Quota scavo	Strati	Carichi terreno
------	-------------	--------	-----------------

1	0	STR_1	STR_1 STR_2	CCD_1_1
2	-200	STR_1	STR_1 STR_2	CCD_1_1

Risultati

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 2 Step.

Singoli Step

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 2

In questo Step si hanno le seguenti sollecitazioni, deformazioni, reazioni vincolari, pressioni nel terreno e risultanti delle spinte.

Sollecitazioni - Paratia PAR_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
-14.3	-0.3959	-0.003	-0.087	0	-105.2
-28.6	-0.3764	-0.003	-0.302	0	-210.4
-42.9	-0.357	-0.003	-0.595	0	-315.6
-57.1	-0.3375	-0.003	-203.517	14.2	-420.9
-71.4	-0.318	-0.003	-833.838	44.1	-526.1
-85.7	-0.2986	-0.003	-2116.324	89.8	-631.3
-100	-0.2792	-0.003	-4275.742	151.2	-736.5
-114.3	-0.2598	-0.003	-7536.854	228.3	-841.7
-128.6	-0.2406	-0.003	-12124.418	321.1	-946.9
-142.9	-0.2215	-0.003	-18263.191	429.7	-1052.1
-157.1	-0.2026	-0.003	-26177.927	554	-1157.4
-171.4	-0.184	-0.003	-36093.377	694.1	-1262.6
-185.7	-0.1659	-0.003	-48234.296	849.9	-1367.8
-200	-0.1484	-0.003	-62825.442	1021.4	-1473
-213.6	-0.1323	-0.003	-79246.341	1204.2	-1573.4
-227.3	-0.1172	-0.003	-94158.809	1093.6	-1673.9
-240.9	-0.1031	-0.003	-106555.403	909.1	-1774.3
-254.5	-0.0902	-0.003	-115428.699	650.7	-1874.7
-268.2	-0.0785	-0.003	-120053.891	339.2	-1975.2

-281.8	-0.0682	-0.003	-120919.602	63.5	-2075.6
-295.5	-0.0592	-0.003	-118449.444	-181.1	-2176
-309.1	-0.0515	-0.003	-113191.564	-385.6	-2276.5
-322.7	-0.0451	-0.003	-105665.692	-551.9	-2376.9
-336.4	-0.0399	-0.003	-96293.292	-687.3	-2477.3
-350	-0.0357	-0.003	-85817.966	-768.2	-2577.8
-364.5	-0.0323	-0.003	-74176.991	-801.9	-2684.7
-379	-0.0298	-0.003	-62638.14	-794.9	-2791.6
-393.5	-0.0281	-0.003	-51642.689	-757.5	-2898.5
-408.1	-0.027	-0.003	-41491.579	-699.3	-3005.4
-422.6	-0.0265	-0.003	-32369.912	-628.4	-3112.3
-437.1	-0.0264	-0.002	-24369.581	-551.1	-3219.2
-451.6	-0.0266	-0.002	-17509.649	-472.6	-3326.1
-466.1	-0.0271	-0.002	-11754.236	-396.5	-3433
-480.6	-0.0276	-0.002	-7027.878	-325.6	-3540
-495.2	-0.0283	-0.002	-3228.434	-261.7	-3646.9
-509.7	-0.029	-0.002	-237.695	-206	-3753.8
-524.2	-0.0297	-0.002	2070.074	-159	-3860.7
-538.7	-0.0304	-0.002	3821.39	-120.6	-3967.6
-553.2	-0.031	-0.002	5138.352	-90.7	-4074.5
-567.7	-0.0316	-0.002	6134.667	-68.6	-4181.4
-582.3	-0.0321	-0.002	6912.671	-53.6	-4288.3
-596.8	-0.0325	-0.002	7561.054	-44.7	-4395.2
-611.3	-0.0328	-0.002	8153.092	-40.8	-4502.2
-625.8	-0.0331	-0.002	8745.166	-40.8	-4609.1
-640.3	-0.0332	-0.002	9375.42	-43.4	-4716
-654.8	-0.0331	-0.002	10062.417	-47.3	-4822.9
-669.4	-0.033	-0.001	10803.727	-51.1	-4929.8
-683.9	-0.0327	-0.001	11574.388	-53.1	-5036.7
-698.4	-0.0323	-0.001	12325.26	-51.7	-5143.6

-712.9	-0.0317	-0.001	12981.316	-45.2	-5250.5
-727.4	-0.031	-0.001	13439.991	-31.6	-5357.4
-741.9	-0.0301	-0.001	13569.753	-8.9	-5464.4
-756.5	-0.029	-0.001	13209.129	24.8	-5571.3
-771	-0.0278	-0.001	12166.469	71.8	-5678.2
-785.5	-0.0264	-0.001	10220.827	134	-5785.1
-800	-0.0248	-0.001	7124.379	213.3	-5892
-814.3	-0.0233	-0.001	2689.668	310.4	-5997.2
-828.6	-0.0217	0	88.93	182.1	-6102.4
-842.9	-0.02	0	-1095.584	82.9	-6207.6
-857.1	-0.0184	0	-1282.65	13.1	-6312.9
-871.4	-0.0168	0	-888.114	-27.6	-6418.1
-885.7	-0.0152	0	-324.095	-39.5	-6523.3
-900	-0.0137	0	0	-22.7	-6628.5

Reazioni vincolari				
Descrizione	Nome	Orizzontale [daN]	Verticale [daN]	Momento [daN cm]
Base Paratia	PAR_1	-	6628.5	-

Pressioni nel terreno, Paratia PAR_1												
Quota [cm]	Pres. Monte [daN/cm ²]						Pres. Valle [daN/cm ²]					
	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ
0	0.107	0	0	0.107	0	0	0	0	0	0	0	0
-14.29	0.127	0	0	0.127	0	0	0	0	0	0	0	0
-28.57	0.154	0	0	0.154	0	0	0	0	0	0	0	0
-42.86	0.181	0.01	0	0.181	0.01	0	0	0	0	0	0	0
-57.14	0.209	0.021	0	0.209	0.021	0	0	0	0	0	0	0
-71.43	0.236	0.032	0	0.236	0.032	0	0	0	0	0	0	0
-85.71	0.263	0.043	0	0.263	0.043	0	0	0	0	0	0	0
-100	0.29	0.054	0	0.29	0.054	0	0	0	0	0	0	0

-114.29	0.317	0.065	0	0.317	0.065	0	0	0	0	0	0	0
-128.57	0.344	0.076	0	0.344	0.076	0	0	0	0	0	0	0
-142.86	0.371	0.087	0	0.371	0.087	0	0	0	0	0	0	0
-157.14	0.399	0.098	0	0.399	0.098	0	0	0	0	0	0	0
-171.43	0.426	0.109	0	0.426	0.109	0	0	0	0	0	0	0
-185.71	0.453	0.12	0	0.453	0.12	0	0	0	0	0	0	0
-200	0.48	0.131	0	0.48	0.131	0	0	0	0	0	0	0
-213.64	0.506	0.142	0	0.506	0.142	0	0.026	0.223	0	0.026	0.223	0
-227.27	0.532	0.152	0	0.532	0.152	0	0.052	0.287	0	0.052	0.287	0
-240.91	0.558	0.163	0	0.558	0.163	0	0.078	0.352	0	0.078	0.352	0
-254.55	0.584	0.173	0	0.584	0.173	0	0.104	0.402	0	0.104	0.402	0
-268.18	0.61	0.184	0	0.61	0.184	0	0.13	0.386	0	0.13	0.386	0
-281.82	0.635	0.194	0	0.635	0.194	0	0.155	0.374	0	0.155	0.374	0
-295.45	0.661	0.205	0	0.661	0.205	0	0.181	0.355	0	0.181	0.355	0
-309.09	0.687	0.215	0	0.687	0.215	0	0.207	0.337	0	0.207	0.337	0
-322.73	0.713	0.226	0	0.713	0.226	0	0.233	0.325	0	0.233	0.325	0
-336.36	0.739	0.259	0	0.739	0.259	0	0.259	0.318	0	0.259	0.318	0
-350	0.765	0.291	0	0.765	0.291	0	0.285	0.315	0	0.285	0.315	0
-364.52	0.793	0.327	0.014	0.778	0.313	0	0.313	0.323	0.014	0.298	0.308	0
-379.03	0.82	0.36	0.028	0.792	0.331	0	0.34	0.334	0.028	0.312	0.306	0
-393.55	0.848	0.389	0.043	0.805	0.346	0	0.368	0.349	0.043	0.325	0.306	0
-408.06	0.875	0.415	0.057	0.818	0.358	0	0.395	0.366	0.057	0.338	0.31	0
-422.58	0.903	0.439	0.071	0.832	0.368	0	0.423	0.386	0.071	0.352	0.315	0
-437.1	0.93	0.462	0.085	0.845	0.376	0	0.45	0.408	0.085	0.365	0.322	0
-451.61	0.958	0.483	0.1	0.858	0.383	0	0.478	0.431	0.1	0.378	0.331	0
-466.13	0.986	0.503	0.114	0.872	0.389	0	0.506	0.454	0.114	0.392	0.34	0
-480.65	1.013	0.523	0.128	0.885	0.394	0	0.533	0.479	0.128	0.405	0.35	0
-495.16	1.041	0.542	0.142	0.898	0.399	0	0.561	0.503	0.142	0.418	0.361	0
-509.68	1.068	0.561	0.157	0.912	0.404	0	0.588	0.528	0.157	0.432	0.372	0
-524.19	1.096	0.58	0.171	0.925	0.409	0	0.616	0.553	0.171	0.445	0.382	0

-538.71	1.124	0.599	0.185	0.938	0.414	0	0.644	0.578	0.185	0.458	0.393	0
-553.23	1.151	0.618	0.199	0.952	0.419	0	0.671	0.603	0.199	0.472	0.403	0
-567.74	1.179	0.637	0.214	0.965	0.424	0	0.699	0.627	0.214	0.485	0.414	0
-582.26	1.206	0.657	0.228	0.979	0.429	0	0.726	0.651	0.228	0.499	0.423	0
-596.77	1.234	0.677	0.242	0.992	0.435	0	0.754	0.675	0.242	0.512	0.433	0
-611.29	1.261	0.698	0.256	1.005	0.442	0	0.781	0.698	0.256	0.525	0.442	0
-625.81	1.289	0.719	0.27	1.019	0.449	0	0.809	0.721	0.27	0.539	0.45	0
-640.32	1.317	0.741	0.285	1.032	0.456	0	0.837	0.743	0.285	0.552	0.459	0
-654.84	1.344	0.763	0.299	1.045	0.464	0	0.864	0.765	0.299	0.565	0.466	0
-669.35	1.372	0.785	0.313	1.059	0.472	0	0.892	0.787	0.313	0.579	0.473	0
-683.87	1.399	0.808	0.327	1.072	0.481	0	0.919	0.807	0.327	0.592	0.48	0
-698.39	1.427	0.832	0.342	1.085	0.49	0	0.947	0.827	0.342	0.605	0.486	0
-712.9	1.455	0.856	0.356	1.099	0.5	0	0.975	0.847	0.356	0.619	0.491	0
-727.42	1.482	0.881	0.37	1.112	0.511	0	1.002	0.866	0.37	0.632	0.496	0
-741.94	1.51	0.907	0.384	1.125	0.523	0	1.03	0.884	0.384	0.645	0.5	0
-756.45	1.537	0.934	0.399	1.139	0.535	0	1.057	0.901	0.399	0.659	0.503	0
-770.97	1.565	0.961	0.413	1.152	0.548	0	1.085	0.918	0.413	0.672	0.505	0
-785.48	1.592	0.989	0.427	1.165	0.562	0	1.112	0.934	0.427	0.685	0.507	0
-800	1.62	1.017	0.441	1.179	0.576	0	1.14	0.949	0.441	0.699	0.508	0
-814.29	1.649	0.817	0.455	1.193	0.362	0	1.169	0.907	0.455	0.713	0.451	0
-828.57	1.677	0.847	0.469	1.208	0.378	0	1.197	0.917	0.469	0.728	0.447	0
-842.86	1.706	0.878	0.483	1.222	0.394	0	1.226	0.927	0.483	0.742	0.443	0
-857.14	1.734	0.908	0.497	1.237	0.411	0	1.254	0.937	0.497	0.757	0.439	0
-871.43	1.763	0.939	0.511	1.252	0.427	0	1.283	0.947	0.511	0.772	0.435	0
-885.71	1.791	0.969	0.525	1.266	0.443	0	1.311	0.957	0.525	0.786	0.432	0
-900	1.813	0.994	0.536	1.277	0.458	0	1.333	0.962	0.536	0.797	0.426	0
σ_v = tensione verticale totale												
σ_h = tensione orizzontale totale												
u = pressione neutra												
σ'_v = tensione verticale efficace												

σ'_h = tensione orizzontale efficace

Risultanti delle pressioni [daN] e bracci [cm], Paratia PAR_1							
Monte				Valle			
R _h	-42567.7	b _h	629.6	R _h	42567.2	b _h	629.6
R' _h	-27737.5	b' _h	583	R' _h	27737	b' _h	583
R _u	-14830.3	b _u	716.8	R _u	14830.3	b _u	716.8

R = risultanti delle spinte, b = bracci rispetto alla testa della paratia.
pedice h = risultante delle pressioni totali sulla paratia.
pedice 'h = risultante delle pressioni efficaci sulla paratia.
pedice u = risultante delle pressioni neutre sulla paratia.

Inviluppo delle sollecitazioni

Segue l'inviluppo dei risultati ottenuti negli Step considerati.

Inviluppo - Paratia PAR_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
-14.3	-.1	0.	0.	0.	-105.2	-105.2
-28.6	-.3	0.	0.	0.	-210.4	-210.4
-42.9	-.6	0.	0.	0.	-315.6	-315.6
-57.1	-203.5	0.	0.	14.2	-420.9	-420.9
-71.4	-833.8	0.	0.	44.1	-526.1	-526.1
-85.7	-2116.	0.	0.	89.8	-631.3	-631.3
-100.	-4276.	0.	0.	151.2	-736.5	-736.5
-114.3	-7537.	0.	0.	228.3	-841.7	-841.7
-128.6	-12124	0.	0.	321.1	-946.9	-946.9
-142.9	-18263	0.	0.	429.7	-1052.	-1052.
-157.1	-26178	0.	0.	554.	-1157.	-1157.
-171.4	-36093	0.	0.	694.1	-1263.	-1263.
-185.7	-48234	0.	0.	849.9	-1368.	-1368.
-200.	-62825	0.	0.	1021.4	-1473.	-1473.

-213.6	-79246	0.	0.	1204.2	-1573.	-1573.
-227.3	-94159	0.	0.	1093.6	-1674.	-1674.
-240.9	-.11E6	0.	0.	909.1	-1774.	-1774.
-254.5	-.12E6	0.	0.	650.7	-1875.	-1875.
-268.2	-.12E6	0.	0.	339.2	-1975.	-1975.
-281.8	-.12E6	0.	0.	63.5	-2076.	-2076.
-295.5	-.12E6	0.	-181.1	0.	-2176.	-2176.
-309.1	-.11E6	0.	-385.6	0.	-2277.	-2277.
-322.7	-.11E6	0.	-551.9	0.	-2377.	-2377.
-336.4	-96293	0.	-687.3	0.	-2477.	-2477.
-350.	-85818	0.	-768.2	0.	-2578.	-2578.
-364.5	-74177	0.	-801.9	0.	-2685.	-2685.
-379.	-62638	0.	-794.9	0.	-2792.	-2792.
-393.5	-51643	0.	-757.5	0.	-2899.	-2899.
-408.1	-41492	0.	-699.3	0.	-3005.	-3005.
-422.6	-32370	0.	-628.4	0.	-3112.	-3112.
-437.1	-24370	0.	-551.1	0.	-3219.	-3219.
-451.6	-17510	0.	-472.6	0.	-3326.	-3326.
-466.1	-11754	0.	-396.5	0.	-3433.	-3433.
-480.6	-7028.	0.	-325.6	0.	-3540.	-3540.
-495.2	-3228.	0.	-261.7	0.	-3647.	-3647.
-509.7	-237.7	0.	-206.	0.	-3754.	-3754.
-524.2	0.	2070.1	-159.	0.	-3861.	-3861.
-538.7	0.	3821.4	-120.6	0.	-3968.	-3968.
-553.2	0.	5138.4	-90.7	0.	-4075.	-4075.
-567.7	0.	6134.7	-68.6	0.	-4181.	-4181.
-582.3	0.	6912.7	-53.6	0.	-4288.	-4288.
-596.8	0.	7561.1	-44.7	0.	-4395.	-4395.
-611.3	0.	8153.1	-40.8	0.	-4502.	-4502.
-625.8	0.	8745.2	-40.8	0.	-4609.	-4609.

-640.3	0.	9375.4	-43.4	0.	-4716.	-4716.
-654.8	0.	10062.	-47.3	0.	-4823.	-4823.
-669.4	0.	10804.	-51.1	0.	-4930.	-4930.
-683.9	0.	11574.	-53.1	0.	-5037.	-5037.
-698.4	0.	12325.	-51.7	0.	-5144.	-5144.
-712.9	0.	12981.	-45.2	0.	-5251.	-5251.
-727.4	0.	13440.	-31.6	0.	-5357.	-5357.
-741.9	0.	13570.	-8.9	0.	-5464.	-5464.
-756.5	0.	13209.	0.	24.8	-5571.	-5571.
-771.	0.	12167.	0.	71.8	-5678.	-5678.
-785.5	0.	10221.	0.	134.	-5785.	-5785.
-800.	0.	7124.4	0.	213.3	-5892.	-5892.
-814.3	0.	2689.7	0.	310.4	-5997.	-5997.
-828.6	0.	88.9	0.	182.1	-6102.	-6102.
-842.9	-1096.	0.	0.	82.9	-6208.	-6208.
-857.1	-1283.	0.	0.	13.1	-6313.	-6313.
-871.4	-888.1	0.	-27.6	0.	-6418.	-6418.
-885.7	-324.1	0.	-39.5	0.	-6523.	-6523.
-900.	0.	0.	-22.7	0.	-6629.	-6629.

Calcolo dei cedimenti a monte della paratia

Metodo *Volume* per il calcolo dei cedimenti a monte della paratia.

Si ipotizza che la variazione di volume complessiva del terreno coinvolto nel processo deformativo sia nulla (deformandosi, i terreni tendono a dilatare). In questo caso, definito il cuneo di spinta, si ha uguaglianza tra il volume che il terreno occupa in seguito allo spostamento della paratia e quello che il terreno libera per i cedimenti verticali a monte dell'opera.

Segue il calcolo per lo Step in cui si verifica il cedimento massimo (Step 2 di 2).

Paratia PAR_1 Step 2		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -900[\text{cm}]$ $L_{ced} = 519.6[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.08
50	50	0.07

100	100	0.06
150	150	0.06
200	200	0.05
250	250	0.04
300	300	0.03
350	350	0.03
400	400	0.02
450	450	0.01
500	500	0
519.6	519.6	0

Relazione di Calcolo

Descrizione: Paratia flessibile

Nome: c:\dolmen18\lavori\oc0321\Paratia OS2_STR1_rev.0.prt

Nome Studio

Indirizzo Studio

20/01/2021 16:40:56

Modello Strutturale	3
Metodo di calcolo.....	3
Materiali da costruzione impiegati.....	4
Elementi strutturali	4
Strati	4
Spinta a riposo	4
Pressione limite attiva e passiva.....	5
Deformabilità.....	6
Paratia.....	6
Sezioni.....	6
Carichi uniformi distribuiti sul terreno	7
Peso proprio	7
Step di progetto.....	7
Tabella riassuntiva	7
Risultati.....	8
Singoli Step	8
Step 2.....	8
Inviluppo delle sollecitazioni	13
Calcolo dei cedimenti a monte della paratia.....	15

Modello Strutturale

Segue la descrizione dei materiali da costruzione impiegati nella definizione del modello di calcolo. Oltre a questi vengono elencati gli elementi strutturali elementari che formano il modello.

Metodo di calcolo

Il programma "IS Paratie 18" utilizza il metodo di calcolo degli elementi finiti con cui schematizza sia la paratia che il terreno. La paratia è schematizzata con elementi trave a sei gradi di libertà (due traslazioni ed una rotazione per nodo) mentre il terreno è schematizzato con una serie di molle distribuite lungo l'altezza della paratia. Il procedimento iterativo di risoluzione del modello considera il comportamento non lineare del terreno (non linearità meccanica), mentre agli altri elementi assegna un comportamento elastico lineare. I valori numerici utilizzati per il calcolo sono introdotti esplicitamente dall'utente attraverso l'interfaccia grafica del programma, e vengono utilizzati direttamente: in particolare **il programma non adotta alcun coefficiente di sicurezza implicito.**

Il programma "IS Paratie 18" verifica i seguenti meccanismi di stato limite ultimo: stabilità dell'opera (rototraslazione), resistenza degli elementi strutturali che compongono la paratia, resistenza strutturale degli eventuali ancoraggi (tiranti), verifica a sfilamento degli eventuali ancoraggi, verifica della resistenza strutturale delle eventuali travi di collegamento degli ancoraggi, verifica della resistenza strutturale di eventuali puntoni. Tutte le verifiche vengono condotte con riferimento alle combinazioni di carico indicate dall'utente, sia statiche che sismiche.

Le deformazioni e le sollecitazioni cui è soggetta l'opera vengono stabilite utilizzando il metodo FEM con un procedimento iterativo che permette di considerare il comportamento non lineare del terreno. Tutti gli elementi strutturali (paratia, eventuali tiranti, eventuali puntoni) ed il terreno stesso sono schematizzati con elementi finiti e partecipano al calcolo con le proprie caratteristiche di rigidità e resistenza. Qualora il procedimento iterativo di soluzione del sistema di equazioni non lineari non trovi l'equilibrio dell'opera o superi lo spostamento massimo (valore parametrizzato e modificabile dall'utente), il calcolo si interrompe, e viene riportato un messaggio esplicito a video e nell'output di stampa. L'esistenza dei risultati è di per se garanzia che il programma è stato in grado di calcolare una configurazione equilibrata e congruente, cioè una situazione di equilibrio tra le azioni applicate all'opera e la resistenza da questa espressa, stanti le caratteristiche meccaniche e geometriche della paratia e del terreno ed i coefficienti di sicurezza applicati. Alla situazione di equilibrio determinata, corrispondono spostamenti e sollecitazioni lungo la paratia e gli altri elementi strutturali, che vengono verificati in successione. Tutte queste ulteriori verifiche sono riportate a schermo e nell'output di stampa e devono essere superate per garantire la sicurezza dell'opera.

La sicurezza dell'opera è valutata in relazione al seguente approccio: **NTC 2018, punto 6.5.3.1.2, SLU Approccio 1 Combinazione 1 (A1+M1+R1).**

Metodo di verifica degli elementi strutturali.

Le verifiche tensionali degli elementi strutturali vengono eseguite col metodo degli stati limite.

Coefficienti sulle azioni.

L'intensità delle azioni, o dell'effetto delle azioni, è modificata applicando i seguenti coefficienti di sicurezza parziali ai carichi: $\gamma_{G1} = 1.3$, $\gamma_{G2} = 1.5$, $\gamma_{Qi} = 1.5$.

Coefficienti per il calcolo delle spinte del terreno.

Si applicano coefficienti di sicurezza parziali alle caratteristiche meccaniche del terreno: $\gamma_{\varphi} = 1$, $\gamma_c = 1$, $\gamma_{su} = 1$, $\gamma_r = 1$.

Unità di misura e convenzioni.

Ove non altrimenti specificato si utilizzano le seguenti unità di misura: daN; cm; cm²; daN/cm; daN cm; daN/cm².

Per quanto riguarda lo Step di inserimento di un elemento, si intende che quest'ultimo è presente nel modello dall'inizio dello Step. La stessa regola vale per lo Step di rimozione, cioè si intende che un elemento viene rimosso all'inizio dello Step specificato. Il sistema di riferimento utilizzato vede l'asse delle z verticale, orientato verso l'alto, l'asse delle x parallelo al piano di lavoro ed orientato verso destra, e l'asse delle y parallelo allo sviluppo longitudinale della paratia. In quest'ultima direzione viene convenzionalmente considerata una sezione di paratia larga 100 cm.

Materiali da costruzione impiegati

Cemento Armato: Conglomerato Cementizio Rck 300, Barre d'armatura B450C (cls: $f_{cd} = 141.1$; barre: $f_{yd} = 3913.04$).

Elementi strutturali

La struttura analizzata è formata dai seguenti elementi.

Strati

Segue la descrizione della stratigrafia del terreno utilizzata nel modello.

	STR_1	STR_2
Descrizione	Rilevato degradato	Substrato
Quota iniziale [cm]	0	-800
Grado di preconsolidazione (OCR)	1	1
Angolo d'attrito (φ') [°]	25	35
Coesione efficace (c') [daN/cm ²]	0.05	0.05
Resistenza non drenata (s_u) [daN/cm ²]	0.8	0.8
Permeabilità (m) [cm/s]	0.001	0.001
Peso di unità di volume fuori falda (γ_d) [daN/cm ³]	0.0019	0.0019
Peso di unità di volume sotto falda (γ_t) [daN/cm ³]	0.0019	0.002

Spinta a riposo

STR_1

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^\alpha.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \varphi') = 0.5774$.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.5774$$

$$k_{0,oc} = 0.5774$$

STR_2

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^\alpha.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin\varphi')$ = 0.4264.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.4264$$

$$k_{0,oc} = 0.4264$$

Pressione limite attiva e passiva

STR_1

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_v - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.4059$$

Metodo *NAVFAC* per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h} \sigma'_v + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 2.4969$$

STR_2

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_v - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.271$$

Metodo NAVFAC per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h}\sigma'_v + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1$, $\gamma_c = 1$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 3.9368$$

Deformabilità

STR_1

Metodo Vesic per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 2.6374$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

STR_2

Metodo Vesic per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 3.956$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

Paratia

Il modello comprende una sola paratia (PAR_1), alta 900 cm.

La paratia PAR_1 utilizza la sezione trasversale SEZ_14. Per la verifica delle tensioni si utilizza la sezione 15.

Sezioni

Segue la descrizione delle sezioni trasversali utilizzate dagli elementi del modello.

	SEZ_14	SEZ_15
Tipo	RETTANGOLARE	TUBO CIRCOLARE
Descrizione	Ø250	Ø168.3/10
Materiale	C.A.	C.A.
Modulo di Young [daN/cm ²]	314472.	314472.
Numero di sezioni per metro	2.	2.

Area [cm ²]	1473.	49.76
Momento d'inerzia Z [cm ⁴]	26633.	1561.
Momento d'inerzia Y [cm ⁴]	1227500.	1561.
Ferri superiori	nessun ferro	nessun ferro
Ferri inferiori	nessun ferro	nessun ferro

Carichi uniformi distribuiti sul terreno

Segue la descrizione dei carichi uniformi distribuiti sul terreno nella zona a monte. I carichi sono dati in daN/cm, per ogni metro di estensione longitudinale della paratia. Il valore dichiarato rappresenta quindi il carico distribuito su una striscia di 1x100 cm.

	CCD_1_1
Quota di applicazione [cm]	0
Carico distribuito [daN/cm]	-10
Carico distribuito [daN/cm ²]	-0.1
Tipologia	variabile
Step di attivazione	1
Step di rimozione	-

Peso proprio

Alla paratia PAR_1, viene automaticamente applicato il peso proprio come carico distribuito in direzione verticale, con intensita' definita dalla propria sezione trasversale.

Step di progetto

Segue la descrizione dei passi considerati nella definizione del modello per simulare le fasi realizzative dell'opera.

Step 1

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento carico uniforme su terreno: CCD_1_1

Step 2

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Scavo portato a quota: -200

Tabella riassuntiva

La seguente tabella riassume le caratteristiche del modello strutturale nell'insieme degli step considerati.

Step	Quota scavo	Strati	Carichi terreno
------	-------------	--------	-----------------

1	0	STR_1	STR_1 STR_2	CCD_1_1
2	-200	STR_1	STR_1 STR_2	CCD_1_1

Risultati

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 2 Step.

Singoli Step

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 2

In questo Step si hanno le seguenti sollecitazioni, deformazioni, reazioni vincolari, pressioni nel terreno e risultanti delle spinte.

Sollecitazioni - Paratia PAR_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
-14.3	-0.9959	-0.004	-7.893	0.6	-136.8
-28.6	-0.9475	-0.004	-250.661	17	-273.6
-42.9	-0.8992	-0.004	-1020.46	53.9	-410.3
-57.1	-0.8509	-0.004	-2609.441	111.2	-547.1
-71.4	-0.8026	-0.004	-5309.755	189	-683.9
-85.7	-0.7544	-0.004	-9413.547	287.3	-820.7
-100	-0.7063	-0.004	-15212.955	406	-957.4
-114.3	-0.6584	-0.004	-23000.108	545.1	-1094.2
-128.6	-0.6108	-0.004	-33067.126	704.7	-1231
-142.9	-0.5636	-0.004	-45706.121	884.7	-1367.8
-157.1	-0.517	-0.004	-61209.195	1085.2	-1504.6
-171.4	-0.4711	-0.004	-79868.446	1306.1	-1641.3
-185.7	-0.4262	-0.004	-101975.967	1547.5	-1778.1
-200	-0.3825	-0.004	-127823.859	1809.4	-1914.9
-213.6	-0.3423	-0.004	-156255.457	2085	-2045.5
-227.3	-0.3038	-0.004	-184113.209	2042.9	-2176
-240.9	-0.2673	-0.004	-210087.388	1904.8	-2306.6
-254.5	-0.2332	-0.004	-232868.301	1670.6	-2437.1
-268.2	-0.2017	-0.004	-251146.298	1340.4	-2567.7

-281.8	-0.1729	-0.004	-263611.768	914.1	-2698.3
-295.5	-0.147	-0.004	-268955.135	391.8	-2828.8
-309.1	-0.1242	-0.004	-267416.8	-112.8	-2959.4
-322.7	-0.1042	-0.004	-260011.597	-543	-3090
-336.4	-0.0872	-0.004	-247609.316	-909.5	-3220.5
-350	-0.0729	-0.004	-230965.986	-1220.5	-3351.1
-364.5	-0.0605	-0.003	-209703.249	-1464.8	-3490.1
-379	-0.0507	-0.003	-185827.096	-1644.8	-3629
-393.5	-0.0432	-0.003	-160774.638	-1725.8	-3768
-408.1	-0.0378	-0.003	-135871.852	-1715.5	-3907
-422.6	-0.0341	-0.003	-112084.987	-1638.7	-4046
-437.1	-0.0318	-0.003	-90075.921	-1516.2	-4185
-451.6	-0.0306	-0.003	-70255.122	-1365.4	-4324
-466.1	-0.0303	-0.003	-52830.734	-1200.3	-4463
-480.6	-0.0307	-0.003	-37852.842	-1031.8	-4601.9
-495.2	-0.0316	-0.003	-25252.427	-868	-4740.9
-509.7	-0.0328	-0.003	-14874.908	-714.9	-4879.9
-524.2	-0.0341	-0.003	-6508.381	-576.4	-5018.9
-538.7	-0.0356	-0.003	93.086	-454.8	-5157.9
-553.2	-0.0371	-0.003	5190.641	-351.2	-5296.9
-567.7	-0.0385	-0.003	9045.784	-265.6	-5435.8
-582.3	-0.0398	-0.002	11908.867	-197.2	-5574.8
-596.8	-0.0409	-0.002	14010.378	-144.8	-5713.8
-611.3	-0.0419	-0.002	15554.443	-106.4	-5852.8
-625.8	-0.0427	-0.002	16714.058	-79.9	-5991.8
-640.3	-0.0432	-0.002	17627.561	-62.9	-6130.8
-654.8	-0.0436	-0.002	18395.995	-52.9	-6269.8
-669.4	-0.0437	-0.002	19081.02	-47.2	-6408.7
-683.9	-0.0436	-0.002	19703.174	-42.9	-6547.7
-698.4	-0.0432	-0.002	20240.332	-37	-6686.7

-712.9	-0.0426	-0.002	20626.324	-26.6	-6825.7
-727.4	-0.0417	-0.001	20749.756	-8.5	-6964.7
-741.9	-0.0406	-0.001	20453.189	20.4	-7103.7
-756.5	-0.0391	-0.001	19532.922	63.4	-7242.6
-771	-0.0375	-0.001	17739.728	123.5	-7381.6
-785.5	-0.0356	-0.001	14781.013	203.8	-7520.6
-800	-0.0336	-0.001	10324.928	307	-7659.6
-814.3	-0.0314	-0.001	4121.942	434.2	-7796.4
-828.6	-0.0293	-0.001	439.761	257.8	-7933.2
-842.9	-0.0271	-0.001	-1288.711	121	-8069.9
-857.1	-0.0249	0	-1632.983	24.1	-8206.7
-871.4	-0.0227	0	-1159.23	-33.2	-8343.5
-885.7	-0.0205	0	-428.918	-51.1	-8480.3
-900	-0.0184	0	0	-30	-8617

Reazioni vincolari				
Descrizione	Nome	Orizzontale [daN]	Verticale [daN]	Momento [daN cm]
Base Paratia	PAR_1	-	8617.	-

Pressioni nel terreno, Paratia PAR_1												
Quota [cm]	Pres. Monte [daN/cm ²]						Pres. Valle [daN/cm ²]					
	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ
0	0.159	0.001	0	0.159	0.001	0	0	0	0	0	0	0
-14.29	0.185	0.011	0	0.185	0.011	0	0	0	0	0	0	0
-28.57	0.221	0.026	0	0.221	0.026	0	0	0	0	0	0	0
-42.86	0.256	0.04	0	0.256	0.04	0	0	0	0	0	0	0
-57.14	0.291	0.054	0	0.291	0.054	0	0	0	0	0	0	0
-71.43	0.326	0.069	0	0.326	0.069	0	0	0	0	0	0	0
-85.71	0.362	0.083	0	0.362	0.083	0	0	0	0	0	0	0
-100	0.397	0.097	0	0.397	0.097	0	0	0	0	0	0	0

-114.29	0.432	0.112	0	0.432	0.112	0	0	0	0	0	0	0
-128.57	0.468	0.126	0	0.468	0.126	0	0	0	0	0	0	0
-142.86	0.503	0.14	0	0.503	0.14	0	0	0	0	0	0	0
-157.14	0.538	0.155	0	0.538	0.155	0	0	0	0	0	0	0
-171.43	0.573	0.169	0	0.573	0.169	0	0	0	0	0	0	0
-185.71	0.609	0.183	0	0.609	0.183	0	0	0	0	0	0	0
-200	0.644	0.198	0	0.644	0.198	0	0	0	0	0	0	0
-213.64	0.678	0.211	0	0.678	0.211	0	0.034	0.242	0	0.034	0.242	0
-227.27	0.711	0.225	0	0.711	0.225	0	0.067	0.326	0	0.067	0.326	0
-240.91	0.745	0.239	0	0.745	0.239	0	0.101	0.41	0	0.101	0.41	0
-254.55	0.779	0.252	0	0.779	0.252	0	0.135	0.494	0	0.135	0.494	0
-268.18	0.812	0.266	0	0.812	0.266	0	0.168	0.579	0	0.168	0.579	0
-281.82	0.846	0.28	0	0.846	0.28	0	0.202	0.663	0	0.202	0.663	0
-295.45	0.88	0.293	0	0.88	0.293	0	0.236	0.663	0	0.236	0.663	0
-309.09	0.913	0.307	0	0.913	0.307	0	0.269	0.622	0	0.269	0.622	0
-322.73	0.947	0.321	0	0.947	0.321	0	0.303	0.589	0	0.303	0.589	0
-336.36	0.981	0.334	0	0.981	0.334	0	0.337	0.562	0	0.337	0.562	0
-350	1.015	0.348	0	1.015	0.348	0	0.371	0.522	0	0.371	0.522	0
-364.52	1.05	0.374	0.019	1.032	0.355	0	0.406	0.498	0.019	0.388	0.479	0
-379.03	1.086	0.429	0.037	1.049	0.392	0	0.442	0.485	0.037	0.405	0.448	0
-393.55	1.122	0.489	0.056	1.067	0.433	0	0.478	0.482	0.056	0.423	0.426	0
-408.06	1.158	0.54	0.074	1.084	0.466	0	0.514	0.487	0.074	0.44	0.413	0
-422.58	1.194	0.585	0.093	1.101	0.492	0	0.55	0.5	0.093	0.457	0.408	0
-437.1	1.23	0.623	0.111	1.119	0.512	0	0.586	0.519	0.111	0.475	0.408	0
-451.61	1.265	0.656	0.13	1.136	0.527	0	0.621	0.543	0.13	0.492	0.413	0
-466.13	1.301	0.686	0.148	1.153	0.538	0	0.657	0.57	0.148	0.509	0.422	0
-480.65	1.337	0.713	0.167	1.171	0.546	0	0.693	0.6	0.167	0.527	0.434	0
-495.16	1.373	0.738	0.185	1.188	0.553	0	0.729	0.632	0.185	0.544	0.447	0
-509.68	1.409	0.761	0.204	1.205	0.558	0	0.765	0.666	0.204	0.561	0.462	0
-524.19	1.445	0.784	0.222	1.223	0.562	0	0.801	0.7	0.222	0.579	0.478	0

-538.71	1.481	0.806	0.241	1.24	0.566	0	0.837	0.735	0.241	0.596	0.494	0
-553.23	1.516	0.829	0.259	1.257	0.57	0	0.872	0.77	0.259	0.613	0.511	0
-567.74	1.552	0.851	0.278	1.275	0.574	0	0.908	0.804	0.278	0.631	0.527	0
-582.26	1.588	0.874	0.296	1.292	0.578	0	0.944	0.838	0.296	0.648	0.542	0
-596.77	1.624	0.898	0.315	1.309	0.583	0	0.98	0.871	0.315	0.665	0.557	0
-611.29	1.66	0.922	0.333	1.327	0.589	0	1.016	0.904	0.333	0.683	0.571	0
-625.81	1.696	0.948	0.352	1.344	0.596	0	1.052	0.936	0.352	0.7	0.584	0
-640.32	1.732	0.974	0.37	1.361	0.604	0	1.088	0.967	0.37	0.717	0.597	0
-654.84	1.767	1.001	0.389	1.379	0.612	0	1.123	0.997	0.389	0.735	0.608	0
-669.35	1.803	1.029	0.407	1.396	0.622	0	1.159	1.026	0.407	0.752	0.619	0
-683.87	1.839	1.058	0.426	1.414	0.632	0	1.195	1.054	0.426	0.77	0.628	0
-698.39	1.875	1.088	0.444	1.431	0.644	0	1.231	1.081	0.444	0.787	0.637	0
-712.9	1.911	1.119	0.463	1.448	0.656	0	1.267	1.107	0.463	0.804	0.644	0
-727.42	1.947	1.151	0.481	1.466	0.67	0	1.303	1.131	0.481	0.822	0.65	0
-741.94	1.983	1.185	0.5	1.483	0.685	0	1.339	1.155	0.5	0.839	0.655	0
-756.45	2.018	1.219	0.518	1.5	0.701	0	1.374	1.178	0.518	0.856	0.66	0
-770.97	2.054	1.255	0.537	1.518	0.718	0	1.41	1.199	0.537	0.874	0.663	0
-785.48	2.09	1.291	0.555	1.535	0.736	0	1.446	1.22	0.555	0.891	0.665	0
-800	2.126	1.328	0.574	1.552	0.754	0	1.482	1.24	0.574	0.908	0.666	0
-814.29	2.163	1.063	0.592	1.571	0.471	0	1.519	1.186	0.592	0.927	0.594	0
-828.57	2.2	1.103	0.61	1.59	0.493	0	1.556	1.199	0.61	0.946	0.589	0
-842.86	2.237	1.143	0.628	1.609	0.515	0	1.593	1.211	0.628	0.965	0.583	0
-857.14	2.275	1.183	0.647	1.628	0.537	0	1.631	1.224	0.647	0.984	0.577	0
-871.43	2.312	1.223	0.665	1.647	0.559	0	1.668	1.236	0.665	1.003	0.571	0
-885.71	2.349	1.263	0.683	1.666	0.58	0	1.705	1.249	0.683	1.022	0.566	0
-900	2.377	1.297	0.697	1.68	0.6	0	1.733	1.255	0.697	1.036	0.558	0

σ_v = tensione verticale totale

σ_h = tensione orizzontale totale

u = pressione neutra

σ'_v = tensione verticale efficace

σ'_h = tensione orizzontale efficace

Risultanti delle pressioni [daN] e bracci [cm], Paratia PAR_1							
Monte				Valle			
R _h	-56667.7	b _h	622.8	R _h	56666.2	b _h	622.9
R' _h	-37388.4	b' _h	574.4	R' _h	37386.9	b' _h	574.4
R _u	-19279.4	b _u	716.8	R _u	19279.4	b _u	716.8

R = risultanti delle spinte, b = bracci rispetto alla testa della paratia.
pedice h = risultante delle pressioni totali sulla paratia.
pedice 'h = risultante delle pressioni efficaci sulla paratia.
pedice u = risultante delle pressioni neutre sulla paratia.

Inviluppo delle sollecitazioni

Segue l'inviluppo dei risultati ottenuti negli Step considerati.

Inviluppo - Paratia PAR_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
-14.3	-7.9	0.	0.	.6	-136.8	-136.8
-28.6	-250.7	0.	0.	17.	-273.6	-273.6
-42.9	-1021.	0.	0.	53.9	-410.3	-410.3
-57.1	-2609.	0.	0.	111.2	-547.1	-547.1
-71.4	-5310.	0.	0.	189.	-683.9	-683.9
-85.7	-9414.	0.	0.	287.3	-820.7	-820.7
-100.	-15213	0.	0.	406.	-957.4	-957.4
-114.3	-23000	0.	0.	545.1	-1094.	-1094.
-128.6	-33067	0.	0.	704.7	-1231.	-1231.
-142.9	-45706	0.	0.	884.7	-1368.	-1368.
-157.1	-61209	0.	0.	1085.2	-1505.	-1505.
-171.4	-79868	0.	0.	1306.1	-1641.	-1641.
-185.7	-.1E6	0.	0.	1547.5	-1778.	-1778.
-200.	-.13E6	0.	0.	1809.4	-1915.	-1915.

-213.6	-.16E6	0.	0.	2085.	-2046.	-2046.
-227.3	-.18E6	0.	0.	2042.9	-2176.	-2176.
-240.9	-.21E6	0.	0.	1904.8	-2307.	-2307.
-254.5	-.23E6	0.	0.	1670.6	-2437.	-2437.
-268.2	-.25E6	0.	0.	1340.4	-2568.	-2568.
-281.8	-.26E6	0.	0.	914.1	-2698.	-2698.
-295.5	-.27E6	0.	0.	391.8	-2829.	-2829.
-309.1	-.27E6	0.	-112.8	0.	-2959.	-2959.
-322.7	-.26E6	0.	-543.	0.	-3090.	-3090.
-336.4	-.25E6	0.	-909.5	0.	-3221.	-3221.
-350.	-.23E6	0.	-1221.	0.	-3351.	-3351.
-364.5	-.21E6	0.	-1465.	0.	-3490.	-3490.
-379.	-.19E6	0.	-1645.	0.	-3629.	-3629.
-393.5	-.16E6	0.	-1726.	0.	-3768.	-3768.
-408.1	-.14E6	0.	-1716.	0.	-3907.	-3907.
-422.6	-.11E6	0.	-1639.	0.	-4046.	-4046.
-437.1	-90076	0.	-1516.	0.	-4185.	-4185.
-451.6	-70255	0.	-1365.	0.	-4324.	-4324.
-466.1	-52831	0.	-1200.	0.	-4463.	-4463.
-480.6	-37853	0.	-1032.	0.	-4602.	-4602.
-495.2	-25252	0.	-868.	0.	-4741.	-4741.
-509.7	-14875	0.	-714.9	0.	-4880.	-4880.
-524.2	-6508.	0.	-576.4	0.	-5019.	-5019.
-538.7	0.	93.1	-454.8	0.	-5158.	-5158.
-553.2	0.	5190.6	-351.2	0.	-5297.	-5297.
-567.7	0.	9045.8	-265.6	0.	-5436.	-5436.
-582.3	0.	11909.	-197.2	0.	-5575.	-5575.
-596.8	0.	14010.	-144.8	0.	-5714.	-5714.
-611.3	0.	15554.	-106.4	0.	-5853.	-5853.
-625.8	0.	16714.	-79.9	0.	-5992.	-5992.

-640.3	0.	17628.	-62.9	0.	-6131.	-6131.
-654.8	0.	18396.	-52.9	0.	-6270.	-6270.
-669.4	0.	19081.	-47.2	0.	-6409.	-6409.
-683.9	0.	19703.	-42.9	0.	-6548.	-6548.
-698.4	0.	20240.	-37.	0.	-6687.	-6687.
-712.9	0.	20626.	-26.6	0.	-6826.	-6826.
-727.4	0.	20750.	-8.5	0.	-6965.	-6965.
-741.9	0.	20453.	0.	20.4	-7104.	-7104.
-756.5	0.	19533.	0.	63.4	-7243.	-7243.
-771.	0.	17740.	0.	123.5	-7382.	-7382.
-785.5	0.	14781.	0.	203.8	-7521.	-7521.
-800.	0.	10325.	0.	307.	-7660.	-7660.
-814.3	0.	4121.9	0.	434.2	-7796.	-7796.
-828.6	0.	439.8	0.	257.8	-7933.	-7933.
-842.9	-1289.	0.	0.	121.	-8070.	-8070.
-857.1	-1633.	0.	0.	24.1	-8207.	-8207.
-871.4	-1159.	0.	-33.2	0.	-8344.	-8344.
-885.7	-428.9	0.	-51.1	0.	-8480.	-8480.
-900.	0.	0.	-30.	0.	-8617.	-8617.

Calcolo dei cedimenti a monte della paratia

Metodo *Volume* per il calcolo dei cedimenti a monte della paratia.

Si ipotizza che la variazione di volume complessiva del terreno coinvolto nel processo deformativo sia nulla (deformandosi, i terreni tendono a dilatare). In questo caso, definito il cuneo di spinta, si ha uguaglianza tra il volume che il terreno occupa in seguito allo spostamento della paratia e quello che il terreno libera per i cedimenti verticali a monte dell'opera.

Segue il calcolo per lo Step in cui si verifica il cedimento massimo (Step 2 di 2).

Paratia PAR_1 Step 2		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -900[\text{cm}]$ $L_{ced} = 519.6[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.19

50	50	0.17
100	100	0.15
150	150	0.13
200	200	0.11
250	250	0.1
300	300	0.08
350	350	0.06
400	400	0.04
450	450	0.02
500	500	0.01
519.6	519.6	0

Relazione di Calcolo

Descrizione: Paratia flessibile

Nome: c:\dolmen18\lavori\oc0321\Paratia OS2_STR2_rev.0.prt

Nome Studio

Indirizzo Studio

20/01/2021 16:45:04

Modello Strutturale	3
Metodo di calcolo.....	3
Materiali da costruzione impiegati.....	4
Elementi strutturali	4
Strati	4
Spinta a riposo	4
Pressione limite attiva e passiva.....	5
Deformabilità.....	6
Paratia.....	6
Sezioni.....	6
Carichi uniformi distribuiti sul terreno	7
Peso proprio	7
Step di progetto.....	7
Tabella riassuntiva	7
Risultati.....	8
Singoli Step	8
Step 2.....	8
Inviluppo delle sollecitazioni	13
Calcolo dei cedimenti a monte della paratia.....	15

Modello Strutturale

Segue la descrizione dei materiali da costruzione impiegati nella definizione del modello di calcolo. Oltre a questi vengono elencati gli elementi strutturali elementari che formano il modello.

Metodo di calcolo

Il programma "IS Paratie 18" utilizza il metodo di calcolo degli elementi finiti con cui schematizza sia la paratia che il terreno. La paratia è schematizzata con elementi trave a sei gradi di libertà (due traslazioni ed una rotazione per nodo) mentre il terreno è schematizzato con una serie di molle distribuite lungo l'altezza della paratia. Il procedimento iterativo di risoluzione del modello considera il comportamento non lineare del terreno (non linearità meccanica), mentre agli altri elementi assegna un comportamento elastico lineare. I valori numerici utilizzati per il calcolo sono introdotti esplicitamente dall'utente attraverso l'interfaccia grafica del programma, e vengono utilizzati direttamente: in particolare **il programma non adotta alcun coefficiente di sicurezza implicito.**

Il programma "IS Paratie 18" verifica i seguenti meccanismi di stato limite ultimo: stabilità dell'opera (rototraslazione), resistenza degli elementi strutturali che compongono la paratia, resistenza strutturale degli eventuali ancoraggi (tiranti), verifica a sfilamento degli eventuali ancoraggi, verifica della resistenza strutturale delle eventuali travi di collegamento degli ancoraggi, verifica della resistenza strutturale di eventuali puntoni. Tutte le verifiche vengono condotte con riferimento alle combinazioni di carico indicate dall'utente, sia statiche che sismiche.

Le deformazioni e le sollecitazioni cui è soggetta l'opera vengono stabilite utilizzando il metodo FEM con un procedimento iterativo che permette di considerare il comportamento non lineare del terreno. Tutti gli elementi strutturali (paratia, eventuali tiranti, eventuali puntoni) ed il terreno stesso sono schematizzati con elementi finiti e partecipano al calcolo con le proprie caratteristiche di rigidità e resistenza. Qualora il procedimento iterativo di soluzione del sistema di equazioni non lineari non trovi l'equilibrio dell'opera o superi lo spostamento massimo (valore parametrizzato e modificabile dall'utente), il calcolo si interrompe, e viene riportato un messaggio esplicito a video e nell'output di stampa. L'esistenza dei risultati è di per se garanzia che il programma è stato in grado di calcolare una configurazione equilibrata e congruente, cioè una situazione di equilibrio tra le azioni applicate all'opera e la resistenza da questa esplicita, stanti le caratteristiche meccaniche e geometriche della paratia e del terreno ed i coefficienti di sicurezza applicati. Alla situazione di equilibrio determinata, corrispondono spostamenti e sollecitazioni lungo la paratia e gli altri elementi strutturali, che vengono verificati in successione. Tutte queste ulteriori verifiche sono riportate a schermo e nell'output di stampa e devono essere superate per garantire la sicurezza dell'opera.

La sicurezza dell'opera è valutata in relazione al seguente approccio: **NTC 2018, punto 6.5.3.1.2, SLU Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R1).**

Metodo di verifica degli elementi strutturali.

Le verifiche tensionali degli elementi strutturali vengono eseguite col metodo degli stati limite.

Coefficienti sulle azioni.

L'intensità delle azioni, o dell'effetto delle azioni, è modificata applicando i seguenti coefficienti di sicurezza parziali ai carichi: $\gamma_{G1} = 1$, $\gamma_{G2} = 1.3$, $\gamma_{Qi} = 1.3$.

Coefficienti per il calcolo delle spinte del terreno.

Si applicano coefficienti di sicurezza parziali alle caratteristiche meccaniche del terreno: $\gamma_{\varphi} = 1.25$, $\gamma_c = 1.25$, $\gamma_{su} = 1.4$, $\gamma_{\gamma} = 1$.

Unità di misura e convenzioni.

Ove non altrimenti specificato si utilizzano le seguenti unità di misura: daN; cm; cm²; daN/cm; daN cm; daN/cm².

Per quanto riguarda lo Step di inserimento di un elemento, si intende che quest'ultimo è presente nel modello dall'inizio dello Step. La stessa regola vale per lo Step di rimozione, cioè si intende che un elemento viene rimosso all'inizio dello Step specificato. Il sistema di riferimento utilizzato vede l'asse delle z verticale, orientato verso l'alto, l'asse delle x parallelo al piano di lavoro ed orientato verso destra, e l'asse delle y parallelo allo sviluppo longitudinale della paratia. In quest'ultima direzione viene convenzionalmente considerata una sezione di paratia larga 100 cm.

Materiali da costruzione impiegati

Cemento Armato: Conglomerato Cementizio Rck 300, Barre d'armatura B450C (cls: $f_{cd} = 141.1$; barre: $f_{yd} = 3913.04$).

Elementi strutturali

La struttura analizzata è formata dai seguenti elementi.

Strati

Segue la descrizione della stratigrafia del terreno utilizzata nel modello.

	STR_1	STR_2
Descrizione	Rilevato degradato	Substrato
Quota iniziale [cm]	0	-800
Grado di preconsolidazione (OCR)	1	1
Angolo d'attrito (φ') [°]	25	35
Coesione efficace (c') [daN/cm ²]	0.05	0.05
Resistenza non drenata (s_u) [daN/cm ²]	0.8	0.8
Permeabilità (m) [cm/s]	0.001	0.001
Peso di unità di volume fuori falda (γ_d) [daN/cm ³]	0.0019	0.0019
Peso di unità di volume sotto falda (γ_t) [daN/cm ³]	0.0019	0.002

Spinta a riposo

STR_1

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^{\alpha}.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \varphi') = 0.5774$.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.5774$$

$$k_{0,oc} = 0.5774$$

STR_2

La spinta a riposo viene valutata in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}, \text{ dove } k_{0,oc} = k_{0,nc} \text{OCR}^\alpha.$$

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \varphi')$ = 0.4264.

Metodo *Alpan* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è assunto pari a 0.5.

I valori dei coefficienti di spinta a riposo utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

$$k_{0,nc} = 0.4264$$

$$k_{0,oc} = 0.4264$$

Pressione limite attiva e passiva

STR_1

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_{v} - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1.25$, $\gamma_c = 1.25$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.482$$

Metodo *NAVFAC* per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h} \sigma'_{v} + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1.25$, $\gamma_c = 1.25$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 2.0819$$

STR_2

Metodo *Coulomb* per il calcolo del limite di spinta attiva.

Il limite di spinta attiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{ha} = k_{a,h} \sigma'_v - 2c'(k_{a,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{a,h}$ è calcolato con la formula di Coulomb estesa da Muller-Breslau. Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1.25$, $\gamma_c = 1.25$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{a,h} = 0.3434$$

Metodo NAVFAC per il calcolo del limite di spinta passiva.

Il limite di spinta passiva viene valutato in termini di tensioni efficaci, con l'espressione seguente:

$$\sigma'_{hp} = k_{p,h} \sigma'_v + 2c'(k_{p,h})^{1/2}$$

Il valore di $k_{p,h}$ è calcolato con la tabella fornita dal manuale NAVFAC (1971). Vengono applicati gli opportuni coefficienti di sicurezza parziali all'angolo di resistenza al taglio ed alla coesione drenata ($\gamma_\phi = 1.25$, $\gamma_c = 1.25$). Si considera un'inclinazione del terrapieno di 0 gradi ed un angolo di attrito muro-terreno nullo.

$$k_{p,h} = 2.9262$$

Deformabilità

STR_1

Metodo Vesic per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 2.6374$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

STR_2

Metodo Vesic per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo l'espressione ricavata da Vesic (1965):

$$k_s = 3.956$$

Il rapporto fra il modulo in ricarico rispetto a quello in compressione vergine vale 1.6.

Paratia

Il modello comprende una sola paratia (PAR_1), alta 900 cm.

La paratia PAR_1 utilizza la sezione trasversale SEZ_14. Per la verifica delle tensioni si utilizza la sezione 15.

Sezioni

Segue la descrizione delle sezioni trasversali utilizzate dagli elementi del modello.

	SEZ_14	SEZ_15
Tipo	RETTANGOLARE	TUBO CIRCOLARE
Descrizione	Ø250	Ø168.3/10
Materiale	C.A.	C.A.

Modulo di Young [daN/cm ²]	314472.	314472.
Numero di sezioni per metro	2.	2.
Area [cm ²]	1473.	49.76
Momento d'inerzia Z [cm ⁴]	26633.	1561.
Momento d'inerzia Y [cm ⁴]	1227500.	1561.
Ferri superiori	nessun ferro	nessun ferro
Ferri inferiori	nessun ferro	nessun ferro

Carichi uniformi distribuiti sul terreno

Segue la descrizione dei carichi uniformi distribuiti sul terreno nella zona a monte. I carichi sono dati in daN/cm, per ogni metro di estensione longitudinale della paratia. Il valore dichiarato rappresenta quindi il carico distribuito su una striscia di 1x100 cm.

	CCD_1_1
Quota di applicazione [cm]	0
Carico distribuito [daN/cm]	-10
Carico distribuito [daN/cm ²]	-0.1
Tipologia	variabile
Step di attivazione	1
Step di rimozione	-

Peso proprio

Alla paratia PAR_1, viene automaticamente applicato il peso proprio come carico distribuito in direzione verticale, con intensita' definita dalla propria sezione trasversale.

Step di progetto

Segue la descrizione dei passi considerati nella definizione del modello per simulare le fasi realizzative dell'opera.

Step 1

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento carico uniforme su terreno: CCD_1_1

Step 2

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Scavo portato a quota: -200

Tabella riassuntiva

La seguente tabella riassume le caratteristiche del modello strutturale nell'insieme degli step considerati.

Step	Quota scavo	Strati		Carichi terreno
1	0	STR_1	STR_1 STR_2	CCD_1_1
2	-200	STR_1	STR_1 STR_2	CCD_1_1

Risultati

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 2 Step.

Singoli Step

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 2

In questo Step si hanno le seguenti sollecitazioni, deformazioni, reazioni vincolari, pressioni nel terreno e risultanti delle spinte.

Sollecitazioni - Paratia PAR_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
-14.3	-1.7127	-0.003	-106.269	7.4	-105.2
-28.6	-1.6372	-0.003	-625.24	36.3	-210.4
-42.9	-1.5618	-0.003	-1823.826	83.9	-315.6
-57.1	-1.4864	-0.003	-3968.939	150.2	-420.9
-71.4	-1.4111	-0.003	-7327.486	235.1	-526.1
-85.7	-1.3358	-0.003	-12166.369	338.7	-631.3
-100	-1.2607	-0.003	-18752.479	461	-736.5
-114.3	-1.1858	-0.003	-27352.699	602	-841.7
-128.6	-1.1113	-0.003	-38233.893	761.7	-946.9
-142.9	-1.0372	-0.003	-51662.913	940	-1052.1
-157.1	-0.9638	-0.003	-67906.591	1137.1	-1157.4
-171.4	-0.8912	-0.003	-87231.741	1352.8	-1262.6
-185.7	-0.8197	-0.003	-109905.164	1587.1	-1367.8
-200	-0.7495	-0.003	-136193.643	1840.2	-1473
-213.6	-0.684	-0.003	-164905.533	2105.5	-1573.4
-227.3	-0.6204	-0.003	-194236.914	2151	-1673.9
-240.9	-0.559	-0.003	-223416.779	2139.9	-1774.3
-254.5	-0.5	-0.003	-251674.142	2072.2	-1874.7

-268.2	-0.4438	-0.003	-278238.05	1948	-1975.2
-281.8	-0.3907	-0.003	-302337.592	1767.3	-2075.6
-295.5	-0.341	-0.003	-323201.903	1530	-2176
-309.1	-0.2948	-0.003	-340060.168	1236.3	-2276.5
-322.7	-0.2524	-0.003	-352141.617	886	-2376.9
-336.4	-0.2139	-0.003	-358675.52	479.2	-2477.3
-350	-0.1793	-0.003	-358891.186	15.8	-2577.8
-364.5	-0.1469	-0.003	-351324.477	-521.3	-2684.7
-379	-0.1189	-0.003	-336673.535	-1009.3	-2791.6
-393.5	-0.0952	-0.003	-316467.595	-1392	-2898.5
-408.1	-0.0754	-0.003	-292001.174	-1685.5	-3005.4
-422.6	-0.0592	-0.003	-264348.045	-1905	-3112.3
-437.1	-0.0464	-0.002	-234730.026	-2040.4	-3219.2
-451.6	-0.0366	-0.002	-204259.754	-2099.1	-3326.1
-466.1	-0.0293	-0.002	-173787.457	-2099.2	-3433
-480.6	-0.0242	-0.002	-144315.309	-2030.3	-3540
-495.2	-0.0209	-0.002	-116751.135	-1898.9	-3646.9
-509.7	-0.0191	-0.002	-91679.202	-1727.2	-3753.8
-524.2	-0.0184	-0.002	-69421.666	-1533.3	-3860.7
-538.7	-0.0186	-0.002	-50094.535	-1331.4	-3967.6
-553.2	-0.0195	-0.002	-33657.425	-1132.3	-4074.5
-567.7	-0.0208	-0.002	-19956.805	-943.8	-4181.4
-582.3	-0.0223	-0.002	-8762.83	-771.1	-4288.3
-596.8	-0.024	-0.002	199.922	-617.4	-4395.2
-611.3	-0.0257	-0.002	7227.314	-484.1	-4502.2
-625.8	-0.0273	-0.002	12615.478	-371.2	-4609.1
-640.3	-0.0287	-0.002	16644.992	-277.6	-4716
-654.8	-0.0299	-0.002	19568.717	-201.4	-4822.9
-669.4	-0.0309	-0.001	21602.691	-140.1	-4929.8
-683.9	-0.0316	-0.001	22919.507	-90.7	-5036.7

-698.4	-0.032	-0.001	23643.696	-49.9	-5143.6
-712.9	-0.0321	-0.001	23848.738	-14.1	-5250.5
-727.4	-0.0319	-0.001	23555.414	20.2	-5357.4
-741.9	-0.0314	-0.001	22731.339	56.8	-5464.4
-756.5	-0.0307	-0.001	21291.628	99.2	-5571.3
-771	-0.0296	-0.001	19100.776	150.9	-5678.2
-785.5	-0.0284	-0.001	15975.924	215.3	-5785.1
-800	-0.0269	-0.001	11691.834	295.1	-5892
-814.3	-0.0253	-0.001	6089.586	392.2	-5997.2
-828.6	-0.0237	0	2348.788	261.9	-6102.4
-842.9	-0.022	0	279.558	144.8	-6207.6
-857.1	-0.0203	0	-551.737	58.2	-6312.9
-871.4	-0.0186	0	-583.988	2.3	-6418.1
-885.7	-0.0169	0	-254.768	-23	-6523.3
-900	-0.0152	0	0	-17.8	-6628.5

Reazioni vincolari				
Descrizione	Nome	Orizzontale [daN]	Verticale [daN]	Momento [daN cm]
Base Paratia	PAR_1	-	6628.5	-

Pressioni nel terreno, Paratia PAR_1												
Quota [cm]	Pres. Monte [daN/cm ²]						Pres. Valle [daN/cm ²]					
	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ
0	0.137	0.01	0	0.137	0.01	0	0	0	0	0	0	0
-14.29	0.157	0.02	0	0.157	0.02	0	0	0	0	0	0	0
-28.57	0.184	0.033	0	0.184	0.033	0	0	0	0	0	0	0
-42.86	0.211	0.046	0	0.211	0.046	0	0	0	0	0	0	0
-57.14	0.239	0.059	0	0.239	0.059	0	0	0	0	0	0	0
-71.43	0.266	0.073	0	0.266	0.073	0	0	0	0	0	0	0
-85.71	0.293	0.086	0	0.293	0.086	0	0	0	0	0	0	0

-100	0.32	0.099	0	0.32	0.099	0	0	0	0	0	0	0
-114.29	0.347	0.112	0	0.347	0.112	0	0	0	0	0	0	0
-128.57	0.374	0.125	0	0.374	0.125	0	0	0	0	0	0	0
-142.86	0.401	0.138	0	0.401	0.138	0	0	0	0	0	0	0
-157.14	0.429	0.151	0	0.429	0.151	0	0	0	0	0	0	0
-171.43	0.456	0.164	0	0.456	0.164	0	0	0	0	0	0	0
-185.71	0.483	0.177	0	0.483	0.177	0	0	0	0	0	0	0
-200	0.51	0.19	0	0.51	0.19	0	0	0	0	0	0	0
-213.64	0.536	0.203	0	0.536	0.203	0	0.026	0.169	0	0.026	0.169	0
-227.27	0.562	0.215	0	0.562	0.215	0	0.052	0.223	0	0.052	0.223	0
-240.91	0.588	0.228	0	0.588	0.228	0	0.078	0.277	0	0.078	0.277	0
-254.55	0.614	0.24	0	0.614	0.24	0	0.104	0.331	0	0.104	0.331	0
-268.18	0.64	0.253	0	0.64	0.253	0	0.13	0.385	0	0.13	0.385	0
-281.82	0.665	0.265	0	0.665	0.265	0	0.155	0.439	0	0.155	0.439	0
-295.45	0.691	0.278	0	0.691	0.278	0	0.181	0.493	0	0.181	0.493	0
-309.09	0.717	0.29	0	0.717	0.29	0	0.207	0.547	0	0.207	0.547	0
-322.73	0.743	0.303	0	0.743	0.303	0	0.233	0.601	0	0.233	0.601	0
-336.36	0.769	0.315	0	0.769	0.315	0	0.259	0.655	0	0.259	0.655	0
-350	0.795	0.328	0	0.795	0.328	0	0.285	0.709	0	0.285	0.709	0
-364.52	0.823	0.348	0.014	0.808	0.334	0	0.313	0.684	0.014	0.298	0.67	0
-379.03	0.85	0.369	0.028	0.822	0.341	0	0.34	0.633	0.028	0.312	0.604	0
-393.55	0.878	0.39	0.043	0.835	0.347	0	0.368	0.592	0.043	0.325	0.549	0
-408.06	0.905	0.41	0.057	0.848	0.353	0	0.395	0.562	0.057	0.338	0.505	0
-422.58	0.933	0.431	0.071	0.862	0.36	0	0.423	0.524	0.071	0.352	0.453	0
-437.1	0.96	0.452	0.085	0.875	0.366	0	0.45	0.492	0.085	0.365	0.407	0
-451.61	0.988	0.472	0.1	0.888	0.373	0	0.478	0.472	0.1	0.378	0.373	0
-466.13	1.016	0.511	0.114	0.902	0.397	0	0.506	0.464	0.114	0.392	0.35	0
-480.65	1.043	0.555	0.128	0.915	0.426	0	0.533	0.464	0.128	0.405	0.336	0
-495.16	1.071	0.59	0.142	0.928	0.448	0	0.561	0.472	0.142	0.418	0.33	0
-509.68	1.098	0.62	0.157	0.942	0.463	0	0.588	0.486	0.157	0.432	0.33	0

-524.19	1.126	0.645	0.171	0.955	0.474	0	0.616	0.506	0.171	0.445	0.335	0
-538.71	1.154	0.666	0.185	0.968	0.481	0	0.644	0.528	0.185	0.458	0.343	0
-553.23	1.181	0.684	0.199	0.982	0.485	0	0.671	0.554	0.199	0.472	0.355	0
-567.74	1.209	0.7	0.214	0.995	0.487	0	0.699	0.581	0.214	0.485	0.368	0
-582.26	1.236	0.716	0.228	1.009	0.488	0	0.726	0.61	0.228	0.499	0.382	0
-596.77	1.264	0.731	0.242	1.022	0.489	0	0.754	0.639	0.242	0.512	0.397	0
-611.29	1.291	0.746	0.256	1.035	0.489	0	0.781	0.668	0.256	0.525	0.412	0
-625.81	1.319	0.761	0.27	1.049	0.49	0	0.809	0.696	0.27	0.539	0.426	0
-640.32	1.347	0.777	0.285	1.062	0.492	0	0.837	0.724	0.285	0.552	0.44	0
-654.84	1.374	0.794	0.299	1.075	0.495	0	0.864	0.751	0.299	0.565	0.452	0
-669.35	1.402	0.811	0.313	1.089	0.498	0	0.892	0.777	0.313	0.579	0.464	0
-683.87	1.429	0.83	0.327	1.102	0.503	0	0.919	0.802	0.327	0.592	0.475	0
-698.39	1.457	0.851	0.342	1.115	0.509	0	0.947	0.826	0.342	0.605	0.484	0
-712.9	1.485	0.872	0.356	1.129	0.516	0	0.975	0.848	0.356	0.619	0.493	0
-727.42	1.512	0.895	0.37	1.142	0.525	0	1.002	0.87	0.37	0.632	0.5	0
-741.94	1.54	0.919	0.384	1.155	0.534	0	1.03	0.89	0.384	0.645	0.505	0
-756.45	1.567	0.944	0.399	1.169	0.545	0	1.057	0.908	0.399	0.659	0.51	0
-770.97	1.595	0.97	0.413	1.182	0.557	0	1.085	0.926	0.413	0.672	0.513	0
-785.48	1.622	0.998	0.427	1.195	0.57	0	1.112	0.943	0.427	0.685	0.515	0
-800	1.65	1.026	0.441	1.209	0.584	0	1.14	0.958	0.441	0.699	0.517	0
-814.29	1.679	0.829	0.455	1.223	0.373	0	1.169	0.92	0.455	0.713	0.464	0
-828.57	1.707	0.848	0.469	1.238	0.378	0	1.197	0.929	0.469	0.728	0.46	0
-842.86	1.736	0.878	0.483	1.252	0.395	0	1.226	0.939	0.483	0.742	0.456	0
-857.14	1.764	0.909	0.497	1.267	0.412	0	1.254	0.948	0.497	0.757	0.451	0
-871.43	1.793	0.94	0.511	1.282	0.429	0	1.283	0.958	0.511	0.772	0.447	0
-885.71	1.821	0.971	0.525	1.296	0.446	0	1.311	0.967	0.525	0.786	0.442	0
-900	1.843	0.997	0.536	1.307	0.461	0	1.333	0.972	0.536	0.797	0.436	0

σ_v = tensione verticale totale

σ_h = tensione orizzontale totale

u = pressione neutra

σ'_v = tensione verticale efficace

σ'_h = tensione orizzontale efficace

Risultanti delle pressioni [daN] e bracci [cm], Paratia PAR_1							
Monte				Valle			
R _h	-45661	b _h	611.1	R _h	45658.7	b _h	611.1
R' _h	-30830.8	b' _h	560.2	R' _h	30828.4	b' _h	560.3
R _u	-14830.3	b _u	716.8	R _u	14830.3	b _u	716.8

R = risultanti delle spinte, b = bracci rispetto alla testa della paratia.
pedice h = risultante delle pressioni totali sulla paratia.
pedice 'h = risultante delle pressioni efficaci sulla paratia.
pedice u = risultante delle pressioni neutre sulla paratia.

Inviluppo delle sollecitazioni

Segue l'inviluppo dei risultati ottenuti negli Step considerati.

Inviluppo - Paratia PAR_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
z						
-14.3	-106.3	0.	0.	7.4	-105.2	-105.2
-28.6	-625.2	0.	0.	36.3	-210.4	-210.4
-42.9	-1824.	0.	0.	83.9	-315.6	-315.6
-57.1	-3969.	0.	0.	150.2	-420.9	-420.9
-71.4	-7328.	0.	0.	235.1	-526.1	-526.1
-85.7	-12166	0.	0.	338.7	-631.3	-631.3
-100.	-18753	0.	0.	461.	-736.5	-736.5
-114.3	-27353	0.	0.	602.	-841.7	-841.7
-128.6	-38234	0.	0.	761.7	-946.9	-946.9
-142.9	-51663	0.	0.	940.	-1052.	-1052.
-157.1	-67907	0.	0.	1137.1	-1157.	-1157.
-171.4	-87232	0.	0.	1352.8	-1263.	-1263.
-185.7	-.11E6	0.	0.	1587.1	-1368.	-1368.

-200.	-.14E6	0.	0.	1840.2	-1473.	-1473.
-213.6	-.16E6	0.	0.	2105.5	-1573.	-1573.
-227.3	-.19E6	0.	0.	2151.	-1674.	-1674.
-240.9	-.22E6	0.	0.	2139.9	-1774.	-1774.
-254.5	-.25E6	0.	0.	2072.2	-1875.	-1875.
-268.2	-.28E6	0.	0.	1948.	-1975.	-1975.
-281.8	-.3E6	0.	0.	1767.3	-2076.	-2076.
-295.5	-.32E6	0.	0.	1530.	-2176.	-2176.
-309.1	-.34E6	0.	0.	1236.3	-2277.	-2277.
-322.7	-.35E6	0.	0.	886.	-2377.	-2377.
-336.4	-.36E6	0.	0.	479.2	-2477.	-2477.
-350.	-.36E6	0.	0.	15.8	-2578.	-2578.
-364.5	-.35E6	0.	-521.3	0.	-2685.	-2685.
-379.	-.34E6	0.	-1009.	0.	-2792.	-2792.
-393.5	-.32E6	0.	-1392.	0.	-2899.	-2899.
-408.1	-.29E6	0.	-1686.	0.	-3005.	-3005.
-422.6	-.26E6	0.	-1905.	0.	-3112.	-3112.
-437.1	-.23E6	0.	-2040.	0.	-3219.	-3219.
-451.6	-.2E6	0.	-2099.	0.	-3326.	-3326.
-466.1	-.17E6	0.	-2099.	0.	-3433.	-3433.
-480.6	-.14E6	0.	-2030.	0.	-3540.	-3540.
-495.2	-.12E6	0.	-1899.	0.	-3647.	-3647.
-509.7	-91679	0.	-1727.	0.	-3754.	-3754.
-524.2	-69422	0.	-1533.	0.	-3861.	-3861.
-538.7	-50095	0.	-1331.	0.	-3968.	-3968.
-553.2	-33657	0.	-1132.	0.	-4075.	-4075.
-567.7	-19957	0.	-943.8	0.	-4181.	-4181.
-582.3	-8763.	0.	-771.1	0.	-4288.	-4288.
-596.8	0.	199.9	-617.4	0.	-4395.	-4395.
-611.3	0.	7227.3	-484.1	0.	-4502.	-4502.

-625.8	0.	12616.	-371.2	0.	-4609.	-4609.
-640.3	0.	16645.	-277.6	0.	-4716.	-4716.
-654.8	0.	19569.	-201.4	0.	-4823.	-4823.
-669.4	0.	21603.	-140.1	0.	-4930.	-4930.
-683.9	0.	22920.	-90.7	0.	-5037.	-5037.
-698.4	0.	23644.	-49.9	0.	-5144.	-5144.
-712.9	0.	23849.	-14.1	0.	-5251.	-5251.
-727.4	0.	23555.	0.	20.2	-5357.	-5357.
-741.9	0.	22731.	0.	56.8	-5464.	-5464.
-756.5	0.	21292.	0.	99.2	-5571.	-5571.
-771.	0.	19101.	0.	150.9	-5678.	-5678.
-785.5	0.	15976.	0.	215.3	-5785.	-5785.
-800.	0.	11692.	0.	295.1	-5892.	-5892.
-814.3	0.	6089.6	0.	392.2	-5997.	-5997.
-828.6	0.	2348.8	0.	261.9	-6102.	-6102.
-842.9	0.	279.6	0.	144.8	-6208.	-6208.
-857.1	-551.7	0.	0.	58.2	-6313.	-6313.
-871.4	-584.	0.	0.	2.3	-6418.	-6418.
-885.7	-254.8	0.	-23.	0.	-6523.	-6523.
-900.	0.	0.	-17.8	0.	-6629.	-6629.

Calcolo dei cedimenti a monte della paratia

Metodo *Volume* per il calcolo dei cedimenti a monte della paratia.

Si ipotizza che la variazione di volume complessiva del terreno coinvolto nel processo deformativo sia nulla (deformandosi, i terreni tendono a dilatare). In questo caso, definito il cuneo di spinta, si ha uguaglianza tra il volume che il terreno occupa in seguito allo spostamento della paratia e quello che il terreno libera per i cedimenti verticali a monte dell'opera.

Segue il calcolo per lo Step in cui si verifica il cedimento massimo (Step 2 di 2).

Paratia PAR_1 Step 2		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -900[\text{cm}]$ $L_{ced} = 519.6[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.33

50	50	0.29
100	100	0.26
150	150	0.23
200	200	0.2
250	250	0.17
300	300	0.14
350	350	0.11
400	400	0.07
450	450	0.04
500	500	0.01
519.6	519.6	0