

COMUNE DI STREVI**INTERVENTI URGENTI DI CONSOLIDAMENTO FRANA
E RICOSTRUZIONE PORZIONE DI CINTA MURARIA
MEDIEVALE IN FREGIO A VIA DELLA ROCCA****PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**

Elaborato:

4a

Oggetto:

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLA
BERLINESE DI MICROPALI**

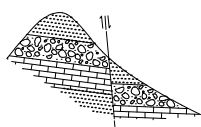
Scala:

Data:

Ottobre 2015

Revisioni:

Rev. n.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	10/2015	Emissione	VF	VF	SF

Il Sindaco:
Alessio MONTI**Il Responsabile del Procedimento:**
Geom. Paolo GUGLIERI**I Progettisti:****STUDIO TECNICO FOGLINO**

15010 - RICALDONE (AL) - via Cazzulini 15/A - tel. 0144/74163 - fax 0144/745914 - e-mail studio.foglino@gmail.com

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE INTERVENTI IN PROGETTO	3
3. BERLINESE DI MICROPALI.....	4
4. RIFERIMENTI NORMATIVI	4
5. CALCOLO DELLA BERLINESE.....	6
5.1 SEZIONE 1 - VERIFICA BERLINESE DI MICROPALI.....	6
APPROCCIO 1 NTC08	6
APPROCCIO 2 NTC08	26
5.2 SEZIONE 2 - VERIFICA BERLINESE DI MICROPALI.....	46
APPROCCIO 1 NTC08	46
APPROCCIO 2 NTC08	66

1. PREMESSA

Nel presente rapporto vengono riportate le analisi riguardanti la berlinese di micropali, in parte già realizzata nell'ambito degli interventi di somma urgenza, da completarsi nell'ambito dell'attuale progetto di sistemazione denominato "Interventi urgenti di consolidamento frana e ricostruzione porzione di cinta muraria medievale in fregio a Via della Rocca".

2. DESCRIZIONE INTERVENTI IN PROGETTO

Con Ordinanza del Sindaco n. 5/2015 del 25.03.2015, sono stati previsti e realizzati degli interventi immediati in somma urgenza per la messa in sicurezza dell'area. In particolare, per evitare infiltrazioni localizzate nel corpo di frana sono state raccolte ed allontanate le acque di gronda dei pluviali e sono stati apposti teli impermeabili in corrispondenza della zona di distacco e del corpo frana. È stata effettuata la demolizione controllata delle porzioni di muratura aggettanti e malferme presenti lungo la nicchia di distacco. Sono state inoltre messe in sicurezza le porzioni laterali del muro mediante tirantatura e apposizione di idonea struttura di contrasto in acciaio ed è in fase di completamento la realizzazione di un primo tratto di berlinese di micropali a sostegno della porzione di fondazione scalzata dell'edificio presente in prossimità della nicchia di distacco. Durante questa prima fase sono state effettuate anche indagini geognostiche preliminari.

Il presente progetto è finalizzato al consolidamento della frana ed alla ricostruzione della porzione di muro crollato. Nello specifico, gli interventi previsti comprendono:

- il completamento della berlinese di micropali in corrispondenza del margine dell'edificio lungo la nicchia di distacco per contenere il terreno e limitare gli effetti legati al detensionamento che nel particolare contesto geotecnico potrebbe determinare un arretramento della nicchia di distacco con potenziale coinvolgimento dei fabbricati;
- la ricostruzione del muraglione crollato con struttura in c.a. ed il ripristino del terrapieno a tergo, comprensivo del rifacimento di tutte le canalizzazioni idriche e di raccolta e allontanamento delle acque meteoriche per evitare che le stesse si possano infiltrare a tergo del muro;
- il rivestimento del muro in c.a. con mattoni vecchi e pietrame nel più completo rispetto della tipologia costruttiva del vecchio muraglione in modo tale da integrare la nuova opera con il contesto storico in cui si colloca;
- eventuali consolidamenti delle porzioni di vecchio muro esistenti al fine di assicurarne la stabilità nel tempo.

3. BERLINESE DI MICROPALI

La berlinese, in parte già realizzata, posta alle spalle del muro, è formata da una fila di micropali verticali di lunghezza 12 m collegati in sommità da una trave di collegamento di cemento armato, di dimensioni pari a 1.00 m (altezza) x 0,5 m (larghezza).

Tutti i micropali hanno le seguenti caratteristiche:

- lunghezza (misurata con riferimento al tubo di armatura): 12 m,
- diametro di perforazione: 300 mm,
- diametro del tubo di acciaio (senza saldatura): 193,7 mm, spessore 10 mm,
- interasse dei micropali verticali: 0,50 metri

I materiali utilizzati sono:

- per la trave di collegamento in sommità: calcestruzzo di resistenza C28/35,
- per i micropali: betoncino per micropali R30 o superiore o malta cementizia cemento tipo R32.5 o superiore
- per l'acciaio dei tubi di armatura: tipo S355 (ex Fe 510), con tensione di snervamento pari ad almeno 355 N/mm²,
- per l'acciaio del cemento armato: B450 C (tensione di snervamento almeno pari a 450 N/mm²).

Maggiori particolari e informazioni sulle caratteristiche dei materiali sono riportate nell'elaborato 18.

I micropali sono eseguiti senza valvole e senza iniezione ripetuta, sono trivellati ad elica continua ovvero il getto avviene in concomitanza con il ritiro della trivella elicoidale attraverso un apposito condotto posto all'interno della trivella stessa. L'armatura tubolare verrà inserita successivamente al getto. Mano a mano che la malta indurisce e perde l'acqua in eccesso, si provvederà a rabboccare il suo livello.

L'analisi è stata condotta con il software IS Paratie della CDM Dolmen che simula il comportamento della berlinese come una paratia pur tenendo conto della presenza di micropali e del loro interasse.

4. RIFERIMENTI NORMATIVI

STRUTTURA

Legge 5 novembre 1971 N. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.

OPCM 3274 d.d. 20/03/2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica e successive modifiche e integrazioni (OPCM 3431 03/05/05).

Norme tecniche per le Costruzioni n° D.M. 14/01/2008

Norme di cui è consentita l'applicazione ai sensi del cap. 12 del D.M. 14 gennaio 2008:

UNI EN 1990: 2004 - Eurocodice 1 ñ Criteri generali di progettazione strutturale.

UNI ENV 1991-1-1: 2004; -1-2; 1-3; 1.5 ; UNI ENV 1991-2-4: 1997 - Azioni sulla struttura.

Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo.

UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.

Eurocodice 3 ñ Progettazione delle strutture in acciaio.

UNI ENV 1993-1-1 - Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.

Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici ñ *Linee Guida sul calcestruzzo strutturale*

Circ. MIN.LL.PP. N.11951 del 14 febbraio 1992 - Circolare illustrativa della legge N. 1086.

D.M. 14 febbraio 1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche.

Circ. MIN.LL.PP. N.37406 del 24 giugno 1993 ñ Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 14 febbraio 1992.

D.M. 9 gennaio 1996 ñ Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

Circ. Min. LL.PP. 15.10.1996 n.252 AA.GG./S.T.C. - Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo e l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 09.01.1996.

CARICHI E SOVRACCARICHI

D.M. 16 gennaio 1996 ñ Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

Circ. MIN.LL.PP. N.156AA.GG./STC del 4 luglio 1996 ñ 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 D.M. 16 gennaio 1996.

D.M. 16.1.1996 - Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche

Circ. Min. LL.PP. 10.4.1997, n. 65 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16 gennaio 1996

Norme tecniche per le Costruzioni ñ D.M. 14/01/2008

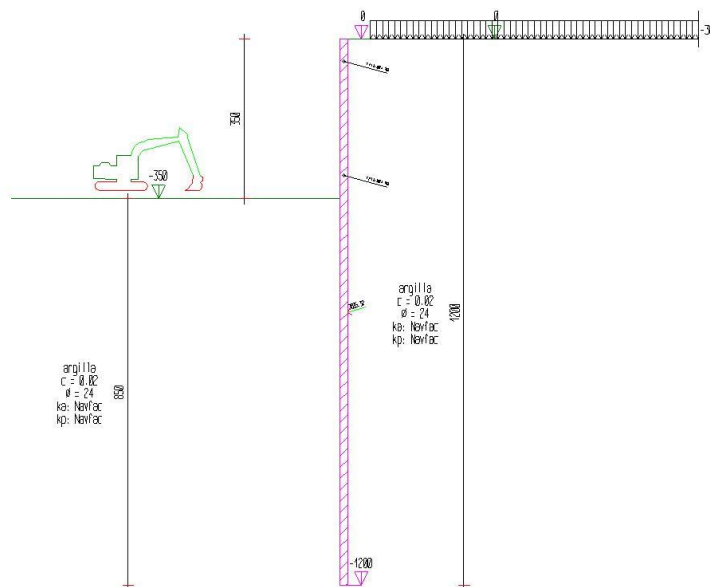
5. CALCOLO DELLA BERLINESE

Di seguito sono riportati i file di output del software IS Paratie della CDM Dolmen. È stato scelto di studiare la berlinese come se si trattasse di una paratia, tenendo così conto della mancanza di confinamento laterale a valle dell'opera e delle progressive fasi di scavo necessarie per il rifacimento del muro.

Nello specifico sono state studiate due sezioni tipo: la prima interessa la parte centrale della nicchia dove la berlinese viene realizzata in adiacenza all'edificio ma le altezze di scavo per la realizzazione del muro saranno limitate; la seconda interessa la parte più esterna dove i carichi dovuti all'edificio sono più distanti ma le altezze di scavo prevedibili per la realizzazione del muro saranno maggiori.

5.1 SEZIONE 1 - VERIFICA BERLINESE DI MICROPALI

APPROCCIO 1 NTC08



Metodo di calcolo

Il programma "IS Paratie 13" 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 13" 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 sé 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 2008, punti 6.5.3.1.2 e 7.11.1, Combinazione 1 (A1+M1+R1) con sisma.**

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: $\gamma_{G1} = 1$, $\gamma_{G2} = 1$, $\gamma_{Qi} = 1$.

Coefficienti per il calcolo delle spinte del terreno.

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

Coefficienti per la resistenza a sfilamento dei tiranti.

Alla resistenza a sfilamento dei tiranti, ottenuta con un metodo analitico, si applicano i coefficienti di sicurezza di seguito elencati. Tirante attivo, permanente: $\gamma_R = 2.16$. Tirante attivo, temporaneo: $\gamma_R = 1.98$. Tirante passivo, permanente: $\gamma_R = 2.16$. Tirante passivo, temporaneo: $\gamma_R = 1.98$.

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: $f_{yd} = 3913.04$).

Profilati in acciaio: Acciaio S355 (Fe 510) ($f_d = 3380.95$).

Elementi strutturali

La struttura analizzata è formata dai seguenti elementi.

Strati

Segue la descrizione della stratigrafia del terreno utilizzata nel modello.

	STR_1
Descrizione	argilla
Quota iniziale [cm]	0
Grado di preconsolidazione (OCR)	1
Angolo d'attrito (ϕ') [°]	24
Coesione efficace (c') [daN/cm ²]	0.02
Resistenza non drenata (s_u) [daN/cm ²]	0.15
Permeabilità (m) [cm/s]	0.0000505
Peso di unità di volume fuori falda (γ_d) [daN/cm ³]	0.0018
Peso di unità di volume sotto falda (γ_t) [daN/cm ³]	0.0021

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: $k_{0,nc} = (1 - \sin \phi') = 0.5933$.

Metodo *Utente* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è definito direttamente dall'utente, ed è pari a $\alpha = 0.5$.

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

$$k_{0,nc} = 0.5933$$

$$k_{0,oc} = 0.5933$$

Pressione limite attiva e passiva

STR_1

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

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

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

$$\tau_a = \sigma'_{ha} \tan \delta_a$$

Il valore di $k_{a,h}$ 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 di 14.7 gradi.

$$k_{a,h} = 0.3676$$

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:

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

$$\tau_p = \sigma'_{hp} \tan \delta_p$$

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 di 14.7 gradi.

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 di 14.7 gradi.

$$k_{p,h} = 3.3558$$

Deformabilità

STR_1

Metodo *Valori Indicativi* per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo le indicazioni di Bowles (1991), secondo la tipologia del terreno.

$$k_s = 3.671$$

Paratia

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

La paratia PAR_1 utilizza la sezione trasversale SEZ_1. Per la verifica delle tensioni si utilizza la sezione 2.

Sezioni

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

	SEZ_1	SEZ_2	SEZ_3
Tipo	RETTANGOLARE	TUBO CIRCOLARE	RETTANGOLARE
Descrizione	Sezione cls	Sezione tubolare	Sezione 3
Materiale	C.A.	Acciaio	C.A.
Modulo di Young [daN/cm ²]	314472.	2100000.	314472.
Numero di sezioni per metro	2.	2.	1.
Area [cm ²]	1703.	57.73	5000.
Momento d'inerzia Z [cm ⁴]	41159.	2438.	4166667.
Momento d'inerzia Y [cm ⁴]	1419167.	2438.	1041667.
Ferri superiori	nessun ferro	-	4d12
Ferri inferiori	nessun ferro	-	6d12

Tiranti

Segue la descrizione dei tiranti impiegati nel modello.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Quota di applicazione [cm]	-50	-300
Angolo di inclinazione [°]	15	15
Lunghezza libera [cm]	900	900
Lunghezza sigillatura [cm]	700	700
Diametro nominale dei trefoli [cm]	1.13	1.13
Numero di trefoli	2	2
Area resistente [cm ²]	2.01	2.01
Modulo elastico [daN/cm ²]	1950000	1950000
Tensione massima [daN/cm ²]	18600	18600
Tensione ammissibile [daN/cm ²]	18600	18600
Tensione iniziale [daN/cm ²]	4985.67	4985.67
Numero al metro	0.286	0.286
Step di attivazione	3	5
Step di rimozione	-	-

Segue la tabella di tesatura dei tiranti impiegati nel modello.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Step di inserimento	3	5
Tiro iniziale [daN]	10000	10000
Tiro massimo ammesso [daN]	37306.95	37306.95

Carichi nastriformi distribuiti sul terreno

Segue la descrizione dei carichi nastriformi 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.

	CUD_1_1
Quota di applicazione [cm]	0
Distanza dalla paratia [cm]	50
Larghezza [cm]	800
Carico distribuito [daN/cm]	-30
Carico distribuito [daN/cm ²]	-0.3
Tipologia	-
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 intensità definita dalla propria sezione trasversale.

Sisma

Metodo *NTC 08* per il calcolo della forza sismica.

L'azione dovuta al sisma ed applicata alle paratie è calcolata secondo quanto stabilito dal D.M. 14/01/2008. L'azione del sisma è introdotta come carico distribuito. Il sisma è considerato agente sull'intera altezza della paratia. Segue un elenco dei parametri significativi adottati.

Parametro	Valore
Categoria topografica	T1
Categoria suolo	D
fattore di amp. max. F_0	2.535
accel. al sito a_g [m/s ²]	0.6021
spostamento tollerabile u_s [cm]	5
coeff. α	0.6733333333333333
coeff. β	0.475
accel. di picco a_{max} [m/s ²]	1.08378

Segue il valore della forza per ciascuno step di applicazione.

Step	Paratia PAR_1
STEP_1	h: -3494; v: -1003
STEP_2	h: -3494; v: -1003
STEP_3	h: -3494; v: -1003
STEP_4	h: -3494; v: -1003
STEP_5	h: -3494; v: -1003

Step di progetto

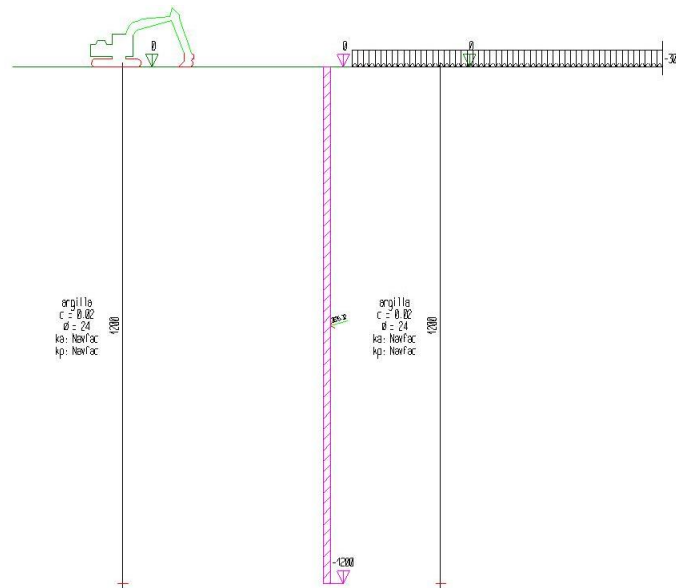
Segue la descrizione dei passi considerati nella definizione del modello per simulare le fasi realizzative dell'opera.

Step 1

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento carico nastriforme su terreno: CUD_1_1

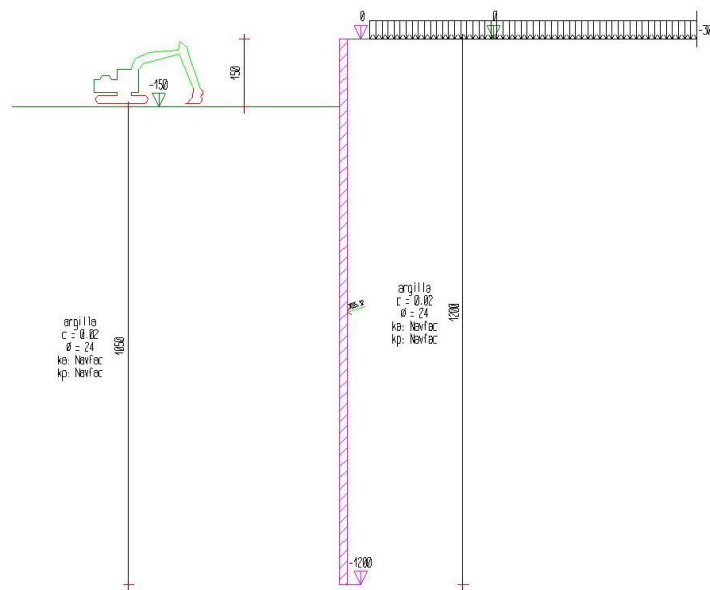
Attivazione sollecitazione sismica.



Step 2

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

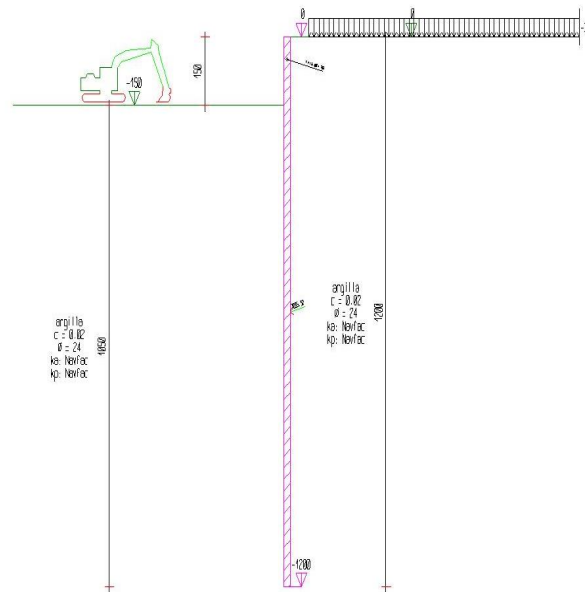
Scavo portato a quota: -150



Step 3

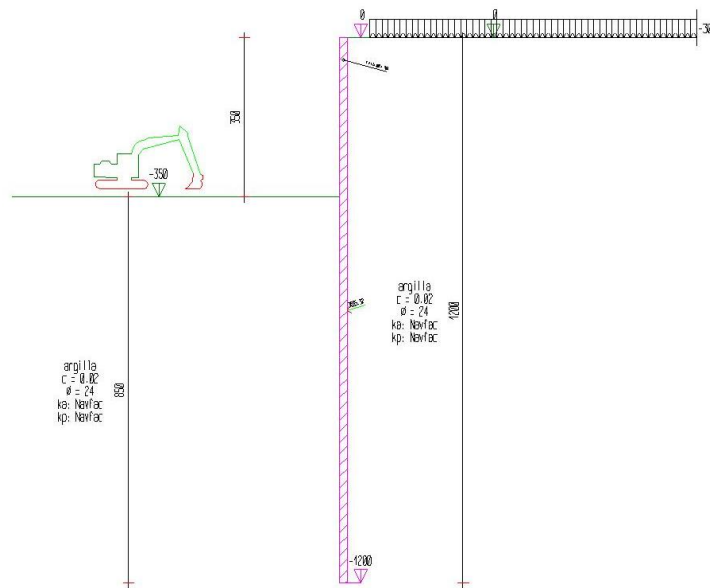
In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento tirante: TIR_1_1



Step 4

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:
Scavo portato a quota: -350



Step 5

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:
Inserimento tirante: TIR_1_2

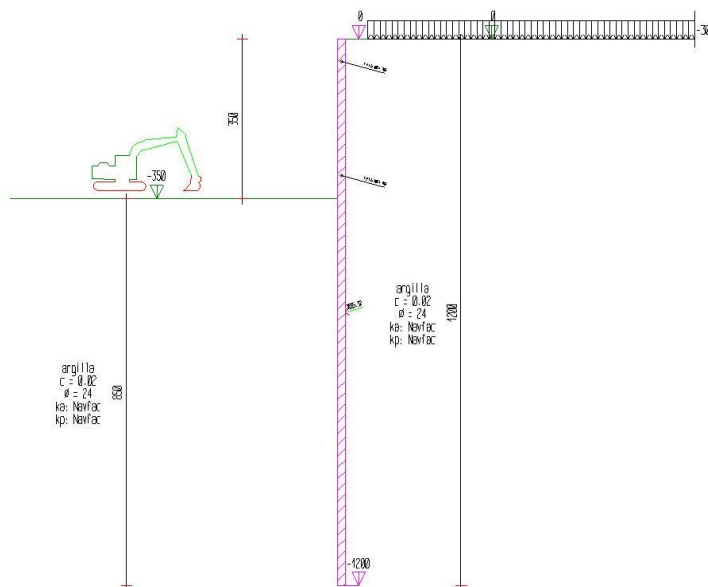


Tabella riassuntiva

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

Step	Quota scavo	Strati		Tiranti		Carichi terreno
1	0	STR_1	STR_1			CUD_1_1
2	-150	STR_1	STR_1			CUD_1_1
3	-150	STR_1	STR_1	TIR_1_1		CUD_1_1
4	-350	STR_1	STR_1	TIR_1_1		CUD_1_1
5	-350	STR_1	STR_1	TIR_1_1 TIR_1_2		CUD_1_1

Risultati

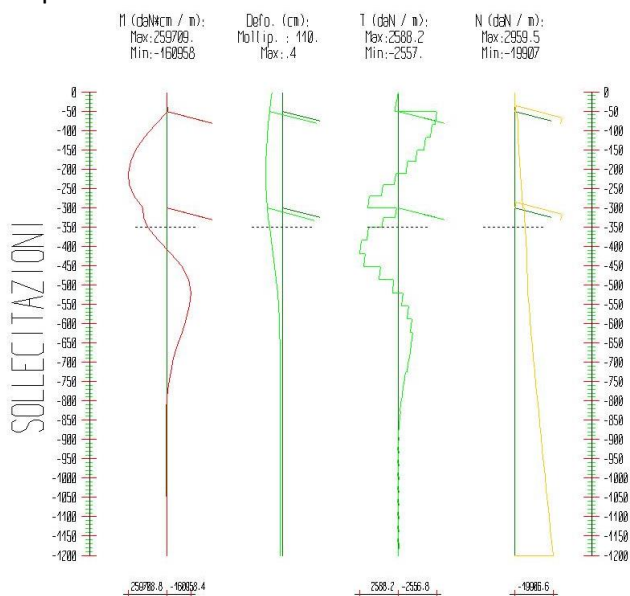
Il calcolo è stato eseguito correttamente per 5 Step.

Singoli Step

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 5

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]
-25	-0.2791	-0.01	-2084.08	119.8	-232.4
-50	-0.3029	-0.01	-7191.044	240.7	-475.4
-83.3	-0.3343	-0.01	76419.251	-2459.8	-1585.3
-116.7	-0.3625	-0.01	149835.659	-2154	-1953.2
-150	-0.3844	-0.01	208123.594	-1700.1	-2337.4
-180	-0.3966	-0.01	243651.907	-1140.6	-2692.6
-210	-0.4004	-0.01	259708.804	-491.6	-3054.1
-240	-0.3953	-0.01	253033.948	266.2	-3420.7
-270	-0.3816	-0.01	220582.423	1125.4	-3794.4
-300	-0.3603	-0.01	159708.468	2072.8	-4180.2
-325	-0.3381	-0.009	154884.199	229.4	-5257.3
-350	-0.3122	-0.009	128284.76	1100.4	-5612.9
-384	-0.2724	-0.009	57719.261	2125	-6051.4
-418	-0.2302	-0.009	-28598.044	2588.2	-6343.7
-452	-0.1891	-0.009	-105468.108	2310.4	-6457.5
-486	-0.1524	-0.009	-148309.278	1309.5	-6587
-520	-0.1222	-0.008	-160958.358	421.5	-6916.3
-554	-0.099	-0.008	-153159.558	-179.9	-7391.3
-588	-0.0825	-0.008	-132200.102	-567	-7950.3
-622	-0.0718	-0.008	-103028.029	-808.5	-8552.1
-656	-0.0657	-0.007	-72832.668	-838.6	-9167.6
-690	-0.0629	-0.007	-46382.778	-728.4	-9787.7
-724	-0.0622	-0.007	-25702.119	-558.8	-10413.1
-758	-0.0627	-0.006	-11054.594	-381.3	-11045.7
-792	-0.0637	-0.006	-1722.93	-225	-11687
-826	-0.0647	-0.006	3434.339	-102.2	-12337.7
-860	-0.0657	-0.005	5624.107	-14.9	-12997.4
-894	-0.0664	-0.005	5917.303	40.9	-13665.5
-928	-0.0668	-0.004	5160.507	71.8	-14340.9
-962	-0.067	-0.004	3960.613	84.8	-15022.7
-996	-0.0669	-0.003	2710.619	86.3	-15709.9
-1030	-0.0668	-0.003	1633.406	81.2	-16401.6
-1064	-0.0666	-0.002	828.386	73.2	-17097
-1098	-0.0663	-0.002	312.28	64.7	-17795.7
-1132	-0.066	-0.001	50.036	57.2	-18497.2
-1166	-0.0657	-0.001	-24.936	51.7	-19201
-1200	-0.0653	0	0	48.8	-19906.6

Sollecitazioni - Tirante TIR_1_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
123.3	-0.269	-0.01	0	0	2959.5
246.7	-0.236	-0.009	0	0	2959.5
370	-0.202	-0.007	0	0	2959.5
493.3	-0.168	-0.006	0	0	2959.5
616.7	-0.135	-0.004	0	0	2959.5
740	-0.101	-0.003	0	0	2959.5

863.3	-0.067	-0.001	0	0	2959.5
986.7	-0.033	0	0	0	2959.5
1110	0	0	0	0	2959.5

Sollecitazioni - Tirante TIR_1_2					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
123.3	-0.32	-0.009	0	0	2860
246.7	-0.28	-0.007	0	0	2860
370	-0.24	-0.006	0	0	2860
493.3	-0.2	-0.005	0	0	2860
616.7	-0.16	-0.004	0	0	2860
740	-0.12	-0.003	0	0	2860
863.3	-0.08	-0.002	0	0	2860
986.7	-0.04	-0.001	0	0	2860
1110	0	0	0	0	2860

Reazioni vincolari				
Descrizione	Nome	Orizzontale [daN]	Verticale [daN]	Momento [daN cm]
Base Paratia	PAR_1	-	19907.	-

Pressioni nel terreno, Paratia PAR_1												
Quota [cm]	Pres. Monte [daN/cm ²]						Pres. Valle [daN/cm ²]					
z	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ
0	0.011	0.038	0	0.011	0.038	0.003	0	0	0	0	0	0
-25	0.051	0.019	0	0.051	0.019	-0.002	0	0	0	0	0	0
-50	0.123	0.021	0	0.123	0.021	-0.005	0	0	0	0	0	0
-83.33	0.206	0.063	0	0.206	0.063	-0.014	0	0	0	0	0	0
-116.7	0.287	0.107	0	0.287	0.107	-0.02	0	0	0	0	0	0
-150	0.359	0.149	0	0.359	0.149	-0.024	0	0	0	0	0	0
-180	0.423	0.187	0	0.423	0.187	-0.026	0	0	0	0	0	0
-210	0.483	0.223	0	0.483	0.223	-0.028	0	0	0	0	0	0
-240	0.542	0.257	0	0.542	0.257	-0.03	0	0	0	0	0	0
-270	0.6	0.287	0	0.6	0.287	-0.033	0	0	0	0	0	0
-300	0.654	0.308	0	0.654	0.308	-0.038	0	0	0	0	0	0
-325	0.703	0.319	0	0.703	0.319	-0.045	0	0	0	0	0	0
-350	0.754	0.327	0	0.754	0.327	-0.053	0.004	0.013	0	0.004	0.013	0
-384	0.812	0.33	0	0.812	0.33	-0.063	0.061	0.223	0	0.061	0.223	0.045
-418	0.874	0.335	0	0.874	0.335	-0.073	0.122	0.446	0	0.122	0.446	0.106
-452	0.936	0.343	0	0.936	0.343	-0.081	0.184	0.666	0	0.184	0.666	0.168
-486	0.997	0.354	0	0.997	0.354	-0.088	0.245	0.644	0	0.245	0.644	0.113
-520	1.058	0.369	0	1.058	0.369	-0.095	0.306	0.575	0	0.306	0.575	0.064
-554	1.119	0.387	0	1.119	0.387	-0.102	0.367	0.53	0	0.367	0.53	0.04
-588	1.179	0.409	0	1.179	0.409	-0.107	0.428	0.509	0	0.428	0.509	0.027
-622	1.239	0.472	0	1.239	0.472	-0.107	0.49	0.51	0	0.49	0.51	0.021
-656	1.3	0.53	0	1.3	0.53	-0.106	0.551	0.527	0	0.551	0.527	0.017
-690	1.36	0.576	0	1.36	0.576	-0.105	0.612	0.555	0	0.612	0.555	0.016
-724	1.42	0.614	0	1.42	0.614	-0.107	0.673	0.591	0	0.673	0.591	0.015

-758	1.48	0.648	0	1.48	0.648	-0.109	0.734	0.631	0	0.734	0.631	0.015
-792	1.54	0.68	0	1.54	0.68	-0.112	0.796	0.673	0	0.796	0.673	0.016
-826	1.599	0.711	0	1.599	0.711	-0.115	0.857	0.715	0	0.857	0.715	0.016
-860	1.659	0.743	0	1.659	0.743	-0.118	0.918	0.756	0	0.918	0.756	0.016
-894	1.719	0.776	0	1.719	0.776	-0.12	0.979	0.796	0	0.979	0.796	0.016
-928	1.779	0.81	0	1.779	0.81	-0.122	1.04	0.835	0	1.04	0.835	0.016
-962	1.838	0.845	0	1.838	0.845	-0.124	1.102	0.873	0	1.102	0.873	0.016
-996	1.898	0.88	0	1.898	0.88	-0.125	1.163	0.911	0	1.163	0.911	0.016
-1030	1.958	0.916	0	1.958	0.916	-0.126	1.224	0.948	0	1.224	0.948	0.016
-1064	2.017	0.952	0	2.017	0.952	-0.127	1.285	0.984	0	1.285	0.984	0.016
-1098	2.077	0.989	0	2.077	0.989	-0.128	1.346	1.02	0	1.346	1.02	0.016
-1132	2.137	1.025	0	2.137	1.025	-0.129	1.408	1.056	0	1.408	1.056	0.015
-1166	2.196	1.062	0	2.196	1.062	-0.129	1.469	1.092	0	1.469	1.092	0.015
-1200	2.241	1.09	0	2.241	1.09	-0.129	1.515	1.118	0	1.515	1.118	0.015

σ_v = tensione verticale totale

σ_h = tensione orizzontale totale

u = pressione neutra

σ'_v = tensione verticale efficace

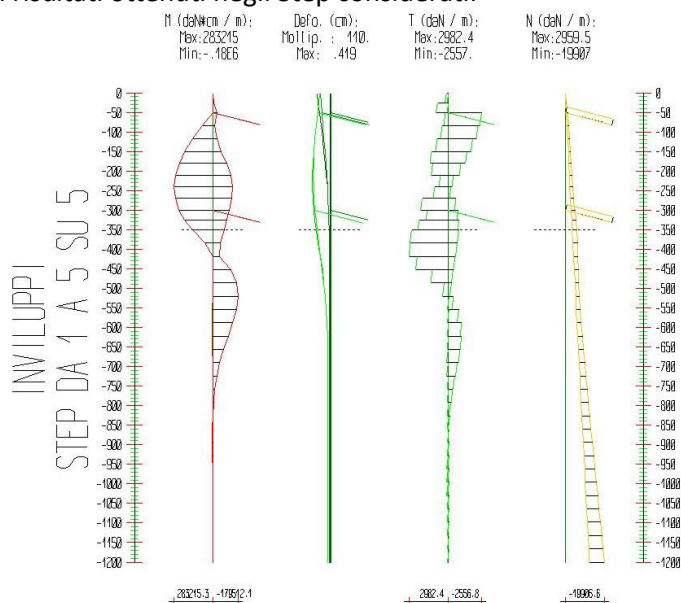
σ'_h = tensione orizzontale efficace

Risultanti delle pressioni [daN] e bracci [cm], Paratia PAR_1							
Monte				Valle			
R _h	-62085.4	b _h	804.6	R _h	59958.6	b _h	851.9
R' _h	-62085.4	b' _h	804.6	R' _h	59958.6	b' _h	851.9
R _u	0	b _u	0	R _u	0	b _u	0

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]	
z	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
-25.	-4393.	-220.1	45.2	212.1	-234.1	-117.
-50.	-25898	-361.3	42.	896.6	-475.4	-235.6
-83.3	-12148	76419.	-2460.	303.8	-1585.	-799.9
-116.7	-29618	149836	-2154.	572.6	-1953.	-1130.
-150.	-59334	208124	-1759.	940.	-2337.	-1462.
-180.	-99060	245984	-1332.	1367.9	-2711.	-1762.
-210.	-.13E6	272812	-850.6	1264.7	-3104.	-1989.
-240.	-.14E6	283215	-303.1	690.8	-3513.	-2162.
-270.	-.13E6	275251	-136.4	1125.4	-3940.	-2467.
-300.	-.12E6	247013	-487.3	2072.8	-4383.	-2840.
-325.	-.1E6	206621	-710.2	1652.1	-5257.	-3176.
-350.	-79922	149774	-770.7	2310.3	-5613.	-3475.
-384.	-53688	57719.	-722.1	2898.6	-6051.	-3820.
-418.	-46811	-248.1	-589.9	2982.4	-6344.	-4164.
-452.	-.13E6	-255.7	-427.6	2445.4	-6458.	-4509.
-486.	-.17E6	-263.2	-272.4	1309.5	-6587.	-4854.
-520.	-.18E6	1767.5	-143.1	421.5	-6916.	-5199.
-554.	-.17E6	5021.5	-309.3	49.7	-7391.	-5545.
-588.	-.14E6	6040.	-693.5	49.6	-7950.	-5891.
-622.	-.11E6	5710.3	-923.7	59.2	-8552.	-6236.
-656.	-75823	4700.3	-925.2	79.2	-9168.	-6582.
-690.	-47370	3465.3	-787.4	85.8	-9788.	-6928.
-724.	-25702	2281.8	-594.5	84.3	-10413	-7275.
-758.	-11055	1291.	-399.5	78.6	-11046	-7621.
-792.	-1723.	602.8	-231.1	71.5	-11687	-7968.
-826.	-292.4	4451.2	-102.2	64.7	-12338	-8314.
-860.	-293.1	6475.8	-14.9	58.9	-12997	-8661.
-894.	-459.	6559.4	40.9	54.8	-13666	-9008.
-928.	-519.8	5599.9	49.3	77.7	-14341	-9355.
-962.	-511.1	4230.6	49.2	89.8	-15023	-9702.
-996.	-460.3	2854.4	48.	90.	-15710	-10049
-1030.	-385.7	1693.5	47.3	83.6	-16402	-10396
-1064.	-298.6	841.	46.9	74.6	-17097	-10743
-1098.	-206.8	312.3	46.8	65.3	-17796	-11090
-1132.	-117.8	50.	46.9	57.3	-18497	-11437
-1166.	-42.8	-24.9	47.3	51.7	-19201	-11785
-1200.	0.	0.	48.2	48.8	-19907	-12132

Inviluppo - Tirante TIR_1_2						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
z	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
123.3	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
246.7	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
370.	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.

493.3	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
616.7	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
740.	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
863.3	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
986.7	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
1110.	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.

Verifiche

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 5 Step.

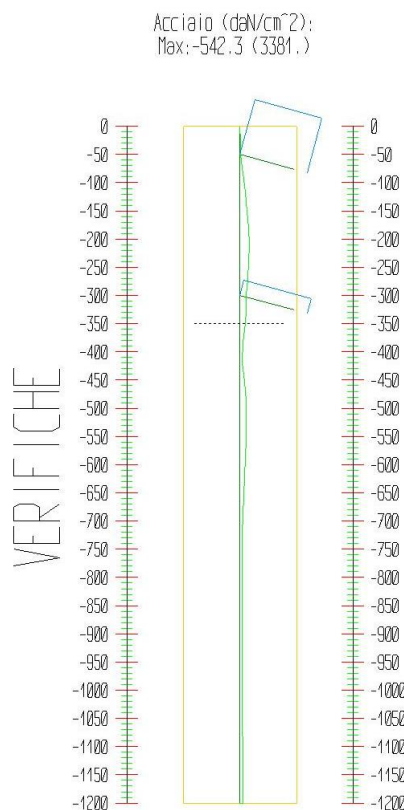
Verifiche delle sezioni

Le verifiche tensionali vengono eseguite col metodo degli stati limite. Le sezioni degli elementi strutturali sono verificate a pressoflessione retta, sollecitate dai valori di momento flettente e sforzo normale derivanti dal calcolo.

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 5

In questo Step si hanno i seguenti valori di tensione:



Tensioni - Paratia PAR_1 - Porzione 1 (acciaio:3380.95)

σ_{max} = max tens. di compressione, σ_{max2} = max tens. di trazione, ϵ_{max} = max defo. di compressione, ϵ_{max2} = max defo. di trazione.

Progressiva	M [daN cm]	N [daN]	σ_{max} [daN/cm ²]	σ_{max2} [daN/cm ²]	ϵ_{max} [%]	ϵ_{max2} [%]	Verifica
-25	-1042	-116.2	-6.2	2.1	0	0	Soddisfatta
-50	-3595.5	-237.7	-18.4	10.2	0	0	Soddisfatta
-83.3	38209.6	-792.6	-165.5	138.1	-0.01	0.01	Soddisfatta

-116.7	74917.8	-976.6	-314.5	280.7	-0.01	0.01	Soddisfatta
-150	104061.8	-1168.7	-433.6	393.1	-0.02	0.02	Soddisfatta
-180	121826	-1346.3	-507.2	460.6	-0.02	0.02	Soddisfatta
-210	129854.4	-1527	-542.3	489.4	-0.03	0.02	Soddisfatta
-240	126517	-1710.3	-532.2	472.9	-0.03	0.02	Soddisfatta
-270	110291.2	-1897.2	-471	405.2	-0.02	0.02	Soddisfatta
-300	79854.2	-2090.1	-353.4	281	-0.02	0.01	Soddisfatta
-325	77442.1	-2628.7	-353.2	262.1	-0.02	0.01	Soddisfatta
-350	64142.4	-2806.4	-303.4	206.2	-0.01	0.01	Soddisfatta
-384	28859.6	-3025.7	-167	62.2	-0.01	0	Soddisfatta
-418	-14299	-3171.9	-111.7	1.9	-0.01	0	Soddisfatta
-452	-52734.1	-3228.7	-265.4	153.6	-0.01	0.01	Soddisfatta
-486	-74154.6	-3293.5	-351.6	237.5	-0.02	0.01	Soddisfatta
-520	-80479.2	-3458.2	-379.6	259.8	-0.02	0.01	Soddisfatta
-554	-76579.8	-3695.6	-368.2	240.2	-0.02	0.01	Soddisfatta
-588	-66100.1	-3975.2	-331.4	193.7	-0.02	0.01	Soddisfatta
-622	-51514	-4276	-278.7	130.6	-0.01	0.01	Soddisfatta
-656	-36416.3	-4583.8	-224.1	65.3	-0.01	0	Soddisfatta
-690	-23191.4	-4893.9	-176.9	7.4	-0.01	0	Soddisfatta
-724	-12851.1	-5206.5	-141.2	-39.1	-0.01	0	Soddisfatta
-758	-5527.3	-5522.8	-117.6	-73.7	-0.01	0	Soddisfatta
-792	-861.5	-5843.5	-104.6	-97.8	0	0	Soddisfatta
-826	1717.2	-6168.8	-113.7	-100	-0.01	0	Soddisfatta
-860	2812.1	-6498.7	-123.7	-101.4	-0.01	0	Soddisfatta
-894	2958.7	-6832.7	-130.1	-106.6	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-928	2580.3	-7170.5	-134.4	-113.9	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-962	1980.3	-7511.4	-138	-122.2	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-996	1355.3	-7854.9	-141.4	-130.7	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-1030	816.7	-8200.8	-145.3	-138.8	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-1064	414.2	-8548.5	-149.7	-146.4	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-1098	156.1	-8897.8	-154.7	-153.5	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-1132	25	-9248.6	-160.3	-160.1	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-1166	-12.5	-9600.5	-166.3	-166.2	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-1200	0	-9953.3	-172.4	-172.4	-0.01	-0.01	Soddisfatta

Tensioni - TIR_1_1 (tirante:18600)		
Progressiva	Tensioni	Verifica
123.3	5159.1	Soddisfatta
246.7	5159.1	Soddisfatta
370	5159.1	Soddisfatta
493.3	5159.1	Soddisfatta
616.7	5159.1	Soddisfatta
740	5159.1	Soddisfatta
863.3	5159.1	Soddisfatta
986.7	5159.1	Soddisfatta
1110	5159.1	Soddisfatta

Tensioni - TIR_1_2 (tirante:18600)		
------------------------------------	--	--

Progressiva	Tensioni	Verifica
123.3	1425.9	Soddisfatta
246.7	1425.9	Soddisfatta
370	1425.9	Soddisfatta
493.3	1425.9	Soddisfatta
616.7	1425.9	Soddisfatta
740	1425.9	Soddisfatta
863.3	1425.9	Soddisfatta
986.7	1425.9	Soddisfatta
1110	1425.9	Soddisfatta

Storia di carico dei tiranti

Segue la tabella del tiro massimo in ogni step per i tiranti definiti.

	TIR_1_1 (37307[daN])	TIR_1_2 (37307[daN])
Step 1	-	-
Step 2	-	-
Step 3	10000	-
Step 4	10345	-
Step 5	10348	10000

Verifica dell'ancoraggio dei tiranti

La verifica della lunghezza del bulbo di ancoraggio viene eseguita secondo il metodo proposto e discusso da Bustamante e Doix (1985), per il quale si adotta l'espressione:

$$T_L = \pi D_s L_s q_s$$

dove T_L è la trazione limite del tirante o del micropalo isolato, D_s è il diametro medio del bulbo della sigillatura, L_s è la lunghezza del tratto sigillato, e q_s è l'attrito laterale unitario limite lungo la superficie laterale del bulbo.

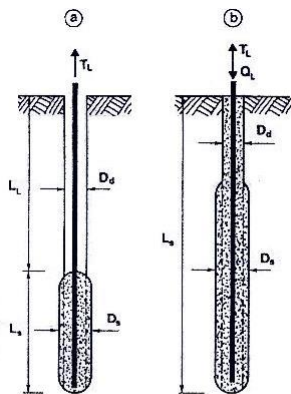
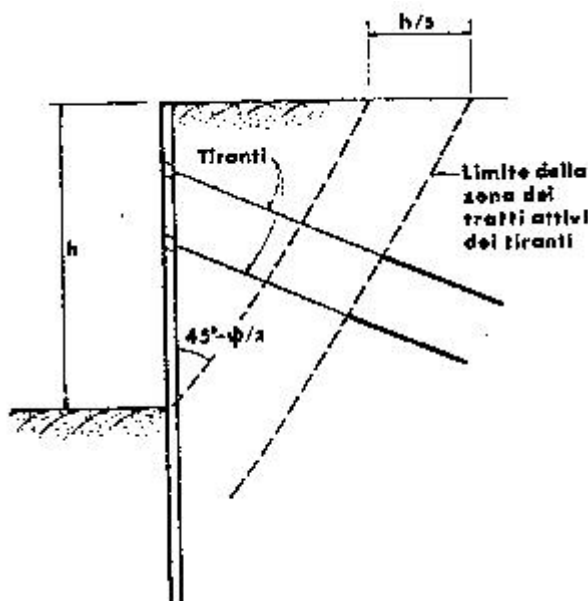


Fig.35 Rappresentazione schematica di un tirante (a) e di un micropalo (b)

Il valore del diametro del bulbo di ancoraggio D_s viene valutato in funzione del diametro di perforazione D_d e della natura del terreno, con la relazione $D_s = \alpha D_d$, in cui il coefficiente di maggiorazione dipende dal metodo di iniezione (IRS o IGU) oltre che dalla natura del terreno, e viene quantificato per mezzo di apposite tabelle. Le stesse forniscono anche il quantitativo minimo di malta V_i che è consigliato immettere nel tratto L_s . Il valore di q_s dipende dal metodo di iniezione (IRS o IGU) e dalla natura del terreno, e viene quantificato con appositi abaci. La verifica viene effettuata considerando un fattore di sicurezza η che dipende dalla tipologia strutturale (tirante o micropalo) e dalla durata di utilizzo (provvisorio o permanente).

La lunghezza libera di un tirante deve essere sufficiente per garantire che il volume di suolo raccolto nell'intorno dell'elemento e ad esso strettamente associato nel tratto della sigillatura non corra alcun rischio di rottura d'insieme.



In quest'ottica si valuterà che tale lunghezza sia sufficiente a portare le fondazioni oltre il cuneo di spinta, con un ulteriore franco di sicurezza pari ad un terzo dell'altezza di scavo.

Segue la descrizione dei dati relativi all'ancoraggio.

	SVA_1
Suolo	Sabbia media
Iniezione	IGU
Tipologia	Tirante
Durata	Provvisorio
η	1.8
D_d [cm]	15
α	1.2
N_{SPT}	40
usa l_{eff}	no
ϕ l_{lib}	30
sisma l_{lib}	no

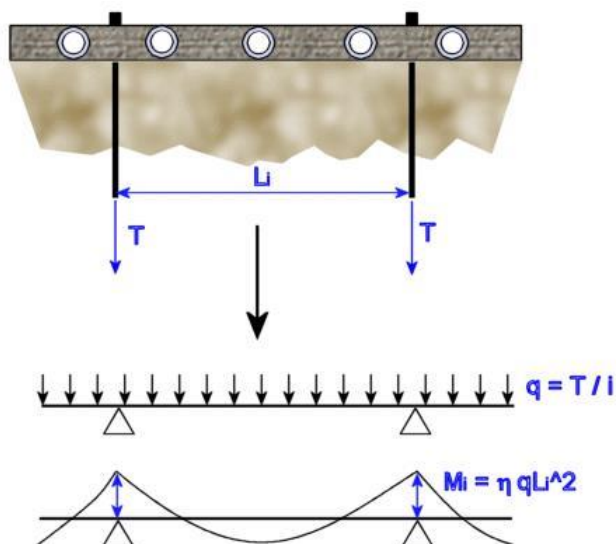
Segue la verifica della lunghezza sigillata e della lunghezza libera per i tiranti definiti.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Tiro max. [daN]	10347.8	10000
Step	STEP_5	STEP_5
Dati	SVA_1	SVA_1
D_s	18	18
q_s [daN/cm ²]	1.897	1.897
$V_{i,min}$ [cm ³]	36829	35591
L_{sig} [cm]	700	700
$L_{sig,min}$ [cm]	191	184.6
η_{eff}	7.3	7.5
$L_{sig} > L_{sig,min}$?	Si	Si

	TIR_1_1	TIR_1_2
Dati	SVA_1	SVA_1
L_{lib} [cm]	900	900
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_3)	96.6	-
$L_{lib} > L_{lib,min}$? (STEP_3)	Si	-
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_4)	259.9	-
$L_{lib} > L_{lib,min}$? (STEP_4)	Si	-
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_5)	259.9	130.5
$L_{lib} > L_{lib,min}$? (STEP_5)	Si	Si

Verifica delle travi di collegamento

La verifica delle travi di collegamento fra i tiranti viene eseguita con il modello di trave continua sollecitata da un carico uniformemente distribuito. Gli appoggi intermedi sono posti ad una distanza pari all'interasse fra i tiranti, e l'entità del carico distribuito viene valutata come rapporto fra il tiro massimo e tale distanza. Si utilizza per la verifica la sola componente orizzontale del tiro, mentre quella verticale si assume sia supportata dalla paratia.



Il valore del momento di verifica viene valutato con la formula $M_i = \eta q L_i^2$, in cui η assume il valore di 1/12.

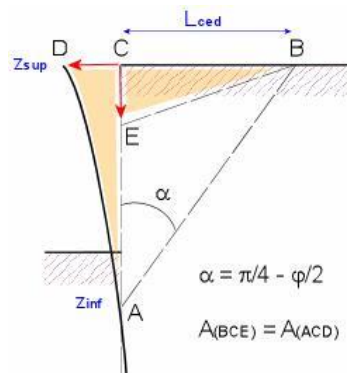
Segue la verifica per i tiranti definiti.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Sezione	SEZ_3	-
N° sez. accoppiate	1	-
Tiro max. [daN]	9995.2	9659.3
Step	STEP_5	STEP_5
Interasse L_i [cm]	349.7	349.7
Carico distribuito q [daN/cm]	28.6	-
Momento M_i [daN cm]	291235.73	-
Tens. max. [daN/cm ²]	Cls: -10.17, barre: 799.07	-
Defo. max. [%]	Cls: -0.01, barre: 0.04	-
Verifica	Si	-

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 tutti gli Step (Da Step 1 a Step 5).

Paratia PAR_1 Step 1		
$Z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $Z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0
50	50	0
100	100	0
150	150	0
200	200	0
250	250	0
300	300	0
350	350	0
400	400	0
450	450	0
500	500	0
550	550	0
600	600	0
650	650	0
700	700	0
750	750	0
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 2		
$Z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $Z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.05
50	50	0.05
100	100	0.04
150	150	0.04
200	200	0.04
250	250	0.03
300	300	0.03
350	350	0.03

400	400	0.02
450	450	0.02
500	500	0.02
550	550	0.02
600	600	0.01
650	650	0.01
700	700	0.01
750	750	0
800	800	0
809.4	809.4	0

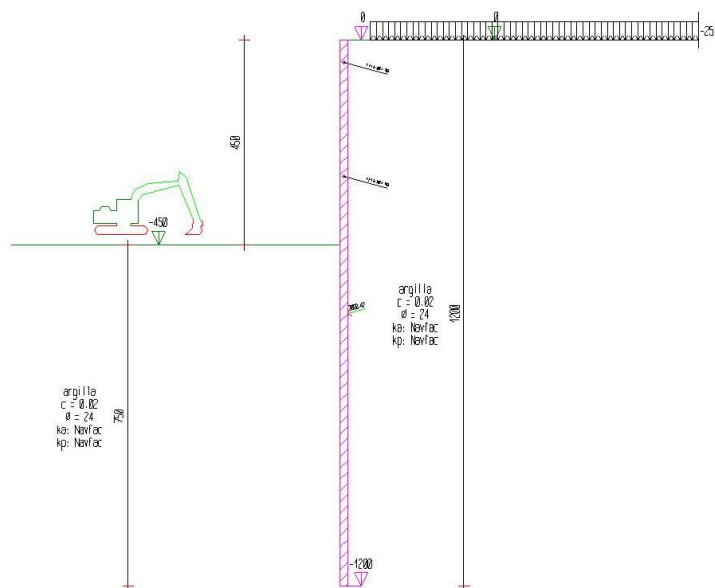
Paratia PAR_1 Step 3		
$z_{sup} = 0[cm]$ $z_{inf} = -1200[cm]$ $L_{ced} = 809.4[cm]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.04
50	50	0.04
100	100	0.04
150	150	0.04
200	200	0.03
250	250	0.03
300	300	0.03
350	350	0.02
400	400	0.02
450	450	0.02
500	500	0.02
550	550	0.01
600	600	0.01
650	650	0.01
700	700	0.01
750	750	0
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 4		
$z_{sup} = 0[cm]$ $z_{inf} = -1200[cm]$ $L_{ced} = 809.4[cm]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.13
50	50	0.12
100	100	0.12
150	150	0.11
200	200	0.1
250	250	0.09
300	300	0.08
350	350	0.07
400	400	0.07
450	450	0.06
500	500	0.05
550	550	0.04

600	600	0.03
650	650	0.03
700	700	0.02
750	750	0.01
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 5		
$z_{sup} = 0[cm]$ $z_{inf} = -1200[cm]$ $L_{ced} = 809.4[cm]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.13
50	50	0.12
100	100	0.11
150	150	0.1
200	200	0.1
250	250	0.09
300	300	0.08
350	350	0.07
400	400	0.06
450	450	0.06
500	500	0.05
550	550	0.04
600	600	0.03
650	650	0.03
700	700	0.02
750	750	0.01
800	800	0
809.4	809.4	0

APPROCCIO 2 NTC08



Metodo di calcolo

Il programma "IS Paratie 13" 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 13" 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 sé 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 esplicata, 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 2008, punti 6.5.3.1.2 e 7.11.1, Combinazione 2 (A2+M2+R1) con sisma.**

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: $\gamma_{G1} = 1$, $\gamma_{G2} = 1$, $\gamma_{Qi} = 1$.

Coefficienti per il calcolo delle spinte del terreno.

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

Coefficienti per la resistenza a sfilamento dei tiranti.

Alla resistenza a sfilamento dei tiranti, ottenuta con un metodo analitico, si applicano i coefficienti di sicurezza di seguito elencati. Tirante attivo, permanente: $\gamma_R = 2.16$. Tirante attivo, temporaneo: $\gamma_R = 1.98$. Tirante passivo, permanente: $\gamma_R = 2.16$. Tirante passivo, temporaneo: $\gamma_R = 1.98$.

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: $f_{yd} = 3913.04$).

Profilati in acciaio: Acciaio S355 (Fe 510) ($f_d = 3380.95$).

Elementi strutturali

La struttura analizzata è formata dai seguenti elementi.

Strati

Segue la descrizione della stratigrafia del terreno utilizzata nel modello.

	STR_1
Descrizione	argilla
Quota iniziale [cm]	0
Grado di preconsolidazione (OCR)	1
Angolo d'attrito (ϕ') [°]	24
Coesione efficace (c') [daN/cm ²]	0.02
Resistenza non drenata (s_u) [daN/cm ²]	0.15
Permeabilità (m) [cm/s]	0.0000505
Peso di unità di volume fuori falda (γ_d) [daN/cm ³]	0.0018
Peso di unità di volume sotto falda (γ_t) [daN/cm ³]	0.0021

Spinta a riposo

STR_1

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

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

Metodo *Jaky* per il calcolo del coefficiente di spinta normalconsolidato. Il valore di $k_{0,nc}$ è calcolato con l'espressione: $k_{0,nc} = (1 - \sin \phi') = 0.5933$.

Metodo *Utente* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è definito direttamente dall'utente, ed è pari a $\alpha = 0.5$.

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

$$k_{0,nc} = 0.5933$$

$$k_{0,oc} = 0.5933$$

Pressione limite attiva e passiva

STR_1

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

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

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

$$\tau_a = \sigma'_{ha} \tan \delta_a$$

Il valore di $k_{a,h}$ 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 di 11.9 gradi.

$$k_{a,h} = 0.4374$$

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:

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

$$\tau_p = \sigma'_{hp} \tan \delta_p$$

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 di 11.9 gradi.

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 di 11.9 gradi.

$$k_{p,h} = 2.6055$$

Deformabilità

STR_1

Metodo *Valori Indicativi* per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo le indicazioni di Bowles (1991), secondo la tipologia del terreno.

$$k_s = 3.671$$

Paratia

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

La paratia PAR_1 utilizza la sezione trasversale SEZ_1. Per la verifica delle tensioni si utilizza la sezione 2.

Sezioni

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

	SEZ_1	SEZ_2	SEZ_3
Tipo	RETTANGOLARE	TUBO CIRCOLARE	RETTANGOLARE
Descrizione	Sezione cls	Sezione tubolare	Sezione 3
Materiale	C.A.	Acciaio	C.A.
Modulo di Young [daN/cm ²]	314472.	2100000.	314472.
Numero di sezioni per metro	2.	2.	1.
Area [cm ²]	1703.	57.73	5000.
Momento d'inerzia Z [cm ⁴]	41159.	2438.	4166667.
Momento d'inerzia Y [cm ⁴]	1419167.	2438.	1041667.
Ferri superiori	nessun ferro	-	4d12
Ferri inferiori	nessun ferro	-	6d12

Tiranti

Segue la descrizione dei tiranti impiegati nel modello.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Quota di applicazione [cm]	-50	-300
Angolo di inclinazione [°]	15	15
Lunghezza libera [cm]	900	900
Lunghezza sigillatura [cm]	700	700
Diametro nominale dei trefoli [cm]	1.13	1.13
Numero di trefoli	2	2
Area resistente [cm ²]	2.01	2.01
Modulo elastico [daN/cm ²]	1950000	1950000
Tensione massima [daN/cm ²]	18600	18600
Tensione ammissibile [daN/cm ²]	18600	18600
Tensione iniziale [daN/cm ²]	4985.67	4985.67
Numero al metro	0.286	0.286
Step di attivazione	3	5
Step di rimozione	-	-

Segue la tabella di tesatura dei tiranti impiegati nel modello.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Step di inserimento	3	5
Tiro iniziale [daN]	10000	10000
Tiro massimo ammesso [daN]	37306.95	37306.95

Carichi nastriformi distribuiti sul terreno

Segue la descrizione dei carichi nastriformi 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.

	CUD_1_1
Quota di applicazione [cm]	0
Distanza dalla paratia [cm]	50
Larghezza [cm]	800
Carico distribuito [daN/cm]	-25
Carico distribuito [daN/cm ²]	-0.25
Tipologia	-
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.

Sisma

Metodo *NTC 08* per il calcolo della forza sismica.

L'azione dovuta al sisma ed applicata alle paratie e' calcola secondo quanto stabilito dal D.M. 14/01/2008. L'azione del sisma è introdotta come carico distribuito. Il sisma è considerato agente sull'intera altezza della paratia. Segue un elenco dei parametri significativi adottati.

Parametro	Valore
Categoria topografica	T1
Categoria suolo	D
fattore di amp. max. F_0	2.535
accel. al sito a_g [m/s^2]	0.6021
spostamento tollerabile u_s [cm]	5
coeff. α	0.6733333333333333
coeff. β	0.475
accel. di picco a_{max} [m/s^2]	1.08378

Segue il valore della forza per ciascuno step di applicazione.

Step	Paratia PAR_1
STEP_1	h: -3866; v: -898
STEP_2	h: -3866; v: -898
STEP_3	h: -3866; v: -898
STEP_4	h: -3866; v: -898
STEP_5	h: -3866; v: -898

Step di progetto

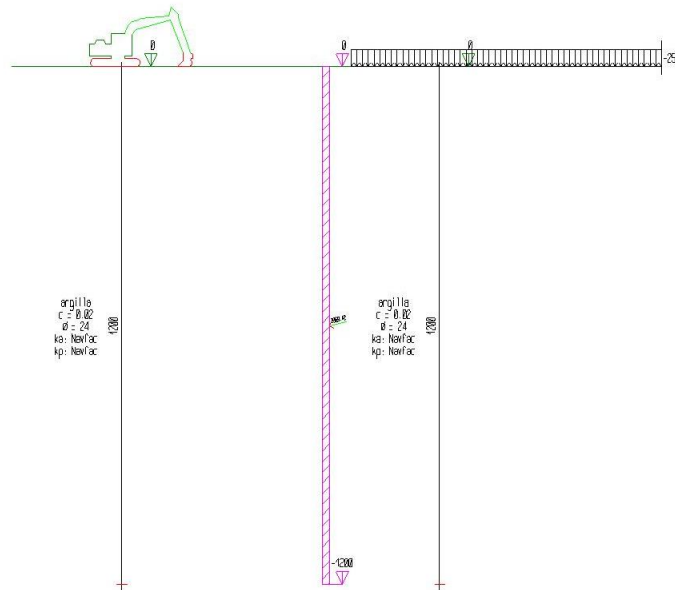
Segue la descrizione dei passi considerati nella definizione del modello per simulare le fasi realizzative dell'opera.

Step 1

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

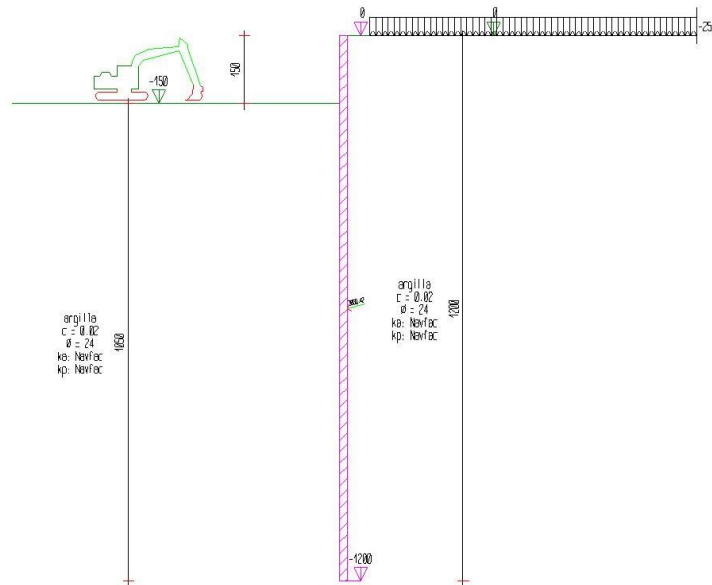
Inserimento carico nastriforme su terreno: CUD_1_1

Attivazione sollecitazione sismica.



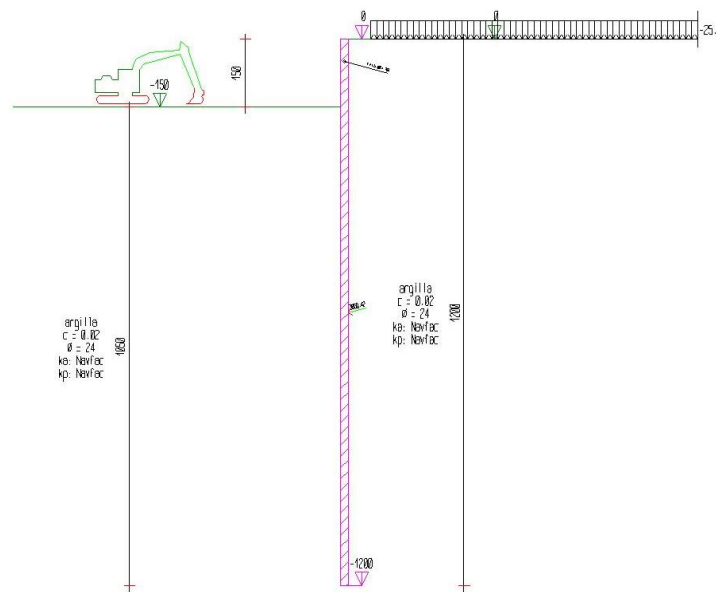
Step 2

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:
Scavo portato a quota: -150



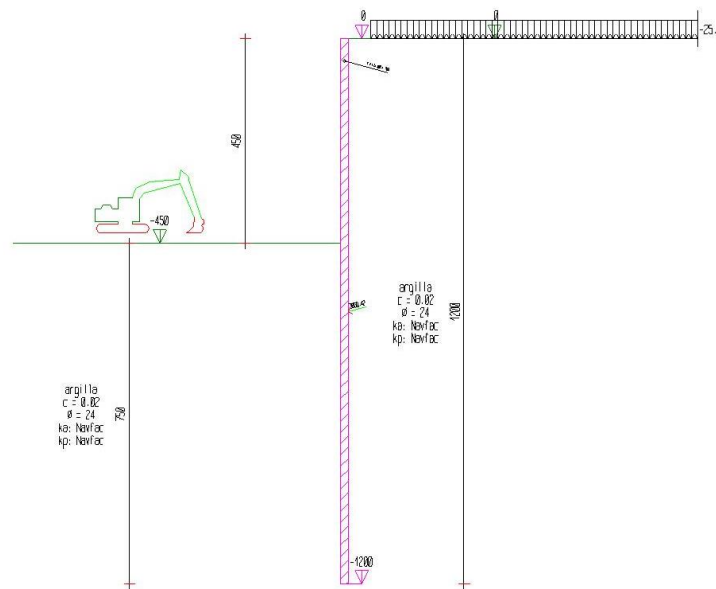
Step 3

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:
Inserimento tirante: TIR_1_1



Step 4

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:
Scavo portato a quota: -450



Step 5

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:
Inserimento tirante: TIR_1_2

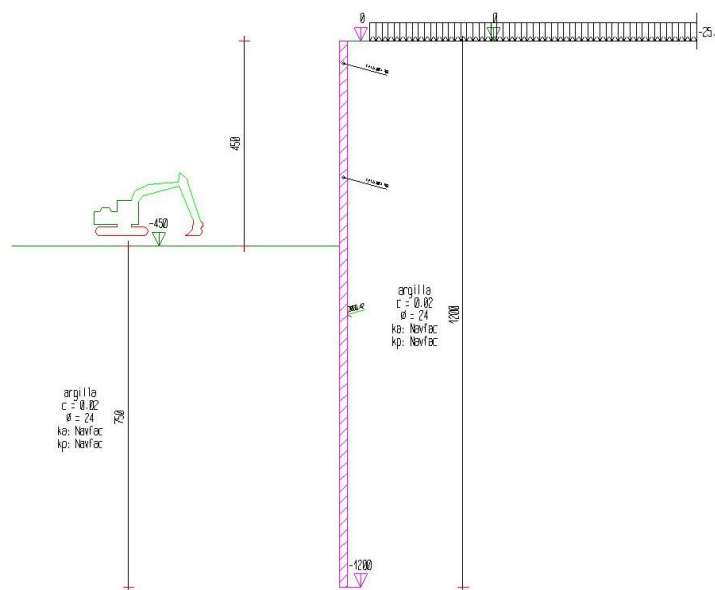


Tabella riassuntiva

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

Step	Quota scavo	Strati		Tiranti	Carichi terreno
1	0	STR_1	STR_1		CUD_1_1
2	-150	STR_1	STR_1		CUD_1_1
3	-150	STR_1	STR_1	TIR_1_1	CUD_1_1
4	-450	STR_1	STR_1	TIR_1_1	CUD_1_1
5	-450	STR_1	STR_1	TIR_1_1 TIR_1_2	CUD_1_1

Risultati

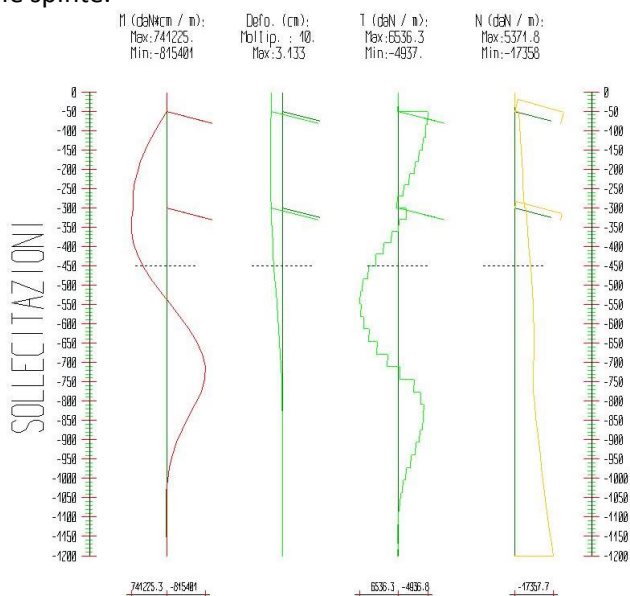
Il calcolo è stato eseguito correttamente per 5 Step.

Singoli Step

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 5

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]
-25	-2.9446	-0.009	-1006.878	80.6	-231.8
-50	-2.9854	-0.009	-4073.377	162.9	-471.6
-83.3	-3.0389	-0.009	158697.973	-4829.4	-2204
-116.7	-3.0856	-0.009	310674.817	-4505.6	-2565.4
-150	-3.1191	-0.009	446290.405	-4014.8	-2932.6
-180	-3.1332	-0.009	549388.025	-3388.3	-3257.7
-210	-3.1282	-0.009	630302.485	-2648.8	-3572.3
-240	-3.1015	-0.009	685034.003	-1776.1	-3875
-270	-3.0511	-0.009	709837.21	-778.4	-4169.5
-300	-2.9763	-0.008	701406.058	329.4	-4466.1
-330	-2.8767	-0.008	740035.033	-1239.3	-5521.2
-360	-2.7517	-0.008	741225.257	8.7	-5869
-390	-2.6011	-0.008	704026.9	1288.3	-6256.2
-420	-2.4262	-0.008	627822.411	2588.5	-6682.9
-450	-2.2297	-0.008	512077.788	3906.5	-7144.4
-482.6	-1.9964	-0.007	342518.893	5252.3	-7627.1
-515.2	-1.7492	-0.007	143957.556	6141.7	-8028.4
-547.8	-1.4961	-0.007	-67469.144	6536.3	-8338.1
-580.4	-1.2458	-0.007	-276361.874	6458.6	-8558.2
-613	-1.0067	-0.006	-469165.522	5965.2	-8691
-645.7	-0.7867	-0.006	-632318.605	5055.9	-8736.5
-678.3	-0.5923	-0.006	-752254.247	3730.6	-8694.7
-710.9	-0.4285	-0.006	-815401.024	1989	-8565.6
-743.5	-0.2976	-0.005	-808183.683	-168.8	-8404.4
-776.1	-0.1994	-0.005	-724790.104	-2504.9	-8500.9
-808.7	-0.1307	-0.005	-602250.167	-3705.4	-8958.2
-841.3	-0.0867	-0.004	-466104.662	-4122.6	-9584.4
-873.9	-0.0617	-0.004	-332299.013	-4050.8	-10260.4
-906.5	-0.0506	-0.004	-215074.125	-3542.4	-10912.3
-939.1	-0.0484	-0.003	-122878.031	-2774.8	-11540.7
-971.7	-0.0514	-0.003	-57151.197	-1963.1	-12174.6
-1004.3	-0.057	-0.003	-15274.077	-1231.7	-12831.8
-1037	-0.0633	-0.002	7312.253	-640.1	-13519
-1069.6	-0.0693	-0.002	15739.771	-205.9	-14236.5
-1102.2	-0.0748	-0.001	14962.604	76.4	-14981.8
-1134.8	-0.0797	-0.001	9461.017	221.2	-15751.8
-1167.4	-0.0842	-0.001	3243.033	243.2	-16544.5
-1200	-0.0885	0	0	152	-17357.7

Sollecitazioni - Tirante TIR_1_1					
Progressiva	Spost. x [cm]	Spost. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
123.3	-2.654	-0.009	0	0	5371.8
246.7	-2.322	-0.008	0	0	5371.8
370	-1.99	-0.007	0	0	5371.8
493.3	-1.659	-0.005	0	0	5371.8
616.7	-1.327	-0.004	0	0	5371.8

740	-0.995	-0.002	0	0	5371.8
863.3	-0.663	-0.001	0	0	5371.8
986.7	-0.332	0	0	0	5371.8
1110	0	0	0	0	5371.8

Sollecitazioni - Tirante TIR_1_2					
Progressiva	Spont. x [cm]	Spont. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
123.3	-2.646	-0.007	0	0	2860
246.7	-2.315	-0.007	0	0	2860
370	-1.984	-0.006	0	0	2860
493.3	-1.653	-0.005	0	0	2860
616.7	-1.323	-0.004	0	0	2860
740	-0.992	-0.003	0	0	2860
863.3	-0.661	-0.002	0	0	2860
986.7	-0.331	-0.001	0	0	2860
1110	0	0	0	0	2860

Reazioni vincolari				
Descrizione	Nome	Orizzontale [daN]	Verticale [daN]	Momento [daN cm]
Base Paratia	PAR_1	-	17358.	-

Pressioni nel terreno, Paratia PAR_1												
Quota [cm]	Pres. Monte [daN/cm ²]						Pres. Valle [daN/cm ²]					
z	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ
0	0.011	0	0	0.011	0	0	0	0	0	0	0	0
-25	0.05	0.001	0	0.05	0.001	0	0	0	0	0	0	0
-50	0.118	0.03	0	0.118	0.03	-0.006	0	0	0	0	0	0
-83.33	0.197	0.065	0	0.197	0.065	-0.014	0	0	0	0	0	0
-116.67	0.274	0.115	0	0.274	0.115	-0.018	0	0	0	0	0	0
-150	0.344	0.167	0	0.344	0.167	-0.017	0	0	0	0	0	0
-180	0.406	0.214	0	0.406	0.214	-0.014	0	0	0	0	0	0
-210	0.466	0.259	0	0.466	0.259	-0.01	0	0	0	0	0	0
-240	0.524	0.3	0	0.524	0.3	-0.006	0	0	0	0	0	0
-270	0.581	0.337	0	0.581	0.337	-0.005	0	0	0	0	0	0
-300	0.637	0.366	0	0.637	0.366	-0.008	0	0	0	0	0	0
-330	0.693	0.384	0	0.693	0.384	-0.017	0	0	0	0	0	0
-360	0.748	0.394	0	0.748	0.394	-0.03	0	0	0	0	0	0
-390	0.803	0.401	0	0.803	0.401	-0.043	0	0	0	0	0	0
-420	0.857	0.407	0	0.857	0.407	-0.056	0	0	0	0	0	0
-450	0.913	0.415	0	0.913	0.415	-0.068	0.001	0.018	0	0.001	0.018	0.001
-482.61	0.97	0.424	0	0.97	0.424	-0.078	0.059	0.184	0	0.059	0.184	0.034
-515.22	1.029	0.438	0	1.029	0.438	-0.087	0.117	0.349	0	0.117	0.349	0.071
-547.83	1.087	0.454	0	1.087	0.454	-0.095	0.176	0.51	0	0.176	0.51	0.107
-580.43	1.146	0.48	0	1.146	0.48	-0.101	0.235	0.663	0	0.235	0.663	0.139
-613.04	1.204	0.505	0	1.204	0.505	-0.106	0.293	0.816	0	0.293	0.816	0.171
-645.65	1.262	0.531	0	1.262	0.531	-0.111	0.352	0.969	0	0.352	0.969	0.203
-678.26	1.319	0.556	0	1.319	0.556	-0.117	0.411	1.122	0	0.411	1.122	0.236
-710.87	1.377	0.581	0	1.377	0.581	-0.122	0.47	1.275	0	0.47	1.275	0.268
-743.48	1.435	0.606	0	1.435	0.606	-0.127	0.528	1.355	0	0.528	1.355	0.266
-776.09	1.492	0.632	0	1.492	0.632	-0.133	0.587	1.032	0	0.587	1.032	0.12

-808.7	1.55	0.657	0	1.55	0.657	-0.138	0.646	0.817	0	0.646	0.817	0.055
-841.3	1.608	0.682	0	1.608	0.682	-0.143	0.704	0.692	0	0.704	0.692	0.027
-873.91	1.665	0.761	0	1.665	0.761	-0.129	0.763	0.638	0	0.763	0.638	0.016
-906.52	1.723	0.836	0	1.723	0.836	-0.112	0.822	0.633	0	0.822	0.633	0.011
-939.13	1.78	0.878	0	1.78	0.878	-0.11	0.88	0.662	0	0.88	0.662	0.011
-971.74	1.838	0.901	0	1.838	0.901	-0.116	0.939	0.709	0	0.939	0.709	0.012
-1004.35	1.895	0.915	0	1.895	0.915	-0.127	0.998	0.766	0	0.998	0.766	0.014
-1036.96	1.953	0.926	0	1.953	0.926	-0.139	1.057	0.825	0	1.057	0.825	0.016
-1069.57	2.01	0.938	0	2.01	0.938	-0.15	1.115	0.884	0	1.115	0.884	0.018
-1102.17	2.067	0.952	0	2.067	0.952	-0.16	1.174	0.94	0	1.174	0.94	0.02
-1134.78	2.125	0.968	0	2.125	0.968	-0.169	1.233	0.994	0	1.233	0.994	0.022
-1167.39	2.182	0.986	0	2.182	0.986	-0.177	1.291	1.046	0	1.291	1.046	0.023
-1200	2.226	0.995	0	2.226	0.995	-0.184	1.335	1.089	0	1.335	1.089	0.025

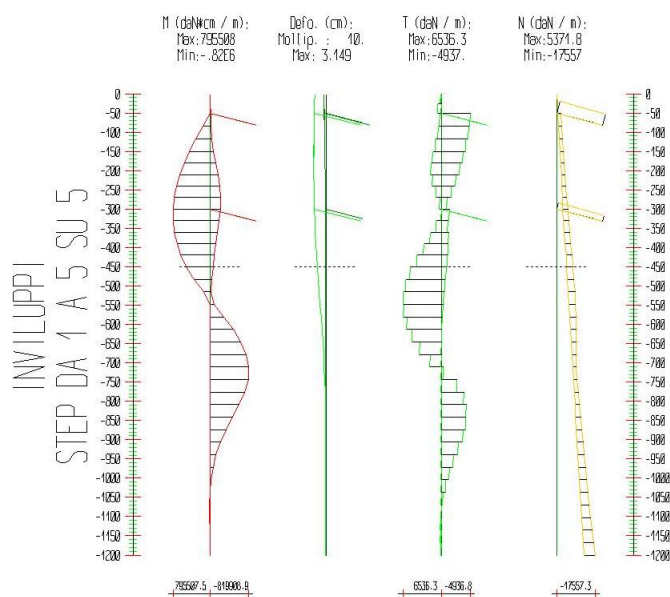
σ_v = tensione verticale totale
 σ_h = tensione orizzontale totale
 u = pressione neutra
 σ'_v = tensione verticale efficace
 σ'_h = tensione orizzontale efficace

Risultanti delle pressioni [daN] e bracci [cm], Paratia PAR_1							
Monte				Valle			
R_h	-64223.2	b_h	784.8	R_h	60138.1	b_h	858.6
R'_h	-64223.2	b'_h	784.8	R'_h	60138.1	b'_h	858.6
R_u	0	b_u	0	R_u	0	b_u	0

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]	
z	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
-25.	-3545.	-263.5	50.8	182.1	-231.8	-162.5
-50.	-20486	-431.1	47.	717.9	-471.6	-288.7
-83.3	-14259	158698	-4829.	359.3	-2204.	-791.9
-116.7	-35240	310675	-4506.	683.1	-2568.	-1122.
-150.	-70756	447416	-4063.	1119.2	-2957.	-1454.
-180.	-.12E6	555579	-3557.	1624.6	-3324.	-1756.
-210.	-.17E6	646748	-2991.	1843.8	-3709.	-2058.
-240.	-.2E6	718588	-2346.	1628.7	-4110.	-2242.
-270.	-.22E6	768819	-1626.	955.3	-4527.	-2375.
-300.	-.21E6	795197	-830.9	329.4	-4959.	-2603.
-330.	-.19E6	795508	-1239.	47.6	-5521.	-2943.
-360.	-.16E6	767558	-974.3	980.	-5869.	-3344.
-390.	-.12E6	709174	-1105.	1994.5	-6347.	-3773.
-420.	-86970	627822	-1081.	3081.	-6841.	-4196.
-450.	-59727	512078	-936.9	4239.1	-7332.	-4503.
-482.6	-35700	342519	-727.5	5356.4	-7812.	-4838.
-515.2	-17757	143958	-506.3	6141.7	-8207.	-5172.
-547.8	-86503	-271.5	-322.	6536.3	-8514.	-5507.
-580.4	-.29E6	4828.2	-175.5	6458.6	-8734.	-5843.
-613.	-.48E6	7877.6	-64.6	5965.2	-8867.	-6178.
-645.7	-.64E6	8486.5	12.1	5055.9	-8913.	-6514.
-678.3	-.76E6	7669.6	52.6	3730.6	-8871.	-6850.
-710.9	-.82E6	6174.3	52.6	1989.	-8743.	-7186.
-743.5	-.81E6	4501.7	-257.8	103.8	-9266.	-7523.
-776.1	-.72E6	2994.8	-2564.	100.1	-9794.	-7859.
-808.7	-.6E6	1810.	-3742.	91.8	-10325	-8196.
-841.3	-.47E6	882.1	-4142.	82.	-10859	-8532.
-873.9	-.33E6	218.7	-4059.	72.9	-11394	-8869.
-906.5	-.22E6	-209.9	-3542.	65.7	-11930	-9206.
-939.1	-.12E6	-288.2	-2775.	59.9	-12467	-9544.
-971.7	-57151	-274.5	-1963.	55.5	-13006	-9881.
-1004.	-15274	-252.5	-1232.	52.5	-13545	-10218
-1037.	-510.3	7907.4	-640.1	51.6	-14085	-10556
-1070.	-393.6	16069.	-205.9	51.2	-14625	-10894
-1102.	-266.3	15115.	48.6	81.8	-15181	-11231
-1135.	-145.3	9512.5	48.8	224.3	-15951	-11569
-1167.	-48.9	3250.6	49.6	244.6	-16744	-11907
-1200.	0.	0.	51.	152.2	-17557	-12244

Inviluppo - Tirante TIR_1_2						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
z	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
123.3	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
246.7	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
370.	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.

493.3	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
616.7	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
740.	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
863.3	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
986.7	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.
1110.	0.	0.	0.	0.	2860.	2860.

Verifiche

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 5 Step.

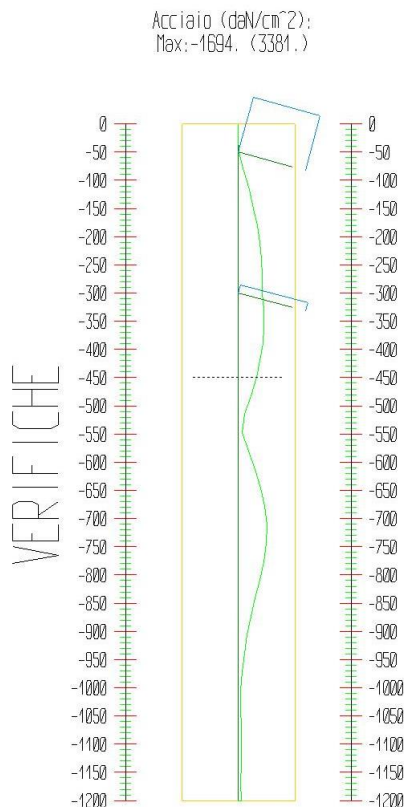
Verifiche delle sezioni

Le verifiche tensionali vengono eseguite col metodo degli stati limite. Le sezioni degli elementi strutturali sono verificate a pressoflessione retta, sollecitate dai valori di momento flettente e sforzo normale derivanti dal calcolo.

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 5

In questo Step si hanno i seguenti valori di tensione:



Tensioni - Paratia PAR_1 - Porzione 1 (acciaio:3380.95)							
σ_{max} = max tens. di compressione, σ_{max2} = max tens. di trazione, ϵ_{max} = max defo. di compressione, ϵ_{max2} = max defo. di trazione.							
Progressiva	M [daN cm]	N [daN]	σ_{max} [daN/cm ²]	σ_{max2} [daN/cm ²]	ϵ_{max} [%]	ϵ_{max2} [%]	Verifica
-25	-503.4	-115.9	-4	0	0	0	Soddisfatta
-50	-2036.7	-235.8	-12.2	4	0	0	Soddisfatta
-83.3	79349	-1102	-334.3	296.1	-0.02	0.01	Soddisfatta

-116.7	155337.4	-1282.7	-639.3	594.8	-0.03	0.03	Soddisfatta
-150	223145.2	-1466.3	-911.8	861	-0.04	0.04	Soddisfatta
-180	274694	-1628.9	-1119.4	1063	-0.05	0.05	Soddisfatta
-210	315151.2	-1786.2	-1282.8	1220.9	-0.06	0.06	Soddisfatta
-240	342517	-1937.5	-1394.1	1327	-0.07	0.06	Soddisfatta
-270	354918.6	-2084.8	-1446	1373.7	-0.07	0.07	Soddisfatta
-300	350703	-2233.1	-1431.8	1354.4	-0.07	0.06	Soddisfatta
-330	370017.5	-2760.6	-1517.6	1422	-0.07	0.07	Soddisfatta
-360	370612.6	-2934.5	-1523	1421.4	-0.07	0.07	Soddisfatta
-390	352013.4	-3128.1	-1452.5	1344.1	-0.07	0.06	Soddisfatta
-420	313911.2	-3341.5	-1304.8	1189.1	-0.06	0.06	Soddisfatta
-450	256038.9	-3572.2	-1078.9	955.2	-0.05	0.05	Soddisfatta
-482.6	171259.4	-3813.5	-746.3	614.2	-0.04	0.03	Soddisfatta
-515.2	71978.8	-4014.2	-355.4	216.4	-0.02	0.01	Soddisfatta
-547.8	-33734.6	-4169	-206.2	61.8	-0.01	0	Soddisfatta
-580.4	-138180.9	-4279.1	-623	474.8	-0.03	0.02	Soddisfatta
-613	-234582.8	-4345.5	-1007.1	856.6	-0.05	0.04	Soddisfatta
-645.7	-316159.3	-4368.3	-1331.5	1180.2	-0.06	0.06	Soddisfatta
-678.3	-376127.1	-4347.4	-1569.4	1418.8	-0.07	0.07	Soddisfatta
-710.9	-407700.5	-4282.8	-1693.7	1545.3	-0.08	0.07	Soddisfatta
-743.5	-404091.8	-4202.2	-1678	1532.4	-0.08	0.07	Soddisfatta
-776.1	-362395.1	-4250.5	-1513.2	1365.9	-0.07	0.07	Soddisfatta
-808.7	-301125.1	-4479.1	-1273.7	1118.6	-0.06	0.05	Soddisfatta
-841.3	-233052.3	-4792.2	-1008.8	842.7	-0.05	0.04	Soddisfatta
-873.9	-166149.5	-5130.2	-748.9	571.1	-0.04	0.03	Soddisfatta
-906.5	-107537.1	-5456.1	-521.7	332.7	-0.02	0.02	Soddisfatta
-939.1	-61439	-5770.4	-344	144.1	-0.02	0.01	Soddisfatta
-971.7	-28575.6	-6087.3	-218.9	8.1	-0.01	0	Soddisfatta
-1004.3	-7637	-6415.9	-141.5	-80.8	-0.01	0	Soddisfatta
-1037	3656.1	-6759.5	-131.6	-102.6	-0.01	0	Soddisfatta
-1069.6	7869.9	-7118.3	-154.6	-92	-0.01	0	Soddisfatta
-1102.2	7481.3	-7490.9	-159.5	-100	-0.01	0	Soddisfatta
-1134.8	4730.5	-7875.9	-155.2	-117.6	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-1167.4	1621.5	-8272.2	-149.7	-136.8	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-1200	0	-8678.8	-150.3	-150.3	-0.01	-0.01	Soddisfatta

Tensioni - TIR_1_1 (tirante:18600)		
Progressiva	Tensioni	Verifica
123.3	9364.3	Soddisfatta
246.7	9364.3	Soddisfatta
370	9364.3	Soddisfatta
493.3	9364.3	Soddisfatta
616.7	9364.3	Soddisfatta
740	9364.3	Soddisfatta
863.3	9364.3	Soddisfatta
986.7	9364.3	Soddisfatta
1110	9364.3	Soddisfatta

Tensioni - TIR_1_2 (tirante:18600)		
Progressiva	Tensioni	Verifica
123.3	1425.9	Soddisfatta
246.7	1425.9	Soddisfatta
370	1425.9	Soddisfatta
493.3	1425.9	Soddisfatta
616.7	1425.9	Soddisfatta
740	1425.9	Soddisfatta
863.3	1425.9	Soddisfatta
986.7	1425.9	Soddisfatta
1110	1425.9	Soddisfatta

Storia di carico dei tiranti

Segue la tabella del tiro massimo in ogni step per i tiranti definiti.

	TIR_1_1 (37307[daN])	TIR_1_2 (37307[daN])
Step 1	-	-
Step 2	-	-
Step 3	10000	-
Step 4	18757	-
Step 5	18782	10000

Verifica dell'ancoraggio dei tiranti

La verifica della lunghezza del bulbo di ancoraggio viene eseguita secondo il metodo proposto e discusso da Bustamante e Doix (1985), per il quale si adotta l'espressione:

$$T_L = \pi D_s L_s q_s$$

dove T_L è la trazione limite del tirante o del micropalo isolato, D_s è il diametro medio del bulbo della sigillatura, L_s è la lunghezza del tratto sigillato, e q_s è l'attrito laterale unitario limite lungo la superficie laterale del bulbo.

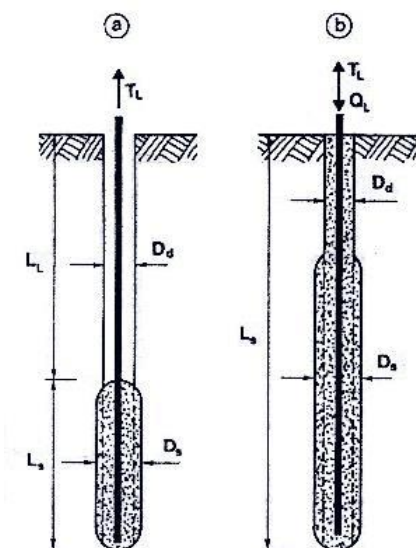
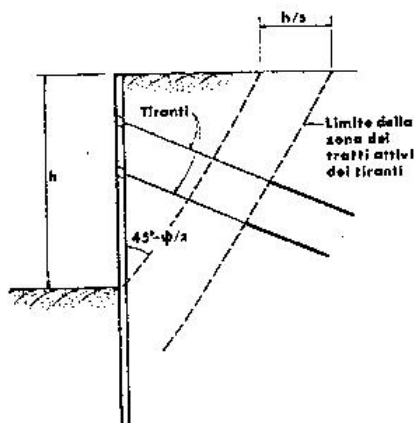


Fig35 Rappresentazione schematica di un tirante(a) e di un micropalo (b)

Il valore del diametro del bulbo di ancoraggio D_s viene valutato in funzione del diametro di perforazione D_d e della natura del terreno, con la relazione $D_s = \alpha D_d$, in cui il coefficiente di

maggiorazione dipende dal metodo di iniezione (IRS o IGU) oltre che dalla natura del terreno, e viene quantificato per mezzo di apposite tabelle. Le stesse forniscono anche il quantitativo minimo di malta V_i che è consigliato immettere nel tratto L_s . Il valore di q_s dipende dal metodo di iniezione (IRS o IGU) e dalla natura del terreno, e viene quantificato con appositi abaci. La verifica viene effettuata considerando un fattore di sicurezza η che dipende dalla tipologia strutturale (tirante o micropalo) e dalla durata di utilizzo (provvisorio o permanente).

La lunghezza libera di un tirante deve essere sufficiente per garantire che il volume di suolo raccolto nell'intorno dell'elemento e ad esso strettamente associato nel tratto della sigillatura non corra alcun rischio di rottura d'insieme.



In quest'ottica si valuterà che tale lunghezza sia sufficiente a portare le fondazioni oltre il cuneo di spinta, con un ulteriore franco di sicurezza pari ad un terzo dell'altezza di scavo.

Segue la descrizione dei dati relativi all'ancoraggio.

	SVA_1
Suolo	Sabbia media
Iniezione	IGU
Tipologia	Tirante
Durata	Provvisorio
η	1.8
D_d [cm]	15
α	1.2
N_{SPT}	40
usa l_{eff}	no
ϕ l_{lib}	30
sisma l_{lib}	no

Segue la verifica della lunghezza sigillata e della lunghezza libera per i tiranti definiti.

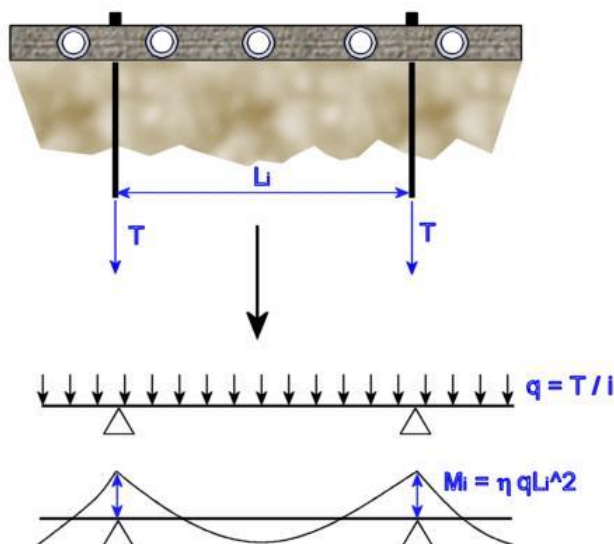
	TIR_1_1	TIR_1_2
Tiro max. [daN]	18782.4	10000
Step	STEP_5	STEP_5
Dati	SVA_1	SVA_1
D_s	18	18
q_s [daN/cm ²]	1.897	1.897
$V_{i,min}$ [cm ³]	66848	35591
L_{sig} [cm]	700	700
$L_{sig,min}$ [cm]	346.8	184.6

η_{eff}	4	7.5
$L_{sig} > L_{sig,min}?$	Si	Si

	TIR_1_1	TIR_1_2
Dati	SVA_1	SVA_1
L_{lib} [cm]	900	900
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_3)	96.6	-
$L_{lib} > L_{lib,min}?$ (STEP_3)	Si	-
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_4)	341.5	-
$L_{lib} > L_{lib,min}?$ (STEP_4)	Si	-
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_5)	341.5	212.1
$L_{lib} > L_{lib,min}?$ (STEP_5)	Si	Si

Verifica delle travi di collegamento

La verifica delle travi di collegamento fra i tiranti viene eseguita con il modello di trave continua sollecitata da un carico uniformemente distribuito. Gli appoggi intermedi sono posti ad una distanza pari all'interasse fra i tiranti, e l'entità del carico distribuito viene valutata come rapporto fra il tiro massimo e tale distanza. Si utilizza per la verifica la sola componente orizzontale del tiro, mentre quella verticale si assume sia sopportata dalla paratia.



Il valore del momento di verifica viene valutato con la formula $M_i = \eta q L_i^2$, in cui η assume il valore di 1/12.

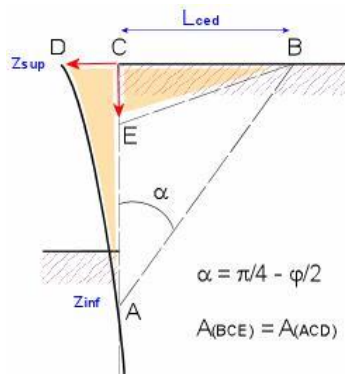
Segue la verifica per i tiranti definiti.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Sezione	SEZ_3	-
N° sez. accoppiate	1	-
Tiro max. [daN]	18142.4	9659.3
Step	STEP_5	STEP_5
Interasse L_i [cm]	349.7	349.7
Carico distribuito q [daN/cm]	51.9	-
Momento M_i [daN cm]	528623.86	-
Tens. max. [daN/cm ²]	Cls: -18.28, barre: 1451.55	-
Defo. max. [%]	Cls: -0.01, barre: 0.07	-
Verifica	Si	-

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 tutti gli Step (Da Step 1 a Step 5).

Paratia PAR_1 Step 1		
$Z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $Z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0
50	50	0
100	100	0
150	150	0
200	200	0
250	250	0
300	300	0
350	350	0
400	400	0
450	450	0
500	500	0
550	550	0
600	600	0
650	650	0
700	700	0
750	750	0
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 2		
$Z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $Z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.07
50	50	0.07
100	100	0.07
150	150	0.06
200	200	0.06
250	250	0.05

300	300	0.05
350	350	0.04
400	400	0.04
450	450	0.03
500	500	0.03
550	550	0.02
600	600	0.02
650	650	0.01
700	700	0.01
750	750	0.01
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 3		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.07
50	50	0.06
100	100	0.06
150	150	0.06
200	200	0.05
250	250	0.05
300	300	0.04
350	350	0.04
400	400	0.03
450	450	0.03
500	500	0.03
550	550	0.02
600	600	0.02
650	650	0.01
700	700	0.01
750	750	0.01
800	800	0
809.4	809.4	0

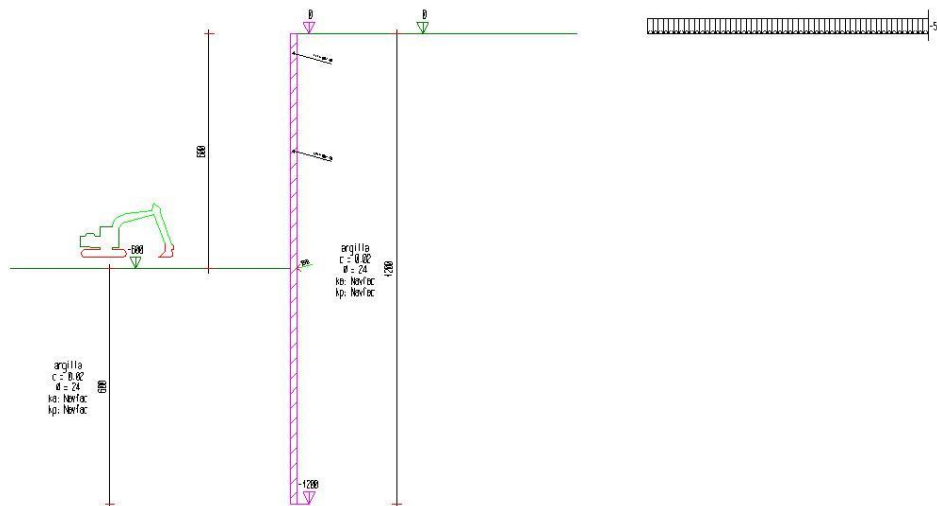
Paratia PAR_1 Step 4		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	1.05
50	50	0.99
100	100	0.92
150	150	0.86
200	200	0.79
250	250	0.73
300	300	0.66
350	350	0.6
400	400	0.53
450	450	0.47

500	500	0.4
550	550	0.34
600	600	0.27
650	650	0.21
700	700	0.14
750	750	0.08
800	800	0.01
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 5		
$z_{sup} = 0[cm]$ $z_{inf} = -1200[cm]$ $L_{ced} = 809.4[cm]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	1.05
50	50	0.99
100	100	0.92
150	150	0.86
200	200	0.79
250	250	0.73
300	300	0.66
350	350	0.6
400	400	0.53
450	450	0.47
500	500	0.4
550	550	0.34
600	600	0.27
650	650	0.21
700	700	0.14
750	750	0.08
800	800	0.01
809.4	809.4	0

5.2 SEZIONE 2 - VERIFICA BERLINESE DI MICROPALI

APPROCCIO 1 NTC08



Metodo di calcolo

Il programma "IS Paratie 13" 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 13" 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 sé 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 esplicata, 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 2008, punti 6.5.3.1.2 e 7.11.1, Combinazione 1 (A1+M1+R1) con sisma.**

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: $\gamma_{G1} = 1$, $\gamma_{G2} = 1$, $\gamma_{Qi} = 1$.

Coefficienti per il calcolo delle spinte del terreno.

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

Coefficienti per la resistenza a sfilamento dei tiranti.

Alla resistenza a sfilamento dei tiranti, ottenuta con un metodo analitico, si applicano i coefficienti di sicurezza di seguito elencati. Tirante attivo, permanente: $\gamma_R = 2.16$. Tirante attivo, temporaneo: $\gamma_R = 1.98$. Tirante passivo, permanente: $\gamma_R = 2.16$. Tirante passivo, temporaneo: $\gamma_R = 1.98$.

Unità di misura e convenzioni.

Ove non altrimenti specificato si utilizzano le seguenti unità di misura: daN; cm; cm²; daN/cm; daN/cm²; 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: $f_{yd} = 3913.04$).

Profilati in acciaio: Acciaio S355 (Fe 510) ($f_d = 3380.95$).

Elementi strutturali

La struttura analizzata è formata dai seguenti elementi.

Strati

Segue la descrizione della stratigrafia del terreno utilizzata nel modello.

	STR_1
Descrizione	argilla
Quota iniziale [cm]	0
Grado di preconsolidazione (OCR)	1
Angolo d'attrito (ϕ') [°]	24
Coesione efficace (c') [daN/cm ²]	0.02
Resistenza non drenata (s_u) [daN/cm ²]	0.15
Permeabilità (m) [cm/s]	0.0000505
Peso di unità di volume fuori falda (γ_d) [daN/cm ³]	0.0018
Peso di unità di volume sotto falda (γ_t) [daN/cm ³]	0.0021

Spinta a riposo

STR_1

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

$\sigma'_{h0} = k_{0,oc} \sigma'_{v0}$, 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: $k_{0,nc} = (1 - \sin \phi') = 0.5933$.

Metodo *Utente* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è definito direttamente dall'utente, ed è pari a $\alpha = 0.5$.

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

$k_{0,nc} = 0.5933$

$k_{0,oc} = 0.5933$

Pressione limite attiva e passiva

STR_1

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

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

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

$$\tau_a = \sigma'_{ha} \tan \delta_a$$

Il valore di $k_{a,h}$ 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 di 14.7 gradi.

$k_{a,h} = 0.3676$

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:

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

$$\tau_p = \sigma'_{hp} \tan \delta_p$$

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 di 14.7 gradi.

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 di 14.7 gradi.

$k_{p,h} = 3.3558$

Deformabilità

STR_1

Metodo *Valori Indicativi* per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo le indicazioni di Bowles (1991), secondo la tipologia del terreno.

$k_s = 3.671$

Paratia

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

La paratia PAR_1 utilizza la sezione trasversale SEZ_1. Per la verifica delle tensioni si utilizza la sezione 2.

Sezioni

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

	SEZ_1	SEZ_2	SEZ_3
Tipo	RETTANGOLARE	TUBO CIRCOLARE	RETTANGOLARE
Descrizione	Sezione cls	Sezione tubolare	Sezione 3

Materiale	C.A.	Acciaio	C.A.
Modulo di Young [daN/cm ²]	314472.	2100000.	314472.
Numero di sezioni per metro	2.	2.	1.
Area [cm ²]	1703.	57.73	5000.
Momento d'inerzia Z [cm ⁴]	41159.	2438.	4166667.
Momento d'inerzia Y [cm ⁴]	1419167.	2438.	1041667.
Ferri superiori	nessun ferro	-	4d12
Ferri inferiori	nessun ferro	-	6d12

Tiranti

Segue la descrizione dei tiranti impiegati nel modello.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Quota di applicazione [cm]	-50	-300
Angolo di inclinazione [°]	15	15
Lunghezza libera [cm]	900	900
Lunghezza sigillatura [cm]	700	700
Diametro nominale dei trefoli [cm]	1.13	1.13
Numero di trefoli	2	2
Area resistente [cm ²]	2.01	2.01
Modulo elastico [daN/cm ²]	1950000	1950000
Tensione massima [daN/cm ²]	18600	18600
Tensione ammissibile [daN/cm ²]	18600	18600
Tensione iniziale [daN/cm ²]	4985.67	4985.67
Numero al metro	0.286	0.286
Step di attivazione	3	5
Step di rimozione	-	-

Segue la tabella di tesatura dei tiranti impiegati nel modello.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Step di inserimento	3	5
Tiro iniziale [daN]	10000	10000
Tiro massimo ammesso [daN]	37306.95	37306.95

Carichi nastriformi distribuiti sul terreno

Segue la descrizione dei carichi nastriformi 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.

	CUD_1_1
Quota di applicazione [cm]	0
Distanza dalla paratia [cm]	900
Larghezza [cm]	800
Carico distribuito [daN/cm]	-50
Carico distribuito [daN/cm ²]	-0.5
Tipologia	-
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 intensità definita dalla propria sezione trasversale.

Sisma

Metodo *NTC 08* per il calcolo della forza sismica.

L'azione dovuta al sisma ed applicata alle paratie è calcolata secondo quanto stabilito dal D.M. 14/01/2008. L'azione del sisma è introdotta come carico distribuito. Il sisma è considerato agente sull'intera altezza della paratia. Segue un elenco dei parametri significativi adottati.

Parametro	Valore
Categoria topografica	T1
Categoria suolo	D
fattore di amp. max. F_0	2.535
accel. al sito a_g [m/s^2]	0.6021
spostamento tollerabile u_s [cm]	5
coeff. α	0.6733333333333333
coeff. β	0.475
accel. di picco a_{max} [m/s^2]	1.08378

Segue il valore della forza per ciascuno step di applicazione.

Step	Paratia PAR_1
STEP_1	h: -3244; v: -931
STEP_2	h: -3244; v: -931
STEP_3	h: -3244; v: -931
STEP_4	h: -3244; v: -931
STEP_5	h: -3244; v: -931
STEP_6	h: -3244; v: -931

Step di progetto

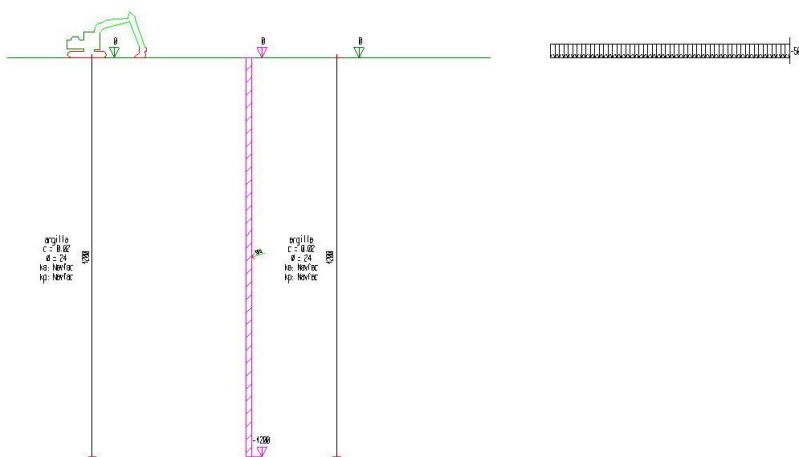
Segue la descrizione dei passi considerati nella definizione del modello per simulare le fasi realizzative dell'opera.

Step 1

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento carico nastriforme su terreno: CUD_1_1

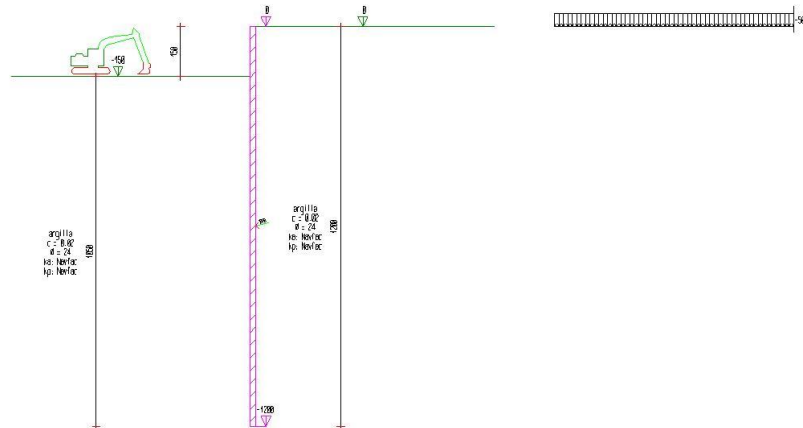
Attivazione sollecitazione sismica.



Step 2

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

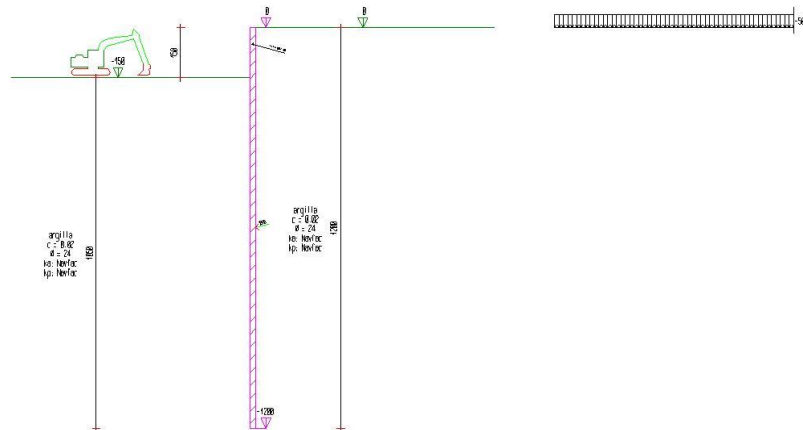
Scavo portato a quota: -150



Step 3

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

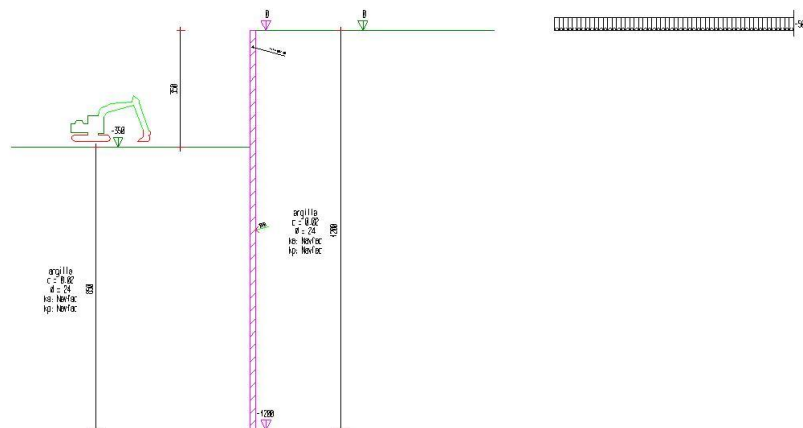
Inserimento tirante: TIR_1_1



Step 4

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

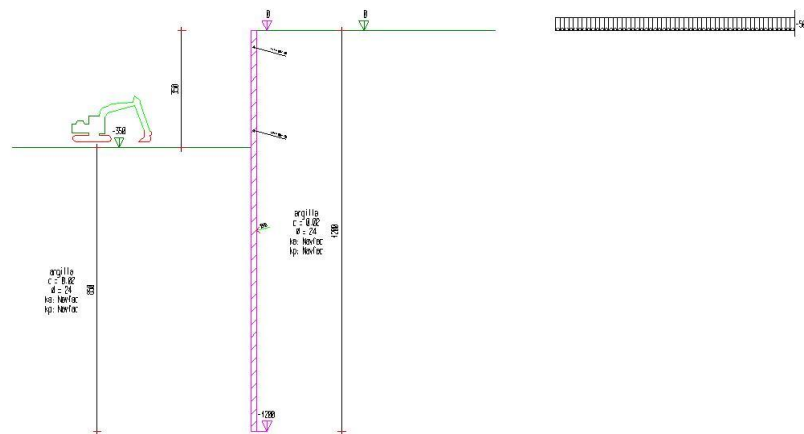
Scavo portato a quota: -350



Step 5

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento tirante: TIR_1_2



Step 6

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:
Scavo portato a quota: -600

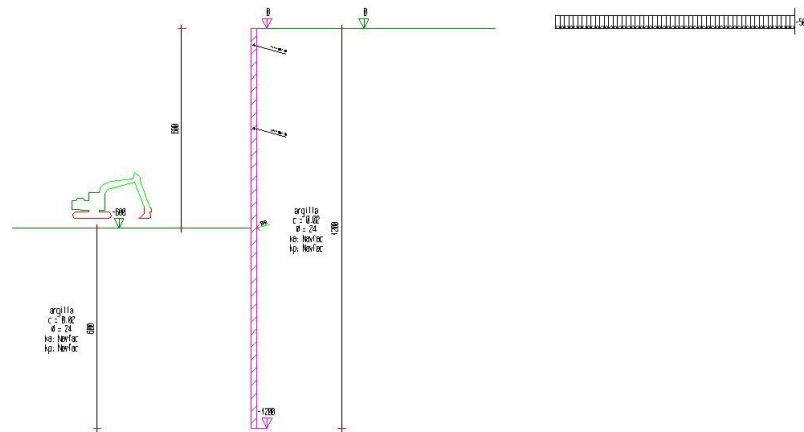


Tabella riassuntiva

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

Step	Quota scavo	Strati		Tiranti	Carichi terreno
1	0	STR_1	STR_1		CUD_1_1
2	-150	STR_1	STR_1		CUD_1_1
3	-150	STR_1	STR_1	TIR_1_1	CUD_1_1
4	-350	STR_1	STR_1	TIR_1_1	CUD_1_1
5	-350	STR_1	STR_1	TIR_1_1 TIR_1_2	CUD_1_1
6	-600	STR_1	STR_1	TIR_1_1 TIR_1_2	CUD_1_1

Risultati

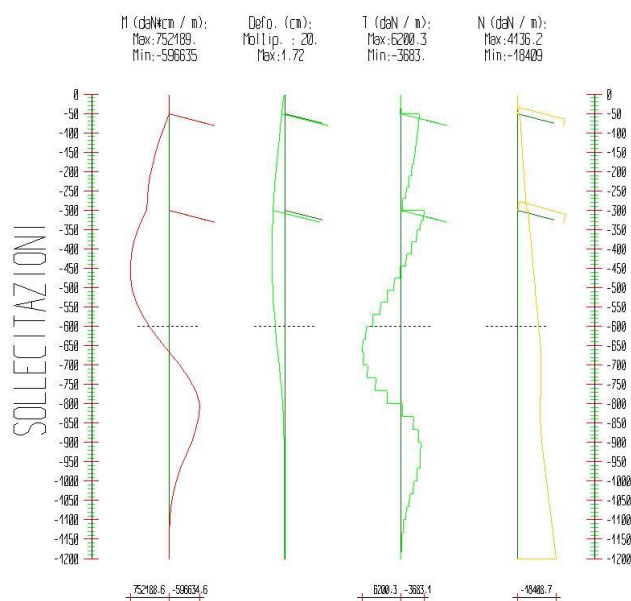
Il calcolo è stato eseguito correttamente per 6 Step.

Singoli Step

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 6

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



Sollecitazioni - Paratia PAR_1					
Progressiva	Spont. x [cm]	Spont. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
-25	-0.2761	-0.01	-1378.208	88.9	-231.7
-50	-0.4128	-0.01	-4446.064	156.5	-467.3
-83.3	-0.5946	-0.01	89409.634	-2770.6	-1611.4
-116.7	-0.7726	-0.01	176827.116	-2577.5	-1957.8
-150	-0.943	-0.01	255351.006	-2310.7	-2323.3
-180	-1.0872	-0.01	316368.631	-1993.4	-2668.8
-210	-1.2204	-0.01	366394.949	-1627	-3030.2
-240	-1.341	-0.01	403630.945	-1200.6	-3407.4
-270	-1.4476	-0.01	426273.967	-714.2	-3800.3
-300	-1.5394	-0.009	432517.513	-167.6	-4208.8
-325	-1.6042	-0.009	523749.859	-3615.5	-5631.8
-350	-1.6563	-0.009	601286.524	-3067.7	-5995.9
-381.2	-1.7009	-0.009	677376.182	-2392.6	-6466.6
-412.5	-1.7202	-0.009	728364.471	-1589.4	-6954.1
-443.8	-1.7121	-0.009	752188.555	-720.1	-7459
-475	-1.6759	-0.008	746781.463	215.3	-7981.3
-506.2	-1.6116	-0.008	710072.428	1216.9	-8520.9
-537.5	-1.5208	-0.008	639987.263	2285	-9078
-568.8	-1.406	-0.008	534448.782	3419.5	-9652.5
-600	-1.2713	-0.007	391377.224	4620.5	-10213.4
-633.3	-1.1118	-0.007	203290.763	5687.7	-10710.8
-666.7	-0.9436	-0.007	-1883.491	6200.3	-11053.2
-700	-0.7754	-0.006	-204303.685	6117.7	-11239.5
-733.3	-0.6159	-0.006	-384129.053	5439.8	-11269.7
-766.7	-0.4725	-0.006	-521519.395	4166.8	-11143.7
-800	-0.3511	-0.005	-596634.578	2298.5	-10861.5
-833.3	-0.2546	-0.005	-589634.073	-165	-10758.7
-866.7	-0.1831	-0.005	-526280.094	-1855.6	-11085.4
-900	-0.1339	-0.004	-433692.68	-2732.6	-11667.3

-933.3	-0.1033	-0.004	-329932.373	-3067.8	-12366.2
-966.7	-0.0868	-0.003	-229139.113	-2978.7	-13096.3
-1000	-0.0803	-0.003	-144404.042	-2497	-13820.6
-1033.3	-0.0801	-0.003	-80747.432	-1864.6	-14545.1
-1066.7	-0.0835	-0.002	-38050.641	-1235.8	-15280.1
-1100	-0.0887	-0.002	-13280.993	-698	-16032.2
-1133.3	-0.0945	-0.001	-2000.557	-293.4	-16804.3
-1166.7	-0.1005	-0.001	743.942	-37.3	-17596.9
-1200	-0.1064	0	0	67.4	-18408.7

Sollecitazioni - Tirante TIR_1_1					
Progressiva	Spont. x [cm]	Spont. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
123.3	-0.367	-0.01	0	0	3154.5
246.7	-0.321	-0.009	0	0	3154.5
370	-0.275	-0.007	0	0	3154.5
493.3	-0.229	-0.006	0	0	3154.5
616.7	-0.183	-0.004	0	0	3154.5
740	-0.137	-0.003	0	0	3154.5
863.3	-0.092	-0.001	0	0	3154.5
986.7	-0.046	0	0	0	3154.5
1110	0	0	0	0	3154.5

Sollecitazioni - Tirante TIR_1_2					
Progressiva	Spont. x [cm]	Spont. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
123.3	-1.369	-0.009	0	0	4136.2
246.7	-1.198	-0.008	0	0	4136.2
370	-1.026	-0.007	0	0	4136.2
493.3	-0.855	-0.005	0	0	4136.2
616.7	-0.684	-0.004	0	0	4136.2
740	-0.513	-0.002	0	0	4136.2
863.3	-0.342	-0.001	0	0	4136.2
986.7	-0.171	0	0	0	4136.2
1110	0	0	0	0	4136.2

Reazioni vincolari				
Descrizione	Nome	Orizzontale [daN]	Verticale [daN]	Momento [daN cm]
Base Paratia	PAR_1	-	18409.	-

Pressioni nel terreno, Paratia PAR_1												
Quota [cm]	Pres. Monte [daN/cm ²]						Pres. Valle [daN/cm ²]					
z	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ
0	0.011	0.017	0	0.011	0.017	0	0	0	0	0	0	0
-25	0.045	0	0	0.045	0	0	0	0	0	0	0	0
-50	0.094	0.01	0	0.094	0.01	-0.003	0	0	0	0	0	0
-83.33	0.15	0.031	0	0.15	0.031	-0.008	0	0	0	0	0	0
-116.67	0.21	0.053	0	0.21	0.053	-0.014	0	0	0	0	0	0
-150	0.269	0.075	0	0.269	0.075	-0.02	0	0	0	0	0	0

-180	0.325	0.095	0	0.325	0.095	-0.025	0	0	0	0	0	0
-210	0.379	0.115	0	0.379	0.115	-0.03	0	0	0	0	0	0
-240	0.434	0.135	0	0.434	0.135	-0.035	0	0	0	0	0	0
-270	0.488	0.155	0	0.488	0.155	-0.041	0	0	0	0	0	0
-300	0.541	0.174	0	0.541	0.174	-0.046	0	0	0	0	0	0
-325	0.589	0.192	0	0.589	0.192	-0.05	0	0	0	0	0	0
-350	0.637	0.21	0	0.637	0.21	-0.055	0	0	0	0	0	0
-381.25	0.692	0.23	0	0.692	0.23	-0.06	0	0	0	0	0	0
-412.5	0.749	0.251	0	0.749	0.251	-0.066	0	0	0	0	0	0
-443.75	0.807	0.272	0	0.807	0.272	-0.071	0	0	0	0	0	0
-475	0.864	0.293	0	0.864	0.293	-0.077	0	0	0	0	0	0
-506.25	0.922	0.315	0	0.922	0.315	-0.083	0	0	0	0	0	0
-537.5	0.98	0.336	0	0.98	0.336	-0.088	0	0	0	0	0	0
-568.75	1.038	0.357	0	1.038	0.357	-0.094	0	0	0	0	0	0
-600	1.097	0.379	0	1.097	0.379	-0.099	0.001	0.076	0	0.001	0.076	0.02
-633.33	1.158	0.401	0	1.158	0.401	-0.105	0.06	0.275	0	0.06	0.275	0.072
-666.67	1.22	0.424	0	1.22	0.424	-0.111	0.12	0.476	0	0.12	0.476	0.125
-700	1.282	0.447	0	1.282	0.447	-0.117	0.18	0.677	0	0.18	0.677	0.178
-733.33	1.344	0.47	0	1.344	0.47	-0.123	0.24	0.879	0	0.24	0.879	0.231
-766.67	1.406	0.493	0	1.406	0.493	-0.129	0.3	1.08	0	0.3	1.08	0.283
-800	1.468	0.515	0	1.468	0.515	-0.135	0.36	1.281	0	0.36	1.281	0.336
-833.33	1.53	0.538	0	1.53	0.538	-0.141	0.42	1.072	0	0.42	1.072	0.188
-866.67	1.592	0.561	0	1.592	0.561	-0.147	0.48	0.851	0	0.48	0.851	0.09
-900	1.654	0.584	0	1.654	0.584	-0.153	0.54	0.711	0	0.54	0.711	0.047
-933.33	1.716	0.639	0	1.716	0.639	-0.154	0.6	0.639	0	0.6	0.639	0.027
-966.67	1.777	0.736	0	1.777	0.736	-0.145	0.66	0.618	0	0.66	0.618	0.019
-1000	1.839	0.796	0	1.839	0.796	-0.14	0.72	0.634	0	0.72	0.634	0.017
-1033.33	1.901	0.834	0	1.901	0.834	-0.142	0.78	0.672	0	0.78	0.672	0.017
-1066.67	1.962	0.858	0	1.962	0.858	-0.148	0.84	0.723	0	0.84	0.723	0.018
-1100	2.024	0.875	0	2.024	0.875	-0.155	0.9	0.781	0	0.9	0.781	0.02
-1133.33	2.086	0.89	0	2.086	0.89	-0.164	0.96	0.841	0	0.96	0.841	0.022
-1166.67	2.147	0.905	0	2.147	0.905	-0.172	1.02	0.901	0	1.02	0.901	0.024
-1200	2.193	0.91	0	2.193	0.91	-0.18	1.065	0.951	0	1.065	0.951	0.026

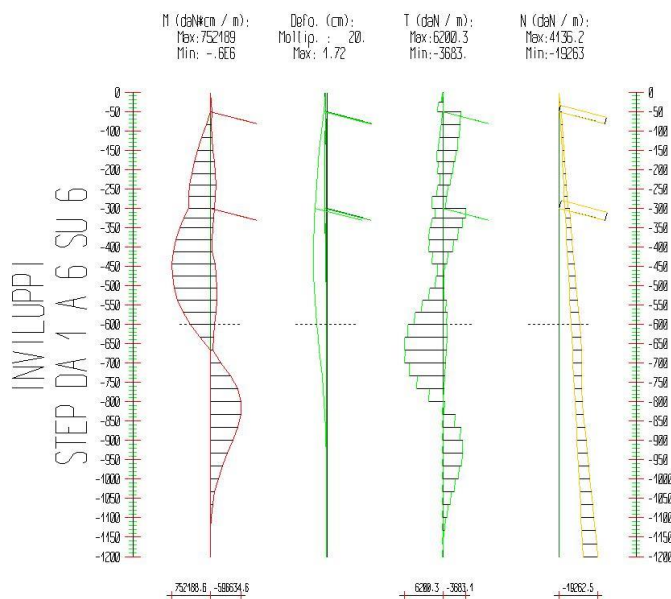
σ_v = tensione verticale totale
 σ_h = tensione orizzontale totale
 u = pressione neutra
 σ'_v = tensione verticale efficace
 σ'_h = tensione orizzontale efficace

Risultanti delle pressioni [daN] e bracci [cm], Paratia PAR_1							
Monte				Valle			
R_h	-49331.1	b_h	832.9	R_h	45532.9	b_h	915.4
R'_h	-49331.1	b'_h	832.9	R'_h	45532.9	b'_h	915.4
R_u	0	b_u	0	R_u	0	b_u	0

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]	
z	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
-25.	-4315.	-193.1	41.5	206.4	-232.6	-122.3
-50.	-24337	-318.2	38.8	834.7	-469.3	-234.8
-83.3	-10380	89410.	-2771.	255.1	-1611.	-789.9
-116.7	-23819	176827	-2578.	448.2	-1958.	-1114.
-150.	-46151	255351	-2311.	715.	-2323.	-1441.
-180.	-75904	316369	-1993.	1032.3	-2669.	-1736.
-210.	-93744	366395	-1627.	829.	-3030.	-1942.
-240.	-97854	403631	-1201.	516.4	-3407.	-2210.
-270.	-91794	426274	-714.2	1023.6	-3800.	-2544.
-300.	-78026	432518	-418.4	1842.1	-4209.	-2910.
-325.	-64149	523750	-3616.	1300.2	-5632.	-3176.
-350.	-50056	601287	-3068.	1848.	-5996.	-3425.
-381.2	-33911	677376	-2393.	2290.4	-6467.	-3737.
-412.5	-30337	728365	-1589.	2274.7	-6954.	-4050.
-443.8	-83243	752189	-720.1	1735.2	-7459.	-4362.
-475.	-.11E6	746782	-178.3	913.4	-7981.	-4675.
-506.2	-.12E6	710072	-95.8	1216.9	-8521.	-4989.
-537.5	-.11E6	639987	-108.	2285.	-9078.	-5302.
-568.8	-.1E6	534449	-400.3	3419.5	-9653.	-5616.
-600.	-80363	391377	-599.7	4620.5	-10213	-5930.
-633.3	-57811	203291	-631.5	5687.7	-10711	-6265.
-666.7	-37709	2475.6	-558.	6200.3	-11053	-6600.
-700.	-.2E6	1684.9	-435.4	6117.7	-11240	-6935.
-733.3	-.38E6	994.6	-303.	5439.8	-11270	-7270.
-766.7	-.52E6	456.1	-183.4	4166.8	-11144	-7606.
-800.	-.6E6	1935.9	-87.3	2298.5	-11538	-7941.

-833.3	-.59E6	4007.7	-165.	52.3	-12149	-8277.
-866.7	-.53E6	4530.9	-1856.	48.9	-12767	-8613.
-900.	-.43E6	4148.9	-2733.	56.5	-13393	-8949.
-933.3	-.33E6	3336.5	-3068.	69.4	-14026	-9285.
-966.7	-.23E6	2412.5	-2979.	72.8	-14665	-9621.
-1000.	-.14E6	1567.5	-2497.	70.4	-15310	-9957.
-1033.	-80747	896.1	-1865.	65.2	-15959	-10293
-1067.	-38051	427.	-1236.	59.1	-16612	-10630
-1100.	-13281	153.6	-698.	53.5	-17270	-10966
-1133.	-2001.	27.9	-293.4	48.9	-17931	-11302
-1167.	-22.4	743.9	-37.3	46.1	-18595	-11639
-1200.	0.	0.	44.4	67.4	-19263	-11975

Involuppo - Tirante TIR_1_2						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
z	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
123.3	0.	0.	0.	0.	2860.	4136.2
246.7	0.	0.	0.	0.	2860.	4136.2
370.	0.	0.	0.	0.	2860.	4136.2
493.3	0.	0.	0.	0.	2860.	4136.2
616.7	0.	0.	0.	0.	2860.	4136.2
740.	0.	0.	0.	0.	2860.	4136.2
863.3	0.	0.	0.	0.	2860.	4136.2
986.7	0.	0.	0.	0.	2860.	4136.2
1110.	0.	0.	0.	0.	2860.	4136.2

Verifiche

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 6 Step.

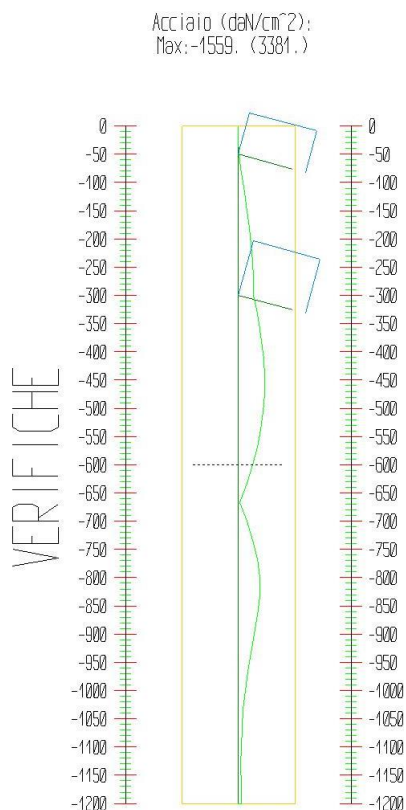
Verifiche delle sezioni

Le verifiche tensionali vengono eseguite col metodo degli stati limite. Le sezioni degli elementi strutturali sono verificate a pressoflessione retta, sollecitate dai valori di momento flettente e sforzo normale derivanti dal calcolo.

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 6

In questo Step si hanno i seguenti valori di tensione:



Tensioni - Paratia PAR_1 - Porzione 1 (acciaio:3380.95)

$\sigma_{\max}$ = max tens. di compressione, $\sigma_{\max 2}$ = max tens. di trazione, $\varepsilon_{\max}$ = max defo. di compressione, $\varepsilon_{\max 2}$ = max defo. di trazione.

Progressiva	M [daN cm]	N [daN]	$\sigma_{\max}$ [daN/cm ²]	$\sigma_{\max 2}$ [daN/cm ²]	$\varepsilon_{\max}$ [%]	$\varepsilon_{\max 2}$ [%]	Verifica
-25	-689.1	-115.9	-4.7	0.7	0	0	Soddisfatta
-50	-2223	-233.7	-12.9	4.8	0	0	Soddisfatta
-83.3	44704.8	-805.7	-191.5	163.6	-0.01	0.01	Soddisfatta
-116.7	88413.6	-978.9	-368.2	334.2	-0.02	0.02	Soddisfatta
-150	127675.5	-1161.6	-527.3	487	-0.03	0.02	Soddisfatta
-180	158184.3	-1334.4	-651.5	605.2	-0.03	0.03	Soddisfatta
-210	183197.5	-1515.1	-754	701.5	-0.04	0.03	Soddisfatta
-240	201815.5	-1703.7	-831.2	772.2	-0.04	0.04	Soddisfatta
-270	213137	-1900.2	-879.6	813.7	-0.04	0.04	Soddisfatta
-300	216258.8	-2104.4	-895.5	822.6	-0.04	0.04	Soddisfatta
-325	261874.9	-2815.9	-1089	991.5	-0.05	0.05	Soddisfatta
-350	300643.3	-2997.9	-1246.2	1142.3	-0.06	0.05	Soddisfatta
-381.2	338688.1	-3233.3	-1401.4	1289.4	-0.07	0.06	Soddisfatta
-412.5	364182.2	-3477.1	-1506.9	1386.4	-0.07	0.07	Soddisfatta
-443.8	376094.3	-3729.5	-1558.6	1429.4	-0.07	0.07	Soddisfatta
-475	373390.7	-3990.6	-1552.3	1414.1	-0.07	0.07	Soddisfatta
-506.2	355036.2	-4260.5	-1484.1	1336.5	-0.07	0.06	Soddisfatta
-537.5	319993.6	-4539	-1349.7	1192.5	-0.06	0.06	Soddisfatta
-568.8	267224.4	-4826.3	-1145.1	977.9	-0.05	0.05	Soddisfatta
-600	195688.6	-5106.7	-865.8	688.9	-0.04	0.03	Soddisfatta

-633.3	101645.4	-5355.4	-496.5	311	-0.02	0.01	Soddisfatta
-666.7	-941.7	-5526.6	-99.5	-92	0	0	Soddisfatta
-700	-102151.8	-5619.8	-503.1	308.4	-0.02	0.01	Soddisfatta
-733.3	-192064.5	-5634.8	-860.5	665.3	-0.04	0.03	Soddisfatta
-766.7	-260759.7	-5571.8	-1132.3	939.3	-0.05	0.04	Soddisfatta
-800	-298317.3	-5430.8	-1279.1	1090.9	-0.06	0.05	Soddisfatta
-833.3	-294817	-5379.3	-1264.3	1077.9	-0.06	0.05	Soddisfatta
-866.7	-263140	-5542.7	-1141.3	949.3	-0.05	0.05	Soddisfatta
-900	-216846.3	-5833.7	-962.4	760.3	-0.05	0.04	Soddisfatta
-933.3	-164966.2	-6183.1	-762.4	548.2	-0.04	0.03	Soddisfatta
-966.7	-114569.6	-6548.1	-568.5	341.7	-0.03	0.02	Soddisfatta
-1000	-72202	-6910.3	-406.5	167.1	-0.02	0.01	Soddisfatta
-1033.3	-40373.7	-7272.5	-286.3	34.4	-0.01	0	Soddisfatta
-1066.7	-19025.3	-7640	-207.9	-56.8	-0.01	0	Soddisfatta
-1100	-6640.5	-8016.1	-165.2	-112.5	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-1133.3	-1000.3	-8402.2	-149.5	-141.6	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-1166.7	372	-8798.5	-153.9	-150.9	-0.01	-0.01	Soddisfatta
-1200	0	-9204.3	-159.4	-159.4	-0.01	-0.01	Soddisfatta

Tensioni - TIR_1_1 (tirante:18600)		
Progressiva	Tensioni	Verifica
123.3	5499.1	Soddisfatta
246.7	5499.1	Soddisfatta
370	5499.1	Soddisfatta
493.3	5499.1	Soddisfatta
616.7	5499.1	Soddisfatta
740	5499.1	Soddisfatta
863.3	5499.1	Soddisfatta
986.7	5499.1	Soddisfatta
1110	5499.1	Soddisfatta

Tensioni - TIR_1_2 (tirante:18600)		
Progressiva	Tensioni	Verifica
123.3	7210.4	Soddisfatta
246.7	7210.4	Soddisfatta
370	7210.4	Soddisfatta
493.3	7210.4	Soddisfatta
616.7	7210.4	Soddisfatta
740	7210.4	Soddisfatta
863.3	7210.4	Soddisfatta
986.7	7210.4	Soddisfatta
1110	7210.4	Soddisfatta

Storia di carico dei tiranti

Segue la tabella del tiro massimo in ogni step per i tiranti definiti.

	TIR_1_1 (37307[daN])	TIR_1_2 (37307[daN])
Step 1	-	-
Step 2	-	-

Step 3	10000	-
Step 4	10164	-
Step 5	10166	10000
Step 6	11030	14462

Verifica dell'ancoraggio dei tiranti

La verifica della lunghezza del bulbo di ancoraggio viene eseguita secondo il metodo proposto e discusso da Bustamante e Doix (1985), per il quale si adotta l'espressione:

$$T_L = \pi D_s L_s q_s$$

dove T_L è la trazione limite del tirante o del micropalo isolato, D_s è il diametro medio del bulbo della sigillatura, L_s è la lunghezza del tratto sigillato, e q_s è l'attrito laterale unitario limite lungo la superficie laterale del bulbo.

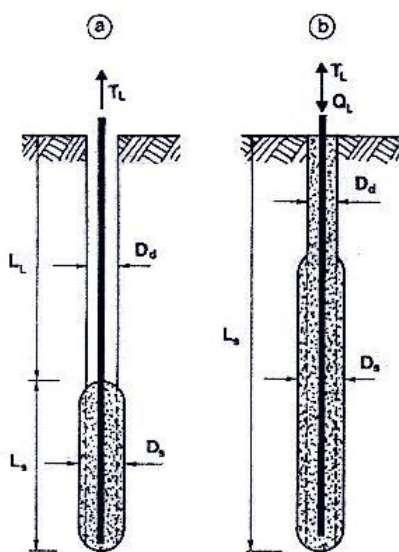
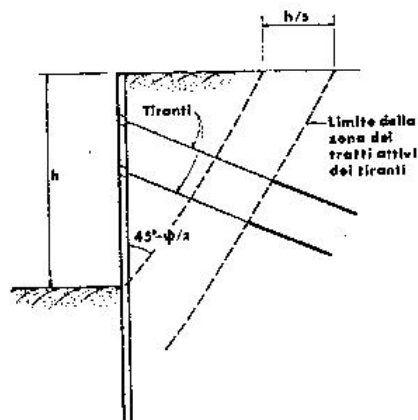


Fig35 Rappresentazione schematica di un tirante(a) e di un micropalo (b)

Il valore del diametro del bulbo di ancoraggio D_s viene valutato in funzione del diametro di perforazione D_d e della natura del terreno, con la relazione $D_s = \alpha D_d$, in cui il coefficiente di maggiorazione dipende dal metodo di iniezione (IRS o IGU) oltre che dalla natura del terreno, e viene quantificato per mezzo di apposite tabelle. Le stesse forniscono anche il quantitativo minimo di malta V_i che è consigliato immettere nel tratto L_s . Il valore di q_s dipende dal metodo di iniezione (IRS o IGU) e dalla natura del terreno, e viene quantificato con appositi abaci. La verifica viene effettuata considerando un fattore di sicurezza η che dipende dalla tipologia strutturale (tirante o micropalo) e dalla durata di utilizzo (provvisorio o permanente).

La lunghezza libera di un tirante deve essere sufficiente per garantire che il volume di suolo raccolto nell'intorno dell'elemento e ad esso strettamente associato nel tratto della sigillatura non corra alcun rischio di rottura d'insieme.



In quest'ottica si valuterà che tale lunghezza sia sufficiente a portare le fondazioni oltre il cuneo di spinta, con un ulteriore franco di sicurezza pari ad un terzo dell'altezza di scavo.

Segue la descrizione dei dati relativi all'ancoraggio.

	SVA_1
Suolo	Sabbia media
Iniezione	IGU
Tipologia	Tirante
Durata	Provvisorio
η	1.8
D_d [cm]	15
α	1.2
N_{SPT}	40
usa l_{eff}	no
φ l_{lib}	30
sisma l_{lib}	no

Segue la verifica della lunghezza sigillata e della lunghezza libera per i tiranti definiti.

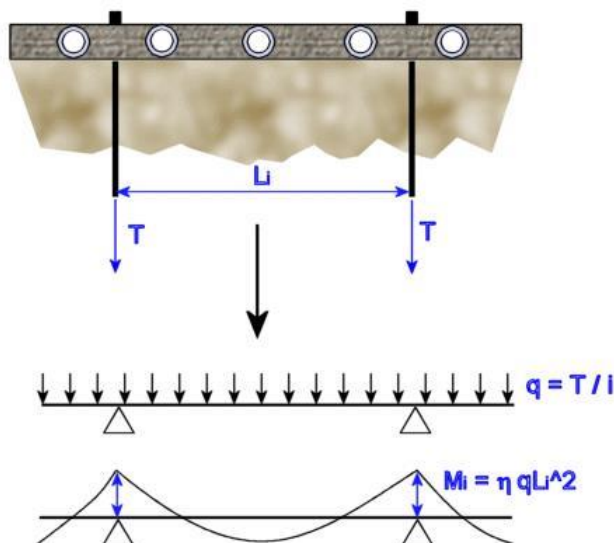
	TIR_1_1	TIR_1_2
Tiro max. [daN]	11029.8	14462.3
Step	STEP_6	STEP_6
Dati	SVA_1	SVA_1
D_s	18	18
q_s [daN/cm ²]	1.897	1.897
$V_{i,min}$ [cm ³]	39256	51472
L_{sig} [cm]	700	700
$L_{sig,min}$ [cm]	203.6	267
η_{eff}	6.8	5.2
$L_{sig} > L_{sig,min}$?	Si	Si

	TIR_1_1	TIR_1_2
Dati	SVA_1	SVA_1
L_{lib} [cm]	900	900
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_3)	96.6	-
$L_{lib} > L_{lib,min}$? (STEP_3)	Si	-
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_4)	259.9	-
$L_{lib} > L_{lib,min}$? (STEP_4)	Si	-

$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_5)	259.9	130.5
$L_{lib} > L_{lib,min}$? (STEP_5)	Si	Si
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_6)	464	334.6
$L_{lib} > L_{lib,min}$? (STEP_6)	Si	Si

Verifica delle travi di collegamento

La verifica delle travi di collegamento fra i tiranti viene eseguita con il modello di trave continua sollecitata da un carico uniformemente distribuito. Gli appoggi intermedi sono posti ad una distanza pari all'interasse fra i tiranti, e l'entità del carico distribuito viene valutata come rapporto fra il tiro massimo e tale distanza. Si utilizza per la verifica la sola componente orizzontale del tiro, mentre quella verticale si assume sia sopportata dalla paratia.



Il valore del momento di verifica viene valutato con la formula $M_i = \eta q L_i^2$, in cui η assume il valore di 1/12.

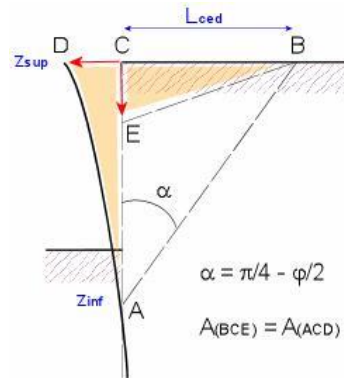
Segue la verifica per i tiranti definiti.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Sezione	SEZ_3	-
N° sez. accoppiate	1	-
Tiro max. [daN]	10653.9	13969.5
Step	STEP_6	STEP_6
Interasse L_i [cm]	349.7	349.7
Carico distribuito q [daN/cm]	30.5	-
Momento M_i [daN cm]	310429.6	-
Tens. max. [daN/cm ²]	Cls: -10.83, barre: 851.79	-
Defo. max. [%]	Cls: -0.01, barre: 0.04	-
Verifica	Si	-

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 tutti gli Step (Da Step 1 a Step 6).

Paratia PAR_1 Step 1		
$Z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $Z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0
50	50	0
100	100	0
150	150	0
200	200	0
250	250	0
300	300	0
350	350	0
400	400	0
450	450	0
500	500	0
550	550	0
600	600	0
650	650	0
700	700	0
750	750	0
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 2		
$Z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $Z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.03
50	50	0.03
100	100	0.03
150	150	0.03
200	200	0.03
250	250	0.02
300	300	0.02
350	350	0.02
400	400	0.02
450	450	0.02
500	500	0.01
550	550	0.01

600	600	0.01
650	650	0.01
700	700	0
750	750	0
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 3		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.03
50	50	0.03
100	100	0.03
150	150	0.02
200	200	0.02
250	250	0.02
300	300	0.02
350	350	0.02
400	400	0.01
450	450	0.01
500	500	0.01
550	550	0.01
600	600	0.01
650	650	0.01
700	700	0
750	750	0
800	800	0
809.4	809.4	0

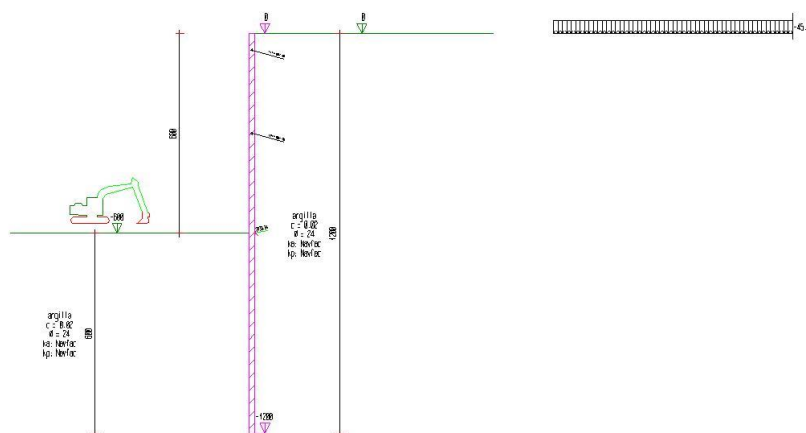
Paratia PAR_1 Step 4		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.09
50	50	0.08
100	100	0.08
150	150	0.07
200	200	0.07
250	250	0.06
300	300	0.06
350	350	0.05
400	400	0.05
450	450	0.04
500	500	0.03
550	550	0.03
600	600	0.02
650	650	0.02
700	700	0.01
750	750	0.01

800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 5		
$z_{sup} = 0[cm]$ $z_{inf} = -1200[cm]$ $L_{ced} = 809.4[cm]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.09
50	50	0.08
100	100	0.08
150	150	0.07
200	200	0.06
250	250	0.06
300	300	0.05
350	350	0.05
400	400	0.04
450	450	0.04
500	500	0.03
550	550	0.03
600	600	0.02
650	650	0.02
700	700	0.01
750	750	0.01
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 6		
$z_{sup} = 0[cm]$ $z_{inf} = -1200[cm]$ $L_{ced} = 809.4[cm]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.59
50	50	0.56
100	100	0.52
150	150	0.48
200	200	0.45
250	250	0.41
300	300	0.37
350	350	0.34
400	400	0.3
450	450	0.26
500	500	0.23
550	550	0.19
600	600	0.15
650	650	0.12
700	700	0.08
750	750	0.04
800	800	0.01
809.4	809.4	0

APPROCCIO 2 NTC08



Metodo di calcolo

Il programma "IS Paratie 13" 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 13" 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 sé 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 esplicata, 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 2008, punti 6.5.3.1.2 e 7.11.1, Combinazione 2 (A2+M2+R1) con sisma**.

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: $\gamma_{G1} = 1$, $\gamma_{G2} = 1$, $\gamma_{Qi} = 1$.

Coefficienti per il calcolo delle spinte del terreno.

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

Coefficienti per la resistenza a sfilamento dei tiranti.

Alla resistenza a sfilamento dei tiranti, ottenuta con un metodo analitico, si applicano i coefficienti di sicurezza di seguito elencati. Tirante attivo, permanente: $\gamma_R = 2.16$. Tirante attivo, temporaneo: $\gamma_R = 1.98$. Tirante passivo, permanente: $\gamma_R = 2.16$. Tirante passivo, temporaneo: $\gamma_R = 1.98$.

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: $f_{yd} = 3913.04$).

Profilati in acciaio: Acciaio S355 (Fe 510) ($f_d = 3380.95$).

Elementi strutturali

La struttura analizzata è formata dai seguenti elementi.

Strati

Segue la descrizione della stratigrafia del terreno utilizzata nel modello.

	STR_1
Descrizione	argilla
Quota iniziale [cm]	0
Grado di preconsolidazione (OCR)	1
Angolo d'attrito (ϕ') [°]	24
Coesione efficace (c') [daN/cm ²]	0.02
Resistenza non drenata (s_u) [daN/cm ²]	0.15
Permeabilità (m) [cm/s]	0.0000505
Peso di unità di volume fuori falda (γ_d) [daN/cm ³]	0.0018
Peso di unità di volume sotto falda (γ_t) [daN/cm ³]	0.0021

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: $k_{0,nc} = (1 - \sin \phi') = 0.5933$.

Metodo *Utente* per il calcolo del coefficiente di spinta sovraconsolidato. Il valore di α è definito direttamente dall'utente, ed è pari a $\alpha = 0.5$.

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

$$k_{0,nc} = 0.5933$$

$$k_{0,oc} = 0.5933$$

Pressione limite attiva e passiva

STR_1

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

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

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

$$\tau_a = \sigma'_{ha} \tan \delta_a$$

Il valore di $k_{a,h}$ 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 di 11.9 gradi.

$$k_{a,h} = 0.4374$$

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:

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

$$\tau_p = \sigma'_{hp} \tan \delta_p$$

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 di 11.9 gradi.

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 di 11.9 gradi.

$$k_{p,h} = 2.6055$$

Deformabilità

STR_1

Metodo *Valori Indicativi* per il calcolo del modulo di reazione del terreno.

Il modulo di reazione viene valutato secondo le indicazioni di Bowles (1991), secondo la tipologia del terreno.

$$k_s = 3.671$$

Paratia

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

La paratia PAR_1 utilizza la sezione trasversale SEZ_1. Per la verifica delle tensioni si utilizza la sezione 2.

Sezioni

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

	SEZ_1	SEZ_2	SEZ_3
Tipo	RETTANGOLARE	TUBO CIRCOLARE	RETTANGOLARE
Descrizione	Sezione cls	Sezione tubolare	Sezione 3
Materiale	C.A.	Acciaio	C.A.
Modulo di Young [daN/cm ²]	314472.	2100000.	314472.

Numero di sezioni per metro	2.	2.	1.
Area [cm ²]	1703.	57.73	5000.
Momento d'inerzia Z [cm ⁴]	41159.	2438.	4166667.
Momento d'inerzia Y [cm ⁴]	1419167.	2438.	1041667.
Ferri superiori	nessun ferro	-	4d12
Ferri inferiori	nessun ferro	-	6d12

Tiranti

Segue la descrizione dei tiranti impiegati nel modello.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Quota di applicazione [cm]	-50	-300
Angolo di inclinazione [°]	15	15
Lunghezza libera [cm]	900	900
Lunghezza sigillatura [cm]	700	700
Diametro nominale dei trefoli [cm]	1.13	1.13
Numero di trefoli	2	2
Area resistente [cm ²]	2.01	2.01
Modulo elastico [daN/cm ²]	1950000	1950000
Tensione massima [daN/cm ²]	18600	18600
Tensione ammissibile [daN/cm ²]	18600	18600
Tensione iniziale [daN/cm ²]	4985.67	4985.67
Numero al metro	0.286	0.286
Step di attivazione	3	5
Step di rimozione	-	-

Segue la tabella di tesatura dei tiranti impiegati nel modello.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Step di inserimento	3	5
Tiro iniziale [daN]	10000	10000
Tiro massimo ammesso [daN]	37306.95	37306.95

Carichi nastriformi distribuiti sul terreno

Segue la descrizione dei carichi nastriformi 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.

	CUD_1_1
Quota di applicazione [cm]	0
Distanza dalla paratia [cm]	900
Larghezza [cm]	800
Carico distribuito [daN/cm]	-45
Carico distribuito [daN/cm ²]	-0.45
Tipologia	-
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 intensità definita dalla propria sezione trasversale.

Sisma

Metodo *NTC 08* per il calcolo della forza sismica.

L'azione dovuta al sisma ed applicata alle paratie è calcolata secondo quanto stabilito dal D.M. 14/01/2008. L'azione del sisma è introdotta come carico distribuito. Il sisma è considerato agente sull'intera altezza della paratia. Segue un elenco dei parametri significativi adottati.

Parametro	Valore
Categoria topografica	T1
Categoria suolo	D
fattore di amp. max. F_0	2.535
accel. al sito a_g [m/s^2]	0.6021
spostamento tollerabile u_s [cm]	5
coeff. α	0.6733333333333333
coeff. β	0.475
accel. di picco a_{max} [m/s^2]	1.08378

Segue il valore della forza per ciascuno step di applicazione.

Step	Paratia PAR_1
STEP_1	h: -3637; v: -845
STEP_2	h: -3637; v: -845
STEP_3	h: -3637; v: -845
STEP_4	h: -3637; v: -845
STEP_5	h: -3637; v: -845
STEP_6	h: -3637; v: -845

Step di progetto

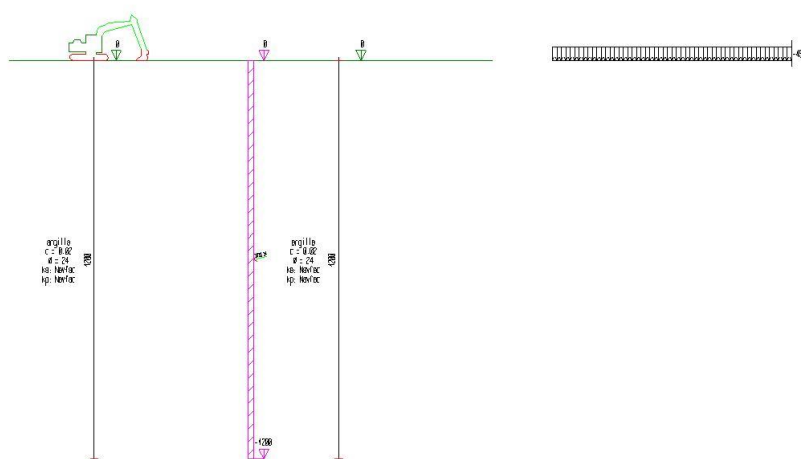
Segue la descrizione dei passi considerati nella definizione del modello per simulare le fasi realizzative dell'opera.

Step 1

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Inserimento carico nastriforme su terreno: CUD_1_1

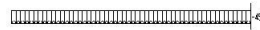
Attivazione sollecitazione sismica.



Step 2

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Scavo portato a quota: -150



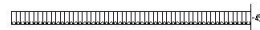
Step 3

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:
Inserimento tirante: TIR_1_1



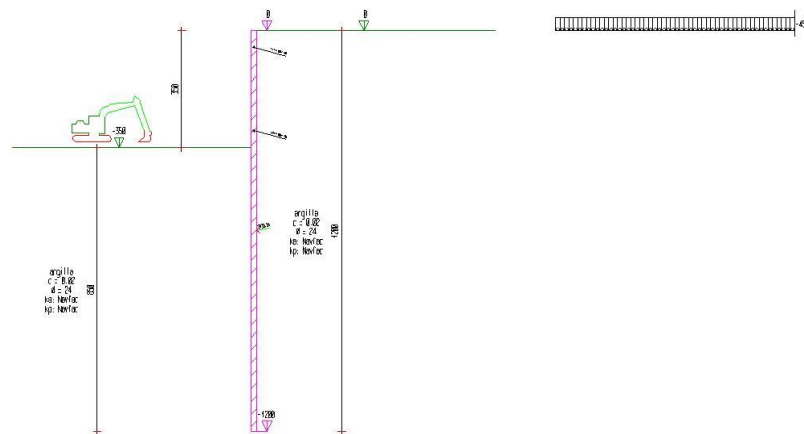
Step 4

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:
Scavo portato a quota: -350



Step 5

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:
Inserimento tirante: TIR_1_2



Step 6

In questo step vengono effettuate le seguenti modifiche al modello:

Scavo portato a quota: -600

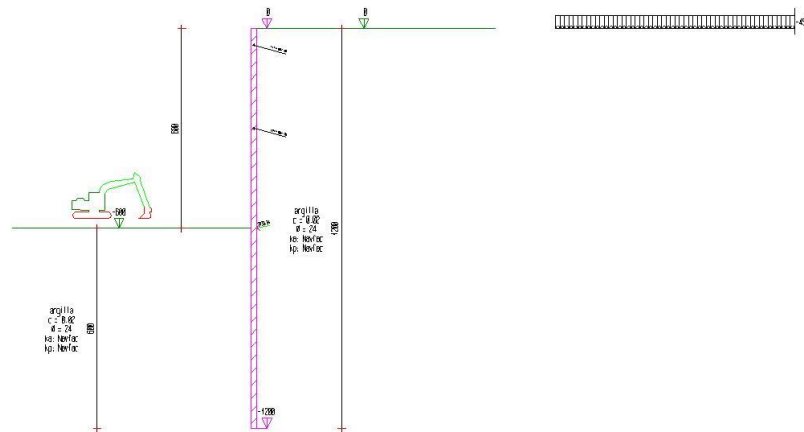


Tabella riassuntiva

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

Step	Quota scavo	Strati		Tiranti	Carichi terreno
1	0	STR_1	STR_1		CUD_1_1
2	-150	STR_1	STR_1		CUD_1_1
3	-150	STR_1	STR_1	TIR_1_1	CUD_1_1
4	-350	STR_1	STR_1	TIR_1_1	CUD_1_1
5	-350	STR_1	STR_1	TIR_1_1 TIR_1_2	CUD_1_1
6	-600	STR_1	STR_1	TIR_1_1 TIR_1_2	CUD_1_1

Risultati

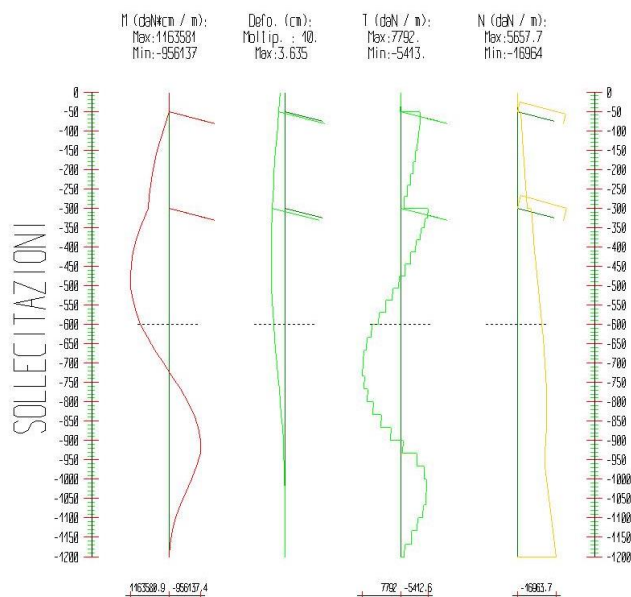
Il calcolo è stato eseguito correttamente per 6 Step.

Singoli Step

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 6

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



Sollecitazioni - Paratia PAR_1					
Progressiva	Spont. x [cm]	Spont. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
-25	-1.4223	-0.01	-947.012	75.8	-230.5
-50	-1.6259	-0.01	-3788.046	151.5	-466.2
-83.3	-1.8965	-0.01	123349.341	-3763.6	-1887.6
-116.7	-2.1619	-0.01	242178.225	-3514.4	-2235.2
-150	-2.417	-0.01	349777.405	-3177.5	-2601
-180	-2.6339	-0.01	434576.881	-2781.2	-2945.9
-210	-2.8358	-0.01	505775.28	-2327.8	-3306
-240	-3.0202	-0.01	561233.36	-1803.1	-3681.1
-270	-3.1851	-0.01	598807.985	-1207	-4071.3
-300	-3.3294	-0.01	616351.892	-539.3	-4476.1
-325	-3.4327	-0.01	750718.695	-5336.8	-6289.3
-350	-3.518	-0.009	868433.774	-4670.7	-6649.2
-381.2	-3.595	-0.009	990294.185	-3852.2	-7113.9
-412.5	-3.6348	-0.009	1081739.241	-2878.9	-7594.6
-443.8	-3.634	-0.009	1140319.452	-1827.2	-8091.8
-475	-3.5904	-0.008	1163580.894	-697	-8605.5
-506.2	-3.5031	-0.008	1149065.57	511.8	-9135.6
-537.5	-3.3727	-0.008	1094311.812	1799.5	-9682.4
-568.8	-3.2013	-0.008	996854.728	3166	-10245.7
-600	-2.9925	-0.007	854226.666	4611.4	-10808
-633.3	-2.7348	-0.007	655356.624	6016.6	-11353.3
-666.7	-2.4492	-0.007	422391.406	7039.5	-11808.8
-700	-2.1456	-0.006	169699.645	7631.3	-12173.9
-733.3	-1.8347	-0.006	-88351.13	7792	-12448.5
-766.7	-1.5275	-0.006	-337393.937	7521.8	-12632.6
-800	-1.2347	-0.005	-563061.818	6820.5	-12726.3
-833.3	-0.9657	-0.005	-750987.388	5688.3	-12729.6
-866.7	-0.7285	-0.004	-886802.4	4125	-12642.3
-900	-0.529	-0.004	-956137.36	2130.6	-12464.6
-933.3	-0.3699	-0.004	-944621.174	-295	-12196.4

-966.7	-0.2506	-0.003	-837880.832	-3151.7	-12201
-1000	-0.167	-0.003	-682787.225	-4602.3	-12672.7
-1033.3	-0.1125	-0.002	-512074.08	-5070.9	-13363.4
-1066.7	-0.0801	-0.002	-346604.793	-4913.6	-14140.3
-1100	-0.0626	-0.001	-201907.352	-4290.4	-14902.7
-1133.3	-0.0541	-0.001	-91977.778	-3247.4	-15615.3
-1166.7	-0.0498	-0.001	-23569.431	-2001.7	-16298.5
-1200	-0.0468	0	0	-656.6	-16963.7

Sollecitazioni - Tirante TIR_1_1					
Progressiva	Spост. x [cm]	Spост. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
123.3	-1.445	-0.01	0	0	4217.8
246.7	-1.265	-0.009	0	0	4217.8
370	-1.084	-0.007	0	0	4217.8
493.3	-0.903	-0.006	0	0	4217.8
616.7	-0.723	-0.004	0	0	4217.8
740	-0.542	-0.003	0	0	4217.8
863.3	-0.361	-0.002	0	0	4217.8
986.7	-0.18	-0.001	0	0	4217.8
1110	0	0	0	0	4217.8

Sollecitazioni - Tirante TIR_1_2					
Progressiva	Spост. x [cm]	Spост. z [cm]	M [daN cm]	T [daN]	N [daN]
123.3	-2.96	-0.009	0	0	5657.7
246.7	-2.59	-0.008	0	0	5657.7
370	-2.22	-0.007	0	0	5657.7
493.3	-1.85	-0.006	0	0	5657.7
616.7	-1.48	-0.004	0	0	5657.7
740	-1.11	-0.003	0	0	5657.7
863.3	-0.74	-0.001	0	0	5657.7
986.7	-0.37	0	0	0	5657.7
1110	0	0	0	0	5657.7

Reazioni vincolari				
Descrizione	Nome	Orizzontale [daN]	Verticale [daN]	Momento [daN cm]
Base Paratia	PAR_1	-	16964.	-

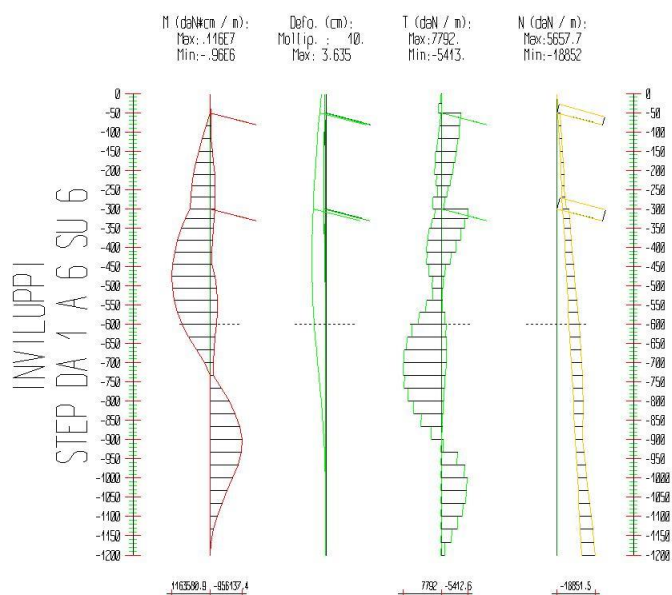
Pressioni nel terreno, Paratia PAR_1												
Quota [cm]	Pres. Monte [daN/cm ²]						Pres. Valle [daN/cm ²]					
z	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ	σ_v	σ_h	u	σ'_v	σ'_h	τ
0	0.011	0	0	0.011	0	0	0	0	0	0	0	0
-25	0.045	0	0	0.045	0	0	0	0	0	0	0	0
-50	0.094	0.02	0	0.094	0.02	-0.004	0	0	0	0	0	0
-83.33	0.15	0.044	0	0.15	0.044	-0.009	0	0	0	0	0	0
-116.67	0.21	0.071	0	0.21	0.071	-0.015	0	0	0	0	0	0
-150	0.269	0.096	0	0.269	0.096	-0.02	0	0	0	0	0	0
-180	0.325	0.121	0	0.325	0.121	-0.025	0	0	0	0	0	0

-210	0.379	0.145	0	0.379	0.145	-0.03	0	0	0	0	0	0
-240	0.433	0.168	0	0.433	0.168	-0.035	0	0	0	0	0	0
-270	0.488	0.192	0	0.488	0.192	-0.04	0	0	0	0	0	0
-300	0.54	0.215	0	0.54	0.215	-0.045	0	0	0	0	0	0
-325	0.588	0.236	0	0.588	0.236	-0.05	0	0	0	0	0	0
-350	0.637	0.257	0	0.637	0.257	-0.054	0	0	0	0	0	0
-381.25	0.691	0.281	0	0.691	0.281	-0.059	0	0	0	0	0	0
-412.5	0.749	0.306	0	0.749	0.306	-0.064	0	0	0	0	0	0
-443.75	0.806	0.331	0	0.806	0.331	-0.07	0	0	0	0	0	0
-475	0.864	0.357	0	0.864	0.357	-0.075	0	0	0	0	0	0
-506.25	0.921	0.382	0	0.921	0.382	-0.08	0	0	0	0	0	0
-537.5	0.979	0.407	0	0.979	0.407	-0.085	0	0	0	0	0	0
-568.75	1.037	0.432	0	1.037	0.432	-0.091	0	0	0	0	0	0
-600	1.095	0.458	0	1.095	0.458	-0.096	0.001	0.054	0	0.001	0.054	0.011
-633.33	1.156	0.485	0	1.156	0.485	-0.102	0.06	0.208	0	0.06	0.208	0.044
-666.67	1.218	0.512	0	1.218	0.512	-0.107	0.12	0.364	0	0.12	0.364	0.076
-700	1.28	0.539	0	1.28	0.539	-0.113	0.18	0.521	0	0.18	0.521	0.109
-733.33	1.342	0.566	0	1.342	0.566	-0.119	0.24	0.677	0	0.24	0.677	0.142
-766.67	1.403	0.593	0	1.403	0.593	-0.124	0.3	0.833	0	0.3	0.833	0.175
-800	1.465	0.62	0	1.465	0.62	-0.13	0.36	0.99	0	0.36	0.99	0.208
-833.33	1.527	0.647	0	1.527	0.647	-0.136	0.42	1.146	0	0.42	1.146	0.241
-866.67	1.589	0.674	0	1.589	0.674	-0.141	0.48	1.302	0	0.48	1.302	0.273
-900	1.65	0.701	0	1.65	0.701	-0.147	0.54	1.459	0	0.54	1.459	0.306
-933.33	1.712	0.728	0	1.712	0.728	-0.153	0.6	1.615	0	0.6	1.615	0.339
-966.67	1.774	0.755	0	1.774	0.755	-0.158	0.66	1.22	0	0.66	1.22	0.154
-1000	1.835	0.782	0	1.835	0.782	-0.164	0.72	0.952	0	0.72	0.952	0.07
-1033.33	1.897	0.808	0	1.897	0.808	-0.17	0.78	0.792	0	0.78	0.792	0.034
-1066.67	1.958	0.868	0	1.958	0.868	-0.164	0.84	0.711	0	0.84	0.711	0.018
-1100	2.02	0.968	0	2.02	0.968	-0.139	0.9	0.686	0	0.9	0.686	0.012
-1133.33	2.081	1.036	0	2.081	1.036	-0.125	0.96	0.693	0	0.96	0.693	0.009
-1166.67	2.142	1.088	0	2.142	1.088	-0.118	1.02	0.715	0	1.02	0.715	0.008
-1200	2.188	1.126	0	2.188	1.126	-0.112	1.065	0.733	0	1.065	0.733	0.007
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	-56909.6	b_h	821.2	R_h	51007	b_h	922.9
R'_h	-56909.6	b'_h	821.2	R'_h	51007	b'_h	922.9
R_u	0	b_u	0	R_u	0	b_u	0
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'involuppo dei risultati ottenuti negli Step considerati.



Inviluppo - Paratia PAR_1						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
z	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
-25.	-3477.	-238.5	47.4	177.	-230.9	-164.9
-50.	-19405	-390.9	44.	675.	-466.6	-280.7
-83.3	-12452	123349	-3764.	310.4	-1888.	-783.1
-116.7	-29424	242178	-3514.	559.7	-2235.	-1107.
-150.	-57626	349777	-3178.	896.6	-2601.	-1434.
-180.	-95048	434577	-2781.	1292.8	-2946.	-1731.
-210.	-.13E6	505775	-2328.	1407.4	-3306.	-1989.
-240.	-.15E6	561233	-1803.	1077.1	-3681.	-2152.
-270.	-.15E6	598808	-1207.	855.7	-4071.	-2382.
-300.	-.14E6	616352	-539.3	1799.1	-4476.	-2702.
-325.	-.12E6	750719	-5337.	1374.5	-6289.	-3009.
-350.	-.1E6	868434	-4671.	2040.6	-6649.	-3337.
-381.2	-76173	990294	-3852.	2693.2	-7114.	-3748.
-412.5	-52212	.108E7	-2879.	3047.1	-7595.	-4063.
-443.8	-50340	.114E7	-1827.	3021.3	-8092.	-4380.
-475.	-.13E6	.116E7	-697.	2616.1	-8606.	-4696.
-506.2	-.19E6	.115E7	-292.4	1909.2	-9136.	-5013.
-537.5	-.21E6	.109E7	-175.7	1799.5	-9682.	-5331.
-568.8	-.2E6	996855	-136.2	3166.	-10246	-5648.
-600.	-.18E6	854227	-619.5	4611.4	-10808	-5966.
-633.3	-.15E6	655357	-872.	6016.6	-11353	-6306.
-666.7	-.11E6	422391	-955.5	7039.5	-11809	-6645.
-700.	-82021	169700	-935.8	7631.3	-12174	-6985.
-733.3	-88351	2644.6	-821.2	7792.	-12449	-7325.
-766.7	-.34E6	1622.6	-639.2	7521.8	-12633	-7665.
-800.	-.56E6	917.7	-445.5	6820.5	-12726	-8006.
-833.3	-.75E6	379.9	-274.4	5688.3	-12730	-8346.
-866.7	-.89E6	3464.4	-140.2	4125.	-12642	-8687.

-900.	-.96E6	6263.1	-41.1	2130.6	-12558	-9028.
-933.3	-.94E6	6861.4	-295.	53.9	-13229	-9369.
-966.7	-.84E6	6185.2	-3152.	70.8	-13909	-9710.
-1000.	-.68E6	4914.	-4602.	88.6	-14598	-10051
-1033.	-.51E6	3501.8	-5071.	92.9	-15294	-10392
-1067.	-.35E6	2220.	-4914.	89.	-15996	-10734
-1100.	-.2E6	1213.4	-4290.	80.9	-16703	-11075
-1133.	-91978	518.	-3247.	71.5	-17416	-11417
-1167.	-23569	121.6	-2002.	62.4	-18132	-11758
-1200.	0.	0.	-656.6	54.2	-18852	-12100

Inviluppo - Tirante TIR_1_2						
Progressiva	M [daN cm]		T [daN]		N [daN]	
z	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
123.3	0.	0.	0.	0.	2860.	5657.7
246.7	0.	0.	0.	0.	2860.	5657.7
370.	0.	0.	0.	0.	2860.	5657.7
493.3	0.	0.	0.	0.	2860.	5657.7
616.7	0.	0.	0.	0.	2860.	5657.7
740.	0.	0.	0.	0.	2860.	5657.7
863.3	0.	0.	0.	0.	2860.	5657.7
986.7	0.	0.	0.	0.	2860.	5657.7
1110.	0.	0.	0.	0.	2860.	5657.7

Verifiche

Il calcolo è stato eseguito correttamente per 6 Step.

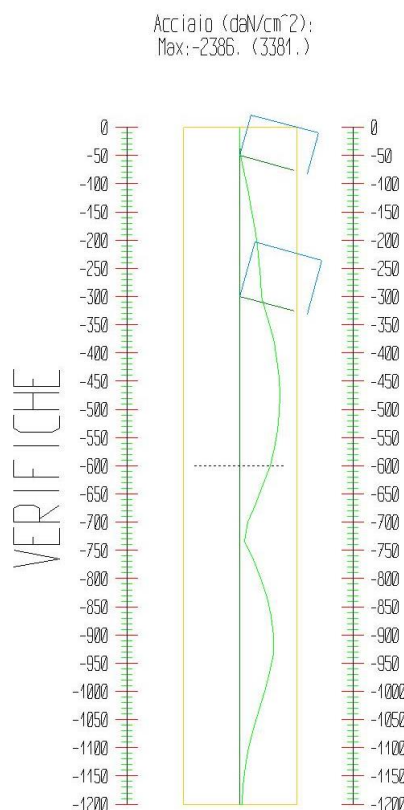
Verifiche delle sezioni

Le verifiche tensionali vengono eseguite col metodo degli stati limite. Le sezioni degli elementi strutturali sono verificate a pressoflessione retta, sollecitate dai valori di momento flettente e sforzo normale derivanti dal calcolo.

Segue la descrizione dei risultati ottenuti nell'ultimo Step.

Step 6

In questo Step si hanno i seguenti valori di tensione:



Tensioni - Paratia PAR_1 - Porzione 1 (acciaio:3380.95)							
σ max = max tens. di compressione, σ max2 = max tens. di trazione, ε max = max defo. di compressione, ε max2 = max defo. di trazione.							
Progressiva	M [daN cm]	N [daN]	σ _{max} [daN/cm ²]	σ _{max2} [daN/cm ²]	ε _{max} [%]	ε _{max2} [%]	Verifica
-25	-473.5	-115.2	-3.9	-0.1	0	0	Soddisfatta
-50	-1894	-233.1	-11.6	3.5	0	0	Soddisfatta
-83.3	61674.7	-943.8	-261.3	228.6	-0.01	0.01	Soddisfatta
-116.7	121089.1	-1117.6	-500.4	461.6	-0.02	0.02	Soddisfatta
-150	174888.7	-1300.5	-717.2	672.2	-0.03	0.03	Soddisfatta
-180	217288.4	-1473	-888.6	837.6	-0.04	0.04	Soddisfatta
-210	252887.6	-1653	-1033.2	975.9	-0.05	0.05	Soddisfatta
-240	280616.7	-1840.6	-1146.6	1082.8	-0.05	0.05	Soddisfatta
-270	299404	-2035.6	-1224.6	1154.1	-0.06	0.05	Soddisfatta
-300	308175.9	-2238	-1262.9	1185.4	-0.06	0.06	Soddisfatta
-325	375359.3	-3144.6	-1545.5	1436.6	-0.07	0.07	Soddisfatta
-350	434216.9	-3324.6	-1782.4	1667.3	-0.08	0.08	Soddisfatta
-381.2	495147.1	-3556.9	-2028.5	1905.3	-0.1	0.09	Soddisfatta
-412.5	540869.6	-3797.3	-2214.3	2082.7	-0.11	0.1	Soddisfatta
-443.8	570159.7	-4045.9	-2334.9	2194.8	-0.11	0.1	Soddisfatta
-475	581790.4	-4302.7	-2385.6	2236.5	-0.11	0.11	Soddisfatta
-506.2	574532.8	-4567.8	-2361.3	2203.1	-0.11	0.1	Soddisfatta
-537.5	547155.9	-4841.2	-2257.3	2089.6	-0.11	0.1	Soddisfatta
-568.8	498427.4	-5122.8	-2068.6	1891.2	-0.1	0.09	Soddisfatta
-600	427113.3	-5404	-1790.2	1603	-0.09	0.08	Soddisfatta
-633.3	327678.3	-5676.6	-1400	1203.3	-0.07	0.06	Soddisfatta

-666.7	211195.7	-5904.4	-941.2	736.7	-0.04	0.04	Soddisfatta
-700	84849.8	-6086.9	-442.5	231.6	-0.02	0.01	Soddisfatta
-733.3	-44175.6	-6224.2	-283.3	67.7	-0.01	0	Soddisfatta
-766.7	-168697	-6316.3	-779.5	560.7	-0.04	0.03	Soddisfatta
-800	-281530.9	-6363.2	-1228.5	1008.1	-0.06	0.05	Soddisfatta
-833.3	-375493.7	-6364.8	-1601.8	1381.3	-0.08	0.07	Soddisfatta
-866.7	-443401.2	-6321.2	-1870.8	1651.8	-0.09	0.08	Soddisfatta
-900	-478068.7	-6232.3	-2007	1791.1	-0.1	0.09	Soddisfatta
-933.3	-472310.6	-6098.2	-1981.8	1770.5	-0.09	0.08	Soddisfatta
-966.7	-418940.4	-6100.5	-1769.8	1558.5	-0.08	0.07	Soddisfatta
-1000	-341393.6	-6336.4	-1465.9	1246.4	-0.07	0.06	Soddisfatta
-1033.3	-256037	-6681.7	-1132.8	901.3	-0.05	0.04	Soddisfatta
-1066.7	-173302.4	-7070.1	-810.9	565.9	-0.04	0.03	Soddisfatta
-1100	-100953.7	-7451.3	-530.1	272	-0.03	0.01	Soddisfatta
-1133.3	-45988.9	-7807.7	-317.9	47.4	-0.02	0	Soddisfatta
-1166.7	-11784.7	-8149.3	-188	-94.3	-0.01	0	Soddisfatta
-1200	0	-8481.8	-146.9	-146.9	-0.01	-0.01	Soddisfatta

Tensioni - TIR_1_1 (tirante:18600)		
Progressiva	Tensioni	Verifica
123.3	7352.6	Soddisfatta
246.7	7352.6	Soddisfatta
370	7352.6	Soddisfatta
493.3	7352.6	Soddisfatta
616.7	7352.6	Soddisfatta
740	7352.6	Soddisfatta
863.3	7352.6	Soddisfatta
986.7	7352.6	Soddisfatta
1110	7352.6	Soddisfatta

Tensioni - TIR_1_2 (tirante:18600)		
Progressiva	Tensioni	Verifica
123.3	9862.7	Soddisfatta
246.7	9862.7	Soddisfatta
370	9862.7	Soddisfatta
493.3	9862.7	Soddisfatta
616.7	9862.7	Soddisfatta
740	9862.7	Soddisfatta
863.3	9862.7	Soddisfatta
986.7	9862.7	Soddisfatta
1110	9862.7	Soddisfatta

Storia di carico dei tiranti

Segue la tabella del tiro massimo in ogni step per i tiranti definiti.

	TIR_1_1 (37307[daN])	TIR_1_2 (37307[daN])
Step 1	-	-
Step 2	-	-
Step 3	10000	-

Step 4	10399	-
Step 5	10407	10000
Step 6	14747	19782

Verifica dell'ancoraggio dei tiranti

La verifica della lunghezza del bulbo di ancoraggio viene eseguita secondo il metodo proposto e discusso da Bustamante e Doix (1985), per il quale si adotta l'espressione:

$$T_L = \pi D_s L_s q_s$$

dove T_L è la trazione limite del tirante o del micropalo isolato, D_s è il diametro medio del bulbo della sigillatura, L_s è la lunghezza del tratto sigillato, e q_s è l'attrito laterale unitario limite lungo la superficie laterale del bulbo.

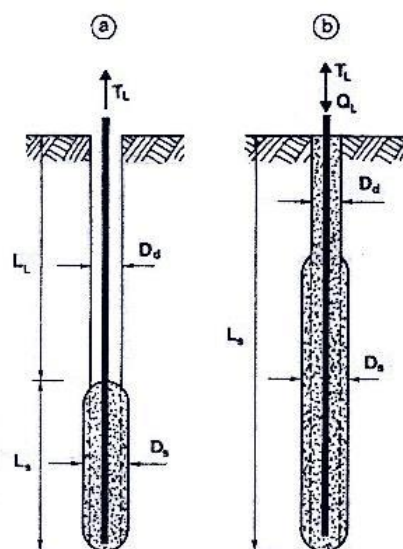
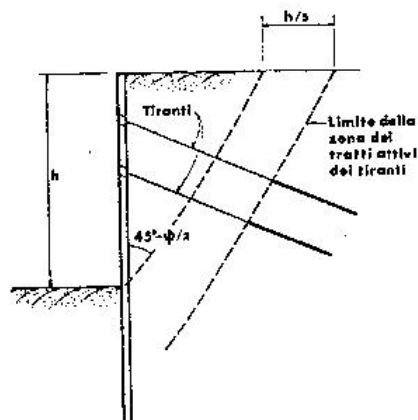


Fig35 Rappresentazione schematica di un tirante(a) e di un micropalo (b)

Il valore del diametro del bulbo di ancoraggio D_s viene valutato in funzione del diametro di perforazione D_d e della natura del terreno, con la relazione $D_s = \alpha D_d$, in cui il coefficiente di maggiorazione dipende dal metodo di iniezione (IRS o IGU) oltre che dalla natura del terreno, e viene quantificato per mezzo di apposite tabelle. Le stesse forniscono anche il quantitativo minimo di malta V_i che è consigliato immettere nel tratto L_s . Il valore di q_s dipende dal metodo di iniezione (IRS o IGU) e dalla natura del terreno, e viene quantificato con appositi abachi. La verifica viene effettuata considerando un fattore di sicurezza η che dipende dalla tipologia strutturale (tirante o micropalo) e dalla durata di utilizzo (provvisorio o permanente).

La lunghezza libera di un tirante deve essere sufficiente per garantire che il volume di suolo raccolto nell'intorno dell'elemento e ad esso strettamente associato nel tratto della sigillatura non corra alcun rischio di rottura d'insieme.



In quest'ottica si valuterà che tale lunghezza sia sufficiente a portare le fondazioni oltre il cuneo di spinta, con un ulteriore franco di sicurezza pari ad un terzo dell'altezza di scavo.

Segue la descrizione dei dati relativi all'ancoraggio.

	SVA_1
Suolo	Sabbia media
Iniezione	IGU
Tipologia	Tirante
Durata	Provvisorio
η	1.8
D_d [cm]	15
α	1.2
N_{SPT}	40
usa l_{eff}	no
φ l_{lib}	30
sisma l_{lib}	no

Segue la verifica della lunghezza sigillata e della lunghezza libera per i tiranti definiti.

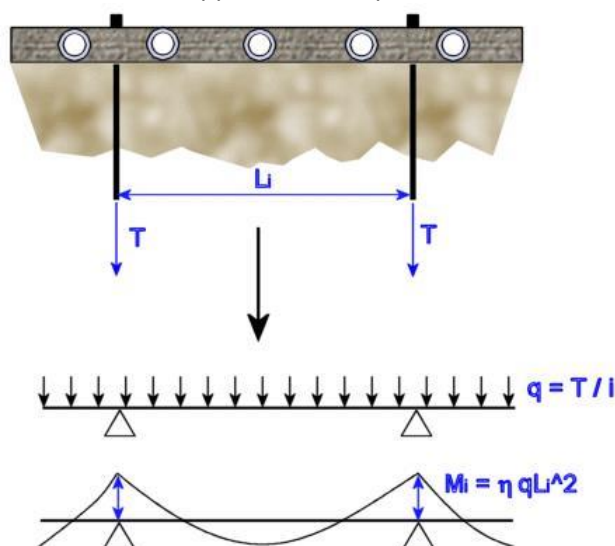
	TIR_1_1	TIR_1_2
Tiro max. [daN]	14747.4	19782.2
Step	STEP_6	STEP_6
Dati	SVA_1	SVA_1
D_s	18	18
q_s [daN/cm ²]	1.897	1.897
$V_{i,min}$ [cm ³]	52487	70406
L_{sig} [cm]	700	700
$L_{sig,min}$ [cm]	272.3	365.2
η_{eff}	5.1	3.8
$L_{sig} > L_{sig,min}$?	Si	Si

	TIR_1_1	TIR_1_2
Dati	SVA_1	SVA_1
L_{lib} [cm]	900	900
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_3)	96.6	-
$L_{lib} > L_{lib,min}$? (STEP_3)	Si	-
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_4)	259.9	-
$L_{lib} > L_{lib,min}$? (STEP_4)	Si	-

$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_5)	259.9	130.5
$L_{lib} > L_{lib,min}$? (STEP_5)	Si	Si
$L_{lib,min}$ [cm] (STEP_6)	464	334.6
$L_{lib} > L_{lib,min}$? (STEP_6)	Si	Si

Verifica delle travi di collegamento

La verifica delle travi di collegamento fra i tiranti viene eseguita con il modello di trave continua sollecitata da un carico uniformemente distribuito. Gli appoggi intermedi sono posti ad una distanza pari all'interasse fra i tiranti, e l'entità del carico distribuito viene valutata come rapporto fra il tiro massimo e tale distanza. Si utilizza per la verifica la sola componente orizzontale del tiro, mentre quella verticale si assume sia sopportata dalla paratia.



Il valore del momento di verifica viene valutato con la formula $M_i = \eta q L_i^2$, in cui η assume il valore di 1/12.

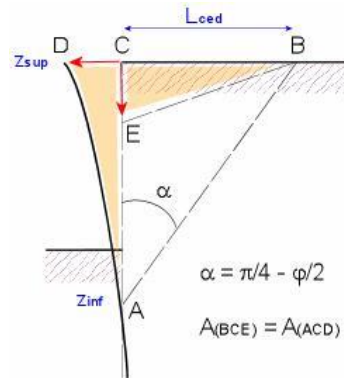
Segue la verifica per i tiranti definiti.

	TIR_1_1	TIR_1_2
Sezione	SEZ_3	-
N° sez. accoppiate	1	-
Tiro max. [daN]	14244.9	19108.1
Step	STEP_6	STEP_6
Interasse L_i [cm]	349.7	349.7
Carico distribuito q [daN/cm]	40.7	-
Momento M_i [daN cm]	415061.22	-
Tens. max. [daN/cm ²]	Cls: -14.42, barre: 1139.29	-
Defo. max. [%]	Cls: -0.01, barre: 0.05	-
Verifica	Si	-

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 tutti gli Step (Da Step 1 a Step 6).

Paratia PAR_1 Step 1		
$Z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $Z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0
50	50	0
100	100	0
150	150	0
200	200	0
250	250	0
300	300	0
350	350	0
400	400	0
450	450	0
500	500	0
550	550	0
600	600	0
650	650	0
700	700	0
750	750	0
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 2		
$Z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $Z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.05
50	50	0.05
100	100	0.04
150	150	0.04
200	200	0.04
250	250	0.03
300	300	0.03
350	350	0.03
400	400	0.03
450	450	0.02
500	500	0.02
550	550	0.02

600	600	0.01
650	650	0.01
700	700	0.01
750	750	0
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 3		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.04
50	50	0.04
100	100	0.04
150	150	0.04
200	200	0.03
250	250	0.03
300	300	0.03
350	350	0.03
400	400	0.02
450	450	0.02
500	500	0.02
550	550	0.01
600	600	0.01
650	650	0.01
700	700	0.01
750	750	0
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 4		
$z_{sup} = 0[\text{cm}]$ $z_{inf} = -1200[\text{cm}]$ $L_{ced} = 809.4[\text{cm}]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.15
50	50	0.14
100	100	0.14
150	150	0.13
200	200	0.12
250	250	0.11
300	300	0.1
350	350	0.09
400	400	0.08
450	450	0.07
500	500	0.06
550	550	0.05
600	600	0.04
650	650	0.03
700	700	0.02
750	750	0.01

800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 5		
$z_{sup} = 0[cm]$ $z_{inf} = -1200[cm]$ $L_{ced} = 809.4[cm]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	0.15
50	50	0.14
100	100	0.13
150	150	0.12
200	200	0.11
250	250	0.1
300	300	0.09
350	350	0.09
400	400	0.08
450	450	0.07
500	500	0.06
550	550	0.05
600	600	0.04
650	650	0.03
700	700	0.02
750	750	0.01
800	800	0
809.4	809.4	0

Paratia PAR_1 Step 6		
$z_{sup} = 0[cm]$ $z_{inf} = -1200[cm]$ $L_{ced} = 809.4[cm]$		
Distanza [cm]	Coord. x [cm]	Cedim. dz [cm]
0	0	1.43
50	50	1.34
100	100	1.25
150	150	1.16
200	200	1.07
250	250	0.99
300	300	0.9
350	350	0.81
400	400	0.72
450	450	0.63
500	500	0.55
550	550	0.46
600	600	0.37
650	650	0.28
700	700	0.19
750	750	0.1
800	800	0.02
809.4	809.4	0