

PROVINCIA DI MATERA

INTERVENTO DI SISTEMAZIONE FRANE AL KM
139,200 DELLA S.P. EX S.S. 103 E AL KM 0,800
DELLA S.P. 79 STIGLIANO-GANNANO

PROGETTO UNIFICATO (DEFINITIVO/ESECUTIVO)

Data:	GIUGNO 2022	1° AGGIORNAMENTO:	2° AGGIORNAMENTO:
Codice elaborato	4.3	Scala	
PROGETTO DELLE STRUTTURE			
RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA TIRANTATA			
S.P. EX S.S. 103 KM 139,200			

Il Progettista

Ing. Francesco DURSO



Il Responsabile del Procedimento

Ing. Ignazio OLIVERI

RELAZIONE DI CALCOLO

La presente relazione assume la finalità di illustrare le scelte tecniche e progettuali assunte per la predisposizione del calcolo strutturale della paratia tirantata di pali trivellati di "grande diametro" ubicata a monte della strada provinciale ex SS 103 km 139,200, prevista nell'ambito del progetto definitivo dei lavori di **"Intervento di sistemazione frane al km 139,200 della S.P. ex SS 103 e al km 0,800 della S.P. 79 Stigliano-Gannano"**.

La paratia di pali trivellati di grande diametro, ubicata a monte della strada provinciale ex SS 103 km 139,200, si articola in sette conci elementari, identificati da 1 a 7 e dotati di giunto tecnico planimetrico con cordolo di raccordo della testa dei pali e vincolata, alla pendice, con tiranti di ancoraggio di tipo attivo, e caratterizzata geometricamente nel modo seguente:

- lunghezza dei conci 1, 2, 3, 4, 5, 6, e 7 pari a 12,00 ml;
- larghezza del cordolo di testata pari a 3,60 ml;
- altezza dei cordoli di testata pari a 1,40 ml;
- diametro dei pali pari a \varnothing 1000 mm;
- disposizione dei pali su due file ad interasse di 2,50 ml;
- interasse tra le file di 2,10 ml
- lunghezza dei pali pari a 22,10 ml;
- diametro dei tiranti attivi pari a \varnothing 180 mm;
- disposizione dei tiranti su un'unica fila con interasse pari a 1,25 ml;
- lunghezza dei tiranti attivi pari a 25,00 ml;
- inclinazione dei tiranti rispetto all'orizzontale pari a 20,00°.

Il calcolo di seguito riportato è riferito alla sezione più gravosa.

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 16 Gennaio 1996 Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

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

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

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

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

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

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

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

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

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

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

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

si può agire con tre modalità:

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

Calcolo delle spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

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

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

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

Spinta in presenza di sisma

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

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

$$F_i = W \cdot C$$

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

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/2 dell'altezza della parete stessa (diagramma rettangolare).

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.

I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari.

La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano N lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, c_s l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, D ed L_f il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed H la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f (\gamma H K_s \tan \delta + c_s)$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi D (\gamma H K_s \tan \delta + c_s)}$$

K_s rappresenta il coefficiente di spinta

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{co} \omega}$$

dove d è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{co} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli ($\omega = 1 - 0.075 [n \text{ trefoli} - 1]$).

Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo.

Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di L_f si deve aggiungere la lunghezza di franco L che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione β , che rappresenta il rapporto fra lo sforzo N_0 al momento del tiro e lo sforzo N in esercizio

$$\beta = \frac{N_0}{N}$$

Analisi ad elementi finiti

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

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

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

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) l'area equivalente della molla sarà $A_m=m*b$. Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

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

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riasssemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riasssemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*). Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti, la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzata. Inoltre, dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

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

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

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

Le modalità di analisi sono più complicate nel caso di tiranti attivi in quanto è importante conoscere la modalità di tiro: infatti il tirante può essere tesato prima dello scavo, oppure tesato alla fine della corrispondente fase di scavo, oppure al termine di tutto lo scavo. Nella fase in cui il tirante è tesato verrà inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente. Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.

Nel caso di tiranti attivi, inoltre, è analizzata una fase ulteriore (a lungo termine) nella quale il tiro iniziale è depurato delle cadute di tensione.

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

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

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

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

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + (W_i \cos \alpha_i - u_i l_i) \tan \phi_i \right]}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i / \cos \alpha_i$).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato ed è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito ϕ e la coesione c . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_L = Q_p + Q_a - W_p$$

dove:

Q_T	portanza totale del palo
Q_p	portanza di base del palo
Q_L	portanza per attrito laterale del palo
W_p	peso proprio del palo

e le due componenti Q_p e Q_a sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta η_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale η_l .

Palo compresso:

$$Q_A = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_a}{\eta_l} - W_p$$

Palo teso:

$$Q_A = \frac{Q_a}{\eta_l} - W_p$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_p = A_p \left(c N'_c + q N'_q + \frac{1}{2} B \gamma N'_\gamma \right)$$

dove:

A_p	è l'area portante efficace della punta del palo
c	è la coesione
q	è la pressione geostatica alla quota della punta del palo
γ	è il peso specifico del terreno
D	è il diametro del palo

N'_c N'_q N'_γ sono i coefficienti di capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità.

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_l = \int_0^L \tau_a dS$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \alpha_z \tan \delta$$

dove:

c_a è l'adesione palo-terreno

δ è l'angolo di attrito palo-terreno

γ è il peso specifico del terreno

z è la generica quota a partire dalla testa del palo

L è la lunghezza del palo

P è il perimetro del palo

K_s è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

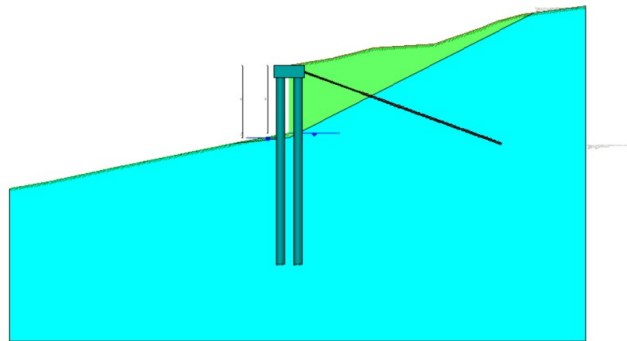
Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	8,00	[m]
Profondità di infissione	15,50	[m]
Altezza totale della paratia	23,50	[m]
Lunghezza paratia	12,00	[m]

Numero di file di pali	2	
Interasse fra le file di pali	2,10	[m]
Interasse fra i pali della fila	2,50	[m]
Diametro dei pali	100,00	[cm]
Numero totale di pali	9	
Numero di pali per metro lineare	0.75	



Geometria cordoli

Simbologia adottata

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

Cordoli in calcestruzzo

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

Cordoli in acciaio

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

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm^3]
1	0,00	Calcestruzzo	360,00	140,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	5,00	0,84	9.54
3	8,50	1,70	13.80
4	10,00	2,03	12.41
5	17,03	2,52	3.99
6	22,58	4,38	18.53
7	24,50	5,25	24.38
8	27,50	6,01	14.22
9	34,97	7,00	7.55

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-33,00	-14,50	0.00
2	-28,50	-13,75	9.54
3	-20,00	-11,92	13.80
4	-5,50	-9,00	12.41
5	0,00	-8,00	3.99

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm ²]
ca	adesione terreno/paratia espressa in [kg/cm ²]
Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
τ_1	tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cm ²]
I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti	

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm ²]	ca [kg/cm ²]	Cesp	τ_1 [kg/cm ²]	
1	Terreni di natura limoso sabbiose con diffuso ciottolame	1800,0	2200,0	16,00	10,60	0,000	0,000	1,00	0,000	CAR
				16,00	10,60	0,000	0,000		0,000	MIN
				16,00	10,60	0,000	0,000		0,000	MED
2	Arenarie a grane medie e grossolane alternate a marne siltose	1900,0	2000,0	28,00	18,66	0,600	0,300	1,00	0,000	CAR
				28,00	18,66	0,600	0,300		0,000	MIN
				28,00	18,66	0,600	0,300		0,000	MED

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

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

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw _M [kg/cm ² /cm]	Kw _V [kg/cm ² /cm]	Terreno M	Terreno V
1	8,50	27,00	6,00	0,61	0,61	Terreni di natura limoso sabbiose con diffuso ciottolame	Terreni di natura limoso sabbiose con diffuso ciottolame
2	24,00	0,00	0,00	7,93	7,93	Arenarie a grane medie e grossolane alternate a marne siltose	Arenarie a grane medie e grossolane alternate a marne siltose

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	8,00	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	8,50	[m]
Regime delle pressioni neutre:	Idrostatico	

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante attivo (trefoli)

Calcolo tiranti:	VERIFICA	
Diametro della perforazione	18,00	[cm]
Coeff. di espansione laterale	1,00	
Malta utilizzata per i tiranti		
Classe di Resistenza	C25/30	
Resistenza caratteristica a compressione R _{ck}	306	[kg/cm ²]
Acciaio utilizzato per i tiranti		
Tipo	Precomp	
Tensione di snervamento f _{yk}	16000	[kg/cm ²]
Tiranti attivi armati con trefoli		
Area del singolo trefolo:	0,93	[cm ²]
Numero di trefoli del tirante:	5	
Coefficiente cadute di tensione:	1,30	
Coeff. correttivo α :	SI	

I parametri di interazione tiranti-terreno sono stati definiti come percentuale di angolo di attrito e coesione dello strato:

- Aliquota angolo di attrito	100,00	[%]
- Aliquota coesione	50,00	[%]
Coefficiente di spinta	Spinta a riposo	
Tensione limite resistenza malta	Tensione tangenziale aderenza acciaio-cls f _{bd} = 19,17	[kg/cm ²]

Descrizione tiranti di ancoraggio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
Tipologia	Descrizione tipologia tirante
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia

I	interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
f	franco laterale espressa in [m]
alfa	inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
ALL	allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr	numero di tiranti della fila
Lt	lunghezza totale del tirante espressa in [m]
Lf	lunghezza di fondazione del tirante espressa in [m]
T	tiro iniziale espresso in [kg]

n°	Tipo	Y [m]	I [m]	f [m]	Alfa [°]	ALL	nr	Lt [m]	Lf [m]	T [kg]
1	Tirante attivo (trefoili)	0,70	1,25	0,20	20.00	Centrati	9	25,00	18,00	10000,00

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

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

Descrizione	γ_{cls} [kg/mc]	Classe cls	Rck [kg/cm ²]	E [kg/cm ²]	Acciaio	n
Paratia	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	357	332300	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Combinazioni di carico

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

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

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	

Combinazione n° 2 - SLV - STR (A1-M1-R3)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

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

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 4 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 5 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 6 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 7 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 8 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Impostazioni di progettoSpinte e verifiche secondo: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)****Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

TIRANTI DI ANCORAGGIOCoefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti**Resistenza****R3**

Laterale

 γ_{st}

1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate

1

 $\xi_3=1,80$ $\xi_4=1,80$ Verifica materiali: Stato Limite***Impostazioni verifiche SLU***Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo

1.50

Coefficiente di sicurezza acciaio

1.15

Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica

0.83

Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo

0.85

Coefficiente di sicurezza per la sezione

1.00

Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rd1} = 0.9d \frac{A_{sw}}{s} f_{yk} (\cot\alpha + \cot\theta) \tan\alpha$$

$$V_{Rd1} = 0.9db_w\alpha_c v f_{cd} \frac{\cot\alpha + \cot\theta}{1 + \cot^2\theta}$$

con:

d

altezza utile sezione [mm]

 b_w

larghezza minima sezione [mm]

 A_{sw}

area armatura trasversale [mmq]

s

interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]

 α_c coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp} σ_{cp}

tensione media di compressione [N/mmq]

 $v=0.5$ ***Impostazioni verifiche SLE***

Condizioni ambientali

Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica a fessurazione

Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20$ $w_2 = 0.30$ $w_3 = 0.40$
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - C4.1.2.2.4.5
Calcolo momento fessurazione	Apertura
Resistenza a trazione per	Flessione

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$
	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ - $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$ - $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Impostazioni di analisi**Analisi per Combinazioni di Carico.**Rottura del terreno:

Pressione passiva

Applicata diminuzione quota valle secondo NTC2018 - par 6.5.2.2

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

Stabilità globale:

Metodo:	Metodo di Fellenius
Maglia dei centri	Passo maglia Automatica
Resistenza a taglio paratia	V_{Rd}

Impostazioni analisi sismica**Identificazione del sito**

Latitudine	40.403520
Longitudine	16.227730
Comune	Stigliano
Provincia	Matera
Regione	Basilicata

Punti di interpolazione del reticolo 35007 - 34785 - 34784 - 35006

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	75 anni

Combinazioni/Fase

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $[m/s^2]$	1.398	0.631
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.583	2.465
Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione T_c^* [sec]	0.433	0.337
Coefficiente di amplificazione topografica (S_t)	1.200	1.200
Tipo di sottosuolo	E	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.595	1.600
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Per la determinazione del coeff. α è stato considerato un sottosuolo di tipo Definito manualmente		
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.118	0.118
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.499	0.499
Prodotto $\alpha \beta$	0.499 > 0.2	0.499 > 0.2
Coefficiente di intensità sismica [%]	13.602	6.157
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	
Coefficiente di riduzione (β_s)	0.380	0.470
Coefficiente di intensità sismica nella verifica di stabilità [%]	10.367	5.804

Inerzia massa strutturale **Non considerata**

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico: Triangolare con vertice in alto.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 160 elementi fuori terra e 310 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

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

Altezza fuori terra della paratia	8,00	[m]
Profondità di infissione	15,50	[m]
Altezza totale della paratia	23,50	[m]

Analisi della spinta

Pressioni terreno

Simbologia adottata

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

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

Le pressioni sono tutte espresse in [kg/mq]

σ_{am}	sigma attiva da monte
σ_{av}	sigma attiva da valle
σ_{pm}	sigma passiva da monte
σ_{pv}	sigma passiva da valle
δ_a	inclinazione spinta attiva espressa in [°]
δ_p	inclinazione spinta passiva espressa in [°]

Combinazione n° 1 - SLU - STR

n°	Y [m]	σ_{am} [kg/mq]	σ_{av} [kg/mq]	σ_{pm} [kg/mq]	σ_{pv} [kg/mq]	δ_a [°]	δ_p [°]
1	0,00	0	0	0	0	10.60	0.00
11	1,00	1459	0	5073	0	10.60	0.00
21	2,00	2917	0	10145	0	10.60	0.00
31	3,00	4376	0	15218	0	10.60	0.00
41	4,00	6131	0	20290	0	10.60	0.00
51	5,00	7709	0	25661	0	10.60	0.00
61	6,00	9110	0	31173	0	10.60	0.00
71	7,00	10475	0	36700	0	10.60	0.00
81	8,00	11806	0	42136	0	10.60	0.00
91	8,80	0	0	156633	20190	18.66	0.00
101	9,80	0	0	160766	22887	18.66	0.00
111	10,80	0	0	164450	26088	18.66	0.00
121	11,80	0	0	168675	29402	18.66	0.00
131	12,80	0	0	172221	30115	18.66	0.00
141	13,80	502	0	174096	33276	18.66	0.00
151	14,80	1128	0	179900	36436	18.66	0.00
161	15,80	1732	0	187048	39594	18.66	0.00
171	16,80	2297	0	195587	42750	18.66	0.00
181	17,80	2850	0	205903	45905	18.66	0.00
191	18,80	3414	0	199010	49059	18.66	0.00
201	19,80	3973	0	185790	52212	18.66	0.00
211	20,80	4515	188	191733	54996	18.66	0.00
221	21,80	5058	640	197697	58069	18.66	0.00
231	22,80	5646	1093	203677	61142	18.66	0.00

Combinazione n° 2 - SLV - STR

n°	Y [m]	σ_{am} [kg/mq]	σ_{av} [kg/mq]	σ_{pm} [kg/mq]	σ_{pv} [kg/mq]	δ_a [°]	δ_p [°]
1	0,00	0	0	0	0	10.60	0.00
11	1,00	1778	0	3902	0	10.60	0.00
21	2,00	3556	0	7804	0	10.60	0.00
31	3,00	5335	0	11706	0	10.60	0.00
41	4,00	7341	0	15608	0	10.60	0.00
51	5,00	9210	0	19739	0	10.60	0.00
61	6,00	10945	0	23979	0	10.60	0.00
71	7,00	12651	0	28231	0	10.60	0.00
81	8,00	14327	0	32402	0	10.60	0.00
91	8,80	0	0	131935	19229	18.66	0.00
101	9,80	0	0	134485	20669	18.66	0.00
111	10,80	0	0	136643	22622	18.66	0.00
121	11,80	0	0	139250	24703	18.66	0.00
131	12,80	0	0	141505	24286	18.66	0.00
141	13,80	0	0	142299	26266	18.66	0.00
151	14,80	0	0	145782	28245	18.66	0.00
161	15,80	0	0	150267	30223	18.66	0.00
171	16,80	0	0	156066	32199	18.66	0.00
181	17,80	0	0	163024	34175	18.66	0.00
191	18,80	0	0	169356	36150	18.66	0.00
201	19,80	320	0	140844	38124	18.66	0.00
211	20,80	652	0	144780	39761	18.66	0.00
221	21,80	998	0	148728	41686	18.66	0.00
231	22,80	1344	0	152685	43611	18.66	0.00

Combinazione n° 3 - SLU - GEO

n°	Y [m]	σ_{am} [kg/mq]	σ_{av} [kg/mq]	σ_{om} [kg/mq]	σ_{ov} [kg/mq]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	0	0	0	0	8.51	0.00
11	1,00	1310	0	3434	0	8.51	0.00
21	2,00	2621	0	6867	0	8.51	0.00
31	3,00	4216	0	10301	0	8.51	0.00
41	4,00	5526	0	13734	0	8.51	0.00
51	5,00	6778	0	17224	0	8.51	0.00
61	6,00	7991	0	20910	0	8.51	0.00
71	7,00	9449	0	24610	0	8.51	0.00
81	8,00	11112	0	28280	0	8.51	0.00
91	8,80	0	0	91627	14439	15.12	0.00
101	9,80	0	0	94864	15702	15.12	0.00
111	10,80	0	0	97195	17298	15.12	0.00
121	11,80	0	0	99580	19056	15.12	0.00
131	12,80	0	0	102034	19091	15.12	0.00
141	13,80	340	0	104189	20763	15.12	0.00
151	14,80	833	0	105759	22434	15.12	0.00
161	15,80	1292	0	108638	24104	15.12	0.00
171	16,80	1735	0	112243	25772	15.12	0.00
181	17,80	2167	0	116621	27439	15.12	0.00
191	18,80	2608	0	121143	29105	15.12	0.00
201	19,80	3032	0	126357	30770	15.12	0.00
211	20,80	3470	0	131385	32435	15.12	0.00
221	21,80	3904	0	119523	33846	15.12	0.00
231	22,80	4373	132	120188	35469	15.12	0.00

Combinazione n° 4 - SLV - GEO

n°	Y [m]	σ_{am} [kg/mq]	σ_{av} [kg/mq]	σ_{om} [kg/mq]	σ_{ov} [kg/mq]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	0	0	0	0	10.60	0.00
11	1,00	1967	0	3434	0	10.60	0.00
21	2,00	3933	0	6867	0	10.60	0.00
31	3,00	6184	0	10301	0	10.60	0.00
41	4,00	8150	0	13734	0	10.60	0.00
51	5,00	10059	0	17224	0	10.60	0.00
61	6,00	11928	0	20910	0	10.60	0.00
71	7,00	14042	0	24610	0	10.60	0.00
81	8,00	16361	0	28280	0	10.60	0.00
91	8,80	0	0	91627	14439	18.66	0.00
101	9,80	0	0	94864	15702	18.66	0.00
111	10,80	0	0	97195	17298	18.66	0.00
121	11,80	0	0	99580	19056	18.66	0.00
131	12,80	0	0	102034	19091	18.66	0.00
141	13,80	340	0	104189	20763	18.66	0.00
151	14,80	833	0	105759	22434	18.66	0.00
161	15,80	1292	0	108638	24104	18.66	0.00
171	16,80	1735	0	112243	25772	18.66	0.00
181	17,80	2167	0	116621	27439	18.66	0.00
191	18,80	2608	0	121143	29105	18.66	0.00
201	19,80	3032	0	126357	30770	18.66	0.00
211	20,80	3470	0	131385	32435	18.66	0.00
221	21,80	3904	0	119523	33846	18.66	0.00
231	22,80	4373	132	120188	35469	18.66	0.00

Combinazione n° 5 - SLE - Rara

n°	Y [m]	σ_{am} [kg/mq]	σ_{av} [kg/mq]	σ_{om} [kg/mq]	σ_{ov} [kg/mq]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	0	0	0	0	10.60	0.00
11	1,00	1122	0	3902	0	10.60	0.00
21	2,00	2244	0	7804	0	10.60	0.00
31	3,00	3366	0	11706	0	10.60	0.00
41	4,00	4716	0	15608	0	10.60	0.00
51	5,00	5930	0	19739	0	10.60	0.00
61	6,00	7008	0	23979	0	10.60	0.00
71	7,00	8058	0	28231	0	10.60	0.00
81	8,00	9078	0	32402	0	10.60	0.00
91	8,80	0	0	131935	19229	18.66	0.00
101	9,80	0	0	134485	20669	18.66	0.00
111	10,80	0	0	136643	22622	18.66	0.00
121	11,80	0	0	139250	24703	18.66	0.00
131	12,80	0	0	141505	24286	18.66	0.00
141	13,80	0	0	142299	26266	18.66	0.00
151	14,80	0	0	145782	28245	18.66	0.00
161	15,80	0	0	150267	30223	18.66	0.00
171	16,80	0	0	156066	32199	18.66	0.00
181	17,80	0	0	163024	34175	18.66	0.00
191	18,80	0	0	169356	36150	18.66	0.00
201	19,80	320	0	140844	38124	18.66	0.00
211	20,80	652	0	144780	39761	18.66	0.00
221	21,80	998	0	148728	41686	18.66	0.00
231	22,80	1344	0	152685	43611	18.66	0.00

Combinazione n° 6 - SLE - Frequente

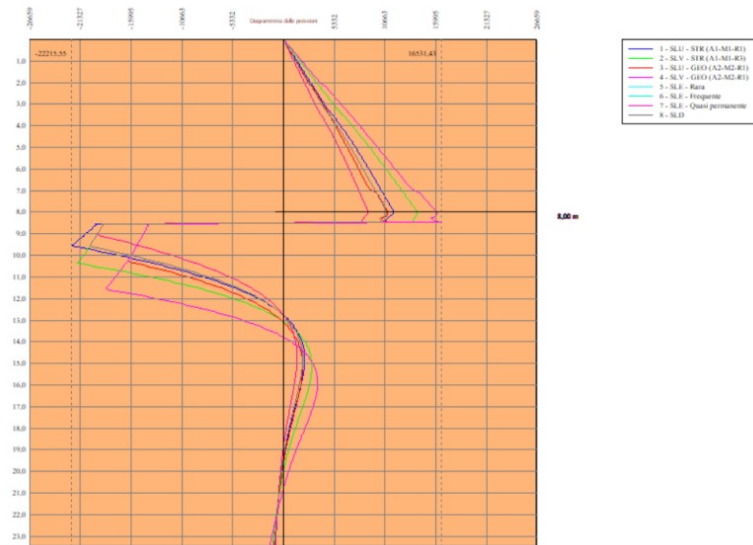
n°	Y [m]	σ_{am} [kg/mq]	σ_{av} [kg/mq]	σ_{om} [kg/mq]	σ_{ov} [kg/mq]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	0	0	0	0	10.60	0.00
11	1,00	1122	0	3902	0	10.60	0.00
21	2,00	2244	0	7804	0	10.60	0.00
31	3,00	3366	0	11706	0	10.60	0.00
41	4,00	4716	0	15608	0	10.60	0.00
51	5,00	5930	0	19739	0	10.60	0.00
61	6,00	7008	0	23979	0	10.60	0.00
71	7,00	8058	0	28231	0	10.60	0.00
81	8,00	9078	0	32402	0	10.60	0.00
91	8,80	0	0	131935	19229	18.66	0.00
101	9,80	0	0	134485	20669	18.66	0.00
111	10,80	0	0	136643	22622	18.66	0.00
121	11,80	0	0	139250	24703	18.66	0.00
131	12,80	0	0	141505	24286	18.66	0.00
141	13,80	0	0	142299	26266	18.66	0.00
151	14,80	0	0	145782	28245	18.66	0.00
161	15,80	0	0	150267	30223	18.66	0.00
171	16,80	0	0	156066	32199	18.66	0.00
181	17,80	0	0	163024	34175	18.66	0.00
191	18,80	0	0	169356	36150	18.66	0.00
201	19,80	320	0	140844	38124	18.66	0.00
211	20,80	652	0	144780	39761	18.66	0.00
221	21,80	998	0	148728	41686	18.66	0.00
231	22,80	1344	0	152685	43611	18.66	0.00

Combinazione n° 7 - SLE - Quasi permanente

n°	Y [m]	σ_{am} [kg/mq]	σ_{av} [kg/mq]	σ_{om} [kg/mq]	σ_{ov} [kg/mq]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	0	0	0	0	10.60	0.00
11	1,00	1122	0	3902	0	10.60	0.00
21	2,00	2244	0	7804	0	10.60	0.00
31	3,00	3366	0	11706	0	10.60	0.00
41	4,00	4716	0	15608	0	10.60	0.00
51	5,00	5930	0	19739	0	10.60	0.00
61	6,00	7008	0	23979	0	10.60	0.00
71	7,00	8058	0	28231	0	10.60	0.00
81	8,00	9078	0	32402	0	10.60	0.00
91	8,80	0	0	131935	19229	18.66	0.00
101	9,80	0	0	134485	20669	18.66	0.00
111	10,80	0	0	136643	22622	18.66	0.00
121	11,80	0	0	139250	24703	18.66	0.00
131	12,80	0	0	141505	24286	18.66	0.00
141	13,80	0	0	142299	26266	18.66	0.00
151	14,80	0	0	145782	28245	18.66	0.00
161	15,80	0	0	150267	30223	18.66	0.00
171	16,80	0	0	156066	32199	18.66	0.00
181	17,80	0	0	163024	34175	18.66	0.00
191	18,80	0	0	169356	36150	18.66	0.00
201	19,80	320	0	140844	38124	18.66	0.00
211	20,80	652	0	144780	39761	18.66	0.00
221	21,80	998	0	148728	41686	18.66	0.00
231	22,80	1344	0	152685	43611	18.66	0.00

Combinazione n° 8 - SLD

n°	Y [m]	σ_{am} [kg/mq]	σ_{av} [kg/mq]	σ_{om} [kg/mq]	σ_{ov} [kg/mq]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	0	0	0	0	10.60	0.00
11	1,00	1371	0	3902	0	10.60	0.00
21	2,00	2741	0	7804	0	10.60	0.00
31	3,00	4112	0	11706	0	10.60	0.00
41	4,00	5710	0	15608	0	10.60	0.00
51	5,00	7172	0	19739	0	10.60	0.00
61	6,00	8499	0	23979	0	10.60	0.00
71	7,00	9798	0	28231	0	10.60	0.00
81	8,00	11067	0	32402	0	10.60	0.00
91	8,80	0	0	131935	19229	18.66	0.00
101	9,80	0	0	134485	20669	18.66	0.00
111	10,80	0	0	136643	22622	18.66	0.00
121	11,80	0	0	139250	24703	18.66	0.00
131	12,80	0	0	141505	24286	18.66	0.00
141	13,80	0	0	142299	26266	18.66	0.00
151	14,80	0	0	145782	28245	18.66	0.00
161	15,80	0	0	150267	30223	18.66	0.00
171	16,80	0	0	156066	32199	18.66	0.00
181	17,80	0	0	163024	34175	18.66	0.00
191	18,80	0	0	169356	36150	18.66	0.00
201	19,80	320	0	140844	38124	18.66	0.00
211	20,80	652	0	144780	39761	18.66	0.00
221	21,80	998	0	148728	41686	18.66	0.00
231	22,80	1344	0	152685	43611	18.66	0.00



Forze agenti sulla paratia

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

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	Pa [kg]	Y _{Pa} [m]	Is [kg]	Y _{Is} [m]	Pw [kg]	Y _{Pw} [m]	Pp [kg]	Y _{Pp} [m]	Pc [kg]	Y _{Pc} [m]
1	SLU - STR	52276	5,62	--	--	7625	15,87	-51533	10,39	8605	15,41
2	SLV - STR	40201	5,84	23703	5,33	7625	15,87	-62372	10,55	12076	15,80
3	SLU - GEO	47883	5,62	--	--	7625	15,87	-47007	10,65	7739	15,72
4	SLV - GEO	47755	5,82	23703	5,33	7625	15,87	-68178	11,02	14700	16,59
5	SLE - Rara	40201	5,62	--	--	7625	15,87	-39963	10,43	5191	15,23
6	SLE - Frequente	40201	5,62	--	--	7625	15,87	-39963	10,43	5191	15,23
7	SLE - Quasi permanente	40201	5,62	--	--	7625	15,87	-39963	10,43	5191	15,23
8	SLD	39944	5,68	8978	5,33	7625	15,87	-48290	10,42	7685	15,40

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	Rc [kg]	Y _{Rc} [m]	Rt [kg]	Y _{Rt} [m]	Rv [kg]	Y _{Rv} [m]	Rp [kg]	Y _{Rp} [m]
1	SLU - STR	0	0,00	16968	0,70	0	0,00	0	0,00
2	SLV - STR	0	0,00	21227	0,70	0	0,00	0	0,00
3	SLU - GEO	0	0,00	16235	0,70	0	0,00	0	0,00
4	SLV - GEO	0	0,00	25597	0,70	0	0,00	0	0,00
5	SLE - Rara	0	0,00	13051	0,70	0	0,00	0	0,00
6	SLE - Frequente	0	0,00	13051	0,70	0	0,00	0	0,00
7	SLE - Quasi permanente	0	0,00	13051	0,70	0	0,00	0	0,00
8	SLD	0	0,00	15937	0,70	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]
1	SLU - STR	8,49	9,55	12,73	7,07	3,83
2	SLV - STR	8,50	10,35	13,03	12,22	5,79
3	SLU - GEO	8,50	10,25	13,07	11,58	5,97
4	SLV - GEO	8,50	11,55	13,77	19,94	8,47
5	SLE - Rara	8,49	9,05	12,71	3,86	3,78

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]
6	SLE - Frequente	8,49	9,05	12,71	3,86	3,78
7	SLE - Quasi permanente	8,49	9,05	12,71	3,86	3,78
8	SLD	8,49	9,55	12,76	7,07	4,50

Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{p,med} , P _{p,min}	Portanza di punta media e minima, espressa in [kg]
P _{L,med} , P _{L,min}	Portanza laterale media e minima, espressa in [kg]
P _d	Portanza di progetto, espressa in [kg]
N	Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)

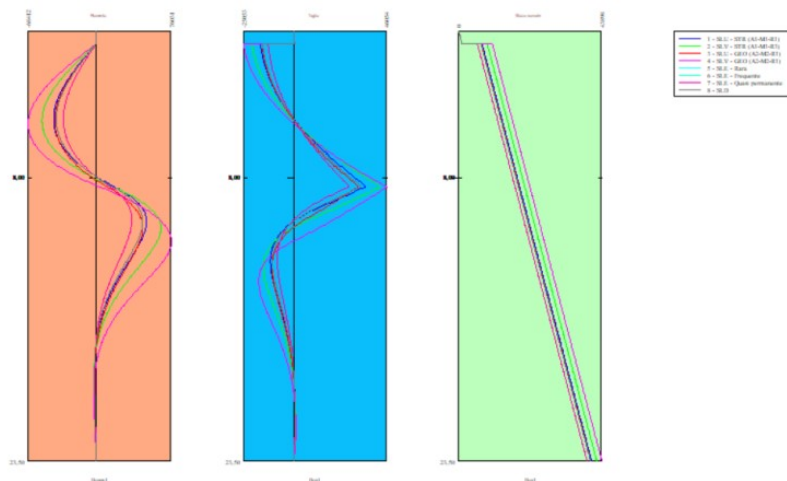
n°	Tipo	P _{p,med} [kg]	P _{L,med} [kg]	P _{p,min} [kg]	P _{L,min} [kg]	P _d [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	277294	141372	277294	141372	193138	54376	3.552
2	SLV - STR	277294	141372	277294	141372	193138	56443	3.422

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	M [kgm]	Y _M [m]	T [kg]	Y _T [m]	N [kg]	Y _N [m]	
1	SLU - STR	50342	10,40	35407	8,45	40782	23,50	MAX
		-42895	4,80	-16617	0,70	0	0,00	MIN
2	SLV - STR	64756	10,70	42772	8,50	42332	23,50	MAX
		-54658	4,90	-20799	0,70	0	0,00	MIN
3	SLU - GEO	46546	10,70	31747	8,45	40516	23,50	MAX
		-41747	4,90	-15918	0,70	0	0,00	MIN
4	SLV - GEO	75276	11,45	45984	8,50	43923	23,50	MAX
		-68717	5,05	-25123	0,70	0	0,00	MIN
5	SLE - Rara	35752	10,30	27249	8,45	39357	23,50	MAX
		-32991	4,80	-12781	0,70	0	0,00	MIN
6	SLE - Frequente	35752	10,30	27249	8,45	39357	23,50	MAX
		-32991	4,80	-12781	0,70	0	0,00	MIN
7	SLE - Quasi permanente	35752	10,30	27249	8,45	39357	23,50	MAX
		-32991	4,80	-12781	0,70	0	0,00	MIN
8	SLD	46442	10,40	33083	8,45	40407	23,50	MAX
		-40324	4,80	-15608	0,70	0	0,00	MIN

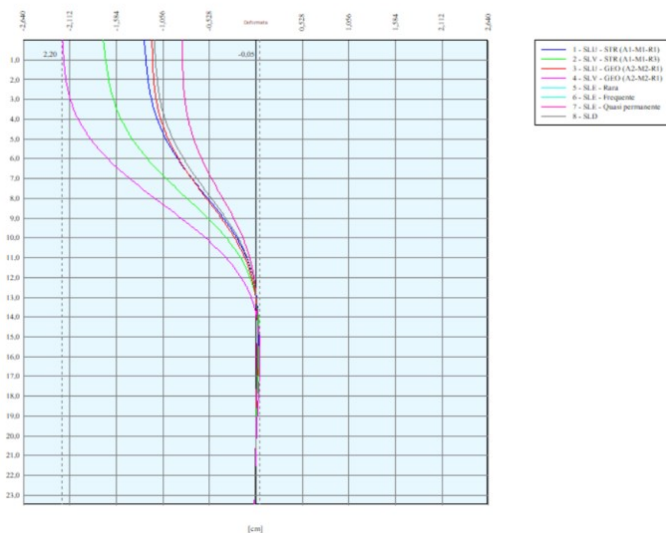


Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	U [cm]	Y _U [m]	V [cm]	Y _V [m]	
1	SLU - STR	1,2710	0,00	0,0290	0,00	MAX
		-0,0281	14,75	0,0000	0,00	MIN
2	SLV - STR	1,7382	0,00	0,0309	0,00	MAX
		-0,0380	15,10	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - GEO	1,1838	0,00	0,0287	0,00	MAX
		-0,0256	15,05	0,0000	0,00	MIN
4	SLV - GEO	2,2034	0,00	0,0328	0,00	MAX
		-0,0456	15,85	0,0000	0,00	MIN
5	SLE - Rara	0,8359	1,05	0,0273	0,00	MAX
		-0,0181	14,65	0,0000	0,00	MIN
6	SLE - Frequente	0,8359	1,05	0,0273	0,00	MAX
		-0,0181	14,65	0,0000	0,00	MIN
7	SLE - Quasi permanente	0,8359	1,05	0,0273	0,00	MAX
		-0,0181	14,65	0,0000	0,00	MIN
8	SLD	1,1559	0,00	0,0285	0,00	MAX
		-0,0254	14,75	0,0000	0,00	MIN



Verifica a spostamento

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	U _{lim} [cm]	U [cm]
1	SLU - STR	11,7500	1,2710
2	SLV - STR	11,7500	1,7382
3	SLU - GEO	11,7500	1,1838
4	SLV - GEO	11,7500	2,2034
5	SLE - Rara	11,7500	0,8359
6	SLE - Frequente	11,7500	0,8359
7	SLE - Quasi permanente	11,7500	0,8359
8	SLD	11,7500	1,1559

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
S	Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R	Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W	Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T	Reazione tiranti espresso in [kg]
P	Reazione puntoni espresso in [kg]
V	Reazione vincoli espresso in [kg]
C	Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y	Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS _{RIB}	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS _{SCO}	Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	FS _{RIB}	FS _{SCO}
4	SLV - GEO	95580,81 9,26	376564,30 17,20	7625,00 15,87	25596,76 0,70	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1419539,93	2954782,72	2.082	3.897

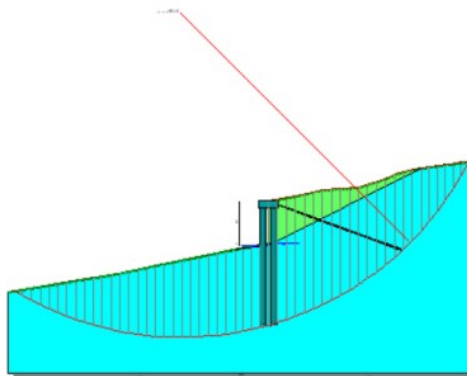
Stabilità globale

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(X _C ; Y _C)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X _V ; Y _V)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X _M ; Y _M)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza
R	Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 400

n°	Tipo	X _C , Y _C [m]	R [m]	X _V , Y _V [m]	X _M , Y _M [m]	FS	R
3	SLU - GEO	-7,05; 21,15	45,20	-34,53; -14,74	35,93; 7,13	1.882	1.100
4	SLV - GEO	-44,65; 42,30	79,52	-88,85; -23,80	25,90; 5,61	1.668	1.200
8	SLD	-16,45; 35,25	61,01	-47,97; -16,99	37,83; 7,38	1.966	1.200



Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 4 - SLV - GEO

Numero di strisce 52

Caratteristiche delle strisce

N°	W [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cm ²]	u [kg/cm ²]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	38887,16	-32.79	2,73	28.00	0,600	1,604	(0; 0)
2	46289,54	-30.84	2,67	28.00	0,600	1,746	(0; 0)
3	53211,99	-28.94	2,62	28.00	0,600	1,878	(0; 0)
4	59681,39	-27.07	2,57	28.00	0,600	2,000	(0; 0)
5	65720,81	-25.23	2,53	28.00	0,600	2,113	(0; 0)
6	71350,20	-23.41	2,50	28.00	0,600	2,216	(0; 0)
7	76586,82	-21.62	2,47	28.00	0,600	2,311	(0; 0)
8	81445,69	-19.86	2,44	28.00	0,600	2,398	(0; 0)
9	85939,83	-18.11	2,41	28.00	0,600	2,477	(0; 0)
10	90080,59	-16.38	2,39	28.00	0,600	2,548	(0; 0)
11	93877,78	-14.66	2,37	28.00	0,600	2,612	(0; 0)
12	97339,88	-12.96	2,35	28.00	0,600	2,668	(0; 0)
13	100474,17	-11.27	2,34	28.00	0,600	2,718	(0; 0)
14	103286,84	-9.59	2,33	28.00	0,600	2,760	(0; 0)
15	105783,05	-7.92	2,31	28.00	0,600	2,795	(0; 0)
16	107967,07	-6.26	2,31	28.00	0,600	2,824	(0; 0)
17	109842,26	-4.60	2,30	28.00	0,600	2,845	(0; 0)
18	111411,17	-2.94	2,30	28.00	0,600	2,861	(0; 0)
19	112675,54	-1.29	2,29	28.00	0,600	2,869	(0; 0)
20	113636,35	0.37	2,29	28.00	0,600	2,871	(0; 0)
21	114293,81	2.02	2,29	28.00	0,600	2,866	(0; 0)
22	114647,37	3.67	2,30	28.00	0,600	2,855	(0; 0)
23	114695,72	5.33	2,30	28.00	0,600	2,837	(0; 0)
24	114436,75	6.99	2,31	28.00	0,600	2,812	(0; 0)
25	113867,58	8.66	2,32	28.00	0,600	2,780	(0; 0)

N°	W _i [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cm ²]	u [kg/cm ²]	(Ctn; Ctt) [kg]
26	112984,44	10.33	2,33	28.00	0,600	2,742	(0; 0)
27	111813,41	12.02	2,34	28.00	0,600	2,697	(0; 0)
28	110557,70	13.71	2,36	28.00	0,600	2,644	(0; 0)
29	108956,47	15.42	2,38	28.00	0,600	2,585	(0; 0)
30	107016,55	17.14	2,40	28.00	0,600	2,518	(0; 0)
31	104695,53	18.88	2,42	28.00	0,600	2,443	(0; 0)
32	101975,50	20.64	2,45	28.00	0,600	2,361	(0; 0)
33	98886,24	22.41	2,48	28.00	0,600	2,270	(0; 0)
34	95412,84	24.21	2,51	28.00	0,600	2,172	(0; 0)
35	91539,35	26.04	2,55	28.00	0,600	2,064	(0; 0)
36	87247,36	27.89	2,59	28.00	0,600	1,947	(0; 0)
37	75876,17	29.70	2,42	28.00	0,600	1,827	(0; 0)
38	71407,20	31.46	2,47	28.00	0,600	1,702	(0; 0)
39	67157,03	33.25	2,52	28.00	0,600	1,569	(0; 0)
40	95442,36	35.11	2,64	28.00	0,600	1,474	(0; 0)
41	90296,74	37.04	2,70	28.00	0,600	1,317	(0; 0)
42	84804,85	39.01	2,78	28.00	0,600	1,148	(0; 0)
43	79238,55	41.04	2,86	28.00	0,600	0,967	(0; 0)
44	72907,50	43.14	2,96	28.00	0,600	0,771	(0; 0)
45	64904,33	45.31	3,07	28.00	0,600	0,561	(0; 0)
46	55917,83	47.57	3,20	28.00	0,600	0,334	(0; 0)
47	46122,94	49.93	3,35	28.00	0,600	0,088	(0; 0)
48	37081,14	52.41	3,54	28.00	0,600	0,000	(6918; 2193)
49	28044,98	55.05	3,77	28.00	0,600	0,000	(0; 0)
50	17856,42	57.87	4,06	28.00	0,600	0,000	(0; 0)
51	6486,07	60.84	4,43	22.00	0,300	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 4322058,80$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 595922,91$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 2111053,91$ [kg]

$\Sigma c_b / \cos \alpha_i = 788528,37$ [kg]

Verifiche idrauliche

Verifica al sollevamento del fondo scavo

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
ΔH	Perdita di carico espressa in [m]
L	Lunghezza di filtrazione espressa in [m]
i _E	Gradiente idraulico di efflusso
I	Profondità di infissione espressa in [m]
σ _t	Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cm ²]
u _w	Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cm ²]
FS	Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

Combinazione n° 1 - SLU - STR

n°	ΔH [m]	L [m]	i _E	I [m]	σ _t [kg/cm ²]	u _w [kg/cm ²]	FS
1	0,50	0,00	0.00	15,50	26280	17050	1.541

Risultati tiranti

Simbologia adottata

N	sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]
A _f	area di armatura in ogni tirante espressa in [cm ²]
L	lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
L _f	lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
σ _f	tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kg/cm ²]
u	spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3	resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto min(R1, R2, R3)/N)

n°	N [kg]	A _f [cm ²]	L _f [m]	L [m]	σ _f [kg/cm ²]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS	cmb
1	36319	4,65	18,00	25,00	7810,61	2,19574	40441	429005	1951510	1.113	4

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A _f	area di armatura del palo espressa in [cm ²]
M	momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
N	sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
M _u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N _u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Y [m]	n° - Tipo	A _f [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
10,35	1 - SLU - STR	83,63	67121	28556	142708	60714	2.126
10,70	2 - SLV - STR	83,63	86342	31311	140309	50881	1.625
10,65	3 - SLU - GEO	83,63	62042	28790	144223	66925	2.325
11,45	4 - SLV - GEO	83,63	100369	34904	139753	48600	1.392

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A _{sw}	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V _{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V _{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto tra V _{Rd} / V _{Ed})
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 85,36 cm

Y [m]	n° - Tipo	A _{sw} [cmq]	s [cm]	V _{Ed} [kg]	V _{Rd} [kg]	FS	cotgθ
8,45	1 - SLU - STR	2,26	15,00	47209	111494	2.362	2,50
8,50	2 - SLV - STR	2,26	15,00	57029	111494	1.955	2,50
8,45	3 - SLU - GEO	2,26	15,00	42329	111494	2.634	2,50
8,50	4 - SLV - GEO	2,26	15,00	61311	111494	1.818	2,50

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A _f	area di armatura espressa in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ _f	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

n° - Tipo	A _f [cmq]	σ _c [kg/cmq]	Y [m]	σ _f [kg/cmq]	Y [m]
5 - SLE - Rara	83,63	66,39	10,30	1766,84	10,25
6 - SLE - Frequente	83,63	66,39	10,30	1766,84	10,25
7 - SLE - Quasi permanente	83,63	66,39	10,30	1766,84	10,25
8 - SLD	83,63	86,20	10,40	2376,19	10,35

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M _f	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε _{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
w _{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
w _k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	Tipo	Y [m]	M [kgm]	M _f [kgm]	s [mm]	ε _{sm} [%]	w _{lim} [mm]	w _k [mm]
Paratia	SLE - Frequente	10,25	47667	41746	199,995	0.0538	0,400	0,183
Paratia	SLE - Quasi permanente	10,25	47667	41746	199,995	0.0538	0,300	0,183
Paratia	SLD	10,35	61915	41961	199,282	0.0830	0,300	0,281

Verifiche strutturali (Inviluppo)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

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

Y [m]	n° - Tipo	A _f [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
0,00	1 - SLU - STR	83,63	0	0	0	0	1000.000
0,50	1 - SLU - STR		40	982	48711	1197154	1000.000
1,00	4 - SLV - GEO		-9809	14385	-184911	271188	18.852
1,50	4 - SLV - GEO		-25853	15367	-149586	88915	5.786
2,00	4 - SLV - GEO		-40931	16349	-141704	56600	3.462
2,50	4 - SLV - GEO		-54697	17331	-138611	43919	2.534
3,00	4 - SLV - GEO		-66772	18312	-137067	37591	2.053
3,50	4 - SLV - GEO		-76822	19294	-136245	34219	1.774
4,00	4 - SLV - GEO		-84521	20276	-135847	32589	1.607
4,50	4 - SLV - GEO		-89550	21258	-135759	32227	1.516

Y [m]	n° - Tipo	A _r [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
5,00	4 - SLV - GEO		-91594	22239	-135950	33009	1.484
5,50	4 - SLV - GEO		-90344	23221	-136453	35073	1.510
6,00	4 - SLV - GEO		-85490	24203	-137385	38895	1.607
6,50	4 - SLV - GEO		-76729	25185	-139029	45633	1.812
7,00	4 - SLV - GEO		-63756	26166	-142126	58331	2.229
7,50	4 - SLV - GEO		-46174	27148	-149312	87789	3.234
8,00	4 - SLV - GEO		-23561	28130	-175718	209797	7.458
8,50	1 - SLU - STR		24559	24924	169298	171811	6.893
9,00	2 - SLV - STR		47641	27973	149277	87648	3.133
9,50	2 - SLV - STR		67033	28954	142960	61751	2.133
10,00	2 - SLV - STR		79843	29936	140772	52781	1.763
10,50	4 - SLV - GEO		89440	33039	140563	51923	1.572
11,00	4 - SLV - GEO		97760	34020	139762	48637	1.430
11,50	4 - SLV - GEO		100363	35002	139790	48752	1.393
12,00	4 - SLV - GEO		97209	35984	140592	52043	1.446
12,50	4 - SLV - GEO		89742	36966	142184	58567	1.584
13,00	4 - SLV - GEO		79670	37947	144711	68927	1.816
13,50	4 - SLV - GEO		68328	38929	148541	84630	2.174
14,00	4 - SLV - GEO		56715	39911	154401	108654	2.722
14,50	4 - SLV - GEO		45546	40893	163762	147030	3.596
15,00	4 - SLV - GEO		35297	41874	175435	208126	4.970
15,50	4 - SLV - GEO		26251	42856	189445	309273	7.217
16,00	4 - SLV - GEO		18544	43838	200155	473171	10.794
16,50	4 - SLV - GEO		12198	44820	187582	689262	15.379
17,00	4 - SLV - GEO		7158	45801	148046	947320	20.683
17,50	4 - SLV - GEO		3317	46783	82859	1168720	24.982
18,00	4 - SLV - GEO		536	47765	13770	1226249	25.673
18,50	4 - SLV - GEO		-1336	48747	-33177	1210089	24.824
19,00	4 - SLV - GEO		-2458	49728	-58749	1188795	23.906
19,50	4 - SLV - GEO		-2978	50710	-69289	1180019	23.270
20,00	4 - SLV - GEO		-3038	51692	-69339	1179978	22.827
20,50	4 - SLV - GEO		-2766	52674	-62274	1185861	22.513
21,00	4 - SLV - GEO		-2279	53655	-50782	1195429	22.280
21,50	4 - SLV - GEO		-1682	54637	-37150	1206780	22.087
22,00	4 - SLV - GEO		-1069	55619	-23420	1218213	21.903
22,50	4 - SLV - GEO		-529	56601	-11486	1228150	21.699
23,00	4 - SLV - GEO		-146	57582	-3128	1235109	21.449

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A _{sw}	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V _{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V _{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto tra V _{Rd} / V _{Ed})
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 85,36 cm

Y [m]	n° - Tipo	A _{sw} [cmq]	s [cm]	V _{Ed} [kg]	V _{Rd} [kg]	FS	cotgθ
0,00	1 - SLU - STR	2,26	15,00	0	111494	1000.000	2,50
0,50	4 - SLV - GEO			322	111494	346.272	2,50
1,00	4 - SLV - GEO			-32841	111494	3.395	2,50
1,50	4 - SLV - GEO			-31230	111494	3.570	2,50
2,00	4 - SLV - GEO			-28975	111494	3.848	2,50
2,50	4 - SLV - GEO			-25956	111494	4.295	2,50
3,00	4 - SLV - GEO			-22235	111494	5.014	2,50
3,50	4 - SLV - GEO			-17856	111494	6.244	2,50
4,00	4 - SLV - GEO			-12834	111494	8.687	2,50
4,50	4 - SLV - GEO			-7178	111494	15.532	2,50
5,00	1 - SLU - STR			1934	111494	57.642	2,50
5,50	2 - SLV - STR			7659	111494	14.558	2,50
6,00	2 - SLV - STR			14548	111494	7.664	2,50
6,50	2 - SLV - STR			22001	111494	5.068	2,50
7,00	4 - SLV - GEO			30373	111494	3.671	2,50
7,50	4 - SLV - GEO			40085	111494	2.781	2,50
8,00	4 - SLV - GEO			50477	111494	2.209	2,50
8,50	4 - SLV - GEO			61311	111494	1.818	2,50
9,00	4 - SLV - GEO			52005	111494	2.144	2,50
9,50	4 - SLV - GEO			42309	111494	2.635	2,50
10,00	4 - SLV - GEO			32194	111494	3.463	2,50
10,50	4 - SLV - GEO			21602	111494	5.161	2,50
11,00	4 - SLV - GEO			10432	111494	10.688	2,50
11,50	2 - SLV - STR			-13431	111494	8.302	2,50
12,00	2 - SLV - STR			-17682	111494	6.306	2,50
12,50	2 - SLV - STR			-19691	111494	5.662	2,50
13,00	4 - SLV - GEO			-21938	111494	5.082	2,50
13,50	4 - SLV - GEO			-23276	111494	4.790	2,50
14,00	4 - SLV - GEO			-22945	111494	4.859	2,50
14,50	4 - SLV - GEO			-21463	111494	5.195	2,50
15,00	4 - SLV - GEO			-19256	111494	5.790	2,50
15,50	4 - SLV - GEO			-16659	111494	6.693	2,50
16,00	4 - SLV - GEO			-13926	111494	8.006	2,50
16,50	4 - SLV - GEO			-11243	111494	9.917	2,50
17,00	4 - SLV - GEO			-8736	111494	12.763	2,50
17,50	4 - SLV - GEO			-6483	111494	17.198	2,50
18,00	4 - SLV - GEO			-4528	111494	24.626	2,50

Y [m]	n° - Tipo	A _{sw} [cmq]	s [cm]	V _{Ed} [kg]	V _{Rd} [kg]	FS	cotgθ
18,50	4 - SLV - GEO			-2884	111494	38.654	2,50
19,00	4 - SLV - GEO			-1549	111494	71.957	2,50
19,50	4 - SLV - GEO			-506	111494	220.244	2,50
20,00	2 - SLV - STR			739	111494	150.951	2,50
20,50	2 - SLV - STR			967	111494	115.269	2,50
21,00	4 - SLV - GEO			1111	111494	100.332	2,50
21,50	4 - SLV - GEO			1225	111494	91.019	2,50
22,00	4 - SLV - GEO			1157	111494	96.379	2,50
22,50	4 - SLV - GEO			918	111494	121.428	2,50
23,00	4 - SLV - GEO			516	111494	216.273	2,50

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
Af	area di armatura espressa in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ _f	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

Y [m]	Af [cmq]	σ _c [kg/cmq]	n° - Tipo	σ _f [kg/cmq]	n° - Tipo
0,00	83,63	0,00	5 - SLE - Rara	0,00	5 - SLE - Rara
0,50	83,63	0,14	8 - SLD	1,95	5 - SLE - Rara
1,00	83,63	8,34	8 - SLD	149,57	8 - SLD
1,50	83,63	22,27	8 - SLD	459,78	5 - SLE - Rara
2,00	83,63	35,12	8 - SLD	781,34	5 - SLE - Rara
2,50	83,63	46,71	8 - SLD	1070,90	5 - SLE - Rara
3,00	83,63	56,73	8 - SLD	1319,91	5 - SLE - Rara
3,50	83,63	64,88	8 - SLD	1520,02	5 - SLE - Rara
4,00	83,63	70,81	8 - SLD	1661,72	5 - SLE - Rara
4,50	83,63	74,14	8 - SLD	1735,08	5 - SLE - Rara
5,00	83,63	74,55	8 - SLD	1730,94	5 - SLE - Rara
5,50	83,63	71,70	8 - SLD	1640,85	5 - SLE - Rara
6,00	83,63	65,28	8 - SLD	1822,69	8 - SLD
6,50	83,63	54,98	8 - SLD	1481,77	8 - SLD
7,00	83,63	40,47	8 - SLD	1009,58	8 - SLD
7,50	83,63	21,27	8 - SLD	404,22	8 - SLD
8,00	83,63	3,97	7 - SLE - Quasi permanente	57,13	5 - SLE - Rara
8,50	83,63	30,83	8 - SLD	546,62	5 - SLE - Rara
9,00	83,63	57,63	8 - SLD	1502,72	8 - SLD
9,50	83,63	75,47	8 - SLD	2056,56	8 - SLD
10,00	83,63	84,39	8 - SLD	2327,91	8 - SLD
10,50	83,63	86,06	8 - SLD	2368,22	8 - SLD
11,00	83,63	82,58	8 - SLD	2244,45	8 - SLD
11,50	83,63	75,68	8 - SLD	2012,40	8 - SLD
12,00	83,63	66,76	8 - SLD	1717,07	8 - SLD
12,50	83,63	56,89	8 - SLD	1393,54	8 - SLD
13,00	83,63	46,87	8 - SLD	1068,30	8 - SLD
13,50	83,63	37,23	8 - SLD	760,93	8 - SLD
14,00	83,63	28,36	8 - SLD	486,39	8 - SLD
14,50	83,63	20,50	8 - SLD	275,86	8 - SLD
15,00	83,63	14,10	8 - SLD	194,15	8 - SLD
15,50	83,63	9,84	8 - SLD	111,92	5 - SLE - Rara
16,00	83,63	7,41	8 - SLD	89,65	5 - SLE - Rara
16,50	83,63	5,65	8 - SLD	73,23	5 - SLE - Rara
17,00	83,63	4,62	7 - SLE - Quasi permanente	68,90	5 - SLE - Rara
17,50	83,63	5,64	8 - SLD	79,16	5 - SLE - Rara
18,00	83,63	6,31	8 - SLD	85,91	5 - SLE - Rara
18,50	83,63	6,69	8 - SLD	89,88	5 - SLE - Rara
19,00	83,63	6,85	8 - SLD	91,74	5 - SLE - Rara
19,50	83,63	6,86	8 - SLD	92,06	5 - SLE - Rara
20,00	83,63	6,75	8 - SLD	91,37	5 - SLE - Rara
20,50	83,63	6,58	8 - SLD	90,06	5 - SLE - Rara
21,00	83,63	6,39	8 - SLD	88,52	5 - SLE - Rara
21,50	83,63	6,19	8 - SLD	87,03	5 - SLE - Rara
22,00	83,63	6,02	8 - SLD	85,86	5 - SLE - Rara
22,50	83,63	5,90	8 - SLD	85,22	5 - SLE - Rara
23,00	83,63	5,86	8 - SLD	85,34	5 - SLE - Rara

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M _f	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε _{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W _{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W _k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Y [m]	n° - Tipo	M [kgm]	M _f [kgm]	s [mm]	ε _{sm} [%]	W _{lim} [mm]	W _k [mm]
0,00	8 - SLD	0	0	0,000	0.0000	0,300	0,000
0,50	8 - SLD	38	38315	0,000	0.0000	0,300	0,000
1,00	8 - SLD	-6075	-39490	0,000	0.0000	0,300	0,000
1,50	8 - SLD	-15989	-39622	0,000	0.0000	0,300	0,000
2,00	8 - SLD	-25230	-39753	0,000	0.0000	0,300	0,000
2,50	8 - SLD	-33573	-39885	0,000	0.0000	0,300	0,000
3,00	8 - SLD	-40793	-40020	205,828	0.0465	0,300	0,163

Y	n° - Tipo	M	M _r	s	ε _{sm}	W _{lim}	W _k
[m]		[kgm]	[kgm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
3,50	8 - SLD	-46663	-40150	205,374	0.0578	0,300	0,202
4,00	8 - SLD	-50929	-40283	204,923	0.0663	0,300	0,231
4,50	8 - SLD	-53327	-40414	204,473	0.0708	0,300	0,246
5,00	8 - SLD	-53609	-40547	204,024	0.0709	0,300	0,246
5,50	8 - SLD	-51541	-40680	203,576	0.0661	0,300	0,229
6,00	8 - SLD	-46905	-40813	203,129	0.0558	0,300	0,193
6,50	8 - SLD	-39485	-40944	0,000	0.0000	0,300	0,000
7,00	8 - SLD	-29066	-41076	0,000	0.0000	0,300	0,000
7,50	8 - SLD	-15438	-41208	0,000	0.0000	0,300	0,000
8,00	6 - SLE - Frequente	1915	41153	0,000	0.0000	0,400	0,000
8,50	8 - SLD	22220	41474	0,000	0.0000	0,300	0,000
9,00	8 - SLD	41381	41606	0,000	0.0000	0,300	0,000
9,50	8 - SLD	54201	41738	200,028	0.0676	0,300	0,230
10,00	8 - SLD	60622	41869	199,589	0.0806	0,300	0,274
10,50	8 - SLD	61821	42002	199,151	0.0826	0,300	0,280
11,00	8 - SLD	59309	42133	198,714	0.0769	0,300	0,260
11,50	8 - SLD	54344	42266	198,278	0.0659	0,300	0,222
12,00	8 - SLD	47936	42398	197,843	0.0519	0,300	0,175
12,50	8 - SLD	40870	42530	0,000	0.0000	0,300	0,000
13,00	8 - SLD	33725	42663	0,000	0.0000	0,300	0,000
13,50	8 - SLD	26915	42794	0,000	0.0000	0,300	0,000
14,00	8 - SLD	20707	42927	0,000	0.0000	0,300	0,000
14,50	8 - SLD	15256	43059	0,000	0.0000	0,300	0,000
15,00	8 - SLD	10632	43190	0,000	0.0000	0,300	0,000
15,50	8 - SLD	6837	43325	0,000	0.0000	0,300	0,000
16,00	8 - SLD	3829	43456	0,000	0.0000	0,300	0,000
16,50	8 - SLD	1537	43588	0,000	0.0000	0,300	0,000
17,00	6 - SLE - Frequente	-322	-43533	0,000	0.0000	0,400	0,000
17,50	8 - SLD	-1254	-43852	0,000	0.0000	0,300	0,000
18,00	8 - SLD	-1943	-43986	0,000	0.0000	0,300	0,000
18,50	8 - SLD	-2281	-44117	0,000	0.0000	0,300	0,000
19,00	8 - SLD	-2351	-44250	0,000	0.0000	0,300	0,000
19,50	8 - SLD	-2225	-44381	0,000	0.0000	0,300	0,000
20,00	8 - SLD	-1964	-44515	0,000	0.0000	0,300	0,000
20,50	8 - SLD	-1622	-44645	0,000	0.0000	0,300	0,000
21,00	8 - SLD	-1244	-44779	0,000	0.0000	0,300	0,000
21,50	8 - SLD	-868	-44911	0,000	0.0000	0,300	0,000
22,00	8 - SLD	-528	-45044	0,000	0.0000	0,300	0,000
22,50	8 - SLD	-252	-45174	0,000	0.0000	0,300	0,000
23,00	8 - SLD	-67	-45307	0,000	0.0000	0,300	0,000

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A _r	area di armatura del palo espressa in [cmq]
M	momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
N	sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
M _u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N _u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
Fs	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	A _r	M	N	M _u	N _u	FS
	[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
4 - SLV - GEO	11,45	83,63	100369	34904	139753	48600	1.392

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A _{sw}	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V _{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V _{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto tra V _{Rd} / V _{Ed})
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 85,36 cm

n° - Tipo	Y	A _{sw}	s	V _{Ed}	V _{Rd}	FS	cotgθ
	[m]	[cmq]	[cm]	[kg]	[kg]		
4 - SLV - GEO	8,50	2,26	15,00	61311	111494	1.818	2,50

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A _r	area di armatura espressa in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ _r	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

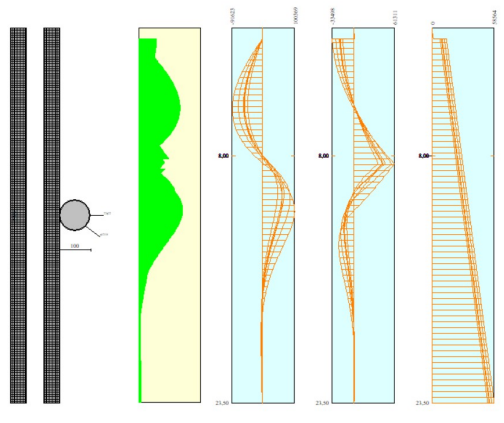
A_f [cmq]	σ_c [kg/cmq]	cmb	σ_f [kg/cmq]	cmb
83,63	86,20	8	2376,19	8

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M_f	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε_{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
w_{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
w_k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	M_f [kgm]	S [mm]	ε_{sm} [%]	w_{lim} [mm]	w_k [mm]
Paratia	8 - SLD	10,35	61915	41961	199,282	0,0830	0,300	0,281



Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 306 \text{ [kg/cmq]}$
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 254 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 4589 \text{ [kg/cmq]}$
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck} / \gamma_c$)	$R_c^* = 144 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R_s^* = 3990 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\varepsilon_{cu} = 0.0035 \text{ (0.35\%)}$
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\varepsilon_{ck} = 0.0020 \text{ (0.20\%)}$
Deformazione ultima dell'acciaio	$\varepsilon_{yu} = 0.0100 \text{ (1.00\%)}$
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^* / E_s)	$\varepsilon_{yk} = 0.0015 \text{ (0.19\%)}$

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico: $0 < \varepsilon_c < \varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\varepsilon_{ck} \varepsilon_c - \varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck} < \varepsilon_c < \varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}$$

Tratto armatura 1

N°	N _u [kg]	M _u [kgm]
1	-333691,40	0,00
2	0,00	127898,02
3	165028,54	168152,06
4	247542,81	182096,62
5	330057,07	191918,63
6	412571,34	198381,91
7	495085,61	200796,39
8	577599,88	198777,32
9	660114,15	191145,78
10	742628,42	181057,92
11	825142,69	169365,04
12	907656,96	155746,28
13	990171,22	139726,50
14	1072685,49	120768,33
15	1155199,76	99095,85
16	1237714,03	0,00
17	1237714,03	0,00
18	1155199,76	-99095,85
19	1072685,49	-120768,33
20	990171,22	-139726,50
21	907656,96	-155746,28
22	825142,69	-169365,04
23	742628,42	-181057,92
24	660114,15	-191145,78
25	577599,88	-198777,32
26	495085,61	-200796,39
27	412571,34	-198381,91
28	330057,07	-191918,63
29	247542,81	-182096,62
30	165028,54	-168152,06
31	0,00	-127898,02
32	-333691,40	0,00

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M _h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T _h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M _v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T _v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0.00 m) (Cordolo in c.a.)

B=360,00 [cm]	H=140,00 [cm]		
A _{fv} =20,11 [cmq]	A _{fh} =36,19 [cmq]	Staffe ϕ 16/20	Nbh=2 - Nbv=2
M _h =4999 [kgm]	M _{uh} =282543 [kgm]	FS=56.52	
T _h =15998 [kg]	T _{Rh} =644418 [kg]	FS _T =40.28	cotg θ h=2.50
M _v =1820 [kgm]	M _{uv} =215170 [kgm]	FS=118.25	
T _v =5823 [kg]	T _R =247298 [kg]	FS _{Tv} =42.47	cotg θ v=2.50

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

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

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

Tipo di analisi svolta

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

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

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

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Ing. Durso Francesco
Licenza	AIU4461TQ

Affidabilità dei codici di calcolo

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

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Stigliano, giugno 2022

Il Progettista

Ing. Francesco DURSO

