

Comune di San Giuliano Terme

provincia di Pisa



PROGETTO:

**Progetto di ripristino e messa
in sicurezza strada comunale
per Molina di Quosa**

PROGETTO ESECUTIVO - REV 2019

TITOLO:

FASCICOLO DEI CALCOLI

ING. ANGELO CECCHI
VIA SORBANO DEL VESCOVO 860/A - LUCCA
Tel. 393 9861554
email: cecchiangelo@virgilio.it

PROGETTISTA: ING. ANGELO CECCHI

DATA: gennaio 2019

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)

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 adatterà la seguente notazione:

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

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

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

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

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

si può agire con tre modalità :

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

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

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

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione

lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
 - dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

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

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

Spinta in presenza di sisma

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

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

$$F_i = W * C$$

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 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

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_a 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

$$N = \pi D L_f \gamma H K_s \operatorname{tg} \delta + \pi D L_f c_a$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi D \gamma H K_S \operatorname{tg} \delta + \pi D c_a}$$

K_S rappresenta il coefficiente di spinta che si assume pari al coefficiente di spinta a riposo

$$K_S = K_0 = 1 - \sin \phi$$

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

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove d è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} 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 f_{1bd} .

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 compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.

La lunghezza totale del tirante sarà quindi data da

$$L_t = L_f + L$$

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

$$\beta = N_0 / N$$

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) occorre ricavare l'area equivalente, A_m , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidità, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k \Delta_m}{E_m}$$

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

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

Analisi per fasi di scavo

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

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, 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

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

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

Verifica alla stabilità globale

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

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

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

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

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

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

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

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

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	3,00	[m]
Profondità di infissione	6,00	[m]
Altezza totale della paratia	9,00	[m]
Lunghezza paratia	12,00	[m]

Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,40	[m]
Diametro dei micropali	22,00	[cm]
Numero totale di micropali	29	
Numero di micropali per metro lineare	2.42	
Diametro esterno del tubolare	139,60	[mm]
Spessore del tubolare	10,00	[mm]

Geometria cordoli

Simbologia adottata

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

Cordoli in calcestruzzo

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

Cordoli in acciaio

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

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm ³]
1	0,00	Calcestruzzo	125,00	60,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	10,00	0,00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-10,00	-5,00	0.00
2	0,00	-3,00	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm ²]

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm ²]
1	Terreno 1	1860,0	2100,0	28.00	19.00	0,000
2	Terreno 2	1920,0	2200,0	30.00	21.00	0,000

Parametri per il calcolo dei tiranti

Simbologia adottata

ϕ_{min}	angolo d'attrito minimo interno del terreno espresso in [°]
δ_{min}	angolo d'attrito minimo terreno/paratia espresso in [°]
c_{min}	coesione minima del terreno espressa in [kg/cm ²]
ϕ_{med}	angolo d'attrito medio interno del terreno espresso in [°]
δ_{med}	angolo d'attrito medio terreno/paratia espresso in [°]
c_{med}	coesione media del terreno espressa in [kg/cm ²]

N°	Descrizione	ϕ_{min} [°]	ϕ_{med} [°]	δ_{min} [°]	δ_{med} [°]	c_{min} [kg/cm ²]	c_{med} [kg/cm ²]
1	Terreno 1	28.00	28.00	19.00	19.00	0,000	0,000
2	Terreno 2	30.00	30.00	21.00	21.00	0,000	0,000

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

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

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw_M [kg/cm ² /cm]	Kw_V [kg/cm ² /cm]	Terreno M	Terreno V
1	2,00	0.00	0.00	1.00	1.00	Terreno 1	Terreno 1
2	8,00	0.00	0.00	3.00	3.00	Terreno 2	Terreno 1

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Dywidag

Calcolo tiranti:	VERIFICA	
Diametro della perforazione	16,00	[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	Dywidag	
Tensione di snervamento f_{yk}	8800	[kg/cm ²]
Tiranti passivi armati con tondini		
Numero tondini:	1	
Diametro dei tondini:	32	[mm]

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

- Aliquota angolo di attrito	50.00	[%]
- Aliquota coesione	30.00	[%]

Superficie di ancoraggio
Coefficiente di spinta
Tensione limite resistenza malta

Angolo di rottura
Definito pari a 4,10
Tensione tangenziale aderenza acciaio-cls f_{bd}

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 espresso in [m]
Lf lunghezza di fondazione del tirante espresso 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	Dywidag	0,30	1,50	0,20	45,00	Centrati	7	14,00	--	--

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls} Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cm²]
E Modulo elastico, espresso in [kg/cm²]
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	S 355	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

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

Ig Indice di gruppo
F_x Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
F_y Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
Q_r, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
V_r, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Permanente - Condizione 1

Carico concentrato sulla paratia	Y=0,00	F _x =0	F _y =3260	M=3050
----------------------------------	--------	-------------------	----------------------	--------

Condizione n° 2 - Variabile da traffico - Condizione 2 (Ig=0) [$\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$]

Carico distribuito sul profilo	X _i = 0,00	X _f = 6,00	Q _i = 1000	Q _f = 1000
Carico concentrato sulla paratia	Y=0,00	F _x =2500	F _y =0	M=3600

Combinazioni di carico

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

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

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

Combinazione n° 2 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Condizione 1	SFAV	1.30	1.00
Condizione 2	SFAV	1.35	1.00

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

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

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

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00
Condizione 2	SFAV	1.15	1.00

Combinazione n° 5 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - SLE - Rara

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

Combinazione n° 7 - SLE - Frequente

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

Combinazione n° 8 - SLE - Quasi permanente

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

Combinazione n° 9 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Impostazioni di progetto

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_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Laterale

 γ_{st} **R3**

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 acciaio

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

con:

A_v Area lorda sezione profilo

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

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

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Identificazione del sito

Latitudine	43.793081
Longitudine	10.422596
Comune	San Giuliano Terme
Provincia	Pisa
Regione	Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 19825 - 19824 - 20046 - 20047

Tipo di opera

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

Combinazioni/Fase

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s ²]	1.194	0.480
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.357	2.556
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.284	0.249
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.200	1.200
Tipo di sottosuolo	E	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.600	1.600
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.045	0.045
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.626	0.626
Prodotto $\alpha \beta$	0.626 > 0.2	
Coefficiente di intensità sismica (percento)	14.632	5.879
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (k_v)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

Risultati

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	3705	2,15	--	--	--	--	-1046	4,22	184	6,91
2	SLU - STR	5125	2,04	--	--	--	--	-10	8,32	224	4,76
3	SLU - GEO	3861	2,26	--	--	--	--	-1551	4,69	331	7,28
4	SLU - GEO	5495	2,16	--	--	--	--	-805	4,69	200	7,18
5	SLV - GEO	5229	2,49	2546	2,00	--	--	-2781	5,07	663	7,62
6	SLE - Rara	2850	2,15	--	--	--	--	-805	4,22	142	6,90
7	SLE - Frequente	2850	2,15	--	--	--	--	-805	4,22	142	6,90
8	SLE - Quasi permanente	2850	2,15	--	--	--	--	-805	4,22	142	6,90
9	SLE - Rara	3891	2,04	--	--	--	--	-7	8,41	149	4,92
10	SLE - Frequente	3891	2,04	--	--	--	--	-7	8,41	149	4,92
11	SLE - Quasi permanente	3891	2,04	--	--	--	--	-7	8,41	149	4,92
12	SLD	3845	2,10	573	2,00	--	--	-287	4,22	102	6,57

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	2844	0,30	0	0,00	0	0,00
2	SLU - STR	3375	0,00	8714	0,30	0	0,00	0	0,00
3	SLU - GEO	0	0,00	2641	0,30	0	0,00	0	0,00
4	SLU - GEO	2875	0,00	7765	0,30	0	0,00	0	0,00
5	SLV - GEO	2500	0,00	8158	0,30	0	0,00	0	0,00
6	SLE - Rara	0	0,00	2187	0,30	0	0,00	0	0,00
7	SLE - Frequente	0	0,00	2187	0,30	0	0,00	0	0,00
8	SLE - Quasi permanente	0	0,00	2187	0,30	0	0,00	0	0,00
9	SLE - Rara	2500	0,00	6533	0,30	0	0,00	0	0,00
10	SLE - Frequente	2500	0,00	6533	0,30	0	0,00	0	0,00
11	SLE - Quasi permanente	2500	0,00	6533	0,30	0	0,00	0	0,00
12	SLD	2500	0,00	6732	0,30	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 [%]
Pp	Portanza di punta, espressa in [kg]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]	Pp [kg]
1	SLU - STR	3,51	3,80	5,61	14,05	0,72	7636
2	SLU - STR	3,60	3,00	7,26	5,79	0,13	7636
3	SLU - GEO	3,83	4,50	6,00	25,62	1,86	4391
4	SLU - GEO	3,99	4,40	5,90	23,97	1,00	4391
5	SLV - GEO	4,16	5,05	6,36	34,71	3,67	7636
6	SLE - Rara	3,51	3,80	5,60	14,05	0,72	7636
7	SLE - Frequente	3,51	3,80	5,60	14,05	0,72	7636
8	SLE - Quasi permanente	3,51	3,80	5,60	14,05	0,72	7636
9	SLE - Rara	3,60	3,00	7,41	9,09	0,11	7636
10	SLE - Frequente	3,60	3,00	7,41	9,09	0,11	7636

11	SLE - Quasi permanente	3,60	3,00	7,41	9,09	0,11	7636
12	SLD	3,69	3,80	5,23	13,22	0,29	7636

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	sforzio normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
		[kgm]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	
1	SLU - STR	3968	0,30	862	3,50	9148	9,00	MAX
		-496	2,85	-2810	0,30	0	0,00	MIN
2	SLU - STR	9859	0,30	3531	0,30	15019	9,00	MAX
		-18	6,25	-5184	0,30	0	0,00	MIN
3	SLU - GEO	3053	0,30	1220	3,80	7968	9,00	MAX
		-1029	2,80	-2609	0,30	0	0,00	MIN
4	SLU - GEO	8075	0,30	3035	0,30	13092	9,00	MAX
		-209	3,30	-4729	0,30	0	0,00	MIN
5	SLV - GEO	7423	0,30	2670	0,30	13485	9,00	MAX
		-1668	3,05	-5488	0,30	0	0,00	MIN
6	SLE - Rara	3053	0,30	663	3,50	7514	9,00	MAX
		-381	2,85	-2162	0,30	0	0,00	MIN
7	SLE - Frequente	3053	0,30	663	3,50	7514	9,00	MAX
		-381	2,85	-2162	0,30	0	0,00	MIN
8	SLE - Quasi permanente	3053	0,30	663	3,50	7514	9,00	MAX
		-381	2,85	-2162	0,30	0	0,00	MIN
9	SLE - Rara	7416	0,30	2616	0,30	11860	9,00	MAX
		-12	6,40	-3917	0,30	0	0,00	MIN
10	SLE - Frequente	7416	0,30	2616	0,30	11860	9,00	MAX
		-12	6,40	-3917	0,30	0	0,00	MIN
11	SLE - Quasi permanente	7416	0,30	2616	0,30	11860	9,00	MAX
		-12	6,40	-3917	0,30	0	0,00	MIN
12	SLD	7417	0,30	2620	0,30	12059	9,00	MAX
		-3	7,90	-4113	0,30	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	U	Y _U	V	Y _V	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	SLU - STR	0,2615	0,00	0,0245	0,00	MAX
		-0,0033	6,60	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - STR	0,7878	0,00	0,0418	0,00	MAX
		-0,0037	4,30	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - GEO	0,2162	0,00	0,0209	0,00	MAX
		-0,0060	7,00	0,0000	0,00	MIN
4	SLU - GEO	0,6729	0,00	0,0360	0,00	MAX
		-0,0036	6,90	0,0000	0,00	MIN
5	SLV - GEO	0,6453	0,00	0,0372	0,00	MAX
		-0,0120	7,35	0,0000	0,00	MIN
6	SLE - Rara	0,2019	0,00	0,0196	0,00	MAX
		-0,0025	6,60	0,0000	0,00	MIN
7	SLE - Frequente	0,2019	0,00	0,0196	0,00	MAX
		-0,0025	6,60	0,0000	0,00	MIN
8	SLE - Quasi permanente	0,2019	0,00	0,0196	0,00	MAX
		-0,0025	6,60	0,0000	0,00	MIN
9	SLE - Rara	0,5917	0,00	0,0324	0,00	MAX
		-0,0024	4,50	0,0000	0,00	MIN
10	SLE - Frequente	0,5917	0,00	0,0324	0,00	MAX
		-0,0024	4,50	0,0000	0,00	MIN
11	SLE - Quasi permanente	0,5917	0,00	0,0324	0,00	MAX
		-0,0024	4,50	0,0000	0,00	MIN
12	SLD	0,5999	0,00	0,0330	0,00	MAX
		-0,0017	6,20	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	SLU - STR	4,5000	0,2615
2	SLU - STR	4,5000	0,7878
3	SLU - GEO	4,5000	0,2162
4	SLU - GEO	4,5000	0,6729
5	SLV - GEO	4,5000	0,6453
6	SLE - Rara	4,5000	0,2019
7	SLE - Frequente	4,5000	0,2019
8	SLE - Quasi permanente	4,5000	0,2019
9	SLE - Rara	4,5000	0,5917
10	SLE - Frequente	4,5000	0,5917
11	SLE - Quasi permanente	4,5000	0,5917
12	SLD	4,5000	0,5999

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

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

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

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

n°	Tipo	S Y [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}
5	SLV - GEO	34947 5,62	57298 7,07	0 0,00	8158 0,30	0 0,00	0 0,00	2500 0,00	134108	181764	1.355	1.842

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

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _C , Y _C [m]	R [m]	X _V , Y _V [m]	X _M , Y _M [m]	FS
3	SLU - GEO	-5,40; 3,60	13,71	-15,16; -6,02	7,83; 0,00	1.783
4	SLU - GEO	-4,50; 0,90	10,87	-13,20; -5,62	6,34; 0,00	1.707
5	SLV - GEO	-7,20; 6,30	16,91	-18,12; -6,61	8,50; 0,00	1.727

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 espressa in [kg]

Combinazione n° 4 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	W _i [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kg/cm ²]	u [kg/cm ²]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	193,31	-51.49	0,62	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
2	582,88	-48.31	0,58	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
3	938,02	-45.31	0,55	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
4	1264,13	-42.47	0,53	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
5	1565,12	-39.76	0,50	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
6	1843,96	-37.14	0,49	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
7	2102,96	-34.62	0,47	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
8	2343,94	-32.17	0,46	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
9	2568,36	-29.78	0,45	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
10	2777,44	-27.45	0,44	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
11	2972,17	-25.17	0,43	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
12	3153,38	-22.92	0,42	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
13	3321,75	-20.72	0,42	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
14	3477,87	-18.55	0,41	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
15	3622,23	-16.40	0,40	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
16	3755,25	-14.28	0,40	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
17	3877,25	-12.18	0,40	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
18	3988,53	-10.09	0,39	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
19	4089,31	-8.02	0,39	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
20	4179,77	-5.96	0,39	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
21	4260,05	-3.91	0,39	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
22	4330,25	-1.86	0,39	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
23	4390,41	0.19	0,39	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
24	4440,56	2.23	0,39	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
25	4480,66	4.28	0,39	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
26	4510,67	6.34	0,39	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
27	4530,48	8.40	0,39	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
28	4539,93	10.47	0,39	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
29	4538,86	12.56	0,40	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
30	4527,00	14.67	0,40	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
31	4504,09	16.79	0,41	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
32	4469,75	18.94	0,41	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
33	4423,57	21.12	0,42	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
34	4365,04	23.33	0,42	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
35	6769,78	25.53	0,41	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
36	6635,60	27.73	0,42	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
37	6488,15	29.98	0,43	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
38	6326,54	32.28	0,44	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
39	6149,70	34.64	0,45	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
40	5956,33	37.06	0,47	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
41	5744,82	39.57	0,48	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
42	5513,16	42.17	0,50	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
43	5258,82	44.89	0,53	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
44	4978,46	47.74	0,55	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
45	4667,61	50.75	0,59	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
46	4319,99	53.98	0,63	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
47	3926,30	57.48	0,69	24.79	0,000	0,000	(7227; 0)
48	3471,64	61.36	0,78	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
49	2928,96	65.82	0,91	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
50	2236,49	71.28	1,16	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
51	738,68	79.60	2,07	23.04	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 197039,98$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 45271,68$ [kg]

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 73922,68 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,00 \text{ [kg]}$$

Risultati tiranti

Simbologia adottata

N	sfuerzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]
A_f	area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
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/cmq]
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	A_f	L_f	L	σ_f	u	R1	R2	R3	FS	cmb
	[kg]	[cmq]	[m]	[m]	[kg/cmq]	[cm]	[kg]	[kg]	[kg]		
1	21126	8,04	11,00	14,00	2626,85	0,57211	34234	203836	1019180	1.620	2

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

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

Area della sezione del tubolare 40,72 [cmq]

n° - Tipo	Y	M	N	M_u	N_u	FS
	[m]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
5 - SLV - GEO	0,30	4080	1782	5866	1782	1.438

Verifica a taglio

Simbologia adottata

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

La verifica a taglio del micropalo è stata eseguita considerando una sezione anulare di area $A = 40,72$ cmq

n° - Tipo	Y	V_{Ed}	V_{Rd}	FS
	[m]	[kg]	[kg]	
5 - SLV - GEO	0,30	-2271	51592	22.721

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]
τ_f	tensione tangenziale in [kg/cmq]
σ_{id}	tensione ideale espressa in [kg/cmq]

Area della sezione del tubolare 40,72 [cmq]

σ_f	τ_f	σ_{id}	cmb
[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	
2591,18	79,62	2594,85	9

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.)

$B=125,00$ [cm]	$H=60,00$ [cm]		
$A_{fv}=12,57$ [cmq]	$A_{fh}=6,28$ [cmq]	Staffe $\phi 12/25$	$N_{bh}=2 - N_{bv}=2$
$M_h=2451$ [kgm]	$M_{uh}=59497$ [kgm]	$FS=24.28$	
$T_h=6536$ [kg]	$T_{Rh}=39640$ [kg]	$FS_T=6.07$	
$M_v=2451$ [kgm]	$M_{uv}=27537$ [kgm]	$FS=11.24$	
$T_v=6536$ [kg]	$T_R=18520$ [kg]	$FS_{TV}=2.83$	

Verifica soletta sbalzo**CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI**

Id	Tipo / Note	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa
		daN/cm2	daN/cm2		daN/cm2	daN/cm3
1	Calcestruzzo Classe C25/30	3.145e+05	0.20	1.310e+05	2.50e-03	1.00e-05
	Rck	300.0				
	fctm	25.6				
75	Materiale inf. rigido no peso E = 1.000e+09	1.000e+09	0.0	5.000e+08	0.0	1.20e-05

Pareti c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Generalità						
Progetto armatura	Parete sismica					
Armatura						
Inclinazione Av [gradi]	90.00					
Angolo Av-Ao [gradi]	90.00					
Minima tesa	0.20					
Massima tesa	4.00					
Maglia unica centrale	No					
Unico strato verticale	No					
Unico strato orizzontale	No					
Copriferro [cm]	2.50					
Maglia V						
diametro	12					
passo	20					
diametro aggiuntivi	12					
Maglia O						
diametro	8					
passo	20					
diametro aggiuntivi	8					
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm2]	4500.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Fattore di confidenza FC	0.0					
Verifiche con N costante	Si					
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm2]	97.50					
Tensione amm. acciaio [daN/cm2]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00					
Parete estesa debolmente armata						
Fattore amplificazione taglio V	0.0					
Hcrit. par. 7.4.4.5.1 [cm]	0.0					
Hcrit. par. 7.4.6.1.4 [cm]	0.0					
Diagramma involucro taglio	No					
Vincolo lati	nessun lato					
Verifica come fascia	No					
Diametro di estremità	0					
Zona confinata						
Minima tesa	1.00					
Massima tesa	4.00					
Distanza barre [cm]	2.00					
Interferro	2					
Armatura inclinata						
Area barre [cm2]	0.0					
Angolo orizzontale [gradi]	0.0					
Distanza di base [cm]	0.0					
Resistenza al fuoco						
B- intradosso	No					
B+ estradosso	No					
Tempo di esposizione R	15					

Gusci c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Armatura						
Inclinazione Ax [gradi]	0.0					

Gusci c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Angolo Ax-Ay [gradi]	90.00					
Minima tesa	0.31					
Massima tesa	0.78					
Maglia unica centrale	No					
Copriferro [cm]	2.50					
Maglia x						
diametro	20					
passo	20					
diametro aggiuntivi	20					
Maglia y						
diametro	20					
passo	25					
diametro aggiuntivi	20					
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm ²]	4500.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Fattore di confidenza FC	0.0					
Verifiche con N costante	Si					
Applica SLU da DIN	No					
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm ²]	97.50					
Tensione amm. acciaio [daN/cm ²]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00					
Resistenza al fuoco						
B- intradosso	No					
B+ estradosso	No					
Tempo di esposizione R	15					

MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI

Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z
	cm	cm	cm		cm	cm	cm		cm	cm	cm
3	387.5	0.0	0.0	4	387.5	100.0	0.0	5	300.0	0.0	0.0
6	300.0	100.0	0.0	7	300.0	0.0	113.0	8	300.0	100.0	113.0
10	431.3	50.0	0.0	11	431.3	0.0	0.0	12	431.3	100.0	0.0
13	387.5	50.0	0.0	14	343.8	50.0	0.0	15	343.8	0.0	0.0
16	343.8	100.0	0.0	17	300.0	50.0	0.0	18	300.0	0.0	50.0
19	300.0	50.0	50.0	20	300.0	50.0	113.0	21	300.0	100.0	50.0

Nodo	X	Y	Z	Note	Rig. TX	Rig. TY	Rig. TZ	Rig. RX	Rig. RY	Rig. RZ
	cm	cm	cm		daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN cm/rad	daN cm/rad	daN cm/rad
1	475.0	0.0	0.0	v=111111						
2	475.0	100.0	0.0	v=111111						
9	475.0	50.0	0.0	v=111111						

MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI SHELL

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Nodo K	Nodo L	Mat.	Spessore	Wink V	Wink O
							cm	daN/cm ³	daN/cm ³
1	Guscio	11	1	9	10	1	30.0		
2	Guscio	10	9	2	12	1	30.0		
3	Guscio	3	11	10	13	1	30.0		
4	Guscio	13	10	12	4	1	30.0		
5	Guscio	15	3	13	14	1	30.0		
6	Guscio	14	13	4	16	1	30.0		
7	Guscio	5	15	14	17	1	30.0		
8	Guscio	17	14	16	6	1	30.0		
9	Setto	5	17	19	18	1	15.0		
10	Setto	18	19	20	7	1	15.0		
11	Setto	17	6	21	19	1	15.0		
12	Setto	19	21	8	20	1	15.0		

MODELLAZIONE DELLE AZIONI

Tipo	carico distribuito globale su trave
-------------	--

Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
		m	daN/ m	daN/ m	daN/ m	daN	daN	daN
1	Pp-DG:Fzi=-44.15 Fzf=-44.15	0.0	0.0	0.0	-4415.00	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-4415.00	0.0	0.0	0.0
2	Mp-DG:Myi=-3050.00 Myf=-3050.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3050.00	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3050.00	0.0
3	Hv-DG:Fxi=-25.00 Fxf=-25.00	0.0	-2500.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	-2500.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Pv-DG:Fzi=-42.50 Fzf=-42.50	0.0	0.0	0.0	-4250.00	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-4250.00	0.0	0.0	0.0
5	Mv-DG:Myi=-3600.00 Myf=-3600.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3600.00	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3600.00	0.0

SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	CDC=G2k (permanente generico n.c.d.)	D2 : 2 Azione : Pp-DG:Fzi=-44.15 Fzf=-44.15
			D2 : 2 Azione : Mp-DG:Myi=-3050.00 Myf=-3050.00
			D2 : 4 Azione : Pp-DG:Fzi=-44.15 Fzf=-44.15
			D2 : 4 Azione : Mp-DG:Myi=-3050.00 Myf=-3050.00
3	Qk	CDC=Qk (variabile generico)	D2 : 1 Azione : Hv-DG:Fxi=-25.00 Fxf=-25.00
			D2 : 2 Azione : Pv-DG:Fzi=-42.50 Fzf=-42.50
			D2 : 2 Azione : Mv-DG:Myi=-3600.00 Myf=-3600.00
			D2 : 3 Azione : Hv-DG:Fxi=-25.00 Fxf=-25.00
			D2 : 4 Azione : Pv-DG:Fzi=-42.50 Fzf=-42.50
			D2 : 4 Azione : Mv-DG:Myi=-3600.00 Myf=-3600.00

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 5	
6	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 6	
7	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 7	
8	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 8	
9	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 9	
10	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 10	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	1.50	0.0											
2	1.30	1.50	1.50											
3	1.00	0.80	0.0											
4	1.00	0.80	1.50											
5	1.00	1.00	0.0											
6	1.00	1.00	1.00											
7	1.00	1.00	0.0											
8	1.00	1.00	0.90											
9	1.00	1.00	0.0											
10	1.00	1.00	0.80											

RISULTATI NODALI

Nodo	Cmb	Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
		cm	cm	cm			
1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...							
21	10	-0.06	-1.38e-05	-0.07	0.0	-1.72e-03	-9.70e-05
Nodo		Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
		-0.35	-2.38e-04	-0.12	-6.43e-05	-3.95e-03	-1.82e-04
		2.16e-06	2.38e-04	0.0	6.43e-05	0.0	1.82e-04

Nodo	Cmb	Azione X	Azione Y	Azione Z	Azione RX	Azione RY	Azione RZ
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm

Elem.	Cmb	Nodo	Von Mises	N max	N min	N 1	N 2	N 1-2	M max	M min	M 1	M 2	M 1-2
12	10	20	3.47	0.15	-2.02	0.14	-2.01	-0.12	5.39	-124.27	-124.26	5.37	1.25
Elem.			Von Mises	N max	N min	N 1	N 2	N 1-2	M max	M min	M 1	M 2	M 1-2
					-53.60	-32.57	-51.12	-25.71		-299.33	-233.00	-298.98	-813.70
			112.14	116.45		107.57	56.43	25.71	7018.60		7018.14	4528.31	813.70

VERIFICHE ELEMENTI PARETE E/O GUSCIO IN C.A.

Macro Guscio	Spessore	Id Materiale	Id Criterio	Progettazione
	cm			
1	30.00	1	1	Singolo elemento

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
									daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
1	ok	0.15	0.4	0.0	15.7	15.7	12.6	12.6	40.9	5.3	-5.1	6370.9	838.4	-813.7
2	ok	0.15	0.4	0.0	15.7	15.7	12.6	12.6	40.9	5.3	5.1	6370.9	838.4	813.7
3	ok	0.15	0.4	5.25e-04	15.7	15.7	12.6	12.6	36.2	0.1	-0.7	5108.5	5.2	54.0
...														
17	ok	0.15	0.3	0.0	15.7	15.7	12.6	12.6	107.5	56.2	23.0	4607.2	482.3	23.3
Nodo		x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
									-32.57	-14.98	-25.66	3867.73	-298.98	-813.70
		0.15	0.48	0.01	15.71	15.71	12.57	12.57	107.53	56.16	25.71	7018.14	1444.36	813.70

Nodo	Stato	Max tau	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec
		daN/cm ²					daN/cm	daN/cm
1	ok	1.80						
2	ok	1.80						
3	ok	0.78						
...								
17	ok	1.31						
Nodo		Max tau	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec
		3.36						

STATI LIMITE D' ESERCIZIO

Setto	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	wR	wF	wP	Rif. cmb
					mm	mm	mm	
9	0.72	0.74	0.77	6,6,10	0.20	0.21	0.18	6,8,10
10	0.51	0.73	0.54	6,6,10	0.20	0.21	0.17	6,8,10
11	0.72	0.74	0.77	6,6,10	0.20	0.21	0.18	6,8,10
...								
Setto	rRfck	rRfyk	rPfck		wR	wF	wP	
	0.72	0.74	0.77		0.20	0.21	0.18	

Guscio	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	wR	wF	wP	Rif. cmb
					mm	mm	mm	
1	0.26	0.39	0.30	6,6,10	0.07	0.10	0.09	6,8,10
2	0.26	0.39	0.30	6,6,10	0.07	0.10	0.09	6,8,10
3	0.21	0.32	0.24	6,6,10	0.06	0.06	0.05	6,8,10
...								
8	0.17	0.29	0.18	6,6,10	0.0	0.0	0.0	0,0,0
Guscio	rRfck	rRfyk	rPfck		wR	wF	wP	
	0.26	0.39	0.30		0.07	0.10	0.09	

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	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	ing. Cecchi Angelo
Licenza	AIU00671S

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.

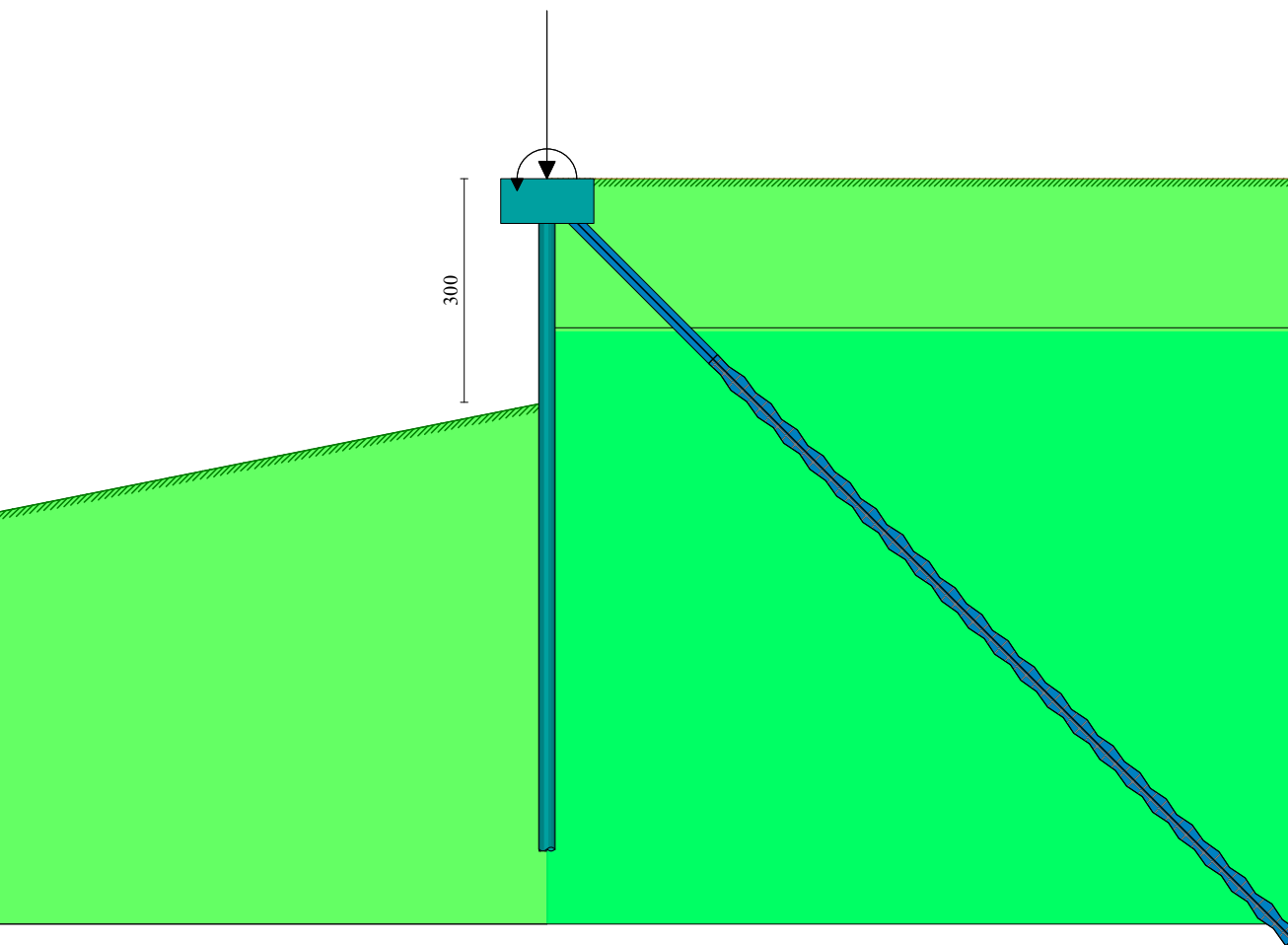
Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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.

Indice

Normative di riferimento	1
Richiami teorici	2
Metodo di analisi	2
Calcolo della profondità di infissione	2
Calcolo della spinte	2
Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)	2
Spinta in presenza di sisma	3
Tiranti di ancoraggio	3
Analisi ad elementi finiti	4
Schematizzazione del terreno	4
Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno	5
Analisi per fasi di scavo	5
Verifica alla stabilità globale	6
Dati	7
Geometria paratia	7
Geometria cordoli	7
Geometria profilo terreno	7
Descrizione terreni	7
Descrizione stratigrafia	8
Caratteristiche tiranti di ancoraggio	8
Descrizione tiranti di ancoraggio	9
Caratteristiche materiali utilizzati	9
Condizioni di carico	9
Combinazioni di carico	10
Impostazioni di progetto	11
Impostazioni di analisi	12
Impostazioni analisi sismica	12
Risultati	14
Forze agenti sulla paratia	14
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia	15
Spostamenti massimi e minimi della paratia	15
Verifica a spostamento	16
Verifiche di corpo rigido	16
Stabilità globale	16
Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo	16
Risultati tiranti	18
Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)	18
Verifica a flessione	18
Verifica a taglio	18
Verifica tensioni	18
Verifica sezione cordoli	19
Verifica soletta sbalzo	20
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	25



Terreno 1
 $\gamma=1860 \text{ kg/mc}$ $c=0,00 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi=28.0^\circ$ $\delta=19^\circ$

Terreno 2
 $\gamma=1920 \text{ kg/mc}$ $c=0,00 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi=30.0^\circ$ $\delta=21^\circ$

