



OGGETTO

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA
DELLA SCARPATA SUD DEL CENTRO
ABITATO DI ROTELLA INTERESSATO
DA DISSESTO IDROGEOLOGICO

RIPARTIZIONE DELLA QUOTA DELL'OTTO PER MILLE
DELL'IRPEF ANNO 2014

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

COMMITTENTE

Amministrazione Comunale di Rotella

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. Pierluigi Pelliccioni

TAVOLA N.

C.2

ELABORATO

- Relazione di calcolo cordolo in c.a.



PIQUADRO ENGINEERING
Dott. Ing. Pierluigi Pelliccioni

Via Erasmo Mari n. 25
63100 Ascoli Piceno
tel. +39 0736 45704

email. pelliccioni@email.it
c.f. PLL PLG 69T17 A462P
p.iva 01640650444

RELAZIONE SUI MATERIALI

(Ai sensi dell'art. 65 del D.P.R. 06/06/2001 n. 380 e
delle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D. M. 14 Gennaio 2008 e
della nuova circolari delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 02 febbraio 2009 n° 617)

MATERIALI IMPIEGATI PER LA COSTRUZIONE:

I materiali prodotti per uso strutturale devono essere:

- *identificati* univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- *qualificati* sotto la responsabilità del produttore , secondo le procedure applicabili;
- *accettati* dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

CONGLOMERATO:

In riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni” approvate con D.M. 14 gennaio 2008 e circolare esplicativa n° 617 del 2 Febbraio 2009, si decide di utilizzare un calcestruzzo avente i seguenti requisiti:

- Classe di Resistenza C 30/37;
- Classe di esposizione ambientale: in conformità alle norme UNI 11104, UNI EN 206-1;
- Classe di esposizione XC3,

Per ottenere una buona qualità di conglomerato, si doseranno gli inerti in maniera da ridurre al minimo interstizi che potrebbero realizzarsi per l'impiego di materiali a granulometria difforme a quanto stabilito dalle curve di Fuller.

L'impasto deve essere omogeneo, ben mescolato e vibrato in maniera opportuna.

La composizione della miscela dovrà contenere min. 280 kg/mc di cemento ed essere conforme alla norma UNI EN 206-1:2006.

La quantità di acqua sarà stabilita caso per caso dal D.L in modo da soddisfare i requisiti di lavorabilità e compattezza del conglomerato, secondo le esigenze della struttura e comunque secondo la classe di consistenza S4.

Il rapporto acqua cemento dovrà essere al max pari a 0,55.

Il processo di maturazione avverrà secondo quanto stabilito dalla norma UNI ENV 133670-1:2001

Gli eventuali additivi usati dovranno essere conformi alle norme UNI 7101

INERTI:

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non friabili, con resistenza maggiore di quella del conglomerato, privi di sostanze organiche, limose e argillose con obbligo di marcatura CE conforme a UNI EN 12620.

La pezzatura massima della ghiaia sarà di 32 mm mentre quella della sabbia arriverà a 5 mm, comunque le dimensioni massime devono essere commisurate alle dimensioni del getto o all'ingombro delle armature.

Gli inerti saranno il più possibile assortiti, in modo da ridurre al massimo gli interstizi vuoti.

CEMENTO:

Il legante idraulico usato nella confezione di calcestruzzo, definito come cemento nelle vigenti disposizioni, è un composto di silice di calcio e allucina.

Esso sarà del tipo CEM II/A -LL 32,5 R conforme a UNI EN 197/1.

ACQUA:

L'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva conforme alla norma UNI EN 1008.

FERRO DI ARMATURA:

Sarà del tipo B450C caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

- $F_y \text{ nom: } 450 \text{ N/mm}^2$
- $F_t \text{ nom: } 540 \text{ N/mm}^2$

Non si devono porre in opera armature eccessivamente ossidate, corrosive, recanti difetti superficiali che possono ridurre la resistenza, o ricoperte da sostanze che possano ridurre sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

ACCIAIO PER MICROPALI:

Si utilizzeranno acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati) del tipo S355 (Fe510) avente i seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

per uno spessore $>3 \leq 16 \text{ mm}$;

$F_{yk} \text{ nom: } 470 \text{ N/mm}^2$

$F_{tk} \text{ nom: } 630 \text{ N/mm}^2$

per uno spessore $>16 \leq 40 \text{ mm}$;

$F_{yk} \text{ nom: } 470 \text{ N/mm}^2$

F_{tk} nom: 630 N/mm²

In sede di progettazione si assumono convenzionalmente i seguenti ulteriori valori nominali delle proprietà del materiale:

Modulo elastico: $E = 220.000 \text{ N/mm}^2$

Modulo di elasticità trasversale $G = E/[2(1+\nu)] \text{ N/mm}^2$

coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$

coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$ (per temperature fino a 100 °C)

Densità: $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$

IL PROGETTISTA

(Dott. Ing. Pierluigi Pelliccioni)

RELAZIONE DI CALCOLO CORDOLO TIPO 1

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 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

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

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

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

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

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

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

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

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

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

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

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

si può agire con tre modalità :

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

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

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

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

Spinta in presenza di sisma

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

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

$$F_i = W \cdot C$$

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

$$DS = S - S_s$$

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

Analisi ad elementi finiti

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

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_t 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_t , 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). Indicando 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 rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassettaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

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

Analisi per fasi di scavo

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

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza 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 6x6 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.

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	1,60	[m]
Profondità di infissione	8,40	[m]
Altezza totale della paratia	10,00	[m]
Lunghezza paratia	50,00	[m]

Numero di file di micropali	2	
Interasse fra le file di micropali	0,55	[m]
Interasse fra i micropali della fila	2,00	[m]
Diametro dei micropali	16,00	[cm]
Numero totale di micropali	49	
Numero di micropali per metro lineare	0,98	
Diametro esterno del tubolare	114,29	[mm]
Spessore del tubolare	8,80	[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
1	0,00	Calcestruzzo	100,00	100,00	--	--

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
2	10,00	0,00	0,00

Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10,00	-1,60	0,00
2	0,00	-1,60	0,00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	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	γ_s	ϕ	δ	c
1	conglomerati	2100,00	2200,00	35,00	23,00	0,000
2	sabbie addensate	2000,00	2100,00	30,00	2,00	0,010

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(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	α	kw	Terreno
1	6,00	0,00	8,00	conglomerati
2	2,00	0,00	6,00	sabbie addensate
3	10,00	0,00	8,00	conglomerati

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo

Peso specifico	2500	[kg/mc]
Classe di Resistenza	Rck 250	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	250	[kg/cm ²]
Tensione di progetto a compressione σ_c	85	[kg/cm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	5,3	[kg/cm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}	16,9	[kg/cm ²]

Acciaio

Tipo	FeB44K	
Tensione di snervamento f_{yk}	4400	[kg/cm ²]

Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	FeB44K	
Tensione di snervamento f_{yk}	4400	[kg/cm ²]

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

Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo	$X_i = 0,00$	$X_f = 3,50$	$Q_i = 1000$	$Q_f = 1000$
--------------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Combinazioni di carico

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

Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 2 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 3 [DA1- A2M2]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 4 [DA1- A2M2]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 5 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 1.00

Combinazione n° 6 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V-) x 1.00

Combinazione n° 7 [DA1- A2M2]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V-) x 1.00

Combinazione n° 8 [DA1- A2M2]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 1.00

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		Tiranti
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 Ultimo

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 42.954326
 Longitudine 13.560051
 Comune Rotella
 Provincia Ascoli Piceno
 Regione Marche

Punti di interpolazione del reticolo 23866 - 23867 - 23645 - 23644

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]	1.734	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.450	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.343	0.000
Coefficiente di amplificazione topografica (S_t)	1.200	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.043	0.043
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.502	0.502
Coefficiente di intensità sismica (percento)	12.787	0.000
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.

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

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	315	0	4749	0	23,0	0,0
11	1,00	985	0	14871	0	23,0	0,0
21	2,00	1652	267	20876	4030	23,0	0,0
31	3,00	2320	934	30540	14104	23,0	0,0
41	4,00	2987	1602	40455	24178	23,0	0,0
51	5,00	3654	2269	50460	34252	23,0	0,0
61	5,98	4220	2913	60147	43974	23,0	0,0
71	6,80	5747	4519	55336	42622	2,0	0,0
81	7,80	6876	5358	63127	50422	2,0	0,0
91	8,60	5669	4615	86166	69560	23,0	0,0
101	9,60	6336	5287	96235	79634	23,0	0,0

Combinazione n° 2

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	242	0	3653	0	23,0	0,0
11	1,00	758	0	11440	0	23,0	0,0
21	2,00	1271	205	16058	3100	23,0	0,0
31	3,00	1784	719	23492	10849	23,0	0,0
41	4,00	2298	1232	31120	18598	23,0	0,0
51	5,00	2811	1745	38815	26348	23,0	0,0
61	5,98	3246	2241	46267	33826	23,0	0,0
71	6,80	4395	3450	42646	32866	2,0	0,0
81	7,80	5263	4095	48639	38866	2,0	0,0
91	8,60	4361	3556	66281	53507	23,0	0,0
101	9,60	4874	4062	74027	61257	23,0	0,0

Combinazione n° 3

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	303	0	2883	0	18,8	0,0
11	1,00	950	0	9026	0	18,8	0,0
21	2,00	1594	257	12800	2446	18,8	0,0
31	3,00	2238	901	18606	8560	18,8	0,0
41	4,00	2881	1545	24594	14675	18,8	0,0
51	5,00	3525	2189	30650	20790	18,8	0,0
61	5,98	3808	2810	36522	26690	18,8	0,0
71	6,80	5736	4283	34764	26745	1,6	0,0
81	7,80	6511	5078	39645	31634	1,6	0,0
91	8,60	5470	4456	52262	42220	18,8	0,0
101	9,60	6113	5098	58372	48334	18,8	0,0

Combinazione n° 4

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	303	0	2883	0	18,8	0,0
11	1,00	950	0	9026	0	18,8	0,0
21	2,00	1594	257	12800	2446	18,8	0,0
31	3,00	2238	901	18606	8560	18,8	0,0
41	4,00	2881	1545	24594	14675	18,8	0,0
51	5,00	3525	2189	30650	20790	18,8	0,0
61	5,98	3808	2810	36522	26690	18,8	0,0
71	6,80	5736	4283	34764	26745	1,6	0,0
81	7,80	6511	5078	39645	31634	1,6	0,0
91	8,60	5470	4456	52262	42220	18,8	0,0
101	9,60	6113	5098	58372	48334	18,8	0,0

Combinazione n° 5

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	242	0	3653	0	23,0	0,0
11	1,00	994	0	11440	0	23,0	0,0
21	2,00	1271	205	16058	3100	23,0	0,0
31	3,00	1784	719	23492	10849	23,0	0,0
41	4,00	2298	1232	31120	18598	23,0	0,0
51	5,00	2811	1745	38815	26348	23,0	0,0
61	5,98	3246	2241	46267	33826	23,0	0,0
71	6,80	4395	3450	42646	32866	2,0	0,0
81	7,80	5263	4095	48639	38866	2,0	0,0
91	8,60	4361	3556	66281	53507	23,0	0,0
101	9,60	4874	4062	74027	61257	23,0	0,0

Combinazione n° 6

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	242	0	3653	0	23,0	0,0
11	1,00	994	0	11440	0	23,0	0,0

21	2,00	1271	205	16058	3100	23,0	0,0
31	3,00	1784	719	23492	10849	23,0	0,0
41	4,00	2298	1232	31120	18598	23,0	0,0
51	5,00	2811	1745	38815	26348	23,0	0,0
61	5,98	3246	2241	46267	33826	23,0	0,0
71	6,80	4395	3450	42646	32866	2,0	0,0
81	7,80	5263	4095	48639	38866	2,0	0,0
91	8,60	4361	3556	66281	53507	23,0	0,0
101	9,60	4874	4062	74027	61257	23,0	0,0

Combinazione n° 7

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	303	0	2883	0	18,8	0,0
11	1,00	1212	0	9026	0	18,8	0,0
21	2,00	1594	257	12800	2446	18,8	0,0
31	3,00	2238	901	18606	8560	18,8	0,0
41	4,00	2881	1545	24594	14675	18,8	0,0
51	5,00	3525	2189	30650	20790	18,8	0,0
61	5,98	3808	2810	36522	26690	18,8	0,0
71	6,80	5736	4283	34764	26745	1,6	0,0
81	7,80	6511	5078	39645	31634	1,6	0,0
91	8,60	5470	4456	52262	42220	18,8	0,0
101	9,60	6113	5098	58372	48334	18,8	0,0

Combinazione n° 8

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	303	0	2883	0	18,8	0,0
11	1,00	1212	0	9026	0	18,8	0,0
21	2,00	1594	257	12800	2446	18,8	0,0
31	3,00	2238	901	18606	8560	18,8	0,0
41	4,00	2881	1545	24594	14675	18,8	0,0
51	5,00	3525	2189	30650	20790	18,8	0,0
61	5,98	3808	2810	36522	26690	18,8	0,0
71	6,80	5736	4283	34764	26745	1,6	0,0
81	7,80	6511	5078	39645	31634	1,6	0,0
91	8,60	5470	4456	52262	42220	18,8	0,0
101	9,60	6113	5098	58372	48334	18,8	0,0

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 32 elementi fuori terra e 168 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

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

La costante di Winkler si assume costante su ogni strato.

Altezza fuori terra della paratia	1,60	[m]
Profondità di infissione	8,40	[m]
Altezza totale della paratia	10,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

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

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]

Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
1	[A1-M1]	1334	1,01	--	--	--	--	-2963	2,34	1629	3,43
2	[A1-M1]	1026	1,01	--	--	--	--	-2279	2,34	1253	3,43
3	[A2-M2]	1387	1,04	--	--	--	--	-3328	2,64	1941	3,78
4	[A2-M2]	1387	1,04	--	--	--	--	-3328	2,64	1941	3,78
5	[A1-M1] S	980	1,04	383	1,07	--	--	-3065	2,43	1701	3,54
6	[A1-M1] S	980	1,04	383	1,07	--	--	-3065	2,43	1701	3,54
7	[A2-M2] S	1351	1,10	472	1,07	--	--	-4409	2,76	2586	3,93
8	[A2-M2] S	1351	1,10	472	1,07	--	--	-4409	2,76	2586	3,93

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	Y _{Rc}	Rt	Y _{Rt}	Rv	Y _{Rv}	Rp	Y _{Rp}
1	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
3	[A2-M2]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
4	[A2-M2]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
5	[A1-M1] S	0	0,00	--	--	--	--	--	--
6	[A1-M1] S	0	0,00	--	--	--	--	--	--
7	[A2-M2] S	0	0,00	--	--	--	--	--	--
8	[A2-M2] S	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}	P _{INV}	C _{ROT}	MP	R/R _{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	1,73	2,35	2,76	9.47	1,27	14688
2	[A1-M1]	1,73	2,35	2,76	9.47	1,27	14688
3	[A2-M2]	1,83	2,75	3,10	14.20	2,50	7275
4	[A2-M2]	1,83	2,75	3,10	14.20	2,50	7275
5	[A1-M1] S	1,79	2,50	2,86	11.24	1,72	14688
6	[A1-M1] S	1,79	2,50	2,86	11.24	1,72	14688
7	[A2-M2] S	1,91	2,95	3,25	16.57	3,32	7275
8	[A2-M2] S	1,91	2,95	3,25	16.57	3,32	7275

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[A1-M1]	1442	2,25	1334	1,70	493	10,00	MAX
--	--	-62	4,15	-1559	2,75	0	0,00	MIN
2	[A1-M1]	1110	2,25	1026	1,70	493	10,00	MAX
--	--	-48	4,15	-1199	2,75	0	0,00	MIN
3	[A2-M2]	1752	2,55	1387	1,80	493	10,00	MAX
--	--	-74	4,50	-1858	3,10	0	0,00	MIN
4	[A2-M2]	1752	2,55	1387	1,80	493	10,00	MAX
--	--	-74	4,50	-1858	3,10	0	0,00	MIN
5	[A1-M1] S	1512	2,35	1364	1,75	493	10,00	MAX
--	--	-65	4,25	-1628	2,85	0	0,00	MIN
6	[A1-M1] S	1512	2,35	1364	1,75	493	10,00	MAX
--	--	-65	4,25	-1628	2,85	0	0,00	MIN
7	[A2-M2] S	2365	2,65	1823	1,90	493	10,00	MAX
--	--	-99	4,65	-2474	3,25	0	0,00	MIN
8	[A2-M2] S	2365	2,65	1823	1,90	493	10,00	MAX
--	--	-99	4,65	-2474	3,25	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	U	Y _U	V	Y _V	
1	[A1-M1]	1,7227	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0211	3,20	0,0000	0,00	MIN
2	[A1-M1]	1,3251	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0162	3,20	0,0000	0,00	MIN
3	[A2-M2]	2,6476	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0252	3,55	0,0000	0,00	MIN
4	[A2-M2]	2,6476	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0252	3,55	0,0000	0,00	MIN
5	[A1-M1] S	1,9374	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0221	3,35	0,0000	0,00	MIN
6	[A1-M1] S	1,9374	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0221	3,35	0,0000	0,00	MIN
7	[A2-M2] S	3,9103	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0336	3,70	0,0000	0,00	MIN
8	[A2-M2] S	3,9103	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0336	3,70	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 100

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

n°	Tipo	(X _c , Y _c)	R	(X _v , Y _v)	(X _M , Y _M)	FS
3	[A2-M2]	(-1,00; 1,00)	5,49	(-5,85; -1,58)	(4,41; 0,00)	7,78
4	[A2-M2]	(-1,00; 1,00)	5,49	(-5,85; -1,58)	(4,41; 0,00)	7,78
7	[A2-M2] S	(-1,00; 9,00)	19,03	(-16,81; -1,58)	(15,77; 0,00)	3,43
8	[A2-M2] S	(-1,00; 9,00)	19,03	(-16,81; -1,58)	(15,77; 0,00)	3,43

Combinazione n° 7

Numero di strisce 50

Simbologia adottata

N°	Le ascisse X sono considerate positive verso monte
W	Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
α	Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
φ	Le strisce sono numerate da monte verso valle
c	N° numero d'ordine della striscia
b	W peso della striscia espresso in [kg]
L	α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
u	φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
Ctn, Ctt	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/cosα)
	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]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	φ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	593,13	-54,53	-483,03	1,11	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
2	1756,92	-51,29	-1370,99	1,03	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
3	2796,89	-48,27	-2087,34	0,97	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
4	3734,59	-45,42	-2660,10	0,92	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
5	4585,28	-42,71	-3110,09	0,88	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
6	5360,29	-40,11	-3453,48	0,85	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
7	6061,69	-37,61	-3699,26	0,82	27,02	0,004	0,000	(0; 0)
8	6680,65	-35,19	-3849,85	0,79	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
9	7245,28	-32,84	-3928,90	0,77	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
10	7761,85	-30,55	-3945,16	0,75	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
11	8233,83	-28,31	-3905,14	0,73	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
12	8669,87	-26,12	-3817,23	0,72	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
13	9079,69	-23,97	-3689,03	0,71	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
14	9450,98	-21,86	-3518,62	0,70	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
15	9784,89	-19,77	-3310,34	0,69	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
16	10082,95	-17,72	-3068,45	0,68	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
17	10346,45	-15,68	-2796,96	0,67	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
18	10576,48	-13,67	-2499,65	0,67	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
19	10773,96	-11,67	-2180,12	0,66	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
20	10939,64	-9,69	-1841,82	0,66	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
21	11074,15	-7,72	-1488,06	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
22	11177,97	-5,76	-1122,08	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
23	11251,47	-3,81	-747,04	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
24	11294,91	-1,86	-366,02	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)

25	11308,45	0,09	17,90	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
26	11292,13	2,04	401,68	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
27	14293,85	4,00	998,26	0,66	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
28	14214,52	5,99	1483,74	0,66	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
29	14103,32	7,99	1959,32	0,66	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
30	13959,85	9,99	2421,61	0,67	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
31	13783,55	12,01	2867,17	0,67	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
32	13130,94	14,04	3185,02	0,68	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
33	12672,49	16,09	3511,59	0,68	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
34	12393,01	18,16	3862,26	0,69	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
35	12076,98	20,25	4180,97	0,70	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
36	11722,96	22,38	4463,40	0,71	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
37	11329,27	24,54	4704,90	0,72	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
38	10896,98	26,73	4901,84	0,74	27,02	0,004	0,000	(0; 0)
39	10438,01	28,97	5055,99	0,75	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
40	9936,77	31,26	5156,51	0,77	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
41	9387,64	33,61	5195,91	0,79	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
42	8786,71	36,02	5166,92	0,81	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
43	8120,31	38,51	5055,66	0,84	27,02	0,004	0,000	(0; 0)
44	7365,61	41,08	4840,34	0,87	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
45	6536,01	43,77	4521,06	0,91	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
46	5622,63	46,58	4083,64	0,96	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
47	4611,90	49,54	3509,03	1,01	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
48	3485,09	52,70	2772,24	1,08	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
49	2215,01	56,11	1838,61	1,18	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
50	770,05	59,51	663,56	1,30	29,26	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 443767,84$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 23880,36$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 219771,93$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 589,06$ [kg]

Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione

Diametro del micropalo	16,00 cm
Area della sezione trasversale	201,06 cmq
Diametro esterno del tubolare	114,29 mm
Spessore del tubolare	8,80 mm
Area della sezione tubolare	29,16 cmq
Inerzia della sezione tubolare	408,50 cm ⁴

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kg]
Tr	taglio resistente espresso in [kg]
FS _T	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	2,25	1472	113	3699	284	2.51
2	[A1-M1]	2,25	1132	113	3698	369	3.27
3	[A2-M2]	2,55	1788	128	3699	265	2.07
4	[A2-M2]	2,55	1788	128	3699	265	2.07
5	[A1-M1] S	2,35	1543	118	3699	283	2.40
6	[A1-M1] S	2,35	1543	118	3699	283	2.40
7	[A2-M2] S	2,65	2413	133	3699	204	1.53

8	[A2-M2] S	2,65	2413	133	3699	204	1.53
n°	Tipo	Y	T	Tr	FS_T		
1	[A1-M1]	2,75	-1591	64423	40.50		
2	[A1-M1]	2,75	-1224	64423	52.65		
3	[A2-M2]	3,10	-1896	64423	33.99		
4	[A2-M2]	3,10	-1896	64423	33.99		
5	[A1-M1] S	2,85	-1661	64423	38.78		
6	[A1-M1] S	2,85	-1661	64423	38.78		
7	[A2-M2] S	3,25	-2525	64423	25.52		
8	[A2-M2] S	3,25	-2525	64423	25.52		

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo, espressa in [m]
M	momento flettente, espresso in [kgm]
N	sforzo normale, espresso in [kg] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento, espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento, espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio, espresso in [kg]
Tr	Taglio resistente, espresso in [kg]
FS _T	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	Tr	FS _T
1	[A1-M1]	0,00	0	0	0	0	1000.00	0	64423	1000.00
7	[A2-M2] S	0,05	0	3	3499	22301	8873.17	16	64423	4084.49
7	[A2-M2] S	0,10	2	5	3633	11183	2224.77	34	64423	1907.76
7	[A2-M2] S	0,15	4	8	3657	7205	955.57	54	64423	1193.26
7	[A2-M2] S	0,20	7	10	3669	5204	517.66	76	64423	842.87
7	[A2-M2] S	0,25	12	13	3676	4008	318.96	101	64423	637.34
7	[A2-M2] S	0,30	17	15	3681	3218	213.38	128	64423	503.63
7	[A2-M2] S	0,35	24	18	3684	2660	151.17	157	64423	410.50
7	[A2-M2] S	0,40	33	20	3687	2246	111.72	188	64423	342.41
7	[A2-M2] S	0,45	43	23	3689	1930	85.30	222	64423	290.79
7	[A2-M2] S	0,50	55	25	3690	1680	66.84	257	64423	250.55
7	[A2-M2] S	0,55	69	28	3691	1479	53.49	295	64423	218.46
7	[A2-M2] S	0,60	85	30	3692	1314	43.57	335	64423	192.39
7	[A2-M2] S	0,65	103	33	3693	1177	36.01	377	64423	170.89
7	[A2-M2] S	0,70	123	35	3694	1061	30.15	421	64423	152.91
7	[A2-M2] S	0,75	145	38	3694	962	25.53	468	64423	137.70
7	[A2-M2] S	0,80	169	40	3695	877	21.82	517	64423	124.72
7	[A2-M2] S	0,85	196	43	3695	804	18.81	567	64423	113.54
7	[A2-M2] S	0,90	226	45	3696	739	16.34	620	64423	103.82
7	[A2-M2] S	0,95	259	48	3696	683	14.30	676	64423	95.33
7	[A2-M2] S	1,00	294	50	3696	632	12.58	733	64423	87.86
7	[A2-M2] S	1,05	332	53	3697	588	11.14	793	64423	81.26
7	[A2-M2] S	1,10	373	55	3697	548	9.91	855	64423	75.38
7	[A2-M2] S	1,15	417	58	3697	512	8.86	919	64423	70.13
7	[A2-M2] S	1,20	465	60	3697	480	7.95	985	64423	65.41
7	[A2-M2] S	1,25	516	63	3698	450	7.17	1053	64423	61.17
7	[A2-M2] S	1,30	570	65	3698	424	6.48	1124	64423	57.32
7	[A2-M2] S	1,35	628	68	3698	399	5.88	1197	64423	53.84
7	[A2-M2] S	1,40	690	70	3698	377	5.36	1272	64423	50.67
7	[A2-M2] S	1,45	756	73	3698	357	4.89	1349	64423	47.77
7	[A2-M2] S	1,50	825	75	3698	338	4.48	1428	64423	45.12
7	[A2-M2] S	1,55	898	78	3698	321	4.12	1509	64423	42.68
7	[A2-M2] S	1,60	976	80	3698	305	3.79	1593	64423	40.44
7	[A2-M2] S	1,65	1058	83	3699	290	3.50	1671	64423	38.55
7	[A2-M2] S	1,70	1143	85	3699	277	3.24	1736	64423	37.11
7	[A2-M2] S	1,75	1231	88	3699	264	3.00	1787	64423	36.05
7	[A2-M2] S	1,80	1321	90	3699	253	2.80	1825	64423	35.30
7	[A2-M2] S	1,85	1413	93	3699	243	2.62	1849	64423	34.83

7	[A2-M2] S	1,90	1506	96	3699	235	2.46	1860	64423	34.63
7	[A2-M2] S	1,95	1599	98	3699	227	2.31	1839	64423	35.04
7	[A2-M2] S	2,00	1691	101	3699	220	2.19	1791	64423	35.97
7	[A2-M2] S	2,05	1780	103	3699	214	2.08	1729	64423	37.26
7	[A2-M2] S	2,10	1867	106	3699	209	1.98	1653	64423	38.97
7	[A2-M2] S	2,15	1949	108	3699	205	1.90	1563	64423	41.21
7	[A2-M2] S	2,20	2028	111	3699	202	1.82	1459	64423	44.14
7	[A2-M2] S	2,25	2101	113	3699	199	1.76	1341	64423	48.03
7	[A2-M2] S	2,30	2168	116	3699	197	1.71	1209	64423	53.27
7	[A2-M2] S	2,35	2228	118	3699	196	1.66	1063	64423	60.59
7	[A2-M2] S	2,40	2281	121	3699	196	1.62	903	64423	71.33
7	[A2-M2] S	2,45	2326	123	3699	196	1.59	-1112	64423	57.93
7	[A2-M2] S	2,50	2363	126	3699	197	1.57	-1284	64423	50.16
7	[A2-M2] S	2,55	2390	128	3699	198	1.55	-1413	64423	45.59
7	[A2-M2] S	2,60	2407	131	3699	201	1.54	-1503	64423	42.85
7	[A2-M2] S	2,65	2413	133	3699	204	1.53	-1560	64423	41.29
7	[A2-M2] S	2,70	2408	136	3699	209	1.54	-1588	64423	40.57
7	[A2-M2] S	2,75	2390	138	3699	214	1.55	-1621	64423	39.73
7	[A2-M2] S	2,80	2359	141	3699	221	1.57	-1655	64423	38.93
7	[A2-M2] S	2,85	2315	143	3699	229	1.60	-1661	64423	38.78
7	[A2-M2] S	2,90	2257	146	3699	239	1.64	-1698	64423	37.94
7	[A2-M2] S	2,95	2183	148	3699	251	1.69	-1802	64423	35.76
7	[A2-M2] S	3,00	2094	151	3699	266	1.77	-2054	64423	31.37
7	[A2-M2] S	3,05	1991	153	3699	285	1.86	-2254	64423	28.58
7	[A2-M2] S	3,10	1879	156	3698	307	1.97	-2394	64423	26.91
7	[A2-M2] S	3,15	1759	158	3698	333	2.10	-2481	64423	25.96
7	[A2-M2] S	3,20	1635	161	3698	364	2.26	-2523	64423	25.54
7	[A2-M2] S	3,25	1509	163	3698	400	2.45	-2525	64423	25.52
7	[A2-M2] S	3,30	1382	166	3698	444	2.67	-2494	64423	25.83
7	[A2-M2] S	3,35	1258	168	3697	495	2.94	-2435	64423	26.46
7	[A2-M2] S	3,40	1136	171	3697	556	3.25	-2354	64423	27.37
7	[A2-M2] S	3,45	1018	173	3696	630	3.63	-2254	64423	28.58
7	[A2-M2] S	3,50	906	176	3696	718	4.08	-2141	64423	30.09
7	[A2-M2] S	3,55	799	178	3695	826	4.63	-2017	64423	31.94
7	[A2-M2] S	3,60	698	181	3695	958	5.30	-1886	64423	34.15
7	[A2-M2] S	3,65	603	183	3694	1123	6.12	-1751	64423	36.79
7	[A2-M2] S	3,70	516	186	3692	1331	7.16	-1614	64423	39.91
7	[A2-M2] S	3,75	435	188	3691	1599	8.48	-1477	64423	43.60
7	[A2-M2] S	3,80	361	191	3689	1951	10.21	-1343	64423	47.98
7	[A2-M2] S	3,85	294	194	3686	2425	12.53	-1211	64423	53.19
7	[A2-M2] S	3,90	234	196	3682	3091	15.77	-1084	64423	59.41
7	[A2-M2] S	3,95	179	199	3676	4071	20.50	-963	64423	66.89
7	[A2-M2] S	4,00	131	201	3666	5622	27.96	-848	64423	75.97
7	[A2-M2] S	4,05	89	204	3650	8373	41.13	-740	64423	87.09
1	[A1-M1]	4,10	-63	206	-3628	11896	57.73	-639	64423	100.88
5	[A1-M1] S	4,15	-64	209	-3628	11918	57.13	-545	64423	118.25
5	[A1-M1] S	4,20	-65	211	-3629	11714	55.49	-458	64423	140.53
5	[A1-M1] S	4,25	-66	214	-3629	11717	54.85	-379	64423	169.78
5	[A1-M1] S	4,30	-66	216	-3628	11891	55.02	-308	64423	209.31
3	[A2-M2]	4,35	-70	219	-3632	11354	51.93	-243	64423	264.90
7	[A2-M2] S	4,40	-77	221	-3637	10465	47.32	-185	64423	347.39
7	[A2-M2] S	4,45	-86	224	-3643	9460	42.29	-134	64423	479.96
7	[A2-M2] S	4,50	-93	226	-3647	8883	39.27	-89	64423	722.35
7	[A2-M2] S	4,55	-97	229	-3648	8575	37.49	68	64423	942.18
7	[A2-M2] S	4,60	-100	231	-3649	8454	36.56	69	64423	928.89
7	[A2-M2] S	4,65	-101	234	-3649	8477	36.27	71	64423	904.65
7	[A2-M2] S	4,70	-100	236	-3648	8620	36.49	72	64423	896.55
7	[A2-M2] S	4,75	-98	239	-3647	8872	37.16	72	64423	899.49
7	[A2-M2] S	4,80	-95	241	-3645	9226	38.24	77	64423	839.87
7	[A2-M2] S	4,85	-92	244	-3642	9686	39.73	86	64423	753.25
7	[A2-M2] S	4,90	-87	246	-3638	10255	41.63	95	64423	677.29
7	[A2-M2] S	4,95	-83	249	-3634	10943	43.98	102	64423	631.70
7	[A2-M2] S	5,00	-78	251	-3629	11764	46.81	106	64423	605.18
7	[A2-M2] S	5,05	-72	254	-3623	12737	50.18	109	64423	591.93
7	[A2-M2] S	5,10	-67	256	-3616	13885	54.16	109	64423	588.75
7	[A2-M2] S	5,15	-61	259	-3608	15238	58.86	108	64423	593.85
7	[A2-M2] S	5,20	-56	261	-3599	16834	64.41	106	64423	606.27
7	[A2-M2] S	5,25	-51	264	-3571	18638	70.63	103	64423	625.58
7	[A2-M2] S	5,30	-45	266	-3530	20710	77.74	99	64423	651.75

7	[A2-M2] S	5,35	-40	269	-3482	23141	86.05	94	64423	685.06
7	[A2-M2] S	5,40	-36	271	-3426	26001	95.79	89	64423	726.11
7	[A2-M2] S	5,45	-31	274	-3352	29308	106.98	83	64423	775.80
7	[A2-M2] S	5,50	-27	276	-3264	33202	120.10	77	64423	835.38
7	[A2-M2] S	5,55	-23	279	-3158	37769	135.38	71	64423	906.55
7	[A2-M2] S	5,60	-20	281	-3030	43143	153.27	65	64423	991.53
7	[A2-M2] S	5,65	-17	284	-2877	49461	174.16	59	64423	1093.31
7	[A2-M2] S	5,70	-14	287	-2693	56844	198.40	53	64423	1215.87
7	[A2-M2] S	5,75	-11	289	-2471	65381	226.21	47	64423	1364.64
7	[A2-M2] S	5,80	-9	292	-2206	75098	257.59	42	64423	1547.14
7	[A2-M2] S	5,85	-6	294	-1893	85863	292.00	36	64423	1774.07
7	[A2-M2] S	5,90	-5	297	-1529	97187	327.71	31	64423	2061.18
7	[A2-M2] S	5,95	-3	299	-1126	108504	362.79	26	64423	2432.49
1	[A1-M1]	6,00	3	302	983	112343	372.50	23	64423	2854.11
5	[A1-M1] S	6,05	3	304	977	112503	369.95	19	64423	3312.43
5	[A1-M1] S	6,10	3	307	981	112383	366.52	17	64423	3890.74
5	[A1-M1] S	6,15	3	309	975	112547	364.07	14	64423	4635.19
5	[A1-M1] S	6,20	3	312	960	112950	362.43	11	64423	5617.94
3	[A2-M2]	6,25	3	314	978	112468	358.00	9	64423	6958.15
7	[A2-M2] S	6,30	3	317	1014	111507	352.12	7	64423	8867.27
7	[A2-M2] S	6,35	3	319	1108	109004	341.51	5	64423	11759.00
7	[A2-M2] S	6,40	4	322	1173	107261	333.42	4	64423	16565.50
7	[A2-M2] S	6,45	4	324	1215	106129	327.34	-3	64423	24244.83
7	[A2-M2] S	6,50	4	327	1239	105497	322.89	-3	64423	24227.94
7	[A2-M2] S	6,55	4	329	1247	105279	319.76	-3	64423	23990.14
7	[A2-M2] S	6,60	4	332	1242	105409	317.73	-3	64423	23815.13
7	[A2-M2] S	6,65	4	334	1226	105831	316.61	-3	64423	23937.29
7	[A2-M2] S	6,70	4	337	1201	106500	316.23	-3	64423	24169.12
7	[A2-M2] S	6,75	4	339	1168	107378	316.48	-3	64423	22897.63
7	[A2-M2] S	6,80	4	342	1129	108432	317.23	-3	64423	20940.36
7	[A2-M2] S	6,85	3	344	1084	109632	318.40	-3	64423	18947.43
7	[A2-M2] S	6,90	3	347	1035	110951	319.90	-4	64423	17706.51
7	[A2-M2] S	6,95	3	349	982	112366	321.65	-4	64423	16948.56
7	[A2-M2] S	7,00	3	352	926	113819	323.48	-4	64423	16529.71
7	[A2-M2] S	7,05	3	354	868	115286	325.32	-4	64423	16367.88
7	[A2-M2] S	7,10	2	357	809	116783	327.23	-4	64423	16414.67
7	[A2-M2] S	7,15	2	359	749	118294	329.15	-4	64423	16641.68
7	[A2-M2] S	7,20	2	362	689	119803	331.03	-4	64423	17033.31
7	[A2-M2] S	7,25	2	364	630	121297	332.85	-4	64423	17582.85
7	[A2-M2] S	7,30	2	367	570	122368	333.48	-4	64423	18290.29
7	[A2-M2] S	7,35	2	369	511	123206	333.48	-3	64423	19161.11
7	[A2-M2] S	7,40	1	372	455	124007	333.38	-3	64423	20205.71
7	[A2-M2] S	7,45	1	374	402	124769	333.18	-3	64423	21439.26
7	[A2-M2] S	7,50	1	377	351	125487	332.87	-3	64423	22881.87
7	[A2-M2] S	7,55	1	380	304	126161	332.44	-3	64423	24558.99
7	[A2-M2] S	7,60	1	382	260	126789	331.89	-2	64423	26502.07
7	[A2-M2] S	7,65	1	385	219	127370	331.24	-2	64423	28749.48
7	[A2-M2] S	7,70	1	387	182	127906	330.47	-2	64423	31347.70
7	[A2-M2] S	7,75	0	390	147	128395	329.59	-2	64423	34352.76
7	[A2-M2] S	7,80	0	392	116	128841	328.62	-2	64423	37832.05
7	[A2-M2] S	7,85	0	395	88	129244	327.55	-2	64423	41866.49
7	[A2-M2] S	7,90	0	397	62	129607	326.39	-1	64423	46553.12
7	[A2-M2] S	7,95	0	400	40	129931	325.14	-1	64423	52008.13
1	[A1-M1]	8,00	0	402	-38	129951	323.16	-1	64423	59585.22
5	[A1-M1] S	8,05	0	405	-39	129942	321.13	-1	64423	70413.36
5	[A1-M1] S	8,10	0	407	-39	129935	319.13	-1	64423	84495.03
5	[A1-M1] S	8,15	0	410	-39	129938	317.18	0		010000.00
3	[A2-M2]	8,20	0	412	-40	129926	315.22	0		010000.00
3	[A2-M2]	8,25	0	415	-42	129897	313.24	0		010000.00
7	[A2-M2] S	8,30	0	417	-48	129816	311.16	0		010000.00
7	[A2-M2] S	8,35	0	420	-52	129758	309.16	0		010000.00
7	[A2-M2] S	8,40	0	422	-54	129719	307.22	0		010000.00
7	[A2-M2] S	8,45	0	425	-56	129698	305.36	0		010000.00
7	[A2-M2] S	8,50	0	427	-56	129692	303.54	0		010000.00
7	[A2-M2] S	8,55	0	430	-56	129697	301.78	0		010000.00
7	[A2-M2] S	8,60	0	432	-55	129714	300.07	0		010000.00
7	[A2-M2] S	8,65	0	435	-53	129738	298.39	0		010000.00
7	[A2-M2] S	8,70	0	437	-51	129769	296.74	0		010000.00
7	[A2-M2] S	8,75	0	440	-48	129805	295.13	0		010000.00

7	[A2-M2] S	8,80	0	442	-46	129845	293.54	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	8,85	0	445	-43	129888	291.98	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	8,90	0	447	-40	129933	290.44	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	8,95	0	450	-36	129978	288.92	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,00	0	452	-33	130023	287.41	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,05	0	455	-30	130068	285.92	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,10	0	457	-27	130111	284.45	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,15	0	460	-24	130153	282.99	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,20	0	462	-21	130193	281.53	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,25	0	465	-19	130231	280.09	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,30	0	467	-16	130267	278.66	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,35	0	470	-14	130300	277.24	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,40	0	472	-12	130331	275.83	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,45	0	475	-10	130358	274.43	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,50	0	478	-8	130384	273.04	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,55	0	480	-6	130406	271.66	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,60	0	483	-5	130426	270.29	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,65	0	485	-4	130443	268.92	0	0100000.00
1	[A1-M1]	9,70	0	488	0	-111583	228.85	0	0100000.00
1	[A1-M1]	9,75	0	490	0	-111583	227.68	0	0100000.00
2	[A1-M1]	9,80	0	493	0	-111583	226.52	0	0100000.00
1	[A1-M1]	9,85	0	495	0	-111583	225.37	0	0100000.00
1	[A1-M1]	9,90	0	498	0	-111583	224.23	0	0100000.00
1	[A1-M1]	9,95	0	500	0	-111583	223.10	0	64423 1000.00

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	$R_{bk} = 250 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 208 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 4400 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck}/\gamma_c$)	$R_c^* = 118 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk}/γ_s)	$R_s^* = 3826 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\varepsilon_{cu} = 0.0035 (0.35\%)$
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\varepsilon_{ck} = 0.0020 (0.20\%)$
Deformazione ultima dell'acciaio	$\varepsilon_{yu} = 0.0100 (1.00\%)$
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^*/E_s)	$\varepsilon_{yk} = 0.0014 (0.18\%)$

Legame costitutivo del calcestruzzo

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

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

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

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

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

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

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

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

Tratto armatura 1

Nr	N_u	M_u
1	-111583,16	0,00
2	0,00	3700,30
3	17399,52	3595,11
4	26099,28	3424,16
5	34799,04	3227,98
6	43498,80	3021,52
7	52198,56	2810,93
8	60898,32	2590,42
9	69598,07	2359,39
10	78297,83	2117,06
11	86997,59	1859,38
12	95697,35	1581,05
13	104397,11	1279,65
14	113096,87	954,70
15	121796,63	610,06
16	130496,39	0,00
17	130496,39	0,00
18	121796,63	-610,06
19	113096,87	-954,70
20	104397,11	-1279,65

21	95697,35	-1581,05
22	86997,59	-1859,38
23	78297,83	-2117,06
24	69598,07	-2359,39
25	60898,32	-2590,42
26	52198,56	-2810,93
27	43498,80	-3021,52
28	34799,04	-3227,98
29	26099,28	-3424,16
30	17399,52	-3595,11
31	0,00	-3700,30
32	-111583,16	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.)

$B=100,00$ [cm]	$H=100,00$ [cm]		
$A_{rh}=12,06$ [cmq]	$A_{th}=12,06$ [cmq]	Staffe $\phi 12/25$	$N_{bh}=4 - N_{bv}=2$
$M_h=7293$ [kgm]	$M_{uh}=43501$ [kgm]	$FS=5.96$	
$T_h=14586$ [kg]	$T_{Rh}=122957$ [kg]	$FS_T=8.43$	
$M_v=5000$ [kgm]	$M_{uv}=57860$ [kgm]	$FS=11.57$	
$T_v=5000$ [kg]	$T_R=92736$ [kg]	$FS_{Tv}=18.55$	

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (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 14/01/2008.

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	10.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	ING. PELLICIONI PIERLUIGI
Licenza	AIU1616PL

Affidabilità dei codici di calcolo

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

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Luogo e data

Ascoli Piceno 24/04/2017

Il progettista
Ing. Pierluigi Pelliccioni

RELAZIONE DI CALCOLO CORDOLO TIPO 2

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 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

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

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

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

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

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

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

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

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

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

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

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

si può agire con tre modalità :

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

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

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

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

Spinta in presenza di sisma

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

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

$$F_i = W \cdot C$$

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

$$DS = S - S_s$$

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

Analisi ad elementi finiti

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

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_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). Indicando 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 rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassettaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

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

Analisi per fasi di scavo

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

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza 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 6x6 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.

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	1,60	[m]
Profondità di infissione	8,40	[m]
Altezza totale della paratia	10,00	[m]
Lunghezza paratia	50,00	[m]
Numero di file di micropali	2	
Interasse fra le file di micropali	0,55	[m]
Interasse fra i micropali della fila	2,00	[m]
Diametro dei micropali	16,00	[cm]
Numero totale di micropali	49	
Numero di micropali per metro lineare	0,98	
Diametro esterno del tubolare	114,29	[mm]
Spessore del tubolare	8,80	[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 [cm ²]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm ³]

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
1	0,00	Calcestruzzo	100,00	70,00	--	--

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
2	10,00	0,00	0,00

Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10,00	-1,60	0,00
2	0,00	-1,60	0,00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	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	γ_s	ϕ	δ	c
1	conglomerati	2100,00	2200,00	35,00	23,00	0,000
2	sabbie addensate	2000,00	2100,00	30,00	2,00	0,010

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(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	α	kw	Terreno
1	6,00	0,00	8,00	conglomerati
2	2,00	0,00	6,00	sabbie addensate
3	10,00	0,00	8,00	conglomerati

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo

Peso specifico	2500	[kg/mc]
Classe di Resistenza	Rck 250	
Resistenza caratteristica a compressione R _{ck}	250	[kg/cm ²]
Tensione di progetto a compressione σ_c	85	[kg/cm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	5,3	[kg/cm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}	16,9	[kg/cm ²]

Acciaio

Tipo	FeB44K	
Tensione di snervamento f _{yk}	4400	[kg/cm ²]

Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	FeB44K	
Tensione di snervamento f _{yk}	4400	[kg/cm ²]

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

Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo	X _i = 0,00	X _f = 3,50	Q _i = 1000	Q _f = 1000
--------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Combinazioni di carico

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

Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 2 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 3 [DA1- A2M2]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 4 [DA1- A2M2]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 5 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 1.00

Combinazione n° 6 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V-) x 1.00

Combinazione n° 7 [DA1- A2M2]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V-) x 1.00

Combinazione n° 8 [DA1- A2M2]

Spinta terreno
Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 1.00

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		Tiranti
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 Ultimo

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 42.954326
 Longitudine 13.560051
 Comune Rotella
 Provincia Ascoli Piceno
 Regione Marche

Punti di interpolazione del reticolo 23866 - 23867 - 23645 - 23644

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]	1.734	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.450	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.343	0.000
Coefficiente di amplificazione topografica (S_t)	1.200	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.043	0.043
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.502	0.502

Coefficiente di intensità sismica (percento)	12.787	0.000
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte
 Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

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

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	315	0	4749	0	23,0	0,0
11	1,00	985	0	14871	0	23,0	0,0
21	2,00	1652	267	20876	4030	23,0	0,0
31	3,00	2320	934	30540	14104	23,0	0,0
41	4,00	2987	1602	40455	24178	23,0	0,0
51	5,00	3654	2269	50460	34252	23,0	0,0
61	5,98	4220	2913	60147	43974	23,0	0,0
71	6,80	5747	4519	55336	42622	2,0	0,0
81	7,80	6876	5358	63127	50422	2,0	0,0
91	8,60	5669	4615	86166	69560	23,0	0,0
101	9,60	6336	5287	96235	79634	23,0	0,0

Combinazione n° 2

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	242	0	3653	0	23,0	0,0
11	1,00	758	0	11440	0	23,0	0,0
21	2,00	1271	205	16058	3100	23,0	0,0
31	3,00	1784	719	23492	10849	23,0	0,0
41	4,00	2298	1232	31120	18598	23,0	0,0
51	5,00	2811	1745	38815	26348	23,0	0,0
61	5,98	3246	2241	46267	33826	23,0	0,0
71	6,80	4395	3450	42646	32866	2,0	0,0
81	7,80	5263	4095	48639	38866	2,0	0,0
91	8,60	4361	3556	66281	53507	23,0	0,0
101	9,60	4874	4062	74027	61257	23,0	0,0

Combinazione n° 3

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	303	0	2883	0	18,8	0,0
11	1,00	950	0	9026	0	18,8	0,0
21	2,00	1594	257	12800	2446	18,8	0,0
31	3,00	2238	901	18606	8560	18,8	0,0
41	4,00	2881	1545	24594	14675	18,8	0,0
51	5,00	3525	2189	30650	20790	18,8	0,0
61	5,98	3808	2810	36522	26690	18,8	0,0
71	6,80	5736	4283	34764	26745	1,6	0,0
81	7,80	6511	5078	39645	31634	1,6	0,0
91	8,60	5470	4456	52262	42220	18,8	0,0
101	9,60	6113	5098	58372	48334	18,8	0,0

Combinazione n° 4

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	303	0	2883	0	18,8	0,0
11	1,00	950	0	9026	0	18,8	0,0
21	2,00	1594	257	12800	2446	18,8	0,0
31	3,00	2238	901	18606	8560	18,8	0,0
41	4,00	2881	1545	24594	14675	18,8	0,0
51	5,00	3525	2189	30650	20790	18,8	0,0
61	5,98	3808	2810	36522	26690	18,8	0,0
71	6,80	5736	4283	34764	26745	1,6	0,0
81	7,80	6511	5078	39645	31634	1,6	0,0
91	8,60	5470	4456	52262	42220	18,8	0,0
101	9,60	6113	5098	58372	48334	18,8	0,0

Combinazione n° 5

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	242	0	3653	0	23,0	0,0
11	1,00	994	0	11440	0	23,0	0,0
21	2,00	1271	205	16058	3100	23,0	0,0
31	3,00	1784	719	23492	10849	23,0	0,0
41	4,00	2298	1232	31120	18598	23,0	0,0
51	5,00	2811	1745	38815	26348	23,0	0,0
61	5,98	3246	2241	46267	33826	23,0	0,0
71	6,80	4395	3450	42646	32866	2,0	0,0
81	7,80	5263	4095	48639	38866	2,0	0,0
91	8,60	4361	3556	66281	53507	23,0	0,0
101	9,60	4874	4062	74027	61257	23,0	0,0

Combinazione n° 6

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	242	0	3653	0	23,0	0,0
11	1,00	994	0	11440	0	23,0	0,0

21	2,00	1271	205	16058	3100	23,0	0,0
31	3,00	1784	719	23492	10849	23,0	0,0
41	4,00	2298	1232	31120	18598	23,0	0,0
51	5,00	2811	1745	38815	26348	23,0	0,0
61	5,98	3246	2241	46267	33826	23,0	0,0
71	6,80	4395	3450	42646	32866	2,0	0,0
81	7,80	5263	4095	48639	38866	2,0	0,0
91	8,60	4361	3556	66281	53507	23,0	0,0
101	9,60	4874	4062	74027	61257	23,0	0,0

Combinazione n° 7

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	303	0	2883	0	18,8	0,0
11	1,00	1212	0	9026	0	18,8	0,0
21	2,00	1594	257	12800	2446	18,8	0,0
31	3,00	2238	901	18606	8560	18,8	0,0
41	4,00	2881	1545	24594	14675	18,8	0,0
51	5,00	3525	2189	30650	20790	18,8	0,0
61	5,98	3808	2810	36522	26690	18,8	0,0
71	6,80	5736	4283	34764	26745	1,6	0,0
81	7,80	6511	5078	39645	31634	1,6	0,0
91	8,60	5470	4456	52262	42220	18,8	0,0
101	9,60	6113	5098	58372	48334	18,8	0,0

Combinazione n° 8

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0,00	303	0	2883	0	18,8	0,0
11	1,00	1212	0	9026	0	18,8	0,0
21	2,00	1594	257	12800	2446	18,8	0,0
31	3,00	2238	901	18606	8560	18,8	0,0
41	4,00	2881	1545	24594	14675	18,8	0,0
51	5,00	3525	2189	30650	20790	18,8	0,0
61	5,98	3808	2810	36522	26690	18,8	0,0
71	6,80	5736	4283	34764	26745	1,6	0,0
81	7,80	6511	5078	39645	31634	1,6	0,0
91	8,60	5470	4456	52262	42220	18,8	0,0
101	9,60	6113	5098	58372	48334	18,8	0,0

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 32 elementi fuori terra e 168 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

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

La costante di Winkler si assume costante su ogni strato.

Altezza fuori terra della paratia	1,60	[m]
Profondità di infissione	8,40	[m]
Altezza totale della paratia	10,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

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

Simbologia adottata

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

Pp Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
1	[A1-M1]	1334	1,01	--	--	--	--	-2963	2,34	1629	3,43
2	[A1-M1]	1026	1,01	--	--	--	--	-2279	2,34	1253	3,43
3	[A2-M2]	1387	1,04	--	--	--	--	-3328	2,64	1941	3,78
4	[A2-M2]	1387	1,04	--	--	--	--	-3328	2,64	1941	3,78
5	[A1-M1] S	980	1,04	383	1,07	--	--	-3065	2,43	1701	3,54
6	[A1-M1] S	980	1,04	383	1,07	--	--	-3065	2,43	1701	3,54
7	[A2-M2] S	1351	1,10	472	1,07	--	--	-4409	2,76	2586	3,93
8	[A2-M2] S	1351	1,10	472	1,07	--	--	-4409	2,76	2586	3,93

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	Y _{Rc}	Rt	Y _{Rt}	Rv	Y _{Rv}	Rp	Y _{Rp}
1	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
3	[A2-M2]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
4	[A2-M2]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
5	[A1-M1] S	0	0,00	--	--	--	--	--	--
6	[A1-M1] S	0	0,00	--	--	--	--	--	--
7	[A2-M2] S	0	0,00	--	--	--	--	--	--
8	[A2-M2] S	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}	P _{INV}	C _{ROT}	MP	R/R _{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	1,73	2,35	2,76	9.47	1,27	14688
2	[A1-M1]	1,73	2,35	2,76	9.47	1,27	14688
3	[A2-M2]	1,83	2,75	3,10	14.20	2,50	7275
4	[A2-M2]	1,83	2,75	3,10	14.20	2,50	7275
5	[A1-M1] S	1,79	2,50	2,86	11.24	1,72	14688
6	[A1-M1] S	1,79	2,50	2,86	11.24	1,72	14688
7	[A2-M2] S	1,91	2,95	3,25	16.57	3,32	7275
8	[A2-M2] S	1,91	2,95	3,25	16.57	3,32	7275

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[A1-M1]	1442	2,25	1334	1,70	493	10,00	MAX
--	--	-62	4,15	-1559	2,75	0	0,00	MIN
2	[A1-M1]	1110	2,25	1026	1,70	493	10,00	MAX
--	--	-48	4,15	-1199	2,75	0	0,00	MIN
3	[A2-M2]	1752	2,55	1387	1,80	493	10,00	MAX
--	--	-74	4,50	-1858	3,10	0	0,00	MIN
4	[A2-M2]	1752	2,55	1387	1,80	493	10,00	MAX
--	--	-74	4,50	-1858	3,10	0	0,00	MIN
5	[A1-M1] S	1512	2,35	1364	1,75	493	10,00	MAX
--	--	-65	4,25	-1628	2,85	0	0,00	MIN
6	[A1-M1] S	1512	2,35	1364	1,75	493	10,00	MAX
--	--	-65	4,25	-1628	2,85	0	0,00	MIN
7	[A2-M2] S	2365	2,65	1823	1,90	493	10,00	MAX
--	--	-99	4,65	-2474	3,25	0	0,00	MIN
8	[A2-M2] S	2365	2,65	1823	1,90	493	10,00	MAX
--	--	-99	4,65	-2474	3,25	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	U	Y _U	V	Y _V	
1	[A1-M1]	1,7227	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0211	3,20	0,0000	0,00	MIN
2	[A1-M1]	1,3251	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0162	3,20	0,0000	0,00	MIN
3	[A2-M2]	2,6476	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0252	3,55	0,0000	0,00	MIN
4	[A2-M2]	2,6476	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0252	3,55	0,0000	0,00	MIN
5	[A1-M1] S	1,9374	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0221	3,35	0,0000	0,00	MIN
6	[A1-M1] S	1,9374	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0221	3,35	0,0000	0,00	MIN
7	[A2-M2] S	3,9103	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0336	3,70	0,0000	0,00	MIN
8	[A2-M2] S	3,9103	0,00	0,0044	0,00	MAX
--	--	-0,0336	3,70	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 100

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

n°	Tipo	(X _c , Y _c)	R	(X _v , Y _v)	(X _m , Y _m)	FS
3	[A2-M2]	(-1,00; 1,00)	5,49	(-5,85; -1,58)	(4,41; 0,00)	7,78
4	[A2-M2]	(-1,00; 1,00)	5,49	(-5,85; -1,58)	(4,41; 0,00)	7,78
7	[A2-M2] S	(-1,00; 9,00)	19,03	(-16,81; -1,58)	(15,77; 0,00)	3,43
8	[A2-M2] S	(-1,00; 9,00)	19,03	(-16,81; -1,58)	(15,77; 0,00)	3,43

Combinazione n° 7

Numero di strisce 50

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]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	φ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	593,13	-54,53	-483,03	1,11	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
2	1756,92	-51,29	-1370,99	1,03	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
3	2796,89	-48,27	-2087,34	0,97	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
4	3734,59	-45,42	-2660,10	0,92	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
5	4585,28	-42,71	-3110,09	0,88	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
6	5360,29	-40,11	-3453,48	0,85	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
7	6061,69	-37,61	-3699,26	0,82	27,02	0,004	0,000	(0; 0)
8	6680,65	-35,19	-3849,85	0,79	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
9	7245,28	-32,84	-3928,90	0,77	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
10	7761,85	-30,55	-3945,16	0,75	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
11	8233,83	-28,31	-3905,14	0,73	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
12	8669,87	-26,12	-3817,23	0,72	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
13	9079,69	-23,97	-3689,03	0,71	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
14	9450,98	-21,86	-3518,62	0,70	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
15	9784,89	-19,77	-3310,34	0,69	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
16	10082,95	-17,72	-3068,45	0,68	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
17	10346,45	-15,68	-2796,96	0,67	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
18	10576,48	-13,67	-2499,65	0,67	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
19	10773,96	-11,67	-2180,12	0,66	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
20	10939,64	-9,69	-1841,82	0,66	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
21	11074,15	-7,72	-1488,06	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
22	11177,97	-5,76	-1122,08	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
23	11251,47	-3,81	-747,04	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
24	11294,91	-1,86	-366,02	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)

25	11308,45	0,09	17,90	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
26	11292,13	2,04	401,68	0,65	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
27	14293,85	4,00	998,26	0,66	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
28	14214,52	5,99	1483,74	0,66	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
29	14103,32	7,99	1959,32	0,66	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
30	13959,85	9,99	2421,61	0,67	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
31	13783,55	12,01	2867,17	0,67	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
32	13130,94	14,04	3185,02	0,68	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
33	12672,49	16,09	3511,59	0,68	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
34	12393,01	18,16	3862,26	0,69	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
35	12076,98	20,25	4180,97	0,70	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
36	11722,96	22,38	4463,40	0,71	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
37	11329,27	24,54	4704,90	0,72	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
38	10896,98	26,73	4901,84	0,74	27,02	0,004	0,000	(0; 0)
39	10438,01	28,97	5055,99	0,75	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
40	9936,77	31,26	5156,51	0,77	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
41	9387,64	33,61	5195,91	0,79	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
42	8786,71	36,02	5166,92	0,81	24,79	0,008	0,000	(0; 0)
43	8120,31	38,51	5055,66	0,84	27,02	0,004	0,000	(0; 0)
44	7365,61	41,08	4840,34	0,87	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
45	6536,01	43,77	4521,06	0,91	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
46	5622,63	46,58	4083,64	0,96	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
47	4611,90	49,54	3509,03	1,01	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
48	3485,09	52,70	2772,24	1,08	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
49	2215,01	56,11	1838,61	1,18	29,26	0,000	0,000	(0; 0)
50	770,05	59,51	663,56	1,30	29,26	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 443767,84$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 23880,36$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 219771,93$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 589,06$ [kg]

Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione

Diametro del micropalo	16,00 cm
Area della sezione trasversale	201,06 cmq
Diametro esterno del tubolare	114,29 mm
Spessore del tubolare	8,80 mm
Area della sezione tubolare	29,16 cmq
Inerzia della sezione tubolare	408,50 cm ⁴

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kg]
Tr	taglio resistente espresso in [kg]
FS _T	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	2,25	1472	113	3699	284	2.51
2	[A1-M1]	2,25	1132	113	3698	369	3.27
3	[A2-M2]	2,55	1788	128	3699	265	2.07
4	[A2-M2]	2,55	1788	128	3699	265	2.07
5	[A1-M1] S	2,35	1543	118	3699	283	2.40
6	[A1-M1] S	2,35	1543	118	3699	283	2.40
7	[A2-M2] S	2,65	2413	133	3699	204	1.53

8	[A2-M2] S	2,65	2413	133	3699	204	1.53
n°	Tipo	Y	T	Tr	FS_T		
1	[A1-M1]	2,75	-1591	64423	40.50		
2	[A1-M1]	2,75	-1224	64423	52.65		
3	[A2-M2]	3,10	-1896	64423	33.99		
4	[A2-M2]	3,10	-1896	64423	33.99		
5	[A1-M1] S	2,85	-1661	64423	38.78		
6	[A1-M1] S	2,85	-1661	64423	38.78		
7	[A2-M2] S	3,25	-2525	64423	25.52		
8	[A2-M2] S	3,25	-2525	64423	25.52		

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo, espressa in [m]
M	momento flettente, espresso in [kgm]
N	sforzo normale, espresso in [kg] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento, espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento, espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio, espresso in [kg]
Tr	Taglio resistente, espresso in [kg]
FS _T	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	Tr	FS_T
1	[A1-M1]	0,00	0	0	0	0	1000.00	0	64423	1000.00
7	[A2-M2] S	0,05	0	3	3499	22301	8873.17	16	64423	4084.49
7	[A2-M2] S	0,10	2	5	3633	11183	2224.77	34	64423	1907.76
7	[A2-M2] S	0,15	4	8	3657	7205	955.57	54	64423	1193.26
7	[A2-M2] S	0,20	7	10	3669	5204	517.66	76	64423	842.87
7	[A2-M2] S	0,25	12	13	3676	4008	318.96	101	64423	637.34
7	[A2-M2] S	0,30	17	15	3681	3218	213.38	128	64423	503.63
7	[A2-M2] S	0,35	24	18	3684	2660	151.17	157	64423	410.50
7	[A2-M2] S	0,40	33	20	3687	2246	111.72	188	64423	342.41
7	[A2-M2] S	0,45	43	23	3689	1930	85.30	222	64423	290.79
7	[A2-M2] S	0,50	55	25	3690	1680	66.84	257	64423	250.55
7	[A2-M2] S	0,55	69	28	3691	1479	53.49	295	64423	218.46
7	[A2-M2] S	0,60	85	30	3692	1314	43.57	335	64423	192.39
7	[A2-M2] S	0,65	103	33	3693	1177	36.01	377	64423	170.89
7	[A2-M2] S	0,70	123	35	3694	1061	30.15	421	64423	152.91
7	[A2-M2] S	0,75	145	38	3694	962	25.53	468	64423	137.70
7	[A2-M2] S	0,80	169	40	3695	877	21.82	517	64423	124.72
7	[A2-M2] S	0,85	196	43	3695	804	18.81	567	64423	113.54
7	[A2-M2] S	0,90	226	45	3696	739	16.34	620	64423	103.82
7	[A2-M2] S	0,95	259	48	3696	683	14.30	676	64423	95.33
7	[A2-M2] S	1,00	294	50	3696	632	12.58	733	64423	87.86
7	[A2-M2] S	1,05	332	53	3697	588	11.14	793	64423	81.26
7	[A2-M2] S	1,10	373	55	3697	548	9.91	855	64423	75.38
7	[A2-M2] S	1,15	417	58	3697	512	8.86	919	64423	70.13
7	[A2-M2] S	1,20	465	60	3697	480	7.95	985	64423	65.41
7	[A2-M2] S	1,25	516	63	3698	450	7.17	1053	64423	61.17
7	[A2-M2] S	1,30	570	65	3698	424	6.48	1124	64423	57.32
7	[A2-M2] S	1,35	628	68	3698	399	5.88	1197	64423	53.84
7	[A2-M2] S	1,40	690	70	3698	377	5.36	1272	64423	50.67
7	[A2-M2] S	1,45	756	73	3698	357	4.89	1349	64423	47.77
7	[A2-M2] S	1,50	825	75	3698	338	4.48	1428	64423	45.12
7	[A2-M2] S	1,55	898	78	3698	321	4.12	1509	64423	42.68
7	[A2-M2] S	1,60	976	80	3698	305	3.79	1593	64423	40.44
7	[A2-M2] S	1,65	1058	83	3699	290	3.50	1671	64423	38.55
7	[A2-M2] S	1,70	1143	85	3699	277	3.24	1736	64423	37.11
7	[A2-M2] S	1,75	1231	88	3699	264	3.00	1787	64423	36.05
7	[A2-M2] S	1,80	1321	90	3699	253	2.80	1825	64423	35.30
7	[A2-M2] S	1,85	1413	93	3699	243	2.62	1849	64423	34.83
7	[A2-M2] S	1,90	1506	96	3699	235	2.46	1860	64423	34.63

7	[A2-M2] S	1,95	1599	98	3699	227	2.31	1839	64423	35.04
7	[A2-M2] S	2,00	1691	101	3699	220	2.19	1791	64423	35.97
7	[A2-M2] S	2,05	1780	103	3699	214	2.08	1729	64423	37.26
7	[A2-M2] S	2,10	1867	106	3699	209	1.98	1653	64423	38.97
7	[A2-M2] S	2,15	1949	108	3699	205	1.90	1563	64423	41.21
7	[A2-M2] S	2,20	2028	111	3699	202	1.82	1459	64423	44.14
7	[A2-M2] S	2,25	2101	113	3699	199	1.76	1341	64423	48.03
7	[A2-M2] S	2,30	2168	116	3699	197	1.71	1209	64423	53.27
7	[A2-M2] S	2,35	2228	118	3699	196	1.66	1063	64423	60.59
7	[A2-M2] S	2,40	2281	121	3699	196	1.62	903	64423	71.33
7	[A2-M2] S	2,45	2326	123	3699	196	1.59	-1112	64423	57.93
7	[A2-M2] S	2,50	2363	126	3699	197	1.57	-1284	64423	50.16
7	[A2-M2] S	2,55	2390	128	3699	198	1.55	-1413	64423	45.59
7	[A2-M2] S	2,60	2407	131	3699	201	1.54	-1503	64423	42.85
7	[A2-M2] S	2,65	2413	133	3699	204	1.53	-1560	64423	41.29
7	[A2-M2] S	2,70	2408	136	3699	209	1.54	-1588	64423	40.57
7	[A2-M2] S	2,75	2390	138	3699	214	1.55	-1621	64423	39.73
7	[A2-M2] S	2,80	2359	141	3699	221	1.57	-1655	64423	38.93
7	[A2-M2] S	2,85	2315	143	3699	229	1.60	-1661	64423	38.78
7	[A2-M2] S	2,90	2257	146	3699	239	1.64	-1698	64423	37.94
7	[A2-M2] S	2,95	2183	148	3699	251	1.69	-1802	64423	35.76
7	[A2-M2] S	3,00	2094	151	3699	266	1.77	-2054	64423	31.37
7	[A2-M2] S	3,05	1991	153	3699	285	1.86	-2254	64423	28.58
7	[A2-M2] S	3,10	1879	156	3698	307	1.97	-2394	64423	26.91
7	[A2-M2] S	3,15	1759	158	3698	333	2.10	-2481	64423	25.96
7	[A2-M2] S	3,20	1635	161	3698	364	2.26	-2523	64423	25.54
7	[A2-M2] S	3,25	1509	163	3698	400	2.45	-2525	64423	25.52
7	[A2-M2] S	3,30	1382	166	3698	444	2.67	-2494	64423	25.83
7	[A2-M2] S	3,35	1258	168	3697	495	2.94	-2435	64423	26.46
7	[A2-M2] S	3,40	1136	171	3697	556	3.25	-2354	64423	27.37
7	[A2-M2] S	3,45	1018	173	3696	630	3.63	-2254	64423	28.58
7	[A2-M2] S	3,50	906	176	3696	718	4.08	-2141	64423	30.09
7	[A2-M2] S	3,55	799	178	3695	826	4.63	-2017	64423	31.94
7	[A2-M2] S	3,60	698	181	3695	958	5.30	-1886	64423	34.15
7	[A2-M2] S	3,65	603	183	3694	1123	6.12	-1751	64423	36.79
7	[A2-M2] S	3,70	516	186	3692	1331	7.16	-1614	64423	39.91
7	[A2-M2] S	3,75	435	188	3691	1599	8.48	-1477	64423	43.60
7	[A2-M2] S	3,80	361	191	3689	1951	10.21	-1343	64423	47.98
7	[A2-M2] S	3,85	294	194	3686	2425	12.53	-1211	64423	53.19
7	[A2-M2] S	3,90	234	196	3682	3091	15.77	-1084	64423	59.41
7	[A2-M2] S	3,95	179	199	3676	4071	20.50	-963	64423	66.89
7	[A2-M2] S	4,00	131	201	3666	5622	27.96	-848	64423	75.97
7	[A2-M2] S	4,05	89	204	3650	8373	41.13	-740	64423	87.09
1	[A1-M1]	4,10	-63	206	-3628	11896	57.73	-639	64423	100.88
5	[A1-M1] S	4,15	-64	209	-3628	11918	57.13	-545	64423	118.25
5	[A1-M1] S	4,20	-65	211	-3629	11714	55.49	-458	64423	140.53
5	[A1-M1] S	4,25	-66	214	-3629	11717	54.85	-379	64423	169.78
5	[A1-M1] S	4,30	-66	216	-3628	11891	55.02	-308	64423	209.31
3	[A2-M2]	4,35	-70	219	-3632	11354	51.93	-243	64423	264.90
7	[A2-M2] S	4,40	-77	221	-3637	10465	47.32	-185	64423	347.39
7	[A2-M2] S	4,45	-86	224	-3643	9460	42.29	-134	64423	479.96
7	[A2-M2] S	4,50	-93	226	-3647	8883	39.27	-89	64423	722.35
7	[A2-M2] S	4,55	-97	229	-3648	8575	37.49	68	64423	942.18
7	[A2-M2] S	4,60	-100	231	-3649	8454	36.56	69	64423	928.89
7	[A2-M2] S	4,65	-101	234	-3649	8477	36.27	71	64423	904.65
7	[A2-M2] S	4,70	-100	236	-3648	8620	36.49	72	64423	896.55
7	[A2-M2] S	4,75	-98	239	-3647	8872	37.16	72	64423	899.49
7	[A2-M2] S	4,80	-95	241	-3645	9226	38.24	77	64423	839.87
7	[A2-M2] S	4,85	-92	244	-3642	9686	39.73	86	64423	753.25
7	[A2-M2] S	4,90	-87	246	-3638	10255	41.63	95	64423	677.29
7	[A2-M2] S	4,95	-83	249	-3634	10943	43.98	102	64423	631.70
7	[A2-M2] S	5,00	-78	251	-3629	11764	46.81	106	64423	605.18
7	[A2-M2] S	5,05	-72	254	-3623	12737	50.18	109	64423	591.93
7	[A2-M2] S	5,10	-67	256	-3616	13885	54.16	109	64423	588.75
7	[A2-M2] S	5,15	-61	259	-3608	15238	58.86	108	64423	593.85
7	[A2-M2] S	5,20	-56	261	-3599	16834	64.41	106	64423	606.27
7	[A2-M2] S	5,25	-51	264	-3571	18638	70.63	103	64423	625.58
7	[A2-M2] S	5,30	-45	266	-3530	20710	77.74	99	64423	651.75
7	[A2-M2] S	5,35	-40	269	-3482	23141	86.05	94	64423	685.06

7	[A2-M2] S	5,40	-36	271	-3426	26001	95.79	89	64423	726.11
7	[A2-M2] S	5,45	-31	274	-3352	29308	106.98	83	64423	775.80
7	[A2-M2] S	5,50	-27	276	-3264	33202	120.10	77	64423	835.38
7	[A2-M2] S	5,55	-23	279	-3158	37769	135.38	71	64423	906.55
7	[A2-M2] S	5,60	-20	281	-3030	43143	153.27	65	64423	991.53
7	[A2-M2] S	5,65	-17	284	-2877	49461	174.16	59	64423	1093.31
7	[A2-M2] S	5,70	-14	287	-2693	56844	198.40	53	64423	1215.87
7	[A2-M2] S	5,75	-11	289	-2471	65381	226.21	47	64423	1364.64
7	[A2-M2] S	5,80	-9	292	-2206	75098	257.59	42	64423	1547.14
7	[A2-M2] S	5,85	-6	294	-1893	85863	292.00	36	64423	1774.07
7	[A2-M2] S	5,90	-5	297	-1529	97187	327.71	31	64423	2061.18
7	[A2-M2] S	5,95	-3	299	-1126	108504	362.79	26	64423	2432.49
1	[A1-M1]	6,00	3	302	983	112343	372.50	23	64423	2854.11
5	[A1-M1] S	6,05	3	304	977	112503	369.95	19	64423	3312.43
5	[A1-M1] S	6,10	3	307	981	112383	366.52	17	64423	3890.74
5	[A1-M1] S	6,15	3	309	975	112547	364.07	14	64423	4635.19
5	[A1-M1] S	6,20	3	312	960	112950	362.43	11	64423	5617.94
3	[A2-M2]	6,25	3	314	978	112468	358.00	9	64423	6958.15
7	[A2-M2] S	6,30	3	317	1014	111507	352.12	7	64423	8867.27
7	[A2-M2] S	6,35	3	319	1108	109004	341.51	5	64423	11759.00
7	[A2-M2] S	6,40	4	322	1173	107261	333.42	4	64423	16565.50
7	[A2-M2] S	6,45	4	324	1215	106129	327.34	-3	64423	24244.83
7	[A2-M2] S	6,50	4	327	1239	105497	322.89	-3	64423	24227.94
7	[A2-M2] S	6,55	4	329	1247	105279	319.76	-3	64423	23990.14
7	[A2-M2] S	6,60	4	332	1242	105409	317.73	-3	64423	23815.13
7	[A2-M2] S	6,65	4	334	1226	105831	316.61	-3	64423	23937.29
7	[A2-M2] S	6,70	4	337	1201	106500	316.23	-3	64423	24169.12
7	[A2-M2] S	6,75	4	339	1168	107378	316.48	-3	64423	22897.63
7	[A2-M2] S	6,80	4	342	1129	108432	317.23	-3	64423	20940.36
7	[A2-M2] S	6,85	3	344	1084	109632	318.40	-3	64423	18947.43
7	[A2-M2] S	6,90	3	347	1035	110951	319.90	-4	64423	17706.51
7	[A2-M2] S	6,95	3	349	982	112366	321.65	-4	64423	16948.56
7	[A2-M2] S	7,00	3	352	926	113819	323.48	-4	64423	16529.71
7	[A2-M2] S	7,05	3	354	868	115286	325.32	-4	64423	16367.88
7	[A2-M2] S	7,10	2	357	809	116783	327.23	-4	64423	16414.67
7	[A2-M2] S	7,15	2	359	749	118294	329.15	-4	64423	16641.68
7	[A2-M2] S	7,20	2	362	689	119803	331.03	-4	64423	17033.31
7	[A2-M2] S	7,25	2	364	630	121297	332.85	-4	64423	17582.85
7	[A2-M2] S	7,30	2	367	570	122368	333.48	-4	64423	18290.29
7	[A2-M2] S	7,35	2	369	511	123206	333.48	-3	64423	19161.11
7	[A2-M2] S	7,40	1	372	455	124007	333.38	-3	64423	20205.71
7	[A2-M2] S	7,45	1	374	402	124769	333.18	-3	64423	21439.26
7	[A2-M2] S	7,50	1	377	351	125487	332.87	-3	64423	22881.87
7	[A2-M2] S	7,55	1	380	304	126161	332.44	-3	64423	24558.99
7	[A2-M2] S	7,60	1	382	260	126789	331.89	-2	64423	26502.07
7	[A2-M2] S	7,65	1	385	219	127370	331.24	-2	64423	28749.48
7	[A2-M2] S	7,70	1	387	182	127906	330.47	-2	64423	31347.70
7	[A2-M2] S	7,75	0	390	147	128395	329.59	-2	64423	34352.76
7	[A2-M2] S	7,80	0	392	116	128841	328.62	-2	64423	37832.05
7	[A2-M2] S	7,85	0	395	88	129244	327.55	-2	64423	41866.49
7	[A2-M2] S	7,90	0	397	62	129607	326.39	-1	64423	46553.12
7	[A2-M2] S	7,95	0	400	40	129931	325.14	-1	64423	52008.13
1	[A1-M1]	8,00	0	402	-38	129951	323.16	-1	64423	59585.22
5	[A1-M1] S	8,05	0	405	-39	129942	321.13	-1	64423	70413.36
5	[A1-M1] S	8,10	0	407	-39	129935	319.13	-1	64423	84495.03
5	[A1-M1] S	8,15	0	410	-39	129938	317.18	0		0100000.00
3	[A2-M2]	8,20	0	412	-40	129926	315.22	0		0100000.00
3	[A2-M2]	8,25	0	415	-42	129897	313.24	0		0100000.00
7	[A2-M2] S	8,30	0	417	-48	129816	311.16	0		0100000.00
7	[A2-M2] S	8,35	0	420	-52	129758	309.16	0		0100000.00
7	[A2-M2] S	8,40	0	422	-54	129719	307.22	0		0100000.00
7	[A2-M2] S	8,45	0	425	-56	129698	305.36	0		0100000.00
7	[A2-M2] S	8,50	0	427	-56	129692	303.54	0		0100000.00
7	[A2-M2] S	8,55	0	430	-56	129697	301.78	0		0100000.00
7	[A2-M2] S	8,60	0	432	-55	129714	300.07	0		0100000.00
7	[A2-M2] S	8,65	0	435	-53	129738	298.39	0		0100000.00
7	[A2-M2] S	8,70	0	437	-51	129769	296.74	0		0100000.00
7	[A2-M2] S	8,75	0	440	-48	129805	295.13	0		0100000.00
7	[A2-M2] S	8,80	0	442	-46	129845	293.54	0		0100000.00

7	[A2-M2] S	8,85	0	445	-43	129888	291.98	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	8,90	0	447	-40	129933	290.44	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	8,95	0	450	-36	129978	288.92	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,00	0	452	-33	130023	287.41	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,05	0	455	-30	130068	285.92	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,10	0	457	-27	130111	284.45	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,15	0	460	-24	130153	282.99	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,20	0	462	-21	130193	281.53	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,25	0	465	-19	130231	280.09	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,30	0	467	-16	130267	278.66	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,35	0	470	-14	130300	277.24	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,40	0	472	-12	130331	275.83	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,45	0	475	-10	130358	274.43	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,50	0	478	-8	130384	273.04	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,55	0	480	-6	130406	271.66	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,60	0	483	-5	130426	270.29	0	0100000.00
7	[A2-M2] S	9,65	0	485	-4	130443	268.92	0	0100000.00
1	[A1-M1]	9,70	0	488	0	-111583	228.85	0	0100000.00
1	[A1-M1]	9,75	0	490	0	-111583	227.68	0	0100000.00
2	[A1-M1]	9,80	0	493	0	-111583	226.52	0	0100000.00
1	[A1-M1]	9,85	0	495	0	-111583	225.37	0	0100000.00
1	[A1-M1]	9,90	0	498	0	-111583	224.23	0	0100000.00
1	[A1-M1]	9,95	0	500	0	-111583	223.10	0	64423 1000.00

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	$R_{bk} = 250$ [kg/cm ²]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 208$ (Kg/cm ²)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 4400$ [kg/cm ²]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck} / \gamma_c$)	$R_c^* = 118$ (Kg/cm ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R_s^* = 3826$ (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm ²)
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^* / E_s)	$\epsilon_{yk} = 0.0014$ (0.18%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

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

Tratto parabolico: $0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_{ck}\epsilon_c - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\epsilon_{ck} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

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

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \text{ per } 0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \text{ per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su}$$

Tratto armatura 1

Nr	N_u	M_u
1	-111583,16	0,00
2	0,00	3700,30
3	17399,52	3595,11
4	26099,28	3424,16
5	34799,04	3227,98
6	43498,80	3021,52
7	52198,56	2810,93
8	60898,32	2590,42
9	69598,07	2359,39
10	78297,83	2117,06
11	86997,59	1859,38
12	95697,35	1581,05
13	104397,11	1279,65
14	113096,87	954,70
15	121796,63	610,06
16	130496,39	0,00
17	130496,39	0,00
18	121796,63	-610,06
19	113096,87	-954,70
20	104397,11	-1279,65

21	95697,35	-1581,05
22	86997,59	-1859,38
23	78297,83	-2117,06
24	69598,07	-2359,39
25	60898,32	-2590,42
26	52198,56	-2810,93
27	43498,80	-3021,52
28	34799,04	-3227,98
29	26099,28	-3424,16
30	17399,52	-3595,11
31	0,00	-3700,30
32	-111583,16	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.)

$B=100,00$ [cm]	$H=70,00$ [cm]		
$A_{iv}=14,07$ [cmq]	$A_{th}=12,06$ [cmq]	Staffe $\phi 10/20$	$N_{bh}=4 - N_{bv}=2$
$M_h=7293$ [kgm]	$M_{uh}=34691$ [kgm]	$FS=4.76$	
$T_h=14586$ [kg]	$T_{Rh}=96228$ [kg]	$FS_T=6.60$	
$M_v=3500$ [kgm]	$M_{uv}=39588$ [kgm]	$FS=11.31$	
$T_v=3500$ [kg]	$T_R=61301$ [kg]	$FS_{TV}=17.51$	

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (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 14/01/2008.

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	10.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	ING. PELLICIONI PIERLUIGI
Licenza	AIU1616PL

Affidabilità dei codici di calcolo

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

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Luogo e data

Ascoli Piceno 24/04/2017

Il progettista
Ing. Pierluigi Pelliccioni