



Società Autostrada Tirrenica p.A.

GRUPPO AUTOSTRADALE PER L'ITALIA S.p.A.

**AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA
LOTTO 7**

TRATTO: BRETELLA DI PIOMBINO

PROGETTO DEFINITIVO

INFRASTRUTTURA STRATEGICA DI PREMINENTE INTERESSE
NAZIONALE LE CUI PROCEDURE DI APPROVAZIONE SONO REGOLATE
DALL' ART. 161 DEL D.LGS. 163/2006

AU-CORPO STRADALE

OPERE D'ARTE MAGGIORI

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Tiziano Collotta Ord. Ingg. Lecco N. 122 RESPONSABILE UFFICIO GEI-APE	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Alessandro Alfì Ord. Ingg. Milano N. 20015 COORDINATORE GENERALE APS	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURE
---	--	---

RIFERIMENTO ELABORATO		DATA:	REVISIONE		
—	DIRETTORIO		FEBBRAIO 2011	n.	data
	codice	commessa		N.Prog.	unita'
—	12	12	1701	APE010	—
			SCALA:	—	

 ingegneria europea	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
	ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	Ing. Antonio Sibilìa Ord. Ingg. Avellino N. 1713
CONSULENZA A CURA DI :	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Tiziano Collotta Ord. Ingg. Lecco N. 122

RESPONSABILE DI COMMESSA Arch. Mario Canato Ord. Arch.. Venezia N. 1294 COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO	VISTO DEL COMMITTENTE 	VISTO DEL CONCEDENTE 
---	---	--

1. PREMESSA.....	2
1.1. PARATIA DI MICROPALI	2
1.2. PALANCOLA METALLICA	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
4. PARAMETRI GEOTECNICI	6
5. METODO D'ANALISI.....	6
5.1. CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE.....	6
5.2. CALCOLO DELLA SPINTE	8
5.3. ANALISI AD ELEMENTI FINITI	10
5.3.1. Schematizzazione del terreno.....	10
5.3.2. Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno.....	11
5.4. ANALISI PER FASI DI SCAVO.....	12
5.5. VERIFICA ALLA STABILITA' GLOBALE	14
5.6. CONDIZIONI DI CARICO E COMBINAZIONI DI CARICO	15
5.7. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICA.....	15
5.8. GEOMETRIA, MODELLO STRUTTURALE ED ANALISI.....	16
5.8.1. TIPO 1: PARATIA DI MICROPALI $H_{max}=3.00$ m	16
5.8.1.1 Geometria	16
5.8.1.2 Impostazioni di analisi.....	17
5.8.1.3 Analisi della paratia.....	18
5.8.1.4 Verifica Elementi strutturali	20
5.8.1.5 Stabilità globale.....	21
5.8.2. TIPO 2: PALANCOLA METALLICA $H_{max}=3.00$ m	24
5.8.2.1 Geometria	24
5.8.2.2 Impostazioni di analisi.....	25
5.8.2.3 Analisi della paratia.....	26
5.8.2.4 Verifica Elementi strutturali	28
5.8.2.5 Stabilità globale.....	29
5.8.3. TIPO 3: PALANCOLA METALLICA $H=5.50$ m CON UN PUNTONE.....	31
5.8.3.1 Geometria	31
5.8.3.2 Impostazioni di analisi.....	33
5.8.3.3 Analisi della paratia.....	33
5.8.3.4 Verifica Elementi strutturali	37
5.8.3.5 Stabilità globale.....	37

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento e le relative verifiche delle opere di sostegno provvisionali inserite nel progetto redatto per il Lotto 7 dell'A12.

Le seguenti opere di sostegno provvisionali si dividono in due tipi:

- 1) Paratia di micropali
- 2) Palancole metalliche

Le tipologie studiate sono:

- Tipo 1: paratia di micropali $H_{max} = 3.00$ m
- Tipo 2: palancola metallica $H_{max} = 3.00$ m
- Tipo 3: palancola metallica $H = 5.50$ m con 1 puntone

1.1. PARATIA DI MICROPALI

La paratia è costituita da micropali $\varnothing 240$, armati con tubo di acciaio $\varnothing_{est} 168.3$ mm, spessore 10 mm, interassati a 0.40 m, di lunghezza massima $L=6.00$ m, sormontate da un cordolo di dimensioni 0.80x0.80m.

L'altezza massima fuori terra è di 3.00m.

1.2. PALANCOLA METALLICA

La palancola metallica è costituita da profilati tipo Larssen L606K con eventuali puntoni travi HEA 200, interassati a 3.00m.

L'altezza massima fuori terra è di 3.00m senza puntoni o di 5.50 con puntoni.

Di seguito vengono riportati i calcoli relativi alle varie fasi di scavo, durante le quali viene raggiunta la massima altezza di scavo, nelle quali vengono considerate tutte le condizioni di carico e l'incremento di sollecitazioni dovuto all'eventuale presenza di sisma.

L'elaborazione dei calcoli statici e le verifiche di stabilità, sono state condotte con l'ausilio del programma di calcolo PAC 10.07a prodotto da Aztec Informatica.

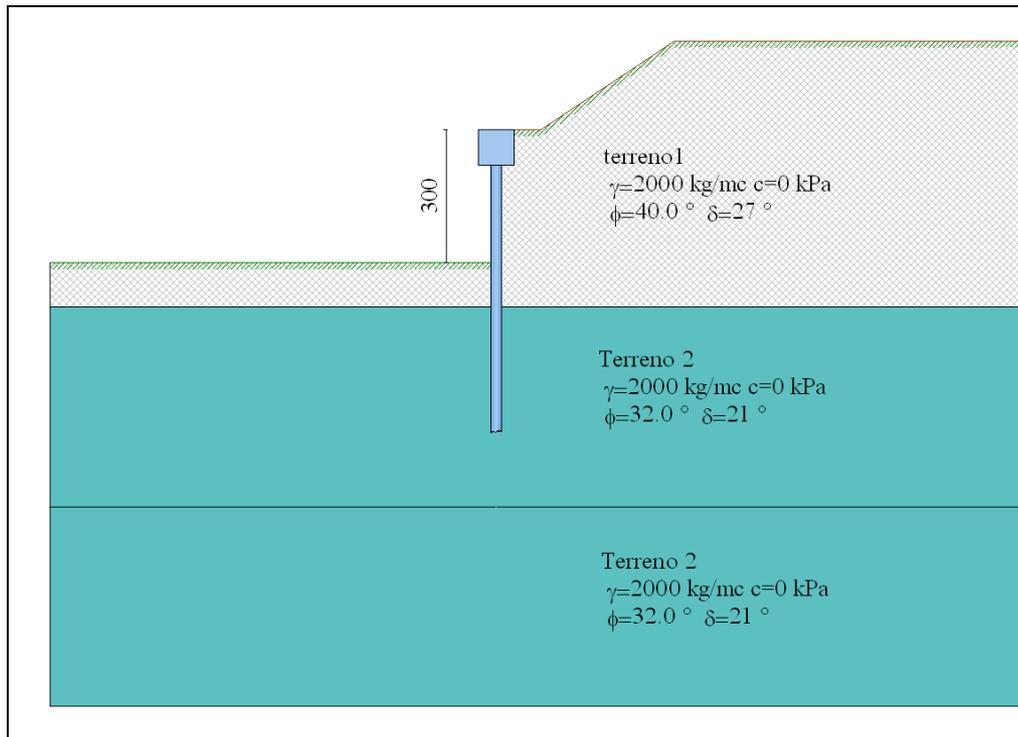


Fig. 1 -Paratia Hmax=3.00 fuori terra

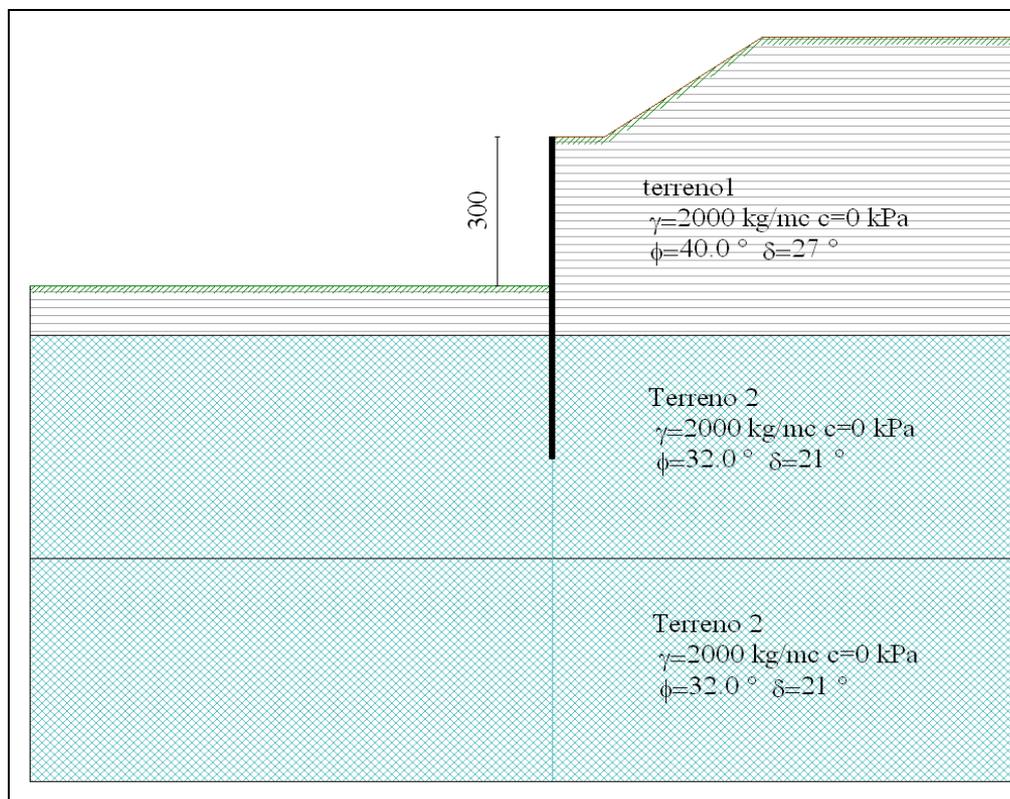


Fig. 2-Palancola metallica Hmax=3.00 fuori terra

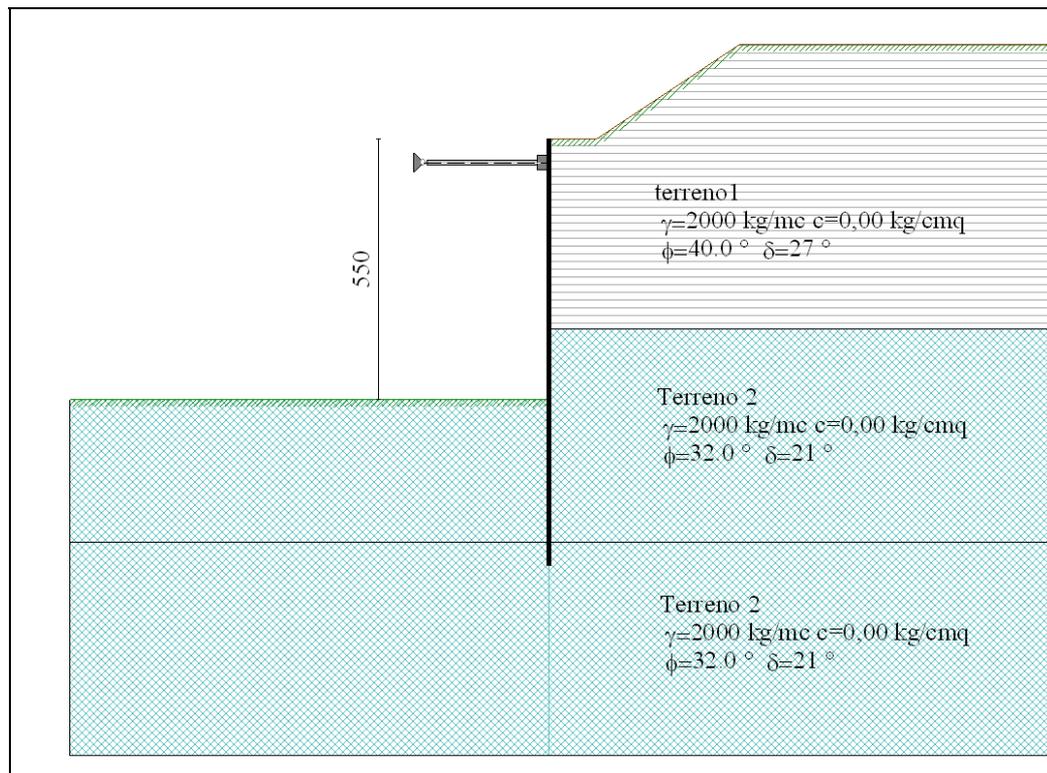


Fig. 3 - Palancola metallica H=5.50 fuori terra

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche statiche degli interventi, la redazione della presente relazione e degli elaborati tecnici allegati sono state effettuate nel rispetto della Normativa in vigore e di alcune Raccomandazioni.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- **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.

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nel seguito sono sinteticamente riportate le principali caratteristiche dei materiali strutturali adottate ai fini delle verifiche.

Calcestruzzo

Classe di resistenza C25/30:

Resistenza caratteristica cubica R_{ck}	≥ 30.00	[MPa]
Resistenza caratteristica f_{ck}	$= 25.00$	[MPa]
Resistenza media a trazione semplice f_{ctm}	$= 2.56$	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_c$	$= 14.11$	[MPa]

Modulo elastico E_c = 30874 [MPa]

Acciaio per armatura ordinaria

B450C (ex Fe B 44k)

Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} ≥ 450.00 [MPa]

Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ = 391.30 [MPa]

Modulo elastico E_s = 210000 [MPa]

Acciaio laminato e armatura micropali: S355 (ex Fe 510):

tensione caratteristica di rottura a trazione $f_{tk} \geq 510$ N/mm²;

tensione caratteristica di snervamento a trazione $f_{yk} \geq 355$ N/mm²;

resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 308.7$ N/mm²

4. PARAMETRI GEOTECNICI

Si assumono i seguenti parametri geotecnici:

profondità dal p.c. (m)			coesione non drenata	angolo d'attrito interno	coesione efficace
da	a	tipo di terreno	c_u (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)
0	6	granulare	-	40	0
6	11	granulare	-	32	0
11	17	coesivo	40-50	-	-
17	30	granulare	-	32	0
30	40	coesivo	150	-	-

dove:

γ = peso di volume del terreno

ϕ' = angolo d'attrito interno del terreno

c' = coesione del terreno

5. METODO D'ANALISI

5.1. CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE

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

5.2. 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 1/2 dell'altezza della parete stessa (diagramma rettangolare).

5.3. 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).

5.3.1. Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidità, si esprime come

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

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

5.3.2. 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.

5.4. 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

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

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

Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.

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

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

5.5. VERIFICA ALLA STABILITA' GLOBALE

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.3.

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.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione 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} , c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

5.6. CONDIZIONI DI CARICO E COMBINAZIONI DI CARICO

Le sollecitazioni e i carichi sono calcolati considerando una sezione trasversale con sviluppo pari ad 1.0 ml.

Si considera la struttura provvisoria sottoposta alle azioni dovute ai carichi permanenti: pesi propri e spinta del terreno.

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
γ_c	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

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	γ_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

5.7. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICA

L'analisi delle opere di sostegno è stata eseguita considerando l'evoluzione dello schema statico conseguente alla successione delle varie fasi costruttive.

5.8. GEOMETRIA, MODELLO STRUTTURALE ED ANALISI

5.8.1. TIPO 1: PARATIA DI MICROPALI Hmax=3.00 m

5.8.1.1 Geometria

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	3,00	[m]
Profondità di infissione	3,80	[m]
Altezza totale della paratia	6,80	[m]
Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,40	[m]
Diametro dei micropali	24,00	[cm]
Numero totale di micropali	25	
Numero di micropali per metro lineare	2.50	
Diametro esterno del tubolare	168,30	[mm]
Spessore del tubolare	10,00	[mm]

Geometria cordoli

Simbologia adottata

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

Cordoli in calcestruzzo

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

Cordoli in acciaio

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

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
1	0,00	Calcestruzzo	80,00	80,00	--	--

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	1,00	0,00	0,00
3	4,00	2,00	33,69
4	10,00	2,00	0,00

5 20,00 2,00 0,00

Profilo di valle - Fase n° 1

N	X	Y	A
1	-10,00	-0,50	0,00
2	0,00	-0,50	0,00

Profilo di valle - Fase n° 2

N	X	Y	A
1	-10,00	-3,00	0,00
2	0,00	-3,00	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 [kPa]

n°	Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c
1	terreno1	2000,00	2100,00	40,00	26,60	0,0
2	Terreno 2	2000,00	2100,00	32,00	21,30	0,0

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	4,00	0,00	1,17	terreno1
2	4,50	0,00	2,46	Terreno 2
3	4,50	0,00	4,22	Terreno 2

5.8.1.2 Impostazioni di analisi

Fasi di scavo

Simbologia adottata

n°	identificativo della fase nell'elenco definito
Fase	Descrizione dell'i-esima fase
Tempo	Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 0.50 metri	0

2 Scavo fino alla profondità di 3.00 metri

1

Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

- Analisi per condizioni di esercizio
- Analisi per coefficienti tipo A1-M1
- Analisi per coefficienti tipo A2-M2

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 Bishop

5.8.1.3 Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 60 elementi fuori terra e 76 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 oppure lo spostamento limite di 1.50 [cm] non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	3,00	[m]
Profondità di infissione	3,80	[m]
Altezza totale della paratia	6,80	[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	[ESE]	45	0,33	--	--	--	--	-56	1,29	12	4,92
2	[ESE]	1971	2,14	--	--	--	--	-3673	4,04	1702	6,25
1	[A1-M1]	58	0,33	--	--	--	--	-73	1,29	15	4,92

2	[A1-M1]	2562	2,14	--	--	--	--	-4774	4,04	2212	6,25
1	[A2-M2]	59	0,33	--	--	--	--	-75	1,29	16	4,92
2	[A2-M2]	3203	2,20	--	--	--	--	-7420	4,61	4217	6,43

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	[ESE]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[ESE]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
1	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
1	[A2-M2]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[A2-M2]	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	[ESE]	0,52	0,55	3,29	0,79	0,03	10101
2	[ESE]	3,17	4,05	5,25	14,29	5,79	10101
1	[A1-M1]	0,52	0,55	3,29	0,79	0,03	10101
2	[A1-M1]	3,17	4,05	5,25	14,29	5,79	10101
1	[A2-M2]	0,54	0,55	3,29	0,79	0,06	5318
2	[A2-M2]	3,33	5,00	5,70	51,95	20,29	5318

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 [kNm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[ESE]	32	1,75	45	0,50	1961	6,80	MAX
--	--	0	6,80	-12	3,25	0	0,00	MIN
2	[ESE]	3077	4,10	1971	3,15	1961	6,80	MAX
--	--	0	6,80	-1702	5,20	0	0,00	MIN

1	[A1-M1]	41	1,75	58	0,50	1961	6,80	MAX
--	--	0	0,00	-15	3,25	0	0,00	MIN
2	[A1-M1]	4000	4,10	2562	3,15	1961	6,80	MAX
--	--	0	0,00	-2212	5,20	0	0,00	MIN
1	[A2-M2]	42	1,75	59	0,50	1961	6,80	MAX
--	--	0	6,80	-16	3,25	0	0,00	MIN
2	[A2-M2]	5998	4,60	3203	3,30	1961	6,80	MAX
--	--	0	0,00	-4217	5,65	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	[ESE]	0,0062	0,00	0,0018	0,00	MAX
--	--	-0,0002	4,50	0,0000	0,00	MIN
2	[ESE]	1,2713	0,00	0,0018	0,00	MAX
--	--	-0,0814	6,80	0,0000	0,00	MIN
1	[A1-M1]	0,0080	0,00	0,0018	0,00	MAX
--	--	-0,0003	4,50	0,0000	0,00	MIN
2	[A1-M1]	1,6527	0,00	0,0018	0,00	MAX
--	--	-0,1058	6,80	0,0000	0,00	MIN
1	[A2-M2]	0,0082	0,00	0,0018	0,00	MAX
--	--	-0,0003	4,50	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	3,7664	0,00	0,0018	0,00	MAX
--	--	-0,3050	6,80	0,0000	0,00	MIN

5.8.1.4 Verifica Elementi strutturali

Diametro del micropalo	24,00 cm
Area della sezione trasversale	452,39 cmq
Diametro esterno del tubolare	168,30 mm
Spessore del tubolare	10,00 mm
Area della sezione tubolare	49,73 cmq
Inerzia della sezione tubolare	1563,98 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)

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	6,75	0	1946	0	-156543	201.10
2	[A1-M1]	4,10	4000	1182	8618	2547	5.39
1	[A2-M2]	6,75	0	1946	0	-156543	201.10
2	[A2-M2]	4,60	5998	1326	8616	1905	3.59

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_{id}	tensione ideale nell'acciaio, espressa in [kPa]
τ_f	tensione tangenziale nel calcestruzzo, espresso in [kPa]

n°	Tipo	σ_{id}	Y(σ_{id})	σ_f	Y(σ_f)	τ_f	Y(τ_f)
1	[ESE]	1535	6,75	1535	6,75	70	0,50
2	[ESE]	65872	4,10	65871	4,10	3109	3,15

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h	momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h	taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v	momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v	taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=80,00 [cm]	H=80,00 [cm]	$A_{fv}=10,05$ [cmq]	$A_{fh}=10,05$ [cmq]	Staffe $\phi 10/25,00$
$M_h=512$ [kgm]	$T_h=1025$ [kg]	$M_v=128$ [kgm]	$T_v=640$ [kg]	
$\sigma_c = 105$ [kPa]		$\sigma_f = 6998$ [kPa]		$\tau_c = 18$ [kPa]

5.8.1.5 Stabilità globale

Metodo di Bishop

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
1	[A2-M2]	(0,00; 6,12)	12,92	(-11,10; -0,48)	(12,25; 2,00)	5,87
2	[A2-M2]	(-0,68; 2,72)	9,54	(-8,33; -2,99)	(8,84; 2,00)	2,32

Fase n° 2 - [A2-M2]

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 [kPa]
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 [kPa]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	143,62	-51,59	-112,54	0,56	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
2	430,95	-48,35	-322,00	0,52	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
3	688,06	-45,30	-489,06	0,49	30,22	0,0	0,0	(0; 0)
4	919,78	-42,41	-620,29	0,47	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
5	1129,58	-39,64	-720,67	0,45	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
6	1320,08	-36,99	-794,18	0,43	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
7	1493,33	-34,42	-844,08	0,42	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
8	1650,91	-31,93	-873,09	0,41	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
9	1794,11	-29,50	-883,56	0,40	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
10	1924,00	-27,14	-877,54	0,39	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
11	2041,43	-24,82	-856,85	0,38	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
12	2147,12	-22,54	-823,11	0,38	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
13	2241,67	-20,30	-777,83	0,37	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
14	2325,59	-18,10	-722,37	0,37	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
15	2399,30	-15,92	-658,00	0,36	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
16	2463,15	-13,76	-585,92	0,36	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
17	2517,42	-11,63	-507,28	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
18	2562,37	-9,51	-423,14	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
19	2598,18	-7,40	-334,56	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
20	2624,99	-5,30	-242,55	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
21	2642,93	-3,21	-148,09	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
22	2652,06	-1,13	-52,15	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
23	2652,41	0,96	44,31	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
24	2644,00	3,04	140,33	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
25	4615,88	5,11	411,19	0,34	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
26	4590,98	7,17	572,62	0,34	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
27	4557,92	9,23	730,98	0,34	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
28	4602,14	11,30	902,12	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
29	4705,73	13,40	1090,17	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
30	4800,36	15,50	1283,21	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
31	4885,76	17,64	1480,21	0,36	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
32	4961,61	19,79	1680,07	0,36	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
33	5027,55	21,98	1881,62	0,37	26,56	0,0	0,0	(0; 0)

34	5083,13	24,20	2083,63	0,37	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
35	5127,82	26,46	2284,77	0,38	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
36	5156,52	28,76	2481,39	0,39	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
37	5067,58	31,12	2619,27	0,40	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
38	4921,01	33,54	2718,97	0,41	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
39	4760,15	36,03	2799,82	0,42	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
40	4583,63	38,60	2859,45	0,44	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
41	4389,75	41,26	2895,06	0,45	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
42	4176,33	44,04	2903,27	0,47	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
43	3940,53	46,96	2879,93	0,50	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
44	3678,52	50,04	2819,71	0,53	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
45	3384,91	53,34	2715,51	0,57	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
46	3051,75	56,93	2557,27	0,62	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
47	2666,20	60,90	2329,59	0,70	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
48	2204,94	65,46	2005,71	0,82	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
49	1614,32	71,06	1526,94	1,05	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
50	638,54	79,73	628,31	1,91	33,87	0,0	0,0	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 153200,61$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 38656,58$ [kg]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 80369,40$ [kg]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 9.96$

5.8.2. TIPO 2: PALANCOLA METALLICA Hmax=3.00 m

5.8.2.1 Geometria

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia in acciaio**

Altezza fuori terra	3,00	[m]
Profondità di infissione	3,50	[m]
Altezza totale della paratia	6,50	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]

Area per metro lineare di larghezza	207,00	[cmq]
Inerzia per metro lineare di larghezza	55240,00	[cm ⁴]
Modulo di resistenza per metro lineare di larghezza	2540,00	[cm ³]
Momento ultimo della sezione per metro lineare di larghezza	20000,00	[kgm]
Fattore di taglio	1.20	

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	1,00	0,00	0,00
3	4,00	2,00	33,69
4	10,00	2,00	0,00
5	20,00	2,00	0,00

Profilo di valle - Fase n° 1

N	X	Y	A
1	-10,00	-0,50	0,00
2	0,00	-0,50	0,00

Profilo di valle - Fase n° 2

N	X	Y	A
1	-10,00	-3,00	0,00
2	0,00	-3,00	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 [kPa]

n°	Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c
1	terreno1	2000,00	2100,00	40,00	26,60	0,0
2	Terreno 2	2000,00	2100,00	32,00	21,30	0,0

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	4,00	0,00	1,17	terreno1
2	4,50	0,00	2,46	Terreno 2
3	4,50	0,00	4,22	Terreno 2

5.8.2.2 Impostazioni di analisi
Fasi di scavo
Simbologia adottata

n°	identificativo della fase nell'elenco definito
Fase	Descrizione dell'i-esima fase
Tempo	Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 0.50 metri	0
2	Scavo fino alla profondità di 3.00 metri	1

Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

- Analisi per condizioni di esercizio
- Analisi per coefficienti tipo A1-M1
- Analisi per coefficienti tipo A2-M2

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 Bishop

5.8.2.3 Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 60 elementi fuori terra e 70 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 oppure lo spostamento limite di 1.50 [cm] non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	3,00	[m]
Profondità di infissione	3,50	[m]
Altezza totale della paratia	6,50	[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
P_a	Spinta attiva, espressa in [kg]
I_s	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
P_w	Spinta della falda, espressa in [kg]
P_p	Resistenza passiva, espressa in [kg]
P_c	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	P_a	Y_{P_a}	I_s	Y_{I_s}	P_w	Y_{P_w}	P_p	Y_{P_p}	P_c	Y_{P_c}
1	[ESE]	45	0,33	--	--	--	--	-59	1,64	14	5,76
2	[ESE]	1971	2,14	--	--	--	--	-3915	4,10	1944	6,09
1	[A1-M1]	58	0,33	--	--	--	--	-77	1,64	18	5,76
2	[A1-M1]	2562	2,14	--	--	--	--	-5090	4,10	2528	6,09
1	[A2-M2]	59	0,33	--	--	--	--	-78	1,64	19	5,76
2	[A2-M2]	3203	2,20	--	--	--	--	-8336	4,68	5133	6,22

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
R_c	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
R_t	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
R_v	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
R_p	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	R_c	Y_{R_c}	R_t	Y_{R_t}	R_v	Y_{R_v}	R_p	Y_{R_p}
-----------	------	-------	-----------	-------	-----------	-------	-----------	-------	-----------

1	[ESE]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[ESE]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
1	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
1	[A2-M2]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[A2-M2]	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]

1	[ESE]	0,52	0,55	4,39	0,83	0,05
2	[ESE]	3,17	4,05	5,27	14,08	7,85
1	[A1-M1]	0,52	0,55	4,39	0,83	0,05
2	[A1-M1]	3,17	4,05	5,27	14,08	7,85
1	[A2-M2]	0,54	0,55	4,39	0,83	0,08
2	[A2-M2]	3,33	5,20	5,66	61,97	30,32

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 [kNm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[ESE]	41	2,20	45	0,50	1056	6,50	MAX
--	--	0	0,00	-14	4,35	0	0,00	MIN
2	[ESE]	3111	4,10	1971	3,15	1056	6,50	MAX
--	--	0	0,00	-1944	5,25	0	0,00	MIN
1	[A1-M1]	53	2,20	58	0,50	1056	6,50	MAX
--	--	0	6,50	-18	4,35	0	0,00	MIN
2	[A1-M1]	4044	4,10	2562	3,15	1056	6,50	MAX
--	--	0	0,00	-2528	5,25	0	0,00	MIN
1	[A2-M2]	54	2,20	59	0,50	1056	6,50	MAX
--	--	0	6,50	-19	4,35	0	0,00	MIN
2	[A2-M2]	5998	4,60	3203	3,30	1056	6,50	MAX
--	--	0	0,00	-5133	5,65	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	[ESE]	0,0041	0,00	0,0008	0,00	MAX
--	--	-0,0005	6,50	0,0000	0,00	MIN
2	[ESE]	0,8087	0,00	0,0008	0,00	MAX
--	--	-0,1280	6,50	0,0000	0,00	MIN
1	[A1-M1]	0,0053	0,00	0,0008	0,00	MAX
--	--	-0,0007	6,50	0,0000	0,00	MIN
2	[A1-M1]	1,0513	0,00	0,0008	0,00	MAX
--	--	-0,1664	6,50	0,0000	0,00	MIN
1	[A2-M2]	0,0054	0,00	0,0008	0,00	MAX
--	--	-0,0007	6,50	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	3,9337	0,00	0,0008	0,00	MAX
--	--	-0,4987	6,50	0,0000	0,00	MIN

5.8.2.4 Verifica Elementi strutturali

Area della sezione	207,00	cmq
Inerzia della sezione	55240,00	cm ⁴
Modulo di resistenza	2540,00	cm ³
Fattore di taglio	1.20	

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)

n°	Tipo	Y	M	Mu	FS
1	[A1-M1]	2,20	53	20000	378.78
2	[A1-M1]	4,10	4044	20000	4.95
1	[A2-M2]	2,20	54	20000	370.71
2	[A2-M2]	4,60	5998	20000	3.33

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ _{id}	tensione ideale nell'acciaio, espressa in [kPa]
τ _f	tensione tangenziale nel calcestruzzo, espresso in [kPa]

n°	Tipo	σ _{fc} Y(σ _{fc})	σ _{ft} Y(σ _{ft})	σ _{id} Y(σ _{id})	τ _f Y(τ _f)
----	------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

1	[ESE]	497	6,45	496	6,45	497	6,45	25	0,50
2	[ESE]	12326	4,10	481	6,45	12326	4,10	1121	3,15

5.8.2.5 Stabilità globale

Metodo di Bishop

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
1	[A2-M2]	(0,00; 5,85)	12,35	(-10,60; -0,49)	(11,74; 2,00)	5,68
2	[A2-M2]	(-0,65; 2,60)	9,12	(-7,86; -2,99)	(8,46; 2,00)	2,22

Fase n° 2 - [A2-M2]

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 [kPa]
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 [kPa]
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	121,56	-50,62	-93,97	0,52	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
2	369,42	-47,48	-272,27	0,48	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
3	592,02	-44,51	-415,05	0,46	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
4	793,17	-41,69	-527,57	0,44	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
5	975,69	-38,99	-613,91	0,42	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
6	1141,69	-36,39	-677,34	0,41	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
7	1292,86	-33,87	-720,57	0,39	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
8	1430,51	-31,43	-745,89	0,38	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
9	1555,72	-29,04	-755,29	0,37	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
10	1669,35	-26,72	-750,49	0,37	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
11	1772,15	-24,43	-733,04	0,36	26,56	0,0	0,0	(0; 0)

12	1864,71	-22,19	-704,35	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
13	1947,54	-19,99	-665,68	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
14	2021,07	-17,81	-618,21	0,34	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
15	2085,65	-15,66	-563,05	0,34	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
16	2141,59	-13,54	-501,23	0,34	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
17	2189,13	-11,43	-433,73	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
18	2228,47	-9,34	-361,48	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
19	2259,78	-7,26	-285,39	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
20	2283,19	-5,19	-206,34	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
21	2298,79	-3,12	-125,18	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
22	2306,63	-1,06	-42,76	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
23	2306,75	1,00	40,10	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
24	2299,16	3,06	122,54	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
25	4222,11	5,11	376,19	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
26	4199,31	7,17	524,01	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
27	4168,76	9,23	668,96	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
28	4191,15	11,31	822,12	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
29	4285,61	13,41	993,58	0,33	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
30	4372,21	15,52	1169,69	0,34	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
31	4450,35	17,65	1349,41	0,34	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
32	4519,74	19,81	1531,75	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
33	4580,04	22,00	1715,63	0,35	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
34	4630,84	24,22	1899,93	0,36	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
35	4671,66	26,49	2083,40	0,36	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
36	4701,90	28,79	2264,70	0,37	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
37	4685,13	31,15	2423,84	0,38	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
38	4556,62	33,58	2520,00	0,39	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
39	4409,12	36,07	2595,82	0,40	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
40	4247,24	38,64	2652,13	0,42	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
41	4069,42	41,31	2686,38	0,43	26,56	0,0	0,0	(0; 0)
42	3873,64	44,09	2695,46	0,45	30,22	0,0	0,0	(0; 0)
43	3657,29	47,02	2675,53	0,48	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
44	3416,83	50,11	2621,69	0,51	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
45	3147,29	53,42	2527,36	0,55	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
46	2841,27	57,01	2383,26	0,60	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
47	2486,89	61,00	2175,08	0,67	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
48	2062,36	65,58	1877,89	0,79	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
49	1517,12	71,23	1436,48	1,01	33,87	0,0	0,0	(0; 0)
50	602,63	80,03	593,53	1,88	33,87	0,0	0,0	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 138513,16$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 36613,69$ [kg]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 73129,00$ [kg]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 10,26$

5.8.3. TIPO 3: PALANCOLA METALLICA H=5.50 m CON UN PUNTONE

5.8.3.1 Geometria

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia in acciaio**

Altezza fuori terra	5,50	[m]
Profondità di infissione	3,50	[m]
Altezza totale della paratia	9,00	[m]
Lunghezza paratia	13,20	[m]

Area per metro lineare di larghezza	207,00	[cmq]
Inerzia per metro lineare di larghezza	55240,00	[cm ⁴]
Modulo di resistenza per metro lineare di larghezza	2540,00	[cm ³]
Momento ultimo della sezione per metro lineare di larghezza	20000,00	[kgm]
Fattore di taglio	1.20	

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	1,00	0,00	0,00
3	4,00	2,00	33,69
4	10,00	2,00	0,00
5	20,00	2,00	0,00

Profilo di valle - Fase n° 1

N	X	Y	A
1	-10,00	-0,80	0,00
2	0,00	-0,80	0,00

Profilo di valle - Fase n° 3

N	X	Y	A
1	-10,00	-5,50	0,00
2	0,00	-5,50	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 [kPa]

n°	Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c
1	terreno1	2000,00	2100,00	40,00	26,60	0,0
2	Terreno 2	2000,00	2100,00	32,00	21,30	0,0

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	4,00	0,00	1,17	terreno1
2	4,50	0,00	2,46	Terreno 2
3	4,50	0,00	4,22	Terreno 2

Descrizione puntoni

Numero di file di puntoni	1
Franco laterale	0,20 [m]

Simbologia adottata - Geometria puntoni

n°	numero d'ordine della fila
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
Int	interasse della fila espresso in [m]
X	ascissa appoggio espresso in [m]
Y	ordinata appoggio espresso in [m]
L	lunghezza puntone espressa in [m]
alfa	inclinazione dei puntoni della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
ALL	allineamento dei puntoni della fila (CENTRATI o SFALSATI)
np	numero di puntoni della fila

Simbologia adottata - Caratteristiche e materiali

A	Area espressa in [cmq]
I	Inerzia espressa in [cm ⁴]
Wr	Modulo di resistenza espresso in [cm ³]
Vinc	Tipo vincolo appoggio
E	Modulo Elastico espresso in [kg/cmq]
σ_{amm}	Tensione ammissibile espressa in [kg/cmq]

Geometria puntoni

n°	Y	Int	X	Y	L	Alfa	ALL	np
1	-0,50	3,00	-2,50	-0,50	2,50	0,00	Centrati	5

Rigidezza, vincolo e materiale puntone

N	A	I	Wr	Vinc	E	σ_{amm}
---	---	---	----	------	---	----------------

1	53,83	3692,00	388,60	Rigido	2141370,00	1600,00
---	-------	---------	--------	--------	------------	---------

5.8.3.2 Impostazioni di analisi

Fasi di scavo

Simbologia adottata

n°	identificativo della fase nell'elenco definito
Fase	Descrizione dell'i-esima fase
Tempo	Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 0.80 metri	0
2	Inserimento puntone 1 [Hscavo=0.80]	1
3	Scavo fino alla profondità di 5.50 metri	2

Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

- Analisi per condizioni di esercizio
- Analisi per coefficienti tipo A1-M1
- Analisi per coefficienti tipo A2-M2

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 Bishop

5.8.3.3 Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 110 elementi fuori terra e 70 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 oppure lo spostamento limite di 1.50 [cm] non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	5,50	[m]
Profondità di infissione	3,50	[m]
Altezza totale della paratia	9,00	[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	[ESE]	114	0,53	--	--	--	--	-147	1,93	33	6,80
2	[ESE]	114	0,53	--	--	--	--	-147	1,93	33	6,80
3	[ESE]	9622	4,08	--	--	--	--	-6254	7,19	891	8,82
1	[A1-M1]	149	0,53	--	--	--	--	-191	1,93	42	6,80
2	[A1-M1]	149	0,53	--	--	--	--	-191	1,93	42	6,80
3	[A1-M1]	12508	4,08	--	--	--	--	-8131	7,19	1158	8,82
1	[A2-M2]	163	0,55	--	--	--	--	-210	1,97	48	6,82
2	[A2-M2]	163	0,55	--	--	--	--	-210	1,97	48	6,82
3	[A2-M2]	13985	4,13	--	--	--	--	-7363	7,77	324	8,93

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	[ESE]	0	0,00	--	--	--	--	0	0,00
2	[ESE]	0	0,00	--	--	--	--	0	0,50
3	[ESE]	0	0,00	--	--	--	--	-4258	0,50
1	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	0	0,00
2	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	0	0,50
3	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	-5536	0,50
1	[A2-M2]	0	0,00	--	--	--	--	0	0,00
2	[A2-M2]	0	0,00	--	--	--	--	0	0,50
3	[A2-M2]	0	0,00	--	--	--	--	-6945	0,50

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]

1	[ESE]	0,83	0,85	4,68	0,61	0,06
2	[ESE]	0,83	0,85	4,68	0,61	0,06
3	[ESE]	6,11	7,00	8,46	43,66	13,62
1	[A1-M1]	0,83	0,85	4,68	0,61	0,06

2	[A1-M1]	0,83	0,85	4,68	0.61	0,06
3	[A1-M1]	6,11	7,00	8,46	43.66	13,62
1	[A2-M2]	0,86	0,90	4,70	1.21	0,11
2	[A2-M2]	0,86	0,90	4,70	1.21	0,11
3	[A2-M2]	6,53	7,90	8,78	69.01	32,31

Risultati puntoni

Caratteristiche dei puntoni utilizzati

Simbologia adottata

n°	Identificativo della fila di puntoni
Y	ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
np	numero puntoni della fila
N	reazione del puntone della fila espresso in [kg]
Rt/ml	reazione a metro lineare del puntone della fila espresso in [kg]
A _f	area di armatura in ogni puntone espressa in [cmq]
σ _f	tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

Fase n° 1 - [ESE] - Non sono presenti puntoni.

Fase n° 2 - [ESE] - Il numero di puntoni presenti nella fase sono 1.

n°	Y	np	N	Rt/ml	A _f	σ _f	u
1	-0,50	5	0,00	0,00	53,83	0,00	0,00988

Fase n° 3 - [ESE] - Il numero di puntoni presenti nella fase sono 1.

n°	Y	np	N	Rt/ml	A _f	σ _f	u
1	-0,50	5	-11242,34	-4258,46	53,83	208,85	0,03426

Fase n° 1 - [A1-M1] - Non sono presenti puntoni.

Fase n° 2 - [A1-M1] - Il numero di puntoni presenti nella fase sono 1.

n°	Y	np	N	Rt/ml	A _f	σ _f	u
1	-0,50	5	0,00	0,00	53,83	0,00	0,01284

Fase n° 3 - [A1-M1] - Il numero di puntoni presenti nella fase sono 1.

n°	Y	np	N	Rt/ml	A _f	σ _f	u
1	-0,50	5	-14615,05	-5536,00	53,83	271,50	0,04454

Fase n° 1 - [A2-M2] - Non sono presenti puntoni.

Fase n° 2 - [A2-M2] - Il numero di puntoni presenti nella fase sono 1.

n°	Y	np	N	Rt/ml	A _f	σ _f	u
1	-0,50	5	-0,01	0,00	53,83	0,00	0,01450

Fase n° 3 - [A2-M2] - Il numero di puntoni presenti nella fase sono 1.

n°	Y	np	N	Rt/ml	A _f	σ _f	u
1	-0,50	5	-18335,36	-6945,21	53,83	340,62	0,05426

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 [kNm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[ESE]	116	2,55	114	0,80	1462	9,00	MAX
--	--	0	0,00	-33	4,65	0	0,00	MIN
2	[ESE]	116	2,55	114	0,80	1462	9,00	MAX
--	--	0	0,00	-33	4,65	0	0,00	MIN
3	[ESE]	738	7,75	5364	6,10	1462	9,00	MAX
--	--	-10075	4,20	-4084	0,50	0	0,00	MIN
1	[A1-M1]	151	2,55	149	0,80	1462	9,00	MAX
--	--	0	0,00	-42	4,65	0	0,00	MIN
2	[A1-M1]	151	2,55	149	0,80	1462	9,00	MAX
--	--	0	0,00	-42	4,65	0	0,00	MIN
3	[A1-M1]	959	7,75	6973	6,10	1462	9,00	MAX
--	--	-13098	4,20	-5310	0,50	0	0,00	MIN
1	[A2-M2]	169	2,60	163	0,85	1462	9,00	MAX
--	--	0	9,00	-48	4,65	0	0,00	MIN
2	[A2-M2]	169	2,60	163	0,85	1462	9,00	MAX
--	--	0	0,00	-48	4,65	0	0,00	MIN
3	[A2-M2]	97	8,55	7040	6,50	1462	9,00	MAX
--	--	-17261	4,40	-6687	0,50	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	[ESE]	0,0118	0,00	0,0015	0,00	MAX
--	--	-0,0004	6,30	0,0000	0,00	MIN
2	[ESE]	0,0118	0,00	0,0015	0,00	MAX
--	--	-0,0004	6,30	0,0000	0,00	MIN
3	[ESE]	0,4979	4,20	0,0015	0,00	MAX
--	--	-0,0785	9,00	0,0000	0,00	MIN
1	[A1-M1]	0,0153	0,00	0,0015	0,00	MAX
--	--	-0,0006	6,30	0,0000	0,00	MIN
2	[A1-M1]	0,0153	0,00	0,0015	0,00	MAX
--	--	-0,0006	6,30	0,0000	0,00	MIN
3	[A1-M1]	0,6473	4,20	0,0015	0,00	MAX
--	--	-0,1021	9,00	0,0000	0,00	MIN
1	[A2-M2]	0,0173	0,00	0,0015	0,00	MAX
--	--	-0,0006	6,35	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	0,0173	0,00	0,0015	0,00	MAX
--	--	-0,0006	6,35	0,0000	0,00	MIN

3	[A2-M2]	0,9659	4,40	0,0015	0,00	MAX
--	--	-0,1272	0,00	0,0000	0,00	MIN

5.8.3.4 Verifica Elementi strutturali

Area della sezione	207,00	cmq
Inerzia della sezione	55240,00	cm ⁴
Modulo di resistenza	2540,00	cm ³
Fattore di taglio	1.20	

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)

n°	Tipo	Y	M	Mu	FS
1	[A1-M1]	2,55	151	20000	132.56
2	[A1-M1]	2,55	151	20000	132.56
3	[A1-M1]	4,20	-13098	20000	1.53
1	[A2-M2]	2,60	169	20000	118.55
2	[A2-M2]	2,60	169	20000	118.55
3	[A2-M2]	4,40	-17261	20000	1.16

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_{id}	tensione ideale nell'acciaio, espressa in [kPa]
τ_f	tensione tangenziale nel calcestruzzo, espresso in [kPa]

n°	Tipo	σ_{fc}	Y(σ_{fc})	σ_{ft}	Y(σ_{ft})	σ_{id}	Y(σ_{id})	τ_f	Y(τ_f)
1	[ESE]	7,03	8,95	7,03	8,95	7,03	8,95	0,66	0,80
2	[ESE]	7,03	8,95	7,03	8,95	7,03	8,95	0,66	0,80
3	[ESE]	399,97	4,20	6,86	8,95	399,97	4,20	31,09	6,10

5.8.3.5 Stabilità globale

Metodo di Bishop
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
1	[A2-M2]	(0,00; 7,20)	16,20	(-14,09; -0,79)	(15,35; 2,00)	6,41
2	[A2-M2]	(0,00; 7,20)	16,20	(-14,09; -0,79)	(15,35; 2,00)	6,41
3	[A2-M2]	(-1,80; 2,70)	11,84	(-10,35; -5,49)	(10,02; 2,00)	1,68

Fase n° 2 - [A2-M2]

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 [kPa]

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 [kPa]

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	161,50	-44,81	-113,83	0,58	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
2	486,25	-42,05	-325,70	0,56	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
3	781,55	-39,41	-496,14	0,54	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
4	1050,74	-36,86	-630,27	0,52	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
5	1296,44	-34,39	-732,30	0,50	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
6	1520,75	-32,00	-805,81	0,49	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
7	1725,37	-29,66	-853,88	0,48	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
8	1911,67	-27,38	-879,22	0,47	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
9	2080,83	-25,15	-884,25	0,46	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
10	2233,81	-22,95	-871,13	0,45	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
11	2371,42	-20,79	-841,86	0,44	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
12	2494,35	-18,66	-798,26	0,44	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
13	2603,16	-16,56	-742,05	0,43	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
14	2698,36	-14,48	-674,82	0,43	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
15	2780,35	-12,42	-598,09	0,42	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
16	2849,46	-10,38	-513,30	0,42	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
17	2905,97	-8,35	-421,86	0,42	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
18	2950,10	-6,33	-325,10	0,42	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
19	2982,02	-4,31	-224,33	0,42	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
20	3001,85	-2,31	-120,85	0,41	26,56	0,000	0,000	(0; 0)

21	3009,66	-0,30	-15,91	0,41	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
22	3005,48	1,70	89,21	0,41	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
23	2989,29	3,71	193,27	0,41	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
24	2961,04	5,72	294,99	0,42	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
25	2920,61	7,74	393,10	0,42	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
26	7188,75	9,73	1215,01	0,41	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
27	7127,88	11,71	1446,16	0,41	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
28	7082,81	13,70	1676,93	0,41	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
29	7186,58	15,70	1944,93	0,42	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
30	7304,31	17,73	2224,21	0,42	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
31	7409,43	19,78	2507,21	0,43	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
32	7501,47	21,85	2792,46	0,43	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
33	7579,88	23,96	3078,41	0,44	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
34	7644,00	26,10	3363,40	0,45	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
35	7692,99	28,29	3645,57	0,46	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
36	7614,13	30,51	3866,15	0,47	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
37	7415,84	32,80	4016,70	0,48	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
38	7199,17	35,14	4143,25	0,49	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
39	6962,52	37,55	4242,97	0,51	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
40	6703,95	40,04	4312,56	0,52	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
41	6420,99	42,62	4348,13	0,54	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
42	6110,53	45,32	4345,01	0,57	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
43	5768,50	48,16	4297,36	0,60	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
44	5389,41	51,16	4197,71	0,64	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
45	4965,54	54,37	4036,03	0,69	26,56	0,000	0,000	(0; 0)
46	4485,45	57,86	3798,10	0,75	33,87	0,000	0,000	(0; 0)
47	3930,69	61,73	3462,00	0,85	33,87	0,000	0,000	(0; 0)
48	3267,56	66,19	2989,40	0,99	33,87	0,000	0,000	(0; 0)
49	2417,97	71,68	2295,41	1,28	33,87	0,000	0,000	(0; 0)
50	966,29	80,56	953,19	2,44	33,87	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 209108,68$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 68299,87$ [kg]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 107114,89$ [kg]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 12,00$