

COMUNE DI GANGI
- Provincia di Palermo -

*REALIZZAZIONE DI UNA PARATIA
A PROTEZIONE DELLA CONDOTTA FOGNARIA
IN C.DA SANTA CROCE*

PROGETTO ESECUTIVO

B.2

RELAZIONE GEOTECNICA
E CALCOLI STRUTTURALI PARATIA

Data:

IL DIRETTORE DEI LAVORI

Ing. Antonio Minutella
Iscr. Ord. Ing. Prov. Palermo
Sez. "A" - N. 4141

IL R.U.P.

INDICE

1. PREMESSA ED OGGETTO	1
2. BREVE DESCRIZIONE DEI LUOGHI.....	1
3. SINTESI DELLO STUDIO GEOLOGICO	2
4. CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE DEI TERRENI ADOTTATE NEI CALCOLI.....	4
5. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	5
6. VERIFICHE GEOTECNICHE.....	6
6.1. Generalità	6
6.2. Verifiche di stabilità del pendio ante e post operam;.....	7
7. STIMA DELLA PORTATA RACCOLTA DALLE TRINCEE DRENANTI.....	10
ALLEGATO - Tabulati di calcolo	10

1. PREMESSA ED OGGETTO

Lo studio geologico è stato affidato al dott. Giuseppe Barberi che ha integrato, mediante pozzetti esplorativi, profili sismici e MASW, i risultati delle campagne di indagini eseguite nell'area in studio nel corso della redazione di altri progetti.

Per le prove di laboratorio sui terreni si è fatto riferimento ai risultati ottenuti con le indagini precedentemente citate.

Nel seguito, dopo una breve descrizione dei luoghi e una sintesi dello studio geologico, si determinano le caratteristiche meccaniche dei terreni da porre a base dei calcoli e si illustra il progetto. Successivamente, si effettua una valutazione delle condizioni di stabilità del pendio ante e post operam e si riportano le verifiche geotecniche delle opere di sostegno in gabbioni.

In ultimo, si riporta una stima della portata delle acque raccolte con le trincee drenanti.

2. BREVE DESCRIZIONE DEI LUOGHI

Nella planimetria di fig.1 è indicata l'area in frana ricostruita attraverso l'esame dei luoghi e l'analisi dell'andamento delle curve di livello del pendio ottenuta dal rilievo topografica. Infatti, sono perfettamente riconoscibili la zona di accumulo e di svuotamento rispettivamente al piede e in testa alla frana.



Fig. 1 – Delimitazione area in frana

3. SINTESI DELLO STUDIO GEOLOGICO

Dalle Relazione Geologica del dott. Barberi, alla quale si rimanda per i dettagli, risulta che è stata eseguita una campagna di indagini costituita da:

- n° 2 sondaggi meccanici di profondità pari a 10 m, eseguiti in prossimità della condotta fognaria;
- n° 2 pozzetti esplorativi di profondità massima pari a 5 m, realizzati al centro della frana a monte della condotta fognaria;
- n°1 stesa sismica a rifrazione elaborata mediante tecnica MASW lungo la citata condotta;
- prove di laboratorio eseguite su n°2 campioni indisturbati prelevati nel sondaggio S2.

Dalle sezioni geologiche risulta che la stratigrafia del terreno è costituita da una **coltre limo-sabbiosa** dello spessore massimo di circa 3 m poggianti sulle **argille grigio azzurre** della formazione di base.

La categoria di suolo è di tipo C.

Secondo il dott. Barberi:

- la causa scatenante del dissesto è stato l'innalzamento del livello della falda sul pendio indotto dalla rottura della condotta fognaria passante a monte del dissesto;
- il dissesto è tuttora attivo;
- la superficie di scivolamento è poco profonda;
- i terreni hanno i seguenti parametri geotecnici in condizioni drenate.

Parametro	Coltre limo-sabbiosa	Argille grigio azzurre
Peso dell'unità di volume	17,7 kN/m ³	19,1 kN/m ³
Coesione drenata	12,9 kN/m ²	23,2 kN/m ²
Angolo di resistenza a taglio	25,6 (°)	26,1 (°)

4. CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE DEI TERRENI ADOTTATE NEI CALCOLI

Per la valutazione delle condizioni di stabilità del pendio ante e post operam è stata in primo luogo ricostruita la superficie di scivolamento della frana lungo la sezione B, in asse alla frana medesima. Sulla base delle indicazioni riportate nella Relazione Geologica essa è stata posta a 3 m di profondità al contatto tra la coltre e le argille della formazione di base.

Procedendo alla valutazione delle condizioni di stabilità del pendio ante operam, utilizzando i parametri geotecnici del terreno, nell'ipotesi di terreno saturo (falda a piano campagna), pendio naturale e condizioni statiche, le verifiche di stabilità hanno fornito un valore del coefficiente di sicurezza superiore a 3.

Pertanto, tali parametri geotecnici del terreno non possono essere considerati rappresentativi del dissesto. Probabilmente, il campione è stato prelevato lontano dalla superficie di scivolamento e quindi i parametri ottenuti sono quelli di picco.

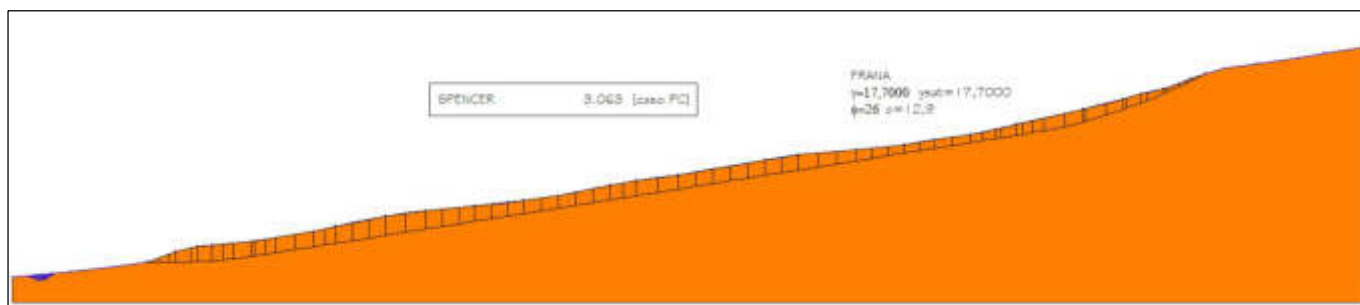


Fig. 2 – Verifica ante operam con i parametri geotecnici ottenuti in laboratorio

Per ottenere i parametri residui che si sviluppano lungo la superficie di scivolamento si è quindi proceduto con un'analisi a ritroso, nelle condizioni innanzi indicate, ricercando quei valori della coesione e dell'angolo di resistenza a taglio per i quali il coefficiente di sicurezza fosse prossimo all'unità. Tale valore è stato ottenuto assumendo:

Parametro	Coltre limo-sabbiosa
Peso dell'unità di volume	17,7 kN/m ³
Coesione drenata	0,00 kN/m ²
Angolo di resistenza a taglio	20,00 (°)

Di conseguenza, a tali parametri si farà riferimento per le verifiche ante e post operam di seguito riportate.

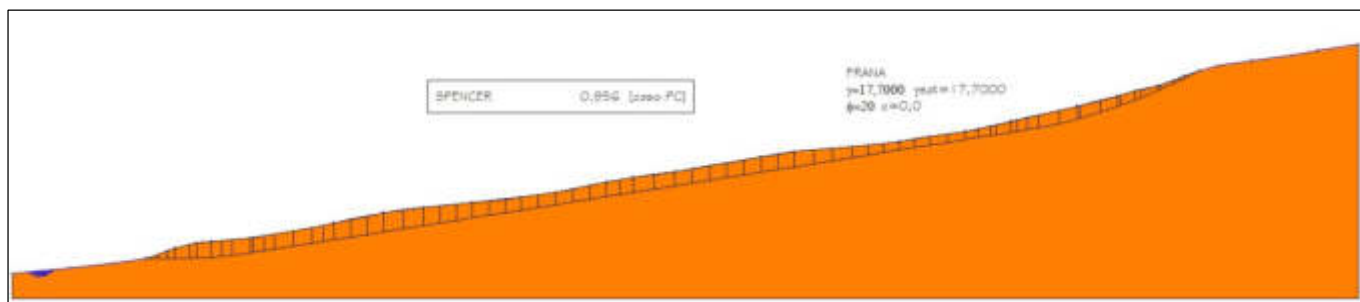


Fig. 3 - Analisi a ritroso per la determinazione dei parametri del terreno da assumere

5. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Come in precedenza riportato, la causa scatenante del dissesto è stato l'innalzamento del livello della falda sul pendio indotto dalla rottura della condotta fognaria passante a monte del dissesto.

Al fine di evitare che il terreno possa nuovamente saturarsi e riattivarsi in occasione di eventi meteorici di elevata intensità è stato previsto un intervento di consolidamento che ha in primo luogo l'obiettivo di ridurre le pressioni neutre nel corpo di frana e, di conseguenza, incrementare la resistenza del terreno lungo la superficie di scivolamento.

Nel progetto sono state, quindi, previste trincee drenanti distribuite sul pendio in frana a monte della condotta e una paratia di pali in corrispondenza della condotta medesima.

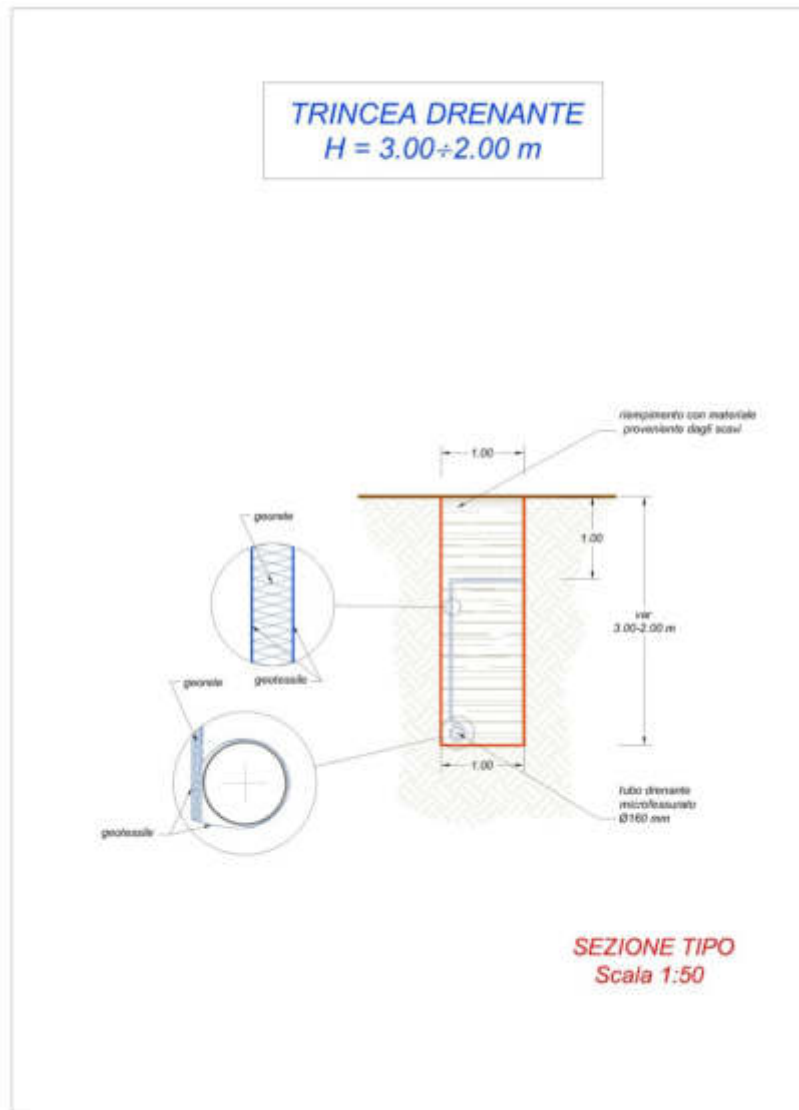


Fig. 4 - Sezione tipo trincea drenante

6. VERIFICHE GEOTECNICHE

6.1. Generalità

I calcoli riguardano le verifiche:

- di stabilità generale del pendio ante e post operam;
- geotecniche e strutturali della paratia.

I calcoli sono stati eseguiti ai sensi delle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 con i software STAPFULL 16, per le verifiche di stabilità del pendio, e PAC16, per la paratia, entrambi della ditta AZTEC. Le azioni sismiche sono state determinate tenendo conto:

- delle coordinate geografiche di Gangi, latitudine 37,796853, longitudine 14,202734;
- della categoria di suolo C;

- di un coefficiente di amplificazione topografica $T_1 = 1$, considerato che il pendio ha una pendenza media di 10° ;
- di opere ordinarie e classe d'uso II. Pertanto, la vita nominale e quella di riferimento risultano pari a 50 anni.

I tabulati di calcolo, ai quali si rimanda per i dettagli, sono riportati in allegato.

6.2. Verifiche di stabilità del pendio ante e post operam;

Le verifiche di stabilità sono state eseguite nelle condizioni ante e post operam, sia in statica che in sismica, considerando:

- $\gamma = 17,7 \text{ kN/m}^3$, $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ e $\varphi' = 20^\circ$ lungo la superficie di scivolamento della frana posta al contatto tra la coltre e le argille;
- la falda coincidente con il piano campagna, nella condizione ante operam;
- la falda a 2,0 m di profondità sul pendio a monte della condotta per effetto delle trincee drenanti, dopo la realizzazione dell'intervento.
- le riduzioni delle resistenze e l'amplificazione delle azioni previste per i fronti di scavo dalle NTC 2018;
- le azioni sismiche previste dalla normativa.

Si precisa che nella verifica post operam si è ipotizzato che il corpo di frana a valle della paratia possa mobilizzarsi lasciando l'opera di sostegno a sbalzo per 3 m. La verifica riguarda quindi la stabilità del pendio compreso tra la testa della frana e la paratia.

Dai calcoli si ottengono i seguenti coefficienti di sicurezza:

ANTE OPERAM

- in condizioni statiche $\eta = 0,765$;
- in condizioni sismiche $\eta = 0,564$;

POST OPERAM

- in condizioni statiche $\eta = 1,650$;
- in condizioni sismiche $\eta = 1,294$;

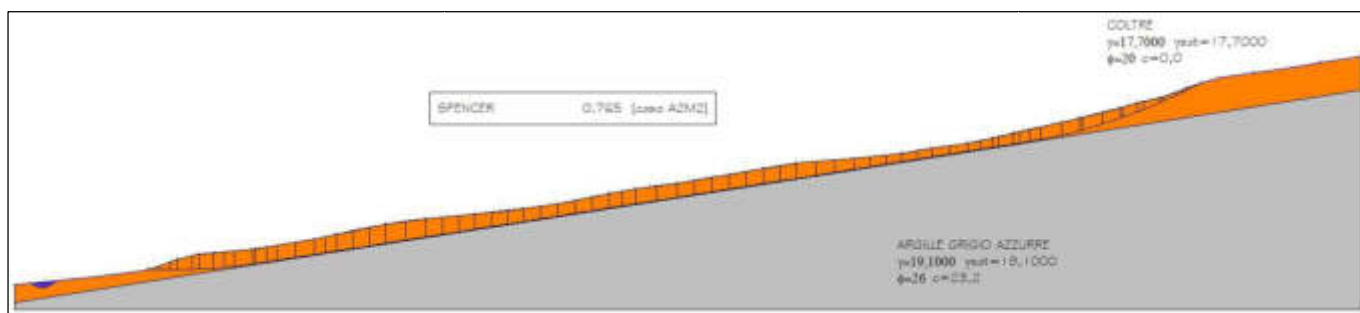


Fig. 5 - Verifica ante operam – Condizioni statiche

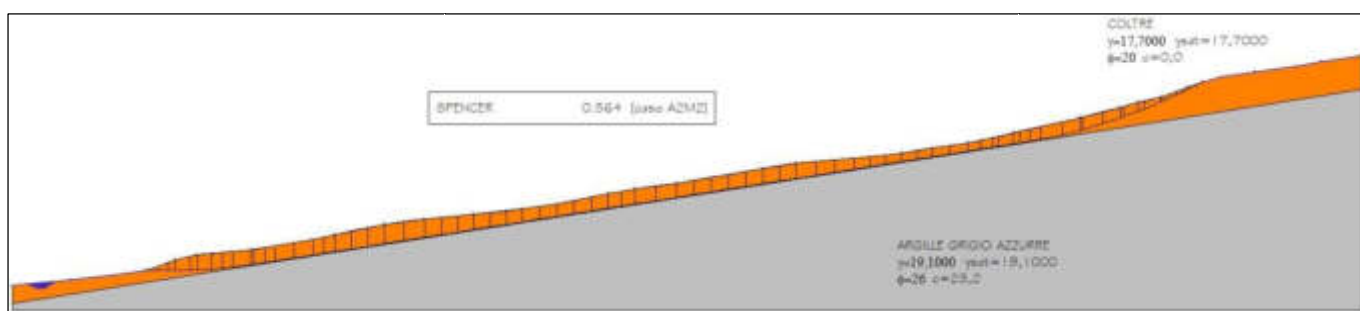


Fig. 6 - Verifica ante operam – Condizioni sismiche

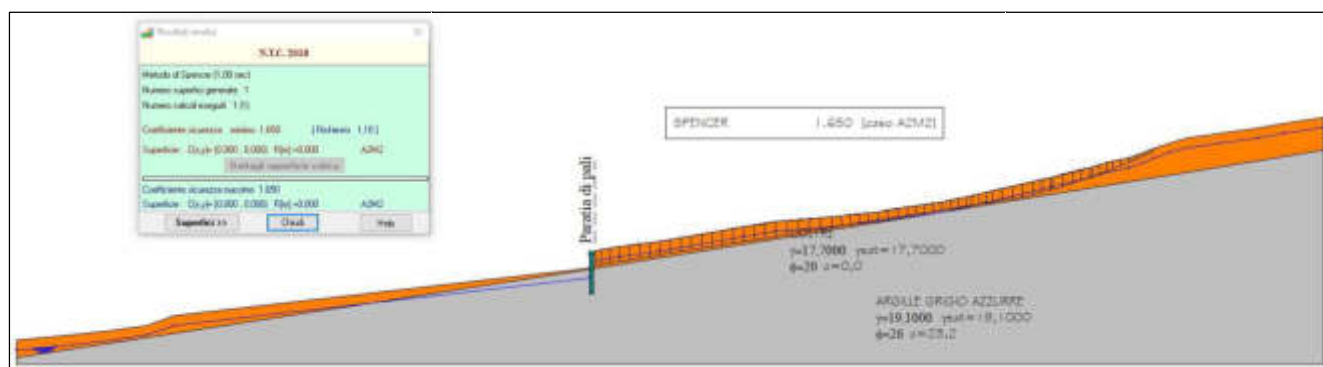


Fig. 7 - Verifica post operam – Condizioni statiche

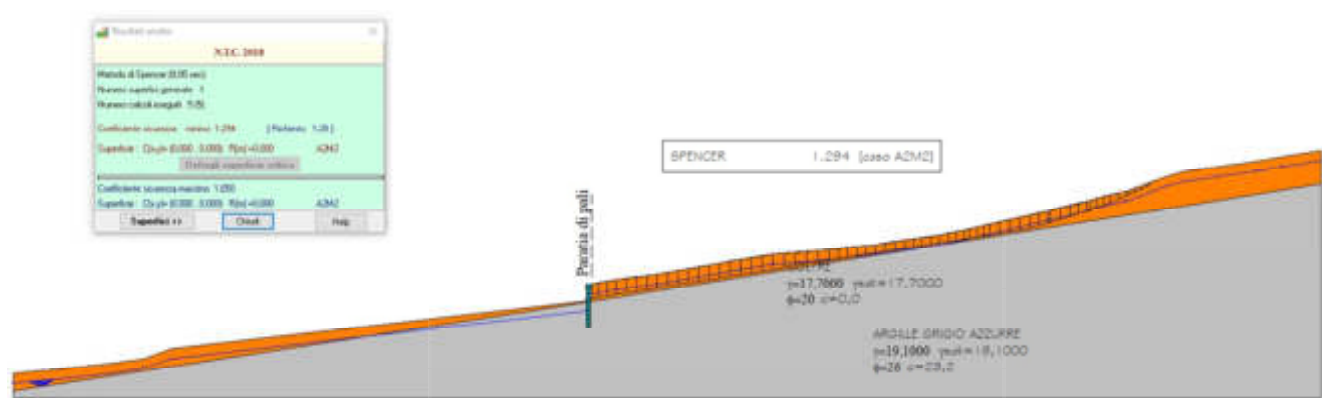


Fig. 8 - Verifica post operam – Condizioni sismiche

Pertanto, i coefficienti di sicurezza post operam sono maggiori dei minimi di normativa pari a $\gamma_R = 1,10$, in condizioni statiche, e $\gamma_R = 1,20$ in condizioni sismiche.

6.3. Verifiche geotecniche e strutturali della paratia

Come accennato nel paragrafo precedente, si è ipotizzato che il corpo di frana a valle della paratia possa mobilizzarsi lasciando l'opera di sostegno a sbalzo per 3 m. Pertanto, Il calcolo strutturale e geotecnico della paratia è stato eseguito considerando un'altezza fuori terra pari a 3 m;

- $\gamma = 17,70 \text{ kN/m}^3$, $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ e $\phi' = 20^\circ$, per la coltre;
- $\gamma = 19,1 \text{ kN/m}^3$, $c' = 10 \text{ kN/m}^2$ $\phi' = 26,1^\circ$, per le argille grigio azzurre;
- una pendenza del pendio a monte di circa 10° ;
- la falda coincidente con il piano campagna, a valle, e a 2 m di profondità a monte;
- le azioni sismiche previste dalla normativa.

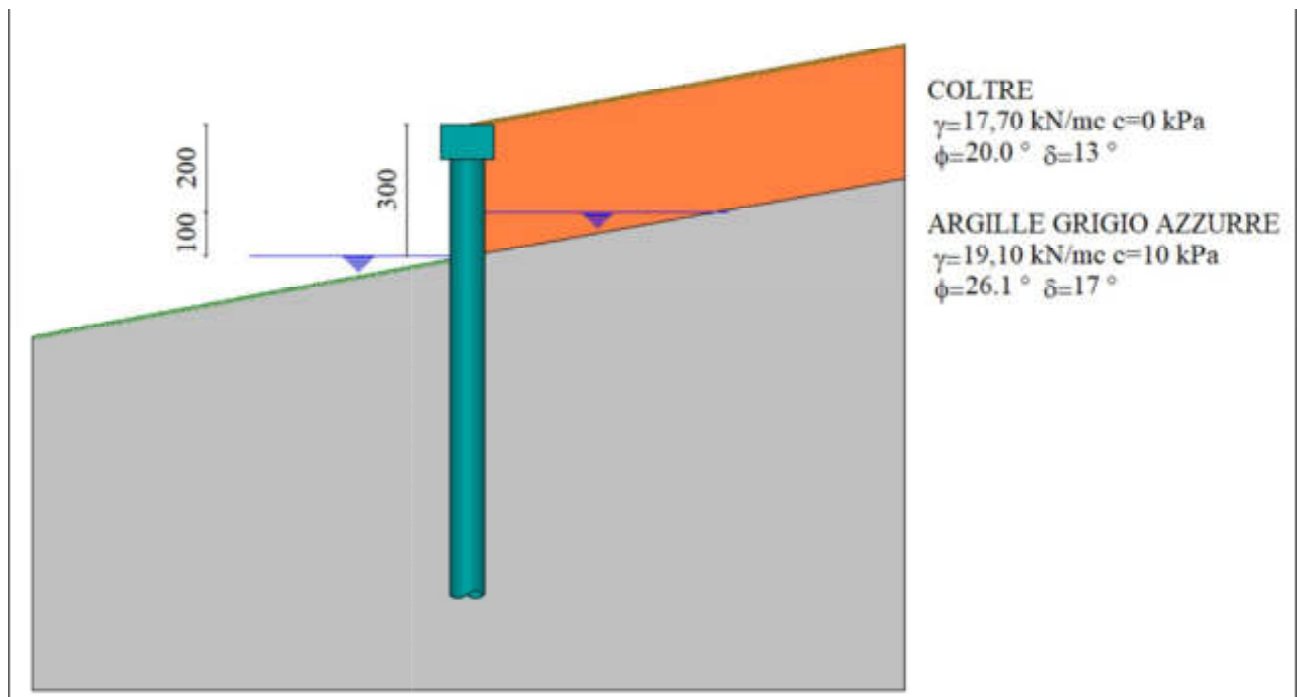


Fig. 9 - Paratia – Schema di calcolo

ALLEGATO - Tabulati di calcolo

INDICE

1. VERIFICHE DI STABILITA'	2
1.1. Normative di riferimento e metodo di calcolo	2
1.2. Analisi delle condizioni di stabilità con i parametri geotecnici di laboratorio	3
1.3. Analisi a ritroso per la determinazione dei parametri del terreno	8
1.4. Verifiche di stabilità ante operam	14
1.5. Verifiche di stabilità post operam	21
1.6. Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)	28
2. PARATIA.....	29

1. VERIFICHE DI STABILITA'

1.1. Normative di riferimento e metodo di calcolo

Normative di riferimento

- 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. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).
- Circolare nr. 7 del 21/01/2019
- Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a γ_R .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare, il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

l	lunghezza della base della striscia
α	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
ϕ	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
γ	peso di volume del terreno
u	pressione neutra
W	peso della striscia
N	sforzo normale alla base della striscia
T	sforzo di taglio alla base della striscia
E_s, E_d	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
X_s, X_d	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
E_a, E_b	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
ΔX	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
ΔE	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

Metodo di Spencer

Il metodo di Spencer opera sulle risultanti delle forze di interstriscia Z . Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Spencer** viene determinato con procedura iterativa sulle equazioni di equilibrio alla traslazione e alla rotazione globali. Queste equazioni, nel caso di risultante delle forze esterne nulle, sono date da:

$$\begin{aligned}\sum_i [\Delta Z_i \cos \theta_i] &= 0 \\ \sum_i [\Delta Z_i \sin \theta_i] &= 0 \\ \sum_i [R \Delta Z_i \cos (\alpha_i - \theta_i)] &= 0\end{aligned}$$

dove ΔZ_i rappresenta la variazione della forza laterale di interstriscia risultante che ha equazione:

$$\Delta Z_i = \frac{W_i \sin \alpha_i - \frac{c b_i}{F \cos \alpha_i} - (W_i \cos \alpha_i - N_{bi}) \frac{\tan \phi}{F}}{\cos(\alpha_i - \theta_i) \left[\frac{\tan \phi}{F} + 1 \right]}$$

L'ipotesi assunta da **Spencer** è che le forze laterali di interstriscia siano tutte tra loro parallele. Cioè si suppone che il loro angolo di inclinazione sia $\theta = \text{cost.}$

Attraverso questa ipotesi le equazioni alla traslazione si riducono ad un'unica equazione dalla forma:

$$\sum_i [\Delta Z_i] = 0$$

Inoltre l'ipotesi di superfici di scorrimento circolari permette di semplificare anche l'equazione di equilibrio alla rotazione nella forma seguente:

$$\sum_i [\Delta Z_i \cos (\alpha_i - \theta_i)] = 0$$

A questo punto la determinazione del coefficiente di sicurezza viene effettuata risolvendo iterativamente e separatamente le due ultime equazioni viste per un assegnato valore di θ_i ; in questo modo si otterrà una coppia di coefficienti di sicurezza F_f ed F_m di cui il primo soddisfa l'equilibrio alla traslazione, mentre il secondo soddisfa l'equilibrio alla rotazione.

Questi valori non sono generalmente uguali. Si possono costruire per punti le curve $F = F_f(\theta)$ ed $F = F_m(\theta)$ si può ricavare il valore di θ tale che risulti:

$$F = F_f = F_m$$

Riguardo ai valori di F e di θ si può affermare che F_{finale} ha un valore prossimo a quello ricavato nell'equazione di equilibrio alla rotazione ponendo $\theta = 0$; mentre il valore di θ è sempre compreso tra 0 e la massima inclinazione del pendio.

1.2. Analisi delle condizioni di stabilità con i parametri geotecnici di laboratorio

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	COLTRE	17,70	17,70	25.60	12,9
2	ARGILLE GRIGIO AZZURRE	19,10	19,10	26.10	23,2

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,00
2	11,55	6,00
3	19,90	7,00
4	26,54	7,99
5	26,60	8,00
6	32,20	10,00
7	36,50	11,00
8	47,10	12,00
9	59,40	14,00
10	63,70	15,00
11	73,50	17,00
12	81,49	18,00
13	91,19	19,00
14	100,79	20,00
15	107,59	21,00
16	117,79	23,00
17	122,99	24,00
18	131,29	25,00
19	148,29	28,00
20	154,89	29,00
21	166,39	30,00
22	175,79	31,00
23	181,79	31,99
24	188,79	33,00
25	193,79	33,99
26	197,89	35,00
27	210,99	37,99
28	218,99	40,00
29	222,45	40,99
30	226,94	41,99
31	229,99	42,99
32	232,29	43,99
33	235,19	44,99
34	238,89	46,00
35	245,59	46,99
36	253,39	47,99
37	258,69	48,99
38	266,68	50,13

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 2 (ARGILLE GRIGIO AZZURRE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
----	---	---

	[m]	[m]
1	0,00	1,45
2	0,00	0,00
3	266,68	0,00
4	266,68	43,46

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (COLTRE)
Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	266,68	43,46
2	266,68	50,13
3	258,69	48,99
4	253,39	47,99
5	245,59	46,99
6	238,89	46,00
7	235,19	44,99
8	232,29	43,99
9	229,99	42,99
10	226,94	41,99
11	222,45	40,99
12	218,99	40,00
13	210,99	37,99
14	197,89	35,00
15	193,79	33,99
16	188,79	33,00
17	181,79	31,99
18	175,79	31,00
19	166,39	30,00
20	154,89	29,00
21	148,29	28,00
22	131,29	25,00
23	122,99	24,00
24	117,79	23,00
25	107,59	21,00
26	100,79	20,00
27	91,19	19,00
28	81,49	18,00
29	73,50	17,00
30	63,70	15,00
31	59,40	14,00
32	47,10	12,00
33	36,50	11,00
34	32,20	10,00
35	26,60	8,00
36	26,54	7,99
37	19,90	7,00
38	11,55	6,00
39	0,00	5,00
40	0,00	1,45

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,00
2	11,55	6,00
3	19,90	7,00
4	26,54	7,99
5	26,60	8,00
6	32,20	10,00
7	36,50	11,00
8	47,10	12,00
9	59,40	14,00
10	63,70	15,00
11	73,50	17,00
12	81,49	18,00
13	91,19	19,00
14	100,79	20,00
15	107,59	21,00
16	117,79	23,00
17	122,99	24,00
18	131,29	25,00
19	148,29	28,00
20	154,89	29,00
21	166,39	30,00
22	175,79	31,00
23	181,79	31,99
24	188,79	33,00
25	193,79	33,99
26	197,89	35,00
27	210,99	37,99
28	218,99	40,00
29	222,45	40,99
30	226,94	41,99
31	229,99	42,99
32	232,29	43,99
33	235,19	44,99
34	238,89	46,00
35	245,59	46,99
36	253,39	47,99
37	258,69	48,99
38	266,68	50,13

Dati zona sismica*Identificazione del sito*

Latitudine	37.796853
Longitudine	14.202734
Comune	
Provincia	
Regione	
Punti di interpolazione del reticolo	46742 - 46743 - 46521 - 46520
<i>Tipo di opera</i>	
Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_a	[m/s ²]	1.486	0.563
Accelerazione al suolo	a_a/g	[%]	0.151	0.057
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.419	2.387
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.318	0.274
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	C	1.480	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	β_s		0.240	0.240
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h = (a_a/g * \beta_s * S_t * S)$	5.38	2.07
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v = 0.50 * k_h$	2.69	1.03

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
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}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura generiche*

Si considera una superficie di rottura definita per punti

Coordinate superficie di rottura

n°	X [m]	Y [m]
1	26,60	8,00
2	30,85	7,89
3	35,10	7,94
4	39,35	8,16
5	43,58	8,55
6	47,80	9,11
7	52,00	9,77
8	194,83	32,35
9	199,03	33,02
10	203,23	33,68
11	207,39	34,57
12	211,51	35,63
13	215,59	36,83

n°	X [m]	Y [m]
14	219,62	38,18
15	223,61	39,67
16	227,53	41,30
17	231,40	43,08
18	235,19	44,99

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- SPENCER

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- ordinata superficie inferiore a	18,18	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	1
Coefficiente di sicurezza minimo	3.063
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
SPENCER	1	3.063	1	3.063	1

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espressa in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espressa in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	G	--	--	--	26,60	235,19	528,37	3,063 (P)	[PC]	--

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(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

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa

W peso della striscia espresso in kN

Q carico applicato sulla striscia espresso in kN

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kN

E_s, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espressa in kN

X_s, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espressa in kN

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici

Numero di strisce

74

Intersezione a valle con il profilo topografico

 $X_v[m] = 26,60$ $Y_v[m] = 8,00$

Intersezione a monte con il profilo topografico

 $X_m[m] = 235,19$ $Y_m[m] = 44,99$ **Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X_s [m]	Y_{ss} [m]	Y_{si} [m]	X_d [m]	Y_{ds} [m]	Y_{di} [m]	X_q [m]	Y_q [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]
1	26,60	8,00	8,00	28,73	8,76	7,95	28,02	8,23	2,13	-1,48	25,60	13
2	28,73	8,76	7,95	30,85	9,52	7,89	29,91	8,55	2,13	-1,48	25,60	13
3	30,85	9,52	7,89	32,20	10,00	7,91	31,55	8,83	1,35	0,67	25,60	13
4	32,20	10,00	7,91	35,10	10,67	7,94	33,71	9,14	2,90	0,67	25,60	13
5	35,10	10,67	7,94	36,50	11,00	8,01	35,81	9,41	1,40	2,96	25,60	13
6	36,50	11,00	8,01	39,35	11,27	8,16	37,93	9,61	2,85	2,96	25,60	13
7	39,35	11,27	8,16	41,47	11,47	8,36	40,41	9,81	2,12	5,27	25,60	13
8	41,47	11,47	8,36	43,58	11,67	8,55	42,52	10,01	2,12	5,27	25,60	13
9	43,58	11,67	8,55	47,10	12,00	9,02	45,33	10,31	3,55	7,56	25,60	13
10	47,10	12,00	9,02	47,80	12,11	9,11	47,45	10,56	0,71	7,56	25,60	13
11	47,80	12,11	9,11	49,90	12,46	9,44	48,85	10,78	2,13	8,93	25,60	13
12	49,90	12,46	9,44	52,00	12,80	9,77	50,95	11,12	2,13	8,93	25,60	13
13	52,00	12,80	9,77	55,70	13,40	10,35	53,85	11,58	3,75	8,98	25,60	13
14	55,70	13,40	10,35	59,40	14,00	10,94	57,55	12,17	3,75	8,98	25,60	13
15	59,40	14,00	10,94	61,55	14,50	11,28	60,48	12,68	2,18	8,98	25,60	13
16	61,55	14,50	11,28	63,70	15,00	11,62	62,63	13,10	2,18	8,98	25,60	13
17	63,70	15,00	11,62	66,97	15,67	12,14	65,35	13,61	3,31	8,98	25,60	13
18	66,97	15,67	12,14	70,23	16,33	12,65	68,61	14,20	3,31	8,98	25,60	13
19	70,23	16,33	12,65	73,50	17,00	13,17	71,88	14,79	3,31	8,98	25,60	13
20	73,50	17,00	13,17	77,50	17,50	13,80	75,49	15,37	4,04	8,98	25,60	13
21	77,50	17,50	13,80	81,49	18,00	14,43	79,48	15,93	4,04	8,98	25,60	13
22	81,49	18,00	14,43	84,72	18,33	14,94	83,09	16,43	3,27	8,98	25,60	13
23	84,72	18,33	14,94	87,96	18,67	15,45	86,33	16,85	3,27	8,98	25,60	13
24	87,96	18,67	15,45	91,19	19,00	15,97	89,56	17,27	3,27	8,98	25,60	13
25	91,19	19,00	15,97	94,39	19,33	16,47	92,77	17,69	3,24	8,98	25,60	13
26	94,39	19,33	16,47	97,59	19,67	16,98	95,97	18,11	3,24	8,98	25,60	13
27	97,59	19,67	16,98	100,79	20,00	17,48	99,17	18,53	3,24	8,98	25,60	13
28	100,79	20,00	17,48	104,19	20,50	18,02	102,49	19,00	3,44	8,98	25,60	13
29	104,19	20,50	18,02	107,59	21,00	18,56	105,89	19,52	3,44	8,98	25,60	13
30	107,59	21,00	18,56	110,99	21,67	19,10	109,30	20,08	3,44	8,98	25,60	13
31	110,99	21,67	19,10	114,39	22,33	19,63	112,70	20,68	3,44	8,98	25,60	13
32	114,39	22,33	19,63	117,79	23,00	20,17	116,10	21,29	3,44	8,98	25,60	13
33	117,79	23,00	20,17	120,39	23,50	20,58	119,10	21,81	2,63	8,98	25,60	13
34	120,39	23,50	20,58	122,99	24,00	20,99	121,70	22,27	2,63	8,98	25,60	13
35	122,99	24,00	20,99	127,14	24,50	21,65	125,05	22,78	4,20	8,98	25,60	13
36	127,14	24,50	21,65	131,29	25,00	22,30	129,20	23,36	4,20	8,98	25,60	13
37	131,29	25,00	22,30	134,69	25,60	22,84	133,00	23,94	3,44	8,98	25,60	13
38	134,69	25,60	22,84	138,09	26,20	23,38	136,40	24,51	3,44	8,98	25,60	13
39	138,09	26,20	23,38	141,49	26,80	23,92	139,80	25,08	3,44	8,98	25,60	13
40	141,49	26,80	23,92	144,89	27,40	24,45	143,20	25,64	3,44	8,98	25,60	13
41	144,89	27,40	24,45	148,29	28,00	24,99	146,60	26,21	3,44	8,98	25,60	13
42	148,29	28,00	24,99	151,59	28,50	25,51	149,94	26,75	3,34	8,98	25,60	13
43	151,59	28,50	25,51	154,89	29,00	26,04	153,24	27,26	3,34	8,98	25,60	13
44	154,89	29,00	26,04	158,72	29,33	26,64	156,78	27,75	3,88	8,98	25,60	13
45	158,72	29,33	26,64	162,56	29,67	27,25	160,61	28,22	3,88	8,98	25,60	13
46	162,56	29,67	27,25	166,39	30,00	27,85	164,44	28,69	3,88	8,98	25,60	13
47	166,39	30,00	27,85	169,52	30,33	28,35	167,94	29,13	3,17	8,98	25,60	13
48	169,52	30,33	28,35	172,66	30,67	28,84	171,07	29,55	3,17	8,98	25,60	13
49	172,66	30,67	28,84	175,79	31,00	29,34	174,20	29,96	3,17	8,98	25,60	13
50	175,79	31,00	29,34	178,79	31,50	29,81	177,29	30,41	3,04	8,98	25,60	13
51	178,79	31,50	29,81	181,79	31,99	30,29	180,29	30,90	3,04	8,98	25,60	13
52	181,79	31,99	30,29	185,29	32,50	30,84	183,53	31,40	3,54	8,98	25,60	13
53	185,29	32,50	30,84	188,79	33,00	31,40	187,03	31,93	3,54	8,98	25,60	13
54	188,79	33,00	31,40	191,29	33,50	31,79	190,05	32,42	2,53	8,98	25,60	13
55	191,29	33,50	31,79	193,79	33,99	32,19	192,55	32,87	2,53	8,98	25,60	13
56	193,79	33,99	32,19	194,83	34,25	32,35	194,31	33,19	1,05	8,98	25,60	13
57	194,83	34,25	32,35	197,89	35,00	32,84	196,39	33,62	3,10	9,06	25,60	13
58	197,89	35,00	32,84	199,03	35,26	33,02	198,46	34,03	1,15	9,06	25,60	13
59	199,03	35,26	33,02	201,13	35,74	33,35	200,09	34,34	2,13	8,93	25,60	13
60	201,13	35,74	33,35	203,23	36,22	33,68	202,19	34,75	2,13	8,93	25,60	13
61	203,23	36,22	33,68	207,39	37,17	34,57	205,32	35,41	4,25	12,08	25,60	13
62	207,39	37,17	34,57	210,99	37,99	35,50	209,18	36,30	3,72	14,43	25,60	13
63	210,99	37,99	35,50	211,51	38,12	35,63	211,25	36,81	0,54	14,43	25,60	13
64	211,51	38,12	35,63	215,59	39,15	36,83	213,53	37,42	4,25	16,39	25,60	13
65	215,59	39,15	36,83	218,99	40,00	37,97	217,25	38,48	3,59	18,52	25,60	13
66	218,99	40,00	37,97	219,62	40,18	38,18	219,30	39,08	0,66	18,52	25,60	13
67	219,62	40,18	38,18	222,45	40,99	39,24	221,00	39,64	3,02	20,48	25,60	13
68	222,45	40,99	39,24	223,61	41,25	39,67	223,02	40,28	1,24	20,48	25,60	13
69	223,61	41,25	39,67	226,94	41,99	41,05	225,13	40,95	3,61	22,58	25,60	13
70	226,94	41,99	41,05	227,53	42,18	41,30	227,23	41,63	0,64	22,58	25,60	13
71	227,53	42,18	41,30	229,99	42,99	42,43	228,67	42,19	2,71	24,70	25,60	13
72	229,99	42,99	42,43	231,40	43,60	43,08	230,69	43,02	1,55	24,70	25,60	13
73	231,40	43,60	43,08	232,29	43,99	43,53	231,84	43,55	1,00	26,75	25,60	13
74	232,29	43,99	43,53	235,19	44,99	44,99	233,26	44,17	3,25	26,75	25,60	13

Metodo di **SPENCER**Coefficiente di sicurezza $F_s = 3.063$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E_s [kN]	E_d [kN]	X_s [kN]	X_d [kN]	ID
1	15,31	0,00	7,09	10,06	8,48	0,00	10,60	0,00	-0,74	
2	45,92	0,00	20,80	12,21	25,45	10,60	24,17	-0,74	-1,69	
3	44,47	0,00	19,73	8,77	24,64	24,17	32,51	-1,69	-2,27	
4	123,92	0,00	55,02	20,82	68,67	32,51	52,07	-2,27	-3,64	
5	70,89	0,00	31,10	10,77	39,33	52,07	59,24	-3,64	-4,14	
6	153,77	0,00	67,49	22,58	85,31	59,24	74,00	-4,14	-5,17	

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
7	116,47	0,00	50,60	16,86	64,80	74,00	80,22	-5,17	-5,61	
8	116,64	0,00	50,68	16,87	64,90	80,22	86,44	-5,61	-6,04	
9	190,05	0,00	81,81	27,76	106,22	86,44	89,23	-6,04	-6,24	
10	37,09	0,00	15,96	5,47	20,73	89,23	89,83	-6,24	-6,28	
11	111,87	0,00	47,91	16,45	62,74	89,83	88,90	-6,28	-6,22	
12	112,29	0,00	48,10	16,48	62,98	88,90	87,93	-6,22	-6,15	
13	198,77	0,00	85,14	29,10	111,50	87,93	85,97	-6,15	-6,01	
14	199,86	0,00	85,62	29,17	112,11	85,97	83,91	-6,01	-5,87	
15	119,50	0,00	51,23	17,18	67,03	83,91	82,42	-5,87	-5,76	
16	125,59	0,00	53,92	17,60	70,45	82,42	80,39	-5,76	-5,62	
17	199,80	0,00	85,88	27,37	112,07	80,39	76,51	-5,62	-5,35	
18	208,48	0,00	89,70	27,96	116,95	76,51	71,86	-5,35	-5,02	
19	217,17	0,00	93,53	28,56	121,82	71,86	66,45	-5,02	-4,65	
20	266,25	0,00	114,68	34,98	149,35	66,45	59,77	-4,65	-4,18	
21	256,95	0,00	110,58	34,34	144,13	59,77	53,91	-4,18	-3,77	
22	199,10	0,00	85,59	27,18	111,68	53,91	49,95	-3,77	-3,49	
23	188,93	0,00	81,11	26,48	105,98	49,95	46,89	-3,49	-3,28	
24	178,75	0,00	76,63	25,78	100,27	46,89	44,73	-3,28	-3,13	
25	166,98	0,00	71,47	24,83	93,67	44,73	43,47	-3,13	-3,04	
26	157,21	0,00	67,16	24,15	88,19	43,47	43,07	-3,04	-3,01	
27	147,44	0,00	62,85	23,48	82,70	43,07	43,53	-3,01	-3,04	
28	150,33	0,00	64,00	24,51	84,33	43,53	44,58	-3,04	-3,12	
29	148,07	0,00	63,00	24,36	83,06	44,58	45,83	-3,12	-3,20	
30	150,83	0,00	64,22	24,55	84,61	45,83	46,84	-3,20	-3,27	
31	158,61	0,00	67,64	25,08	88,97	46,84	47,16	-3,27	-3,30	
32	166,38	0,00	71,07	25,62	93,33	47,16	46,79	-3,30	-3,27	
33	132,25	0,00	56,56	19,94	74,18	46,79	46,07	-3,27	-3,22	
34	136,34	0,00	58,36	20,22	76,48	46,07	44,98	-3,22	-3,15	
35	215,16	0,00	92,07	32,10	120,69	44,98	43,47	-3,15	-3,04	
36	203,70	0,00	87,02	31,31	114,26	43,47	42,97	-3,04	-3,00	
37	164,07	0,00	70,05	25,46	92,03	42,97	42,80	-3,00	-2,99	
38	167,83	0,00	71,71	25,72	94,14	42,80	42,31	-2,99	-2,96	
39	171,59	0,00	73,36	25,98	96,25	42,31	41,48	-2,96	-2,90	
40	175,35	0,00	75,02	26,24	98,36	41,48	40,32	-2,90	-2,82	
41	179,11	0,00	76,68	26,50	100,47	40,32	38,83	-2,82	-2,72	
42	175,04	0,00	74,95	25,80	98,18	38,83	37,28	-2,72	-2,61	
43	173,77	0,00	74,39	25,71	97,47	37,28	35,84	-2,61	-2,51	
44	191,86	0,00	82,01	29,18	107,62	35,84	35,05	-2,51	-2,45	
45	173,36	0,00	73,86	27,90	97,25	35,05	35,89	-2,45	-2,51	
46	154,86	0,00	65,71	26,63	86,87	35,89	38,36	-2,51	-2,68	
47	114,53	0,00	48,40	20,93	64,24	38,36	41,45	-2,68	-2,90	
48	105,54	0,00	44,44	20,31	59,20	41,45	45,33	-2,90	-3,17	
49	96,56	0,00	40,48	19,70	54,16	45,33	50,01	-3,17	-3,50	
50	88,70	0,00	37,11	18,60	49,75	50,01	54,81	-3,50	-3,83	
51	89,80	0,00	37,59	18,67	50,37	54,81	59,52	-3,83	-4,16	
52	103,91	0,00	43,48	21,73	58,29	59,52	65,09	-4,16	-4,55	
53	100,92	0,00	42,16	21,52	56,61	65,09	70,93	-4,55	-4,96	
54	73,22	0,00	30,62	15,45	41,07	70,93	74,99	-4,96	-5,24	
55	77,64	0,00	32,56	15,76	43,55	74,99	78,67	-5,24	-5,50	
56	34,06	0,00	14,32	6,68	19,11	78,67	80,05	-5,50	-5,60	
57	109,90	0,00	46,39	20,31	61,66	80,05	83,08	-5,60	-5,81	
58	44,41	0,00	18,81	7,81	24,92	83,08	83,90	-5,81	-5,87	
59	86,04	0,00	36,54	14,67	48,26	83,90	85,23	-5,87	-5,96	
60	91,59	0,00	38,98	15,05	51,37	85,23	86,07	-5,96	-6,02	
61	189,13	0,00	79,74	30,39	107,16	86,07	76,73	-6,02	-5,36	
62	162,23	0,00	67,91	26,28	92,81	76,73	62,23	-5,36	-4,35	
63	22,94	0,00	9,59	3,76	13,12	62,23	60,23	-4,35	-4,21	
64	173,55	0,00	72,02	29,18	100,23	60,23	39,80	-4,21	-2,78	
65	130,79	0,00	53,56	23,48	76,43	39,80	20,99	-2,78	-1,47	
66	22,48	0,00	9,14	4,23	13,13	20,99	17,96	-1,47	-1,26	
67	94,01	0,00	37,70	18,62	55,60	17,96	2,96	-1,26	-0,21	
68	34,20	0,00	13,51	7,33	20,23	2,96	-1,91	-0,21	0,13	
69	74,08	0,00	27,59	19,51	44,45	-1,91	-11,42	0,13	0,80	
70	9,50	0,00	3,25	3,20	5,70	-11,42	-11,89	0,80	0,83	
71	31,39	0,00	9,48	12,89	19,15	-11,89	-12,14	0,83	0,85	
72	13,50	0,00	3,39	7,07	8,23	-12,14	-10,60	0,85	0,74	
73	7,75	0,00	1,64	4,45	4,81	-10,60	-9,54	0,74	0,67	
74	11,84	0,00	-0,81	13,55	7,35	-9,54	-0,56	0,67	0,04	

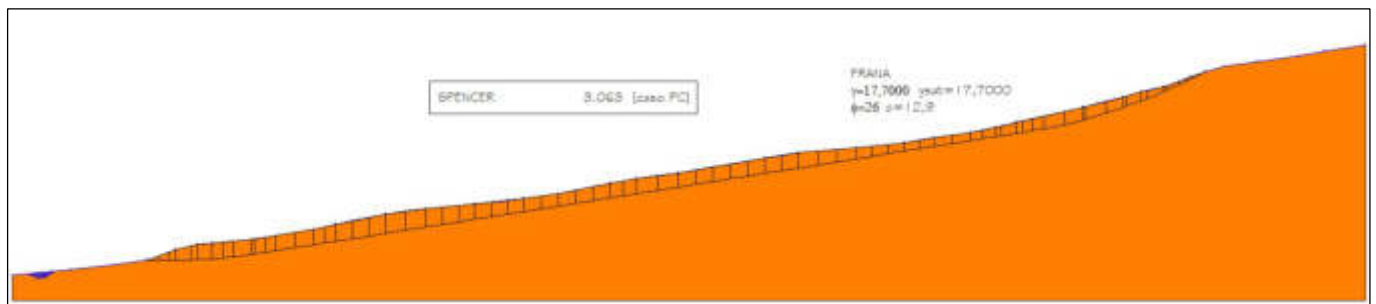


Fig. 1 – Verifica ante operam con i parametri geotecnici ottenuti in laboratorio

1.3. Analisi a ritroso per la determinazione dei parametri del terreno

Dati

Descrizione terreno*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	COLTRE	17,70	17,70	20,00	0,0
2	ARGILLE GRIGIO AZZURRE	19,10	19,10	26,10	23,2

Profilo del piano campagna*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,00
2	11,55	6,00
3	19,90	7,00
4	26,54	7,99
5	26,60	8,00
6	32,20	10,00
7	36,50	11,00
8	47,10	12,00
9	59,40	14,00
10	63,70	15,00
11	73,50	17,00
12	81,49	18,00
13	91,19	19,00
14	100,79	20,00
15	107,59	21,00
16	117,79	23,00
17	122,99	24,00
18	131,29	25,00
19	148,29	28,00
20	154,89	29,00
21	166,39	30,00
22	175,79	31,00
23	181,79	31,99
24	188,79	33,00
25	193,79	33,99
26	197,89	35,00
27	210,99	37,99
28	218,99	40,00
29	222,45	40,99
30	226,94	41,99
31	229,99	42,99
32	232,29	43,99
33	235,19	44,99
34	238,89	46,00
35	245,59	46,99
36	253,39	47,99
37	258,69	48,99
38	266,68	50,13

Descrizione stratigrafia*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 2 (ARGILLE GRIGIO AZZURRE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	1,45
2	0,00	0,00
3	266,68	0,00
4	266,68	43,46

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (COLTRE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	266,68	43,46
2	266,68	50,13
3	258,69	48,99
4	253,39	47,99
5	245,59	46,99
6	238,89	46,00
7	235,19	44,99
8	232,29	43,99
9	229,99	42,99
10	226,94	41,99
11	222,45	40,99
12	218,99	40,00
13	210,99	37,99

n°	X [m]	Y [m]
14	197,89	35,00
15	193,79	33,99
16	188,79	33,00
17	181,79	31,99
18	175,79	31,00
19	166,39	30,00
20	154,89	29,00
21	148,29	28,00
22	131,29	25,00
23	122,99	24,00
24	117,79	23,00
25	107,59	21,00
26	100,79	20,00
27	91,19	19,00
28	81,49	18,00
29	73,50	17,00
30	63,70	15,00
31	59,40	14,00
32	47,10	12,00
33	36,50	11,00
34	32,20	10,00
35	26,60	8,00
36	26,54	7,99
37	19,90	7,00
38	11,55	6,00
39	0,00	5,00
40	0,00	1,45

Descrizione falda*Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,00
2	11,55	6,00
3	19,90	7,00
4	26,54	7,99
5	26,60	8,00
6	32,20	10,00
7	36,50	11,00
8	47,10	12,00
9	59,40	14,00
10	63,70	15,00
11	73,50	17,00
12	81,49	18,00
13	91,19	19,00
14	100,79	20,00
15	107,59	21,00
16	117,79	23,00
17	122,99	24,00
18	131,29	25,00
19	148,29	28,00
20	154,89	29,00
21	166,39	30,00
22	175,79	31,00
23	181,79	31,99
24	188,79	33,00
25	193,79	33,99
26	197,89	35,00
27	210,99	37,99
28	218,99	40,00
29	222,45	40,99
30	226,94	41,99
31	229,99	42,99
32	232,29	43,99
33	235,19	44,99
34	238,89	46,00
35	245,59	46,99
36	253,39	47,99
37	258,69	48,99
38	266,68	50,13

Dati zona sismica*Identificazione del sito*

Latitudine	37.796853
Longitudine	14.202734
Comune	
Provincia	
Regione	
Punti di interpolazione del reticolo	46742 - 46743 - 46521 - 46520
<i>Tipo di opera</i>	
Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.		SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_q	[m/s ²]		1.486	0.563
Accelerazione al suolo	a_q/g	[%]		0.151	0.057
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.419	2.387
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.318	0.274
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.480	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	β_s			0.240	0.240
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h = (a_q/g * \beta_s * St * S)$	5.38	2.07
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v = 0.50 * k_h$	2.69	1.03

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
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}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura

Superfici di rottura generiche

Si considera una superficie di rottura definita per punti

Coordinate superficie di rottura

n°	X [m]	Y [m]
1	26,60	8,00
2	30,85	7,89
3	35,10	7,94
4	39,35	8,16
5	43,58	8,55
6	47,80	9,11
7	52,00	9,77
8	194,83	32,35
9	199,03	33,02
10	203,23	33,68
11	207,39	34,57
12	211,51	35,63
13	215,59	36,83
14	219,62	38,18
15	223,61	39,67
16	227,53	41,30
17	231,40	43,08
18	235,19	44,99

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- SPENCER

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- ordinata superficie inferiore a	18,18	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	1
Coefficiente di sicurezza minimo	0.956
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
SPENCER	1	0.956	1	0.956	1

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	G	--	--	--	26,60	235,19	528,37	0,956 (P)	[PC]	--

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(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

L sviluppo della base della striscia espressa in m (L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa

W peso della striscia espresso in kN

Q carico applicato sulla striscia espresso in kN

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kN

E_{sr}, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

X_{sr}, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici

Numero di strisce	74	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 26,60	Y _v [m]= 8,00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 235,19	Y _m [m]= 44,99

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	26,60	8,00	8,00	28,73	8,76	7,95	28,02	8,23	2,13	-1,48	20,00	0
2	28,73	8,76	7,95	30,85	9,52	7,89	29,91	8,55	2,13	-1,48	20,00	0
3	30,85	9,52	7,89	32,20	10,00	7,91	31,55	8,83	1,35	0,67	20,00	0
4	32,20	10,00	7,91	35,10	10,67	7,94	33,71	9,14	2,90	0,67	20,00	0
5	35,10	10,67	7,94	36,50	11,00	8,01	35,81	9,41	1,40	2,96	20,00	0
6	36,50	11,00	8,01	39,35	11,27	8,16	37,93	9,61	2,85	2,96	20,00	0
7	39,35	11,27	8,16	41,47	11,47	8,36	40,41	9,81	2,12	5,27	20,00	0
8	41,47	11,47	8,36	43,58	11,67	8,55	42,52	10,01	2,12	5,27	20,00	0
9	43,58	11,67	8,55	47,10	12,00	9,02	45,33	10,31	3,55	7,56	20,00	0
10	47,10	12,00	9,02	47,80	12,11	9,11	47,45	10,56	0,71	7,56	20,00	0
11	47,80	12,11	9,11	49,90	12,46	9,44	48,85	10,78	2,13	8,93	20,00	0
12	49,90	12,46	9,44	52,00	12,80	9,77	50,95	11,12	2,13	8,93	20,00	0

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _a [m]	Y _a [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
13	52,00	12,80	9,77	55,70	13,40	10,35	53,85	11,58	3,75	8,98	20,00	0
14	55,70	13,40	10,35	59,40	14,00	10,94	57,55	12,17	3,75	8,98	20,00	0
15	59,40	14,00	10,94	61,55	14,50	11,28	60,48	12,68	2,18	8,98	20,00	0
16	61,55	14,50	11,28	63,70	15,00	11,62	62,63	13,10	2,18	8,98	20,00	0
17	63,70	15,00	11,62	66,97	15,67	12,14	65,35	13,61	3,31	8,98	20,00	0
18	66,97	15,67	12,14	70,23	16,33	12,65	68,61	14,20	3,31	8,98	20,00	0
19	70,23	16,33	12,65	73,50	17,00	13,17	71,88	14,79	3,31	8,98	20,00	0
20	73,50	17,00	13,17	77,50	17,50	13,80	75,49	15,37	4,04	8,98	20,00	0
21	77,50	17,50	13,80	81,49	18,00	14,43	79,48	15,93	4,04	8,98	20,00	0
22	81,49	18,00	14,43	84,72	18,33	14,94	83,09	16,43	3,27	8,98	20,00	0
23	84,72	18,33	14,94	87,96	18,67	15,45	86,33	16,85	3,27	8,98	20,00	0
24	87,96	18,67	15,45	91,19	19,00	15,97	89,56	17,27	3,27	8,98	20,00	0
25	91,19	19,00	15,97	94,39	19,33	16,47	92,77	17,69	3,24	8,98	20,00	0
26	94,39	19,33	16,47	97,59	19,67	16,98	95,97	18,11	3,24	8,98	20,00	0
27	97,59	19,67	16,98	100,79	20,00	17,48	99,17	18,53	3,24	8,98	20,00	0
28	100,79	20,00	17,48	104,19	20,50	18,02	102,49	19,00	3,44	8,98	20,00	0
29	104,19	20,50	18,02	107,59	21,00	18,56	105,89	19,52	3,44	8,98	20,00	0
30	107,59	21,00	18,56	110,99	21,67	19,10	109,30	20,08	3,44	8,98	20,00	0
31	110,99	21,67	19,10	114,39	22,33	19,63	112,70	20,68	3,44	8,98	20,00	0
32	114,39	22,33	19,63	117,79	23,00	20,17	116,10	21,29	3,44	8,98	20,00	0
33	117,79	23,00	20,17	120,39	23,50	20,58	119,10	21,81	2,63	8,98	20,00	0
34	120,39	23,50	20,58	122,99	24,00	20,99	121,70	22,27	2,63	8,98	20,00	0
35	122,99	24,00	20,99	127,14	24,50	21,65	125,05	22,78	4,20	8,98	20,00	0
36	127,14	24,50	21,65	131,29	25,00	22,30	129,20	23,36	4,20	8,98	20,00	0
37	131,29	25,00	22,30	134,69	25,60	22,84	133,00	23,94	3,44	8,98	20,00	0
38	134,69	25,60	22,84	138,09	26,20	23,38	136,40	24,51	3,44	8,98	20,00	0
39	138,09	26,20	23,38	141,49	26,80	23,92	139,80	25,08	3,44	8,98	20,00	0
40	141,49	26,80	23,92	144,89	27,40	24,45	143,20	25,64	3,44	8,98	20,00	0
41	144,89	27,40	24,45	148,29	28,00	24,99	146,60	26,21	3,44	8,98	20,00	0
42	148,29	28,00	24,99	151,59	28,50	25,51	149,94	26,75	3,34	8,98	20,00	0
43	151,59	28,50	25,51	154,89	29,00	26,04	153,24	27,26	3,34	8,98	20,00	0
44	154,89	29,00	26,04	158,72	29,33	26,64	156,78	27,75	3,88	8,98	20,00	0
45	158,72	29,33	26,64	162,56	29,67	27,25	160,61	28,22	3,88	8,98	20,00	0
46	162,56	29,67	27,25	166,39	30,00	27,85	164,44	28,69	3,88	8,98	20,00	0
47	166,39	30,00	27,85	169,52	30,33	28,35	167,94	29,13	3,17	8,98	20,00	0
48	169,52	30,33	28,35	172,66	30,67	28,84	171,07	29,55	3,17	8,98	20,00	0
49	172,66	30,67	28,84	175,79	31,00	29,34	174,20	29,96	3,17	8,98	20,00	0
50	175,79	31,00	29,34	178,79	31,50	29,81	177,29	30,41	3,04	8,98	20,00	0
51	178,79	31,50	29,81	181,79	31,99	30,29	180,29	30,90	3,04	8,98	20,00	0
52	181,79	31,99	30,29	185,29	32,50	30,84	183,53	31,40	3,54	8,98	20,00	0
53	185,29	32,50	30,84	188,79	33,00	31,40	187,03	31,93	3,54	8,98	20,00	0
54	188,79	33,00	31,40	191,29	33,50	31,79	190,05	32,42	2,53	8,98	20,00	0
55	191,29	33,50	31,79	193,79	33,99	32,19	192,55	32,87	2,53	8,98	20,00	0
56	193,79	33,99	32,19	194,83	34,25	32,35	194,31	33,19	1,05	8,98	20,00	0
57	194,83	34,25	32,35	197,89	35,00	32,84	196,39	33,62	3,10	9,06	20,00	0
58	197,89	35,00	32,84	199,03	35,26	33,02	198,46	34,03	1,15	9,06	20,00	0
59	199,03	35,26	33,02	201,13	35,74	33,35	200,09	34,34	2,13	8,93	20,00	0
60	201,13	35,74	33,35	203,23	36,22	33,68	202,19	34,75	2,13	8,93	20,00	0
61	203,23	36,22	33,68	207,39	37,17	34,57	205,32	35,41	4,25	12,08	20,00	0
62	207,39	37,17	34,57	210,99	37,99	35,50	209,18	36,30	3,72	14,43	20,00	0
63	210,99	37,99	35,50	211,51	38,12	35,63	211,25	36,81	0,54	14,43	20,00	0
64	211,51	38,12	35,63	215,59	39,15	36,83	213,53	37,42	4,25	16,39	20,00	0
65	215,59	39,15	36,83	218,99	40,00	37,97	217,25	38,48	3,59	18,52	20,00	0
66	218,99	40,00	37,97	219,62	40,18	38,18	219,30	39,08	0,66	18,52	20,00	0
67	219,62	40,18	38,18	222,45	40,99	39,24	221,00	39,64	3,02	20,48	20,00	0
68	222,45	40,99	39,24	223,61	41,25	39,67	223,02	40,28	1,24	20,48	20,00	0
69	223,61	41,25	39,67	226,94	41,99	41,05	225,13	40,95	3,61	22,58	20,00	0
70	226,94	41,99	41,05	227,53	42,18	41,30	227,23	41,63	0,64	22,58	20,00	0
71	227,53	42,18	41,30	229,99	42,99	42,43	228,67	42,19	2,71	24,70	20,00	0
72	229,99	42,99	42,43	231,40	43,60	43,08	230,69	43,02	1,55	24,70	20,00	0
73	231,40	43,60	43,08	232,29	43,99	43,53	231,84	43,55	1,00	26,75	20,00	0
74	232,29	43,99	43,53	235,19	44,99	44,99	233,26	44,17	3,25	26,75	20,00	0

Metodo di **SPENCER**Coefficiente di sicurezza $F_s = 0.956$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	15,31	0,00	6,89	2,62	8,48	0,00	3,23	0,00	-0,51	
2	45,92	0,00	20,68	7,87	25,45	3,23	12,93	-0,51	-2,05	
3	44,47	0,00	19,72	7,51	24,64	12,93	20,36	-2,05	-3,22	
4	123,92	0,00	54,97	20,93	68,67	20,36	41,05	-3,22	-6,50	
5	70,89	0,00	31,01	11,81	39,33	41,05	49,65	-6,50	-7,86	
6	153,77	0,00	67,26	25,61	85,31	49,65	68,32	-7,86	-10,82	
7	116,47	0,00	50,35	19,17	64,80	68,32	77,24	-10,82	-12,23	
8	116,64	0,00	50,42	19,19	64,90	77,24	86,17	-12,23	-13,65	
9	190,05	0,00	81,35	30,97	106,22	86,17	92,44	-13,65	-14,64	
10	37,09	0,00	15,88	6,04	20,73	92,44	93,66	-14,64	-14,83	
11	111,87	0,00	47,64	18,14	62,74	93,66	94,47	-14,83	-14,96	
12	112,29	0,00	47,82	18,21	62,98	94,47	95,29	-14,96	-15,09	
13	198,77	0,00	84,64	32,22	111,50	95,29	96,53	-15,09	-15,29	
14	199,86	0,00	85,10	32,40	112,11	96,53	97,78	-15,29	-15,49	
15	119,50	0,00	50,89	19,37	67,03	97,78	98,53	-15,49	-15,60	
16	125,59	0,00	53,48	20,36	70,45	98,53	99,31	-15,60	-15,73	
17	199,80	0,00	85,08	32,39	112,07	99,31	100,56	-15,73	-15,93	
18	208,48	0,00	88,78	33,80	116,95	100,56	101,86	-15,93	-16,13	
19	217,17	0,00	92,47	35,21	121,82	101,86	103,22	-16,13	-16,35	
20	266,25	0,00	113,37	43,16	149,35	103,22	104,89	-16,35	-16,61	
21	256,95	0,00	109,41	41,65	144,13	104,89	106,49	-16,61	-16,87	
22	199,10	0,00	84,78	32,28	111,68	106,49	107,74	-16,87	-17,06	
23	188,93	0,00	80,45	30,63	105,98	107,74	108,92	-17,06	-17,25	
24	178,75	0,00	76,12	28,98	100,27	108,92	110,04	-17,25	-17,43	
25	166,98	0,00	71,11	27,07	93,67	110,04	111,08	-17,43	-17,59	
26	157,21	0,00	66,94	25,49	88,19	111,08	112,07	-17,59	-17,75	
27	147,44	0,00	62,78	23,90	82,70	112,07	112,99	-17,75	-17,89	

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
28	150,33	0,00	64,01	24,37	84,33	112,99	113,93	-17,89	-18,04	
29	148,07	0,00	63,05	24,00	83,06	113,93	114,85	-18,04	-18,19	
30	150,83	0,00	64,23	24,45	84,61	114,85	115,80	-18,19	-18,34	
31	158,61	0,00	67,54	25,71	88,97	115,80	116,79	-18,34	-18,50	
32	166,38	0,00	70,85	26,97	93,33	116,79	117,83	-18,50	-18,66	
33	132,25	0,00	56,31	21,44	74,18	117,83	118,66	-18,66	-18,79	
34	136,34	0,00	58,06	22,10	76,48	118,66	119,51	-18,79	-18,93	
35	215,16	0,00	91,62	34,88	120,69	119,51	120,85	-18,93	-19,14	
36	203,70	0,00	86,74	33,02	114,26	120,85	122,13	-19,14	-19,34	
37	164,07	0,00	69,86	26,60	92,03	122,13	123,15	-19,34	-19,50	
38	167,83	0,00	71,46	27,21	94,14	123,15	124,20	-19,50	-19,67	
39	171,59	0,00	73,07	27,82	96,25	124,20	125,28	-19,67	-19,84	
40	175,35	0,00	74,67	28,43	98,36	125,28	126,37	-19,84	-20,01	
41	179,11	0,00	76,27	29,04	100,47	126,37	127,49	-20,01	-20,19	
42	175,04	0,00	74,53	28,37	98,18	127,49	128,59	-20,19	-20,36	
43	173,77	0,00	73,99	28,17	97,47	128,59	129,67	-20,36	-20,54	
44	191,86	0,00	81,70	31,10	107,62	129,67	130,87	-20,54	-20,73	
45	173,36	0,00	73,82	28,10	97,25	130,87	131,96	-20,73	-20,90	
46	154,86	0,00	65,94	25,10	86,87	131,96	132,93	-20,90	-21,05	
47	114,53	0,00	48,77	18,57	64,24	132,93	133,64	-21,05	-21,16	
48	105,54	0,00	44,94	17,11	59,20	133,64	134,30	-21,16	-21,27	
49	96,56	0,00	41,12	15,65	54,16	134,30	134,91	-21,27	-21,36	
50	88,70	0,00	37,77	14,38	49,75	134,91	135,46	-21,36	-21,45	
51	89,80	0,00	38,24	14,56	50,37	135,46	136,02	-21,45	-21,54	
52	103,91	0,00	44,25	16,84	58,29	136,02	136,67	-21,54	-21,64	
53	100,92	0,00	42,97	16,36	56,61	136,67	137,30	-21,64	-21,74	
54	73,22	0,00	31,18	11,87	41,07	137,30	137,76	-21,74	-21,82	
55	77,64	0,00	33,06	12,59	43,55	137,76	138,25	-21,82	-21,89	
56	34,06	0,00	14,50	5,52	19,11	138,25	138,46	-21,89	-21,93	
57	109,90	0,00	46,78	17,81	61,66	138,46	138,98	-21,93	-22,01	
58	44,41	0,00	18,91	7,20	24,92	138,98	139,19	-22,01	-22,04	
59	86,04	0,00	36,65	13,95	48,26	139,19	139,82	-22,04	-22,14	
60	91,59	0,00	39,01	14,85	51,37	139,82	140,48	-22,14	-22,25	
61	189,13	0,00	79,80	30,38	107,16	140,48	130,83	-22,25	-20,72	
62	162,23	0,00	68,09	25,92	92,81	130,83	115,56	-20,72	-18,30	
63	22,94	0,00	9,63	3,67	13,12	115,56	113,41	-18,30	-17,96	
64	173,55	0,00	72,59	27,64	100,23	113,41	90,87	-17,96	-14,39	
65	130,79	0,00	54,55	20,77	76,43	90,87	68,82	-14,39	-10,90	
66	22,48	0,00	9,38	3,57	13,13	68,82	65,03	-10,90	-10,30	
67	94,01	0,00	39,14	14,90	55,60	65,03	45,83	-10,30	-7,26	
68	34,20	0,00	14,24	5,42	20,23	45,83	38,84	-7,26	-6,15	
69	74,08	0,00	30,80	11,73	44,45	38,84	20,86	-6,15	-3,30	
70	9,50	0,00	3,95	1,50	5,70	20,86	18,55	-3,30	-2,94	
71	31,39	0,00	13,04	4,97	19,15	18,55	9,70	-2,94	-1,54	
72	13,50	0,00	5,61	2,13	8,23	9,70	5,90	-1,54	-0,93	
73	7,75	0,00	3,22	1,23	4,81	5,90	3,42	-0,93	-0,54	
74	11,84	0,00	4,92	1,87	7,35	3,42	-0,37	-0,54	0,06	

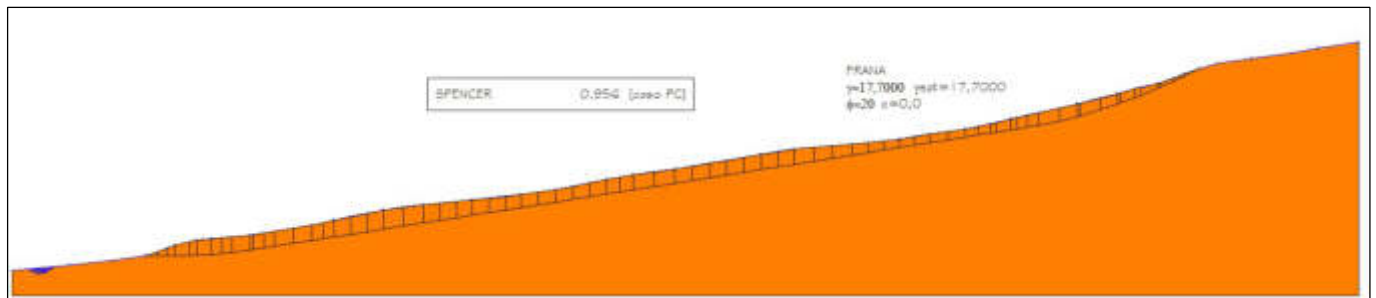


Fig. 2 - Analisi a ritroso per la determinazione dei parametri del terreno

1.4. Verifiche di stabilità ante operam

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	COLTRE	17,70	17,70	20,00	0,0
2	ARGILLE GRIGIO AZZURRE	19,10	19,10	26,10	23,2

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr. Identificativo del punto
 X Ascissa del punto del profilo espressa in m
 Y Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,00
2	11,55	6,00
3	19,90	7,00
4	26,54	7,99
5	26,60	8,00
6	32,20	10,00
7	36,50	11,00
8	47,10	12,00
9	59,40	14,00
10	63,70	15,00
11	73,50	17,00
12	81,49	18,00
13	91,19	19,00
14	100,79	20,00
15	107,59	21,00
16	117,79	23,00
17	122,99	24,00
18	131,29	25,00
19	148,29	28,00
20	154,89	29,00
21	166,39	30,00
22	175,79	31,00
23	181,79	31,99
24	188,79	33,00
25	193,79	33,99
26	197,89	35,00
27	210,99	37,99
28	218,99	40,00
29	222,45	40,99
30	226,94	41,99
31	229,99	42,99
32	232,29	43,99
33	235,19	44,99
34	238,89	46,00
35	245,59	46,99
36	253,39	47,99
37	258,69	48,99
38	266,68	50,13

Descrizione stratigrafia*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° **1** costituito da terreno n° 2 (ARGILLE GRIGIO AZZURRE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	1,45
2	0,00	0,00
3	266,68	0,00
4	266,68	43,46

Strato N° **2** costituito da terreno n° 1 (COLTRE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	266,68	43,46
2	266,68	50,13
3	258,69	48,99
4	253,39	47,99
5	245,59	46,99
6	238,89	46,00
7	235,19	44,99
8	232,29	43,99
9	229,99	42,99
10	226,94	41,99
11	222,45	40,99
12	218,99	40,00
13	210,99	37,99
14	197,89	35,00
15	193,79	33,99
16	188,79	33,00
17	181,79	31,99
18	175,79	31,00
19	166,39	30,00
20	154,89	29,00
21	148,29	28,00
22	131,29	25,00

n°	X [m]	Y [m]
23	122,99	24,00
24	117,79	23,00
25	107,59	21,00
26	100,79	20,00
27	91,19	19,00
28	81,49	18,00
29	73,50	17,00
30	63,70	15,00
31	59,40	14,00
32	47,10	12,00
33	36,50	11,00
34	32,20	10,00
35	26,60	8,00
36	26,54	7,99
37	19,90	7,00
38	11,55	6,00
39	0,00	5,00
40	0,00	1,45

Descrizione falda*Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,00
2	11,55	6,00
3	19,90	7,00
4	26,54	7,99
5	26,60	8,00
6	32,20	10,00
7	36,50	11,00
8	47,10	12,00
9	59,40	14,00
10	63,70	15,00
11	73,50	17,00
12	81,49	18,00
13	91,19	19,00
14	100,79	20,00
15	107,59	21,00
16	117,79	23,00
17	122,99	24,00
18	131,29	25,00
19	148,29	28,00
20	154,89	29,00
21	166,39	30,00
22	175,79	31,00
23	181,79	31,99
24	188,79	33,00
25	193,79	33,99
26	197,89	35,00
27	210,99	37,99
28	218,99	40,00
29	222,45	40,99
30	226,94	41,99
31	229,99	42,99
32	232,29	43,99
33	235,19	44,99
34	238,89	46,00
35	245,59	46,99
36	253,39	47,99
37	258,69	48,99
38	266,68	50,13

Dati zona sismica*Identificazione del sito*

Latitudine 37.796853
 Longitudine 14.202734
 Comune
 Provincia
 Regione

Punti di interpolazione del reticolo 46742 - 46743 - 46521 - 46520

Tipo di opera

Tipo di costruzione Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
 Vita nominale 50 anni
 Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose

Vita di riferimento

50 anni

	Simbolo	U.M.		SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_a	[m/s ²]		1.486	0.563
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.151	0.057
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F_0			2.419	2.387
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	T_c^*			0.318	0.274
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	S_s		C	1.480	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	S_t		T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	β_s			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S)$	8.52	4.05
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v = 0.50 * k_h$	4.26	2.02

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
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}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\alpha}$	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura

Superfici di rottura generiche

Si considera una superficie di rottura definita per punti

Coordinate superficie di rottura

n°	X [m]	Y [m]
1	26,60	8,00
2	30,85	7,89
3	35,10	7,94
4	39,35	8,16
5	43,58	8,55
6	47,80	9,11
7	52,00	9,77
8	194,83	32,35
9	199,03	33,02
10	203,23	33,68
11	207,39	34,57
12	211,51	35,63
13	215,59	36,83
14	219,62	38,18
15	223,61	39,67
16	227,53	41,30
17	231,40	43,08
18	235,19	44,99

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- SPENCER

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- ordinata superficie inferiore a	18,18	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	5
Coefficiente di sicurezza minimo	0.564
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
SPENCER	5	0.564	1	0.779	5

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x	C _y	R	x _v	x _m	V	FS	Caso	Sisma
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mc]			
1	G	--	--	--	26,60	235,19	528,37	0,564 (P)	[A2M2]	[SLV] H +V

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(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

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa

W peso della striscia espresso in kN

Q carico applicato sulla striscia espresso in kN

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN

T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kN
E_s, E_d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
X_s, X_d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce	74	
Intersezione a valle con il profilo topografico	$X_v[m] = 26,60$	$Y_v[m] = 8,00$
Intersezione a monte con il profilo topografico	$X_m[m] = 235,19$	$Y_m[m] = 44,99$

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X_s [m]	Y_{ss} [m]	Y_{si} [m]	X_d [m]	Y_{ds} [m]	Y_{di} [m]	X_a [m]	Y_a [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]
1	26,60	8,00	8,00	28,73	8,76	7,95	28,02	8,23	2,13	-1,48	20,00	0
2	28,73	8,76	7,95	30,85	9,52	7,89	29,91	8,55	2,13	-1,48	20,00	0
3	30,85	9,52	7,89	32,20	10,00	7,91	31,55	8,83	1,35	0,67	20,00	0
4	32,20	10,00	7,91	35,10	10,67	7,94	33,71	9,14	2,90	0,67	20,00	0
5	35,10	10,67	7,94	36,50	11,00	8,01	35,81	9,41	1,40	2,96	20,00	0
6	36,50	11,00	8,01	39,35	11,27	8,16	37,93	9,61	2,85	2,96	20,00	0
7	39,35	11,27	8,16	41,47	11,47	8,36	40,41	9,81	2,12	5,27	20,00	0
8	41,47	11,47	8,36	43,58	11,67	8,55	42,52	10,01	2,12	5,27	20,00	0
9	43,58	11,67	8,55	47,10	12,00	9,02	45,33	10,31	3,55	7,56	20,00	0
10	47,10	12,00	9,02	47,80	12,11	9,11	47,45	10,56	0,71	7,56	20,00	0
11	47,80	12,11	9,11	49,90	12,46	9,44	48,85	10,78	2,13	8,93	20,00	0
12	49,90	12,46	9,44	52,00	12,80	9,77	50,95	11,12	2,13	8,93	20,00	0
13	52,00	12,80	9,77	55,70	13,40	10,35	53,85	11,58	3,75	8,98	20,00	0
14	55,70	13,40	10,35	59,40	14,00	10,94	57,55	12,17	3,75	8,98	20,00	0
15	59,40	14,00	10,94	61,55	14,50	11,28	60,48	12,68	2,18	8,98	20,00	0
16	61,55	14,50	11,28	63,70	15,00	11,62	62,63	13,10	2,18	8,98	20,00	0
17	63,70	15,00	11,62	66,97	15,67	12,14	65,35	13,61	3,31	8,98	20,00	0
18	66,97	15,67	12,14	70,23	16,33	12,65	68,61	14,20	3,31	8,98	20,00	0
19	70,23	16,33	12,65	73,50	17,00	13,17	71,88	14,79	3,31	8,98	20,00	0
20	73,50	17,00	13,17	77,50	17,50	13,80	75,49	15,37	4,04	8,98	20,00	0
21	77,50	17,50	13,80	81,49	18,00	14,43	79,48	15,93	4,04	8,98	20,00	0
22	81,49	18,00	14,43	84,72	18,33	14,94	83,09	16,43	3,27	8,98	20,00	0
23	84,72	18,33	14,94	87,96	18,67	15,45	86,33	16,85	3,27	8,98	20,00	0
24	87,96	18,67	15,45	91,19	19,00	15,97	89,56	17,27	3,27	8,98	20,00	0
25	91,19	19,00	15,97	94,39	19,33	16,47	92,77	17,69	3,24	8,98	20,00	0
26	94,39	19,33	16,47	97,59	19,67	16,98	95,97	18,11	3,24	8,98	20,00	0
27	97,59	19,67	16,98	100,79	20,00	17,48	99,17	18,53	3,24	8,98	20,00	0
28	100,79	20,00	17,48	104,19	20,50	18,02	102,49	19,00	3,44	8,98	20,00	0
29	104,19	20,50	18,02	107,59	21,00	18,56	105,89	19,52	3,44	8,98	20,00	0
30	107,59	21,00	18,56	110,99	21,67	19,10	109,30	20,08	3,44	8,98	20,00	0
31	110,99	21,67	19,10	114,39	22,33	19,63	112,70	20,68	3,44	8,98	20,00	0
32	114,39	22,33	19,63	117,79	23,00	20,17	116,10	21,29	3,44	8,98	20,00	0
33	117,79	23,00	20,17	120,39	23,50	20,58	119,10	21,81	2,63	8,98	20,00	0
34	120,39	23,50	20,58	122,99	24,00	20,99	121,70	22,27	2,63	8,98	20,00	0
35	122,99	24,00	20,99	127,14	24,50	21,65	125,05	22,78	4,20	8,98	20,00	0
36	127,14	24,50	21,65	131,29	25,00	22,30	129,20	23,36	4,20	8,98	20,00	0
37	131,29	25,00	22,30	134,69	25,60	22,84	133,00	23,94	3,44	8,98	20,00	0
38	134,69	25,60	22,84	138,09	26,20	23,38	136,40	24,51	3,44	8,98	20,00	0
39	138,09	26,20	23,38	141,49	26,80	23,92	139,80	25,08	3,44	8,98	20,00	0
40	141,49	26,80	23,92	144,89	27,40	24,45	143,20	25,64	3,44	8,98	20,00	0
41	144,89	27,40	24,45	148,29	28,00	24,99	146,60	26,21	3,44	8,98	20,00	0
42	148,29	28,00	24,99	151,59	28,50	25,51	149,94	26,75	3,34	8,98	20,00	0
43	151,59	28,50	25,51	154,89	29,00	26,04	153,24	27,26	3,34	8,98	20,00	0
44	154,89	29,00	26,04	158,72	29,33	26,64	156,78	27,75	3,88	8,98	20,00	0
45	158,72	29,33	26,64	162,56	29,67	27,25	160,61	28,22	3,88	8,98	20,00	0
46	162,56	29,67	27,25	166,39	30,00	27,85	164,44	28,69	3,88	8,98	20,00	0
47	166,39	30,00	27,85	169,52	30,33	28,35	167,94	29,13	3,17	8,98	20,00	0
48	169,52	30,33	28,35	172,66	30,67	28,84	171,07	29,55	3,17	8,98	20,00	0
49	172,66	30,67	28,84	175,79	31,00	29,34	174,20	29,96	3,17	8,98	20,00	0
50	175,79	31,00	29,34	178,79	31,50	29,81	177,29	30,41	3,04	8,98	20,00	0
51	178,79	31,50	29,81	181,79	31,99	30,29	180,29	30,90	3,04	8,98	20,00	0
52	181,79	31,99	30,29	185,29	32,50	30,84	183,53	31,40	3,54	8,98	20,00	0
53	185,29	32,50	30,84	188,79	33,00	31,40	187,03	31,93	3,54	8,98	20,00	0
54	188,79	33,00	31,40	191,29	33,50	31,79	190,05	32,42	2,53	8,98	20,00	0
55	191,29	33,50	31,79	193,79	33,99	32,19	192,55	32,87	2,53	8,98	20,00	0
56	193,79	33,99	32,19	194,83	34,25	32,35	194,31	33,19	1,05	8,98	20,00	0
57	194,83	34,25	32,35	197,89	35,00	32,84	196,39	33,62	3,10	9,06	20,00	0
58	197,89	35,00	32,84	199,03	35,26	33,02	198,46	34,03	1,15	9,06	20,00	0
59	199,03	35,26	33,02	201,13	35,74	33,35	200,09	34,34	2,13	8,93	20,00	0
60	201,13	35,74	33,35	203,23	36,22	33,68	202,19	34,75	2,13	8,93	20,00	0
61	203,23	36,22	33,68	207,39	37,17	34,57	205,32	35,41	4,25	12,08	20,00	0
62	207,39	37,17	34,57	210,99	37,99	35,50	209,18	36,30	3,72	14,43	20,00	0
63	210,99	37,99	35,50	211,51	38,12	35,63	211,25	36,81	0,54	14,43	20,00	0
64	211,51	38,12	35,63	215,59	39,15	36,83	213,53	37,42	4,25	16,39	20,00	0
65	215,59	39,15	36,83	218,99	40,00	37,97	217,25	38,48	3,59	18,52	20,00	0
66	218,99	40,00	37,97	219,62	40,18	38,18	219,30	39,08	0,66	18,52	20,00	0
67	219,62	40,18	38,18	222,45	40,99	39,24	221,00	39,64	3,02	20,48	20,00	0
68	222,45	40,99	39,24	223,61	41,25	39,67	223,02	40,28	1,24	20,48	20,00	0
69	223,61	41,25	39,67	226,94	41,99	41,05	225,13	40,95	3,61	22,58	20,00	0
70	226,94	41,99	41,05	227,53	42,18	41,30	227,23	41,63	0,64	22,58	20,00	0
71	227,53	42,18	41,30	229,99	42,99	42,43	228,67	42,19	2,71	24,70	20,00	0
72	229,99	42,99	42,43	231,40	43,60	43,08	230,69	43,02	1,55	24,70	20,00	0
73	231,40	43,60	43,08	232,29	43,99	43,53	231,84	43,55	1,00	26,75	20,00	0

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _a [m]	Y _a [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
74	232,29	43,99	43,53	235,19	44,99	44,99	233,26	44,17	3,25	26,75	20,00	0

Metodo di **SPENCER**Coefficiente di sicurezza F_s= **0.564****Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	15,31	0,00	6,28	4,06	8,48	0,00	3,51	0,00	-0,56	
2	45,92	0,00	18,85	12,17	25,45	3,51	14,04	-0,56	-2,22	
3	44,47	0,00	17,78	11,48	24,64	14,04	22,04	-2,22	-3,49	
4	123,92	0,00	49,55	31,98	68,67	22,04	44,34	-3,49	-7,02	
5	70,89	0,00	27,65	17,85	39,33	44,34	53,53	-7,02	-8,48	
6	153,77	0,00	59,98	38,71	85,31	53,53	73,47	-8,48	-11,64	
7	116,47	0,00	44,45	28,69	64,80	73,47	82,92	-11,64	-13,13	
8	116,64	0,00	44,51	28,73	64,90	82,92	92,37	-13,13	-14,63	
9	190,05	0,00	71,16	45,93	106,22	92,37	98,91	-14,63	-15,66	
10	37,09	0,00	13,89	8,96	20,73	98,91	100,18	-15,66	-15,87	
11	111,87	0,00	41,46	26,76	62,74	100,18	100,98	-15,87	-15,99	
12	112,29	0,00	41,62	26,86	62,98	100,98	101,77	-15,99	-16,12	
13	198,77	0,00	73,64	47,53	111,50	101,77	102,97	-16,12	-16,31	
14	199,86	0,00	74,05	47,80	112,11	102,97	104,18	-16,31	-16,50	
15	119,50	0,00	44,27	28,58	67,03	104,18	104,91	-16,50	-16,61	
16	125,59	0,00	46,53	30,03	70,45	104,91	105,66	-16,61	-16,73	
17	199,80	0,00	74,02	47,78	112,07	105,66	106,87	-16,73	-16,93	
18	208,48	0,00	77,24	49,86	116,95	106,87	108,13	-16,93	-17,12	
19	217,17	0,00	80,46	51,93	121,82	108,13	109,45	-17,12	-17,33	
20	266,25	0,00	98,64	63,67	149,35	109,45	111,05	-17,33	-17,59	
21	256,95	0,00	95,19	61,45	144,13	111,05	112,61	-17,59	-17,83	
22	199,10	0,00	73,76	47,61	111,68	112,61	113,81	-17,83	-18,02	
23	188,93	0,00	69,99	45,18	105,98	113,81	114,95	-18,02	-18,21	
24	178,75	0,00	66,22	42,75	100,27	114,95	116,03	-18,21	-18,38	
25	166,98	0,00	61,87	39,93	93,67	116,03	117,04	-18,38	-18,54	
26	157,21	0,00	58,24	37,60	88,19	117,04	117,99	-18,54	-18,69	
27	147,44	0,00	54,62	35,26	82,70	117,99	118,89	-18,69	-18,83	
28	150,33	0,00	55,70	35,95	84,33	118,89	119,79	-18,83	-18,97	
29	148,07	0,00	54,86	35,41	83,06	119,79	120,69	-18,97	-19,11	
30	150,83	0,00	55,88	36,07	84,61	120,69	121,60	-19,11	-19,26	
31	158,61	0,00	58,76	37,93	88,97	121,60	122,56	-19,26	-19,41	
32	166,38	0,00	61,64	39,79	93,33	122,56	123,57	-19,41	-19,57	
33	132,25	0,00	49,00	31,63	74,18	123,57	124,36	-19,57	-19,70	
34	136,34	0,00	50,51	32,61	76,48	124,36	125,19	-19,70	-19,83	
35	215,16	0,00	79,71	51,45	120,69	125,19	126,49	-19,83	-20,03	
36	203,70	0,00	75,47	48,71	114,26	126,49	127,72	-20,03	-20,23	
37	164,07	0,00	60,78	39,24	92,03	127,72	128,71	-20,23	-20,38	
38	167,83	0,00	62,18	40,14	94,14	128,71	129,73	-20,38	-20,54	
39	171,59	0,00	63,57	41,03	96,25	129,73	130,76	-20,54	-20,71	
40	175,35	0,00	64,96	41,93	98,36	130,76	131,82	-20,71	-20,88	
41	179,11	0,00	66,36	42,83	100,47	131,82	132,91	-20,88	-21,05	
42	175,04	0,00	64,85	41,86	98,18	132,91	133,97	-21,05	-21,22	
43	173,77	0,00	64,38	41,56	97,47	133,97	135,02	-21,22	-21,38	
44	191,86	0,00	71,08	45,88	107,62	135,02	136,18	-21,38	-21,57	
45	173,36	0,00	64,23	41,46	97,25	136,18	137,22	-21,57	-21,73	
46	154,86	0,00	57,37	37,03	86,87	137,22	138,16	-21,73	-21,88	
47	114,53	0,00	42,43	27,39	64,24	138,16	138,85	-21,88	-21,99	
48	105,54	0,00	39,10	25,24	59,20	138,85	139,49	-21,99	-22,09	
49	96,56	0,00	35,77	23,09	54,16	139,49	140,07	-22,09	-22,18	
50	88,70	0,00	32,86	21,21	49,75	140,07	140,61	-22,18	-22,27	
51	89,80	0,00	33,27	21,47	50,37	140,61	141,15	-22,27	-22,35	
52	103,91	0,00	38,50	24,85	58,29	141,15	141,78	-22,35	-22,45	
53	100,92	0,00	37,39	24,13	56,61	141,78	142,39	-22,45	-22,55	
54	73,22	0,00	27,13	17,51	41,07	142,39	142,83	-22,55	-22,62	
55	77,64	0,00	28,76	18,57	43,55	142,83	143,30	-22,62	-22,69	
56	34,06	0,00	12,62	8,15	19,11	143,30	143,51	-22,69	-22,73	
57	109,90	0,00	40,69	26,27	61,66	143,51	144,00	-22,73	-22,80	
58	44,41	0,00	16,44	10,61	24,92	144,00	144,20	-22,80	-22,84	
59	86,04	0,00	31,89	20,58	48,26	144,20	144,81	-22,84	-22,93	
60	91,59	0,00	33,95	21,91	51,37	144,81	145,46	-22,93	-23,04	
61	189,13	0,00	68,67	44,32	107,16	145,46	135,24	-23,04	-21,42	
62	162,23	0,00	58,14	37,53	92,81	135,24	119,24	-21,42	-18,88	
63	22,94	0,00	8,22	5,31	13,12	119,24	116,98	-18,88	-18,53	
64	173,55	0,00	61,60	39,76	100,23	116,98	93,49	-18,53	-14,81	
65	130,79	0,00	45,99	29,69	76,43	93,49	70,61	-14,81	-11,18	
66	22,48	0,00	7,90	5,10	13,13	70,61	66,68	-11,18	-10,56	
67	94,01	0,00	32,81	21,18	55,60	66,68	46,85	-10,56	-7,42	
68	34,20	0,00	11,94	7,70	20,23	46,85	39,63	-7,42	-6,28	
69	74,08	0,00	25,66	16,56	44,45	39,63	21,14	-6,28	-3,35	
70	9,50	0,00	3,29	2,12	5,70	21,14	18,76	-3,35	-2,97	
71	31,39	0,00	10,80	6,97	19,15	18,76	9,70	-2,97	-1,54	
72	13,50	0,00	4,64	3,00	8,23	9,70	5,80	-1,54	-0,92	
73	7,75	0,00	2,65	1,71	4,81	5,80	3,26	-0,92	-0,52	
74	11,84	0,00	4,05	2,62	7,35	3,26	-0,61	-0,52	0,10	

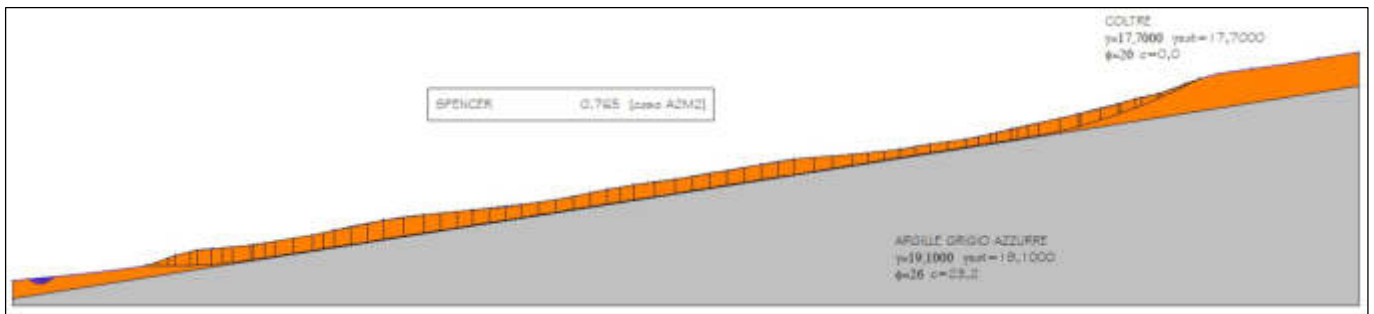


Fig. 3 - Verifica ante operam – Condizioni statiche

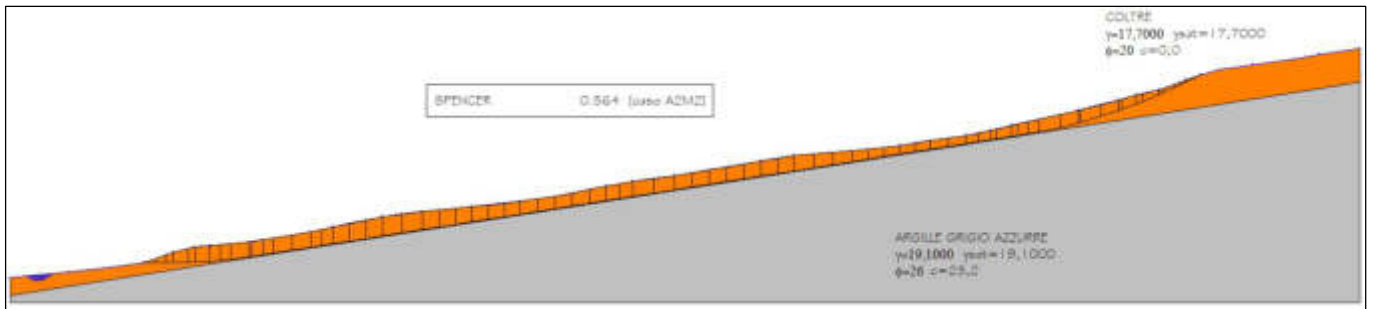


Fig. 4- Verifica ante operam – Condizioni sismiche

1.5. Verifiche di stabilità post operam

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	COLTRE	17,70	17,70	20,00	0,0
2	ARGILLE GRIGIO AZZURRE	19,10	19,10	26,10	23,2

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,00
2	11,55	6,00
3	19,90	7,00
4	26,54	7,99
5	26,60	8,00
6	32,20	10,00
7	116,84	19,56
8	117,79	23,00
9	122,99	24,00
10	131,29	25,00
11	148,29	28,00
12	154,89	29,00
13	166,39	30,00
14	175,79	31,00
15	181,79	31,99
16	188,79	33,00
17	193,79	33,99
18	197,89	35,00
19	210,99	37,99
20	218,99	40,00
21	222,45	40,99
22	226,94	41,99
23	229,99	42,99
24	232,29	43,99
25	235,19	44,99
26	238,89	46,00

n°	X [m]	Y [m]
27	245,59	46,99
28	253,39	47,99
29	258,69	48,99
30	266,68	50,13

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° **1** costituito da terreno n° 2 (ARGILLE GRIGIO AZZURRE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	1,45
2	0,00	0,00
3	266,68	0,00
4	266,68	43,46
5	117,50	19,50

Strato N° **2** costituito da terreno n° 1 (COLTRE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	266,68	43,46
2	266,68	50,13
3	258,69	48,99
4	253,39	47,99
5	245,59	46,99
6	238,89	46,00
7	235,19	44,99
8	232,29	43,99
9	229,99	42,99
10	226,94	41,99
11	222,45	40,99
12	218,99	40,00
13	210,99	37,99
14	197,89	35,00
15	193,79	33,99
16	188,79	33,00
17	181,79	31,99
18	175,79	31,00
19	166,39	30,00
20	154,89	29,00
21	148,29	28,00
22	131,29	25,00
23	122,99	24,00
24	117,79	23,00
25	116,84	19,56
26	32,20	10,00
27	26,60	8,00
28	26,54	7,99
29	19,90	7,00
30	11,55	6,00
31	0,00	5,00
32	0,00	1,45
33	117,50	19,50

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	3,00
2	11,55	4,00
3	19,90	5,00
4	26,54	5,99
5	26,60	6,00
6	32,20	8,00
7	116,84	17,56
8	117,79	21,00
9	122,99	22,00
10	131,29	23,00
11	148,29	26,00
12	154,89	27,00
13	166,39	28,00
14	175,79	29,00
15	181,79	29,99
16	188,79	31,00
17	193,79	31,99
18	197,89	33,00
19	210,99	35,99
20	218,99	38,00
21	222,45	38,99
22	226,94	39,99
23	229,99	40,99
24	232,29	41,99
25	235,19	42,99
26	238,89	44,00
27	245,59	44,99
28	253,39	45,99
29	258,69	46,99

n°	X [m]	Y [m]
30	266,68	48,13

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

Paratia di pali - Paratia di pali

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa paratia)	118,00	m
Altezza totale paratia	8,80	m
Altezza inefficace paratia (a partire dal piede)	0,00	m
Diametro pali	0,80	m
Interasse pali	1,20	m
Altezza cordolo	1,00	m
Larghezza cordolo	1,20	m
Percentuale di armatura	1,00	%
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Altezza di scavo	3,00	m

Dati zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine	37.797121
Longitudine	14.205815
Comune	Gangi
Provincia	Palermo
Regione	Sicilia
Punti di interpolazione del reticolo	46742 - 46743 - 46521 - 46520

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_a	[m/s ²]	1.486	0.563
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.151	0.057
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.419	2.387
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.318	0.274
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	C	1.480	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	β_s		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S)$	8.52	4.05
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	4.26	2.02

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
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}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan \alpha}$	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_v	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura

Superfici di rottura generiche

Si considera una superficie di rottura definita per punti

Coordinate superficie di rottura

n°	X [m]	Y [m]
1	116,84	19,56
2	119,21	20,40
3	190,63	31,69
4	194,83	32,35
5	199,03	33,02
6	203,23	33,68
7	207,39	34,57
8	211,51	35,63
9	215,59	36,83
10	219,62	38,18
11	223,61	39,67
12	227,53	41,30
13	231,40	43,08
14	232,29	43,99

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- SPENCER

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- ordinata superficie inferiore a	18,18	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	5
Coefficiente di sicurezza minimo	1.294
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
SPENCER	5	1.294	1	1.650	5

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _v [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	G	--	--	--	116,84	232,29	259,00	1,294 (P)	[A2M2]	[SLV] H +V
2	G	--	--	--	116,84	232,29	259,00	1,334 (P)	[A2M2]	[SLV] H -V
3	G	--	--	--	116,84	232,29	259,00	1,621 (P)	[A2M2]	[SLD] H +V
4	G	--	--	--	116,84	232,29	259,00	1,633 (P)	[A2M2]	[SLD] H -V
5	G	--	--	--	116,84	232,29	259,00	1,650 (P)	[A2M2]	--

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X _s	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y _{ss}	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y _{si}	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X _g	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y _g	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(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
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
W	peso della striscia espresso in kN
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kN
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kN
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kN
E _{sr} , E _d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
X _{sr} , X _d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce

68

Intersezione a valle con il profilo topografico

X_v[m]= 116,84Y_v[m]= 19,56

Intersezione a monte con il profilo topografico

X_m[m]= 232,29Y_m[m]= 43,99**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _a [m]	Y _a [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	116,84	19,56	19,56	116,97	20,04	19,61	116,93	19,74	0,14	19,52	20,00	0
2	116,97	20,04	19,61	117,50	20,04	19,79	117,21	19,87	0,56	19,52	20,00	0
3	117,50	20,04	19,79	117,79	20,04	19,90	117,63	19,94	0,31	19,52	20,00	0
4	117,79	20,04	19,90	118,00	20,04	19,97	117,88	19,98	0,22	19,52	20,00	0
5	118,00	23,04	19,97	119,21	23,27	20,40	118,60	21,67	1,28	19,52	20,00	0
6	119,21	23,27	20,40	121,10	23,64	20,70	120,16	22,00	1,91	8,98	20,00	0
7	121,10	23,64	20,70	122,99	24,00	21,00	122,05	22,33	1,91	8,98	20,00	0
8	122,99	24,00	21,00	125,07	24,25	21,33	124,02	22,64	2,10	8,98	20,00	0
9	125,07	24,25	21,33	127,14	24,50	21,65	126,10	22,93	2,10	8,98	20,00	0
10	127,14	24,50	21,65	129,22	24,75	21,98	128,17	23,22	2,10	8,98	20,00	0
11	129,22	24,75	21,98	131,29	25,00	22,31	130,25	23,51	2,10	8,98	20,00	0
12	131,29	25,00	22,31	133,42	25,38	22,65	132,36	23,83	2,15	8,98	20,00	0
13	133,42	25,38	22,65	135,54	25,75	22,98	134,48	24,19	2,15	8,98	20,00	0
14	135,54	25,75	22,98	137,67	26,13	23,32	136,60	24,54	2,15	8,98	20,00	0
15	137,67	26,13	23,32	139,79	26,50	23,65	138,73	24,90	2,15	8,98	20,00	0
16	139,79	26,50	23,65	141,92	26,88	23,99	140,85	25,25	2,15	8,98	20,00	0
17	141,92	26,88	23,99	144,04	27,25	24,33	142,98	25,61	2,15	8,98	20,00	0
18	144,04	27,25	24,33	146,17	27,63	24,66	145,10	25,97	2,15	8,98	20,00	0
19	146,17	27,63	24,66	148,29	28,00	25,00	147,23	26,32	2,15	8,98	20,00	0
20	148,29	28,00	25,00	150,49	28,33	25,34	149,39	26,67	2,23	8,98	20,00	0
21	150,49	28,33	25,34	152,69	28,67	25,69	151,59	27,01	2,23	8,98	20,00	0
22	152,69	28,67	25,69	154,89	29,00	26,04	153,79	27,35	2,23	8,98	20,00	0
23	154,89	29,00	26,04	157,19	29,20	26,40	156,03	27,66	2,33	8,98	20,00	0
24	157,19	29,20	26,40	159,49	29,40	26,77	158,33	27,94	2,33	8,98	20,00	0
25	159,49	29,40	26,77	161,79	29,60	27,13	160,63	28,22	2,33	8,98	20,00	0
26	161,79	29,60	27,13	164,09	29,80	27,49	162,93	28,50	2,33	8,98	20,00	0
27	164,09	29,80	27,49	166,39	30,00	27,86	165,23	28,79	2,33	8,98	20,00	0
28	166,39	30,00	27,86	168,27	30,20	28,16	167,32	29,05	1,90	8,98	20,00	0
29	168,27	30,20	28,16	170,15	30,40	28,45	169,20	29,30	1,90	8,98	20,00	0
30	170,15	30,40	28,45	172,03	30,60	28,75	171,08	29,55	1,90	8,98	20,00	0
31	172,03	30,60	28,75	173,91	30,80	29,05	172,96	29,80	1,90	8,98	20,00	0
32	173,91	30,80	29,05	175,79	31,00	29,34	174,84	30,05	1,90	8,98	20,00	0
33	175,79	31,00	29,34	177,79	31,33	29,66	176,79	30,33	2,02	8,98	20,00	0
34	177,79	31,33	29,66	179,79	31,66	29,98	178,79	30,66	2,02	8,98	20,00	0
35	179,79	31,66	29,98	181,79	31,99	30,29	180,79	30,98	2,02	8,98	20,00	0
36	181,79	31,99	30,29	183,54	32,24	30,57	182,66	31,27	1,77	8,98	20,00	0
37	183,54	32,24	30,57	185,29	32,50	30,85	184,41	31,54	1,77	8,98	20,00	0
38	185,29	32,50	30,85	187,04	32,75	31,12	186,16	31,80	1,77	8,98	20,00	0
39	187,04	32,75	31,12	188,79	33,00	31,40	187,91	32,07	1,77	8,98	20,00	0
40	188,79	33,00	31,40	190,63	33,36	31,69	189,72	32,36	1,86	8,98	20,00	0
41	190,63	33,36	31,69	192,21	33,68	31,94	191,42	32,67	1,60	8,93	20,00	0
42	192,21	33,68	31,94	193,79	33,99	32,19	193,00	32,95	1,60	8,93	20,00	0
43	193,79	33,99	32,19	194,83	34,25	32,35	194,31	33,19	1,05	8,93	20,00	0
44	194,83	34,25	32,35	196,36	34,62	32,59	195,60	33,46	1,55	9,06	20,00	0
45	196,36	34,62	32,59	197,89	35,00	32,84	197,13	33,77	1,55	9,06	20,00	0
46	197,89	35,00	32,84	199,03	35,26	33,02	198,46	34,03	1,15	9,06	20,00	0
47	199,03	35,26	33,02	201,13	35,74	33,35	200,09	34,34	2,13	8,93	20,00	0
48	201,13	35,74	33,35	203,23	36,22	33,68	202,19	34,75	2,13	8,93	20,00	0
49	203,23	36,22	33,68	205,31	36,69	34,13	204,27	35,18	2,13	12,08	20,00	0
50	205,31	36,69	34,13	207,39	37,17	34,57	206,35	35,64	2,13	12,08	20,00	0
51	207,39	37,17	34,57	209,19	37,58	35,03	208,29	36,09	1,86	14,43	20,00	0
52	209,19	37,58	35,03	210,99	37,99	35,50	210,09	36,52	1,86	14,43	20,00	0
53	210,99	37,99	35,50	211,51	38,12	35,63	211,25	36,81	0,54	14,43	20,00	0
54	211,51	38,12	35,63	213,55	38,63	36,23	212,52	37,15	2,13	16,39	20,00	0
55	213,55	38,63	36,23	215,59	39,15	36,83	214,56	37,71	2,13	16,39	20,00	0
56	215,59	39,15	36,83	217,29	39,57	37,40	216,43	38,23	1,79	18,52	20,00	0
57	217,29	39,57	37,40	218,99	40,00	37,97	218,13	38,73	1,79	18,52	20,00	0
58	218,99	40,00	37,97	219,62	40,18	38,18	219,30	39,08	0,66	18,52	20,00	0
59	219,62	40,18	38,18	221,04	40,59	38,71	220,32	39,41	1,51	20,48	20,00	0
60	221,04	40,59	38,71	222,45	40,99	39,24	221,73	39,88	1,51	20,48	20,00	0
61	222,45	40,99	39,24	223,61	41,25	39,67	223,02	40,28	1,24	20,48	20,00	0

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _a [m]	Y _a [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
62	223,61	41,25	39,67	225,28	41,62	40,36	224,41	40,71	1,80	22,58	20,00	0
63	225,28	41,62	40,36	226,94	41,99	41,05	226,07	41,24	1,80	22,58	20,00	0
64	226,94	41,99	41,05	227,53	42,18	41,30	227,23	41,63	0,64	22,58	20,00	0
65	227,53	42,18	41,30	228,76	42,59	41,87	228,12	41,98	1,35	24,70	20,00	0
66	228,76	42,59	41,87	229,99	42,99	42,43	229,35	42,46	1,35	24,70	20,00	0
67	229,99	42,99	42,43	231,40	43,60	43,08	230,69	43,02	1,55	24,70	20,00	0
68	231,40	43,60	43,08	232,29	43,99	43,99	231,70	43,56	1,27	45,64	20,00	0

Metodo di **SPENCER**Coefficiente di sicurezza $F_s = 1.294$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	0,51	0,00	0,47	0,13	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	
2	3,17	0,00	2,93	0,82	0,00	-0,08	-0,55	0,00	0,00	
3	1,00	1,25	0,40	0,11	1,90	-0,55	-1,30	0,00	0,00	
4	0,40	2,02	0,15	0,04	2,37	-1,30	-2,13	0,00	0,00	
5	63,63	0,00	-1,78	-0,50	12,23	-2,13	133,07	0,00	0,00	
6	97,20	0,00	73,93	20,80	16,99	133,07	131,13	0,00	0,00	
7	99,36	0,00	74,78	21,03	18,20	131,13	128,93	0,00	0,00	
8	108,84	0,00	82,00	23,07	19,85	128,93	126,54	0,00	0,00	
9	105,98	0,00	80,88	22,75	18,24	126,54	124,50	0,00	0,00	
10	103,11	0,00	79,76	22,44	16,63	124,50	122,83	0,00	0,00	
11	100,24	0,00	78,64	22,12	15,03	122,83	121,52	0,00	0,00	
12	101,93	0,00	80,25	22,57	14,98	121,52	120,26	0,00	0,00	
13	103,40	0,00	80,83	22,74	15,80	120,26	118,82	0,00	0,00	
14	104,87	0,00	81,40	22,90	16,63	118,82	117,20	0,00	0,00	
15	106,34	0,00	81,98	23,06	17,45	117,20	115,40	0,00	0,00	
16	107,81	0,00	82,55	23,22	18,28	115,40	113,41	0,00	0,00	
17	109,28	0,00	83,13	23,38	19,10	113,41	111,23	0,00	0,00	
18	110,75	0,00	83,70	23,54	19,93	111,23	108,87	0,00	0,00	
19	112,22	0,00	84,27	23,71	20,75	108,87	106,33	0,00	0,00	
20	116,66	0,00	87,44	24,59	21,75	106,33	103,64	0,00	0,00	
21	116,10	0,00	87,22	24,53	21,44	103,64	101,02	0,00	0,00	
22	115,53	0,00	87,00	24,47	21,12	101,02	98,46	0,00	0,00	
23	117,16	0,00	89,53	25,18	20,05	98,46	96,25	0,00	0,00	
24	110,50	0,00	86,93	24,45	16,31	96,25	94,87	0,00	0,00	
25	103,84	0,00	84,33	23,72	12,58	94,87	94,32	0,00	0,00	
26	97,18	0,00	81,72	22,99	8,84	94,32	94,61	0,00	0,00	
27	90,52	0,00	79,12	22,26	5,11	94,61	95,73	0,00	0,00	
28	69,65	0,00	62,98	17,71	1,74	95,73	97,19	0,00	0,00	
29	66,42	0,00	61,64	17,34	0,00	97,19	99,03	0,00	0,00	
30	63,19	0,00	58,64	16,49	0,00	99,03	100,79	0,00	0,00	
31	59,95	0,00	55,64	15,65	0,00	100,79	102,45	0,00	0,00	
32	56,72	0,00	52,64	14,81	0,00	102,45	104,03	0,00	0,00	
33	58,86	0,00	54,63	15,37	0,00	104,03	105,66	0,00	0,00	
34	59,35	0,00	55,08	15,49	0,00	105,66	107,31	0,00	0,00	
35	59,84	0,00	55,54	15,62	0,00	107,31	108,97	0,00	0,00	
36	52,20	0,00	48,45	13,63	0,00	108,97	110,42	0,00	0,00	
37	51,46	0,00	47,75	13,43	0,00	110,42	111,85	0,00	0,00	
38	50,71	0,00	47,06	13,24	0,00	111,85	113,26	0,00	0,00	
39	49,96	0,00	46,37	13,04	0,00	113,26	114,64	0,00	0,00	
40	53,33	0,00	49,49	13,92	0,00	114,64	116,12	0,00	0,00	
41	47,73	0,00	44,30	12,46	0,00	116,12	117,49	0,00	0,00	
42	49,53	0,00	45,97	12,93	0,00	117,49	118,91	0,00	0,00	
43	34,05	0,00	31,60	8,89	0,00	118,91	119,88	0,00	0,00	
44	53,15	0,00	49,32	13,87	0,00	119,88	121,29	0,00	0,00	
45	56,75	0,00	51,27	14,42	1,45	121,29	122,39	0,00	0,00	
46	44,41	0,00	39,03	10,98	2,28	122,39	122,94	0,00	0,00	
47	86,04	0,00	73,57	20,70	6,56	122,94	123,62	0,00	0,00	
48	91,59	0,00	75,74	21,31	9,68	123,62	123,60	0,00	0,00	
49	94,02	0,00	75,93	21,36	11,55	123,60	118,18	0,00	0,00	
50	95,11	0,00	76,36	21,48	12,17	118,18	112,56	0,00	0,00	
51	81,95	0,00	65,82	18,51	10,43	112,56	104,51	0,00	0,00	
52	80,28	0,00	65,18	18,33	9,48	104,51	96,83	0,00	0,00	
53	22,94	0,00	18,73	5,27	2,59	96,83	94,66	0,00	0,00	
54	88,35	0,00	72,83	20,49	9,32	94,66	83,61	0,00	0,00	
55	85,20	0,00	71,60	20,14	7,50	83,61	73,36	0,00	0,00	
56	67,54	0,00	58,39	16,42	4,30	73,36	63,26	0,00	0,00	
57	63,26	0,00	56,73	15,96	1,80	63,26	54,42	0,00	0,00	
58	22,48	0,00	20,65	5,81	0,10	54,42	51,42	0,00	0,00	
59	48,55	0,00	44,90	12,63	0,00	51,42	43,41	0,00	0,00	
60	45,46	0,00	42,04	11,83	0,00	43,41	35,91	0,00	0,00	
61	34,20	0,00	31,63	8,90	0,00	35,91	30,26	0,00	0,00	
62	41,78	0,00	38,78	10,91	0,00	30,26	21,89	0,00	0,00	
63	32,30	0,00	29,99	8,43	0,00	21,89	15,41	0,00	0,00	
64	9,50	0,00	8,82	2,48	0,00	15,41	13,51	0,00	0,00	
65	17,46	0,00	16,30	4,58	0,00	13,51	9,37	0,00	0,00	
66	13,93	0,00	13,00	3,66	0,00	9,37	6,08	0,00	0,00	
67	13,50	0,00	12,59	3,54	0,00	6,08	2,88	0,00	0,00	
68	4,12	0,00	4,38	1,23	0,00	2,88	0,26	0,00	0,00	

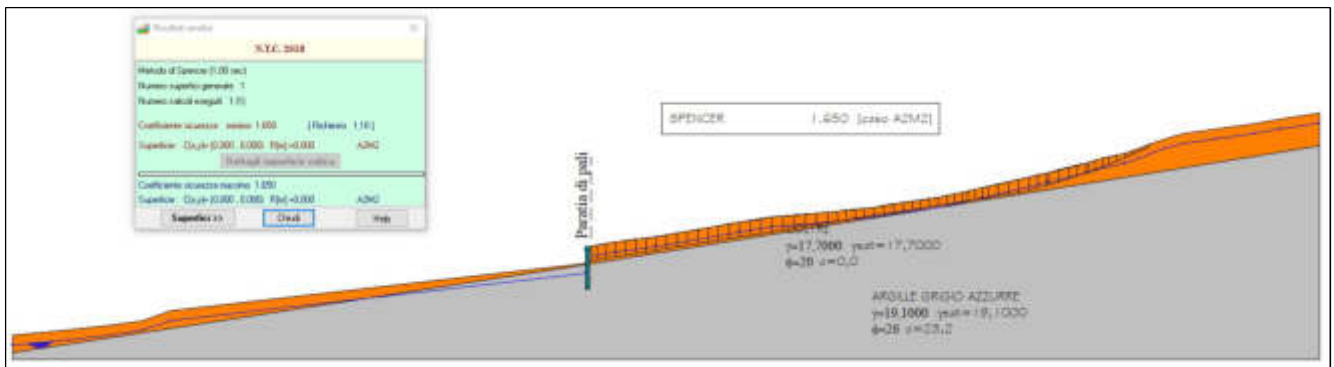


Fig. 5- Verifica post operam – Condizioni statiche

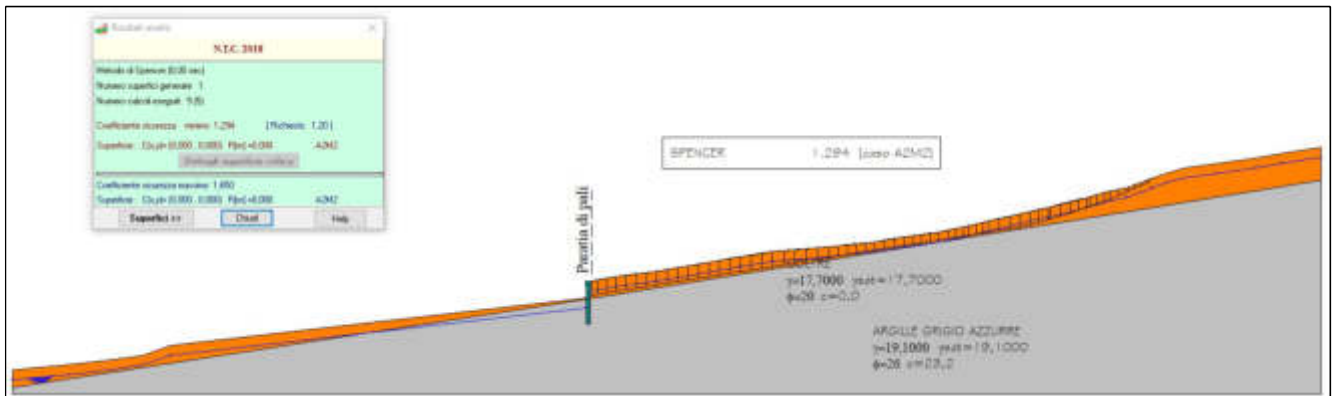


Fig. 6 - Verifica post operam – Condizioni sismiche

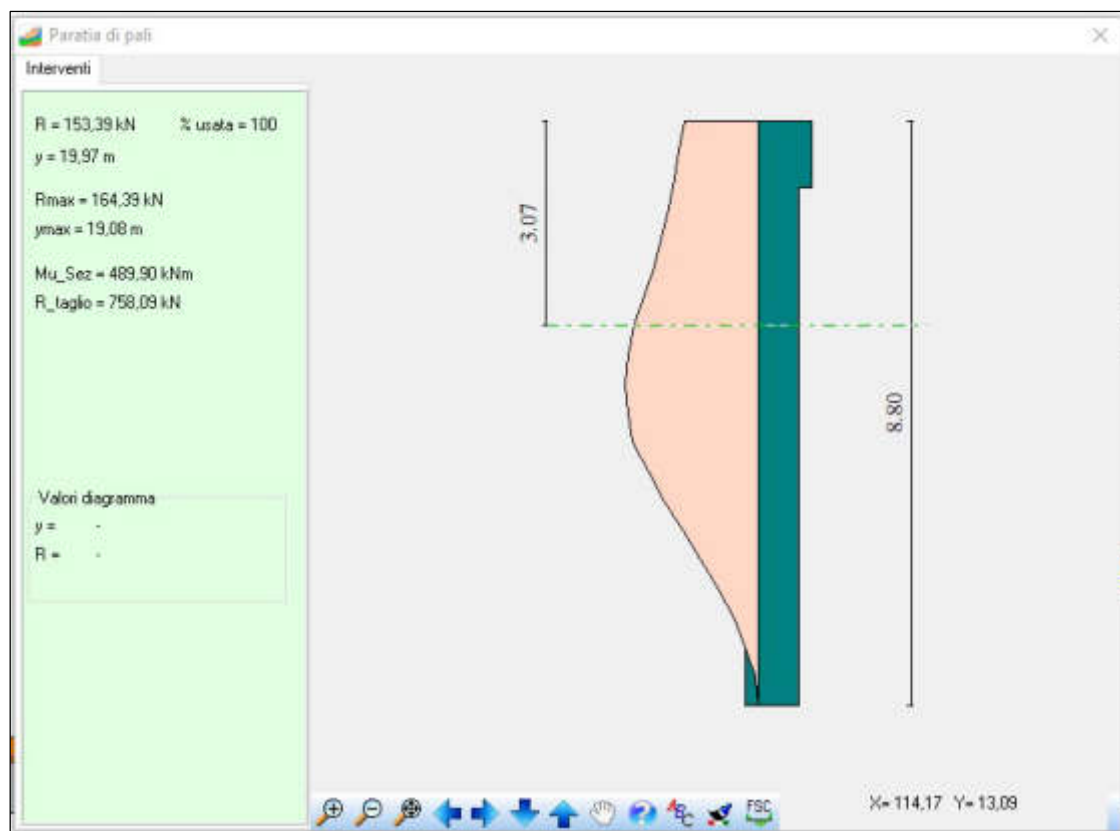


Fig. 7 – Diagramma di resistenza della paratia con la profondità

1.6. 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 e le verifiche di stabilità sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive. Nel modulo terreni si adotta il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton.

Il programma consente di inserire degli interventi di stabilizzazione, che possono intervenire secondo sue modalità diverse: variazione delle forze di interstriscia o resistenza a taglio equivalente.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	STAP - Stabilità Pendii Terreni e Rocce
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	PRO-GEO PROGETTAZIONE GEOTECNICA
Licenza	AIU6291JD

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

Il progettista
()

2. PARATIA

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
- Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
- Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
- Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

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

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

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

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

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

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adatterà la seguente notazione:

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

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

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

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

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

si può agire con tre modalità:

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

Calcolo delle spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

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

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrodinamico*.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota h al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

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).

Analisi ad elementi finiti

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

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi.

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

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

Schematizzazione del terreno

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

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

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

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

$$Ku = p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si

controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassetto 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 rigidità della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

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

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

Verifica alla stabilità globale

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

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

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:

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

dove il termine m è espresso da

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

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 fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Verifiche idrauliche

Verifica a sifonamento

Per la verifica a sifonamento si utilizza il metodo del gradiente idraulico critico.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento è dato dal rapporto tra il gradiente critico i_c e il gradiente idraulico di efflusso i_E .

$$FS_{SIF} = i_c / i_E$$

Il gradiente idraulico critico è dato dal rapporto tra il peso efficace medio γ_m del terreno interessato da filtrazione ed il peso dell'acqua γ_w .

$$i_c = \gamma_m / \gamma_w$$

Il gradiente idraulico di efflusso è dato dal rapporto tra la differenza di carico ΔH e la lunghezza della linea di flusso L .

$$i_E = \Delta H / L$$

Il moto di filtrazione è assunto essere monodimensionale.

Verifica a sollevamento del fondo scavo

Per la verifica a sollevamento si utilizza il metodo di Terzaghi.

Il coefficiente di sicurezza nei fenomeni di sollevamento del fondo scavo deriva da considerazioni di equilibrio verticale di una porzione di terreno a valle della paratia soggetta a tale fenomeno.

Secondo Terzaghi il volume interessato da sollevamento ha profondità D e larghezza $D/2$.

D rappresenta la profondità di infissione della paratia.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra il peso del volume di terreno sopra descritto W e la pressione idrica al piede della paratia U dovuta dalla presenza di una falda in moto idrodinamico.

$$FS_{SCAVO} = W / U$$

La pressione idrodinamica è calcolata nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

Analisi dei pali

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

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

$$Q_t = Q_p + Q_l - W_p$$

dove:

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

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

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

Palo compresso:

$$Q_d = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Palo teso:

$$Q_d = \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Capacità portante di punta

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

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

dove:

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

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

Capacità portante per resistenza laterale

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

$$Q_l = \int_S \tau_a dS$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb

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

dove:

c_a è l'adesione palo-terreno
 δ è l'angolo di attrito palo-terreno
 γ è il peso specifico del terreno
 z è la generica quota a partire dalla testa del palo
 L è la lunghezza del palo
 P è il perimetro del palo

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

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	3,00	[m]
Profondità di infissione	5,80	[m]
Altezza totale della paratia	8,80	[m]
Lunghezza paratia	12,00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,20	[m]
Diametro dei pali	80,00	[cm]
Numero totale di pali	10	
Numero di pali per metro lineare	0.83	

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 [cm³]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm ³]
1	0,00	Calcestruzzo	120,00	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 [m]	Y [m]	A [°]
2	10,00	1,85	10,48

Profilo di valle

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-10,00	-3,00	0,00
2	0,00	-3,00	10,48

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine

Descrizione Descrizione del terreno

γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]

γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kN/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]

ca adesione terreno/paratia espressa in [kPa]

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Cesp coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

τ_1 tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

N°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	τ_1 [kPa]	
1	COLTRE	17,700	17,700	20,00 0,00 0,00	13,30 0,00 0,00	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	1,00	0,0 0,0 0,0	CAR MIN MED
2	ARGILLE GRIGIO AZZURRE	19,100	19,100	26,10 0,00 0,00	17,40 0,00 0,00	10,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	1,00	0,0 0,0 0,0	CAR MIN MED

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm²/cm]

α inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw _M [kg/cm²/cm]	Kw _V [kg/cm²/cm]	Terreno M	Terreno V
1	3,00	0,00	0,00	0,28	0,28	COLTRE	COLTRE
2	10,00	0,00	0,00	2,51	2,51	ARGILLE GRIGIO AZZURRE	ARGILLE GRIGIO AZZURRE

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia

2,00 [m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia

3,00 [m]

Regime delle pressioni neutre:

Idrostatico

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls} Peso specifico cls, espresso in [kN/mc]

Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo

Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kPa]

E Modulo elastico, espresso in [kPa]

Acciaio Tipo di acciaio

n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls} [kN/mc]	Classe cls	Rck [kPa]	E [kPa]	Acciaio	n
Paratia	24,52	C25/30	30000	31447048	B450C	15,00
Cordolo/Muro	24,52	C25/30	30000	31447048	B450C	15,00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Descrizione	$\gamma_{acciaio}$ [kN/mc]	E [kPa]
Paratia	76,98	205942924

Combinazioni di carico

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

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

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1,30	

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
------------	----------	----------	--------

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

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

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 7 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Verifica materiali: Stato Limite**Impostazioni verifiche SLU**Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.10

Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd} = 0.9d \frac{A_{sw}}{s} f_{yk} (\ctg \alpha + \ctg \theta) \sin \alpha$$

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

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
A_{sw}	area armatura trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp}
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
$v=0.5$	

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Ordinarie		
Armatura ad aderenza migliorata			
<u>Verifica a fessurazione</u>			
Sensibilità delle armature	Poco sensibile		
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20$		
	$w_2 = 0.30$		
	$w_3 = 0.40$		
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - C4.1.2.2.4.5		
Calcolo momento fessurazione	Apertura		
Resistenza a trazione per	Flessione		
<u>Verifica delle tensioni</u>			
Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$	$\sigma_f < 0.80 f_{yk}$
	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno:

Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta K_a e K_p che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

Stabilità globale:

Metodo:	Metodo di Bishop
Maglia dei centri	Passo maglia Automatica
Resistenza a taglio paratia	τ_{c1}

Impostazioni analisi sismica

Identificazione del sito

Latitudine	37.797121
Longitudine	14.205815
Comune	Gangi
Provincia	Palermo
Regione	Sicilia
Punti di interpolazione del reticolo	46742 - 46743 - 46521 - 46520

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 $[m/s^2]$	1.488	0.564
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.418	2.387
Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione T_c^* [sec]	0.318	0.274
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.000	1.000
Tipo di sottosuolo	C	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.480	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	0.983	0.983
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.044	0.044
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.629	0.629
Prodotto $\alpha \beta$	$0.618 > 0.2$	$0.618 > 0.2$
Coefficiente di intensità sismica [%]	13.877	5.333
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (k_v)	0.00	
Coefficiente di riduzione (β_s)	0.380	0.470
Coefficiente di intensità sismica nella verifica di stabilità [%]	8.532	4.055

Inerzia massa strutturale **Non considerata**

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico: Rettangolare

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 60 elementi fuori terra e 116 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

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

Altezza fuori terra della paratia	3,00	[m]
Profondità di infissione	5,80	[m]
Altezza totale della paratia	8,80	[m]

Analisi della spinta**Pressioni terreno****Simbologia adottata**

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo
 Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.
 Le pressioni sono tutte espresse in [kPa]

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

Combinazione n° 1 - SLU - STR

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{pm} [kPa]	σ_{pv} [kPa]	δ_a [°]	δ_p [°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,30	13,30
2	0,10	1,22	0,00	9,84	0,00	13,30	13,30
3	0,20	2,44	0,00	19,69	0,00	13,30	13,30
4	0,30	3,66	0,00	29,53	0,00	13,30	13,30
5	0,40	4,88	0,00	39,38	0,00	13,30	13,30
6	0,50	6,10	0,00	49,22	0,00	13,30	13,30
7	0,60	7,32	0,00	59,06	0,00	13,30	13,30
8	0,70	8,54	0,00	68,91	0,00	13,30	13,30
9	0,80	9,76	0,00	78,75	0,00	13,30	13,30
10	0,90	10,98	0,00	88,60	0,00	13,30	13,30
11	1,00	12,20	0,00	98,44	0,00	13,30	13,30
12	1,10	13,42	0,00	108,29	0,00	13,30	13,30
13	1,20	14,64	0,00	118,13	0,00	13,30	13,30
14	1,30	15,86	0,00	127,97	0,00	13,30	13,30
15	1,40	17,08	0,00	137,82	0,00	13,30	13,30
16	1,50	18,30	0,00	147,66	0,00	13,30	13,30
17	1,60	19,52	0,00	157,51	0,00	13,30	13,30
18	1,70	20,75	0,00	167,35	0,00	13,30	13,30
19	1,80	21,97	0,00	177,19	0,00	13,30	13,30
20	1,90	23,19	0,00	187,04	0,00	13,30	13,30
21	2,00	24,30	0,00	196,13	0,00	13,30	13,30
22	2,10	25,21	0,00	203,72	0,00	13,30	13,30
23	2,20	26,01	0,00	210,55	0,00	13,30	13,30
24	2,30	26,81	0,00	217,39	0,00	13,30	13,30
25	2,40	27,61	0,00	224,22	0,00	13,30	13,30
26	2,50	28,42	0,00	231,05	0,00	13,30	13,30
27	2,60	29,22	0,00	237,88	0,00	13,30	13,30
28	2,70	30,02	0,00	244,71	0,00	13,30	13,30
29	2,80	30,83	0,00	251,53	0,00	13,30	13,30
30	2,90	31,59	0,00	258,01	0,00	13,30	13,30
31	2,98	32,15	0,00	262,79	0,00	13,30	13,30
32	3,00	22,20	0,00	377,67	56,71	13,30	13,30
33	3,02	13,08	0,00	492,66	58,30	17,40	17,40
34	3,10	14,44	0,00	498,29	64,68	17,40	17,40
35	3,20	15,12	0,00	506,93	71,06	17,40	17,40
36	3,30	15,83	0,00	516,98	77,76	17,40	17,40
37	3,40	16,53	0,00	527,69	84,46	17,40	17,40
38	3,50	17,22	0,00	538,85	91,15	17,40	17,40
39	3,60	17,91	0,00	550,32	97,85	17,40	17,40
40	3,70	18,60	0,00	562,02	104,53	17,40	17,40
41	3,80	19,28	0,00	573,88	111,22	17,40	17,40
42	3,90	19,96	0,00	585,87	117,90	17,40	17,40
43	4,00	20,64	0,00	597,96	124,58	17,40	17,40
44	4,10	21,31	0,00	610,13	131,26	17,40	17,40
45	4,20	21,99	0,00	622,35	137,94	17,40	17,40
46	4,30	22,66	0,00	634,63	144,61	17,40	17,40
47	4,40	23,33	0,00	646,95	151,28	17,40	17,40
48	4,50	24,01	0,00	659,30	157,96	17,40	17,40
49	4,60	24,68	0,00	671,68	164,63	17,40	17,40
50	4,70	25,35	0,00	684,07	171,30	17,40	17,40
51	4,80	26,01	0,00	696,49	177,97	17,40	17,40
52	4,90	26,68	0,00	708,93	184,64	17,40	17,40
53	5,00	27,35	0,00	721,37	191,31	17,40	17,40
54	5,10	28,02	0,00	733,83	197,97	17,40	17,40
55	5,20	28,69	0,28	746,30	204,64	17,40	17,40
56	5,30	29,36	0,79	758,78	211,31	17,40	17,40
57	5,40	30,03	1,30	771,26	217,97	17,40	17,40
58	5,50	30,69	1,82	783,75	224,64	17,40	17,40
59	5,60	31,36	2,33	796,24	231,30	17,40	17,40
60	5,70	32,03	2,84	808,74	237,97	17,40	17,40
61	5,80	32,69	3,36	821,24	244,63	17,40	17,40
62	5,90	33,35	3,87	833,75	251,30	17,40	17,40
63	6,00	34,03	4,38	846,26	257,96	17,40	17,40
64	6,10	34,69	4,90	858,77	264,62	17,40	17,40
65	6,20	35,36	5,41	871,28	271,29	17,40	17,40
66	6,30	36,03	5,93	883,80	277,95	17,40	17,40
67	6,40	36,69	6,45	896,32	284,61	17,40	17,40
68	6,50	37,36	6,96	908,83	291,28	17,40	17,40
69	6,60	38,03	7,48	921,35	297,94	17,40	17,40
70	6,70	38,69	7,99	933,87	304,60	17,40	17,40
71	6,80	39,36	8,51	946,39	311,26	17,40	17,40
72	6,90	40,03	9,03	958,92	317,93	17,40	17,40
73	7,00	40,70	9,54	971,44	324,59	17,40	17,40
74	7,10	41,36	10,06	983,96	331,25	17,40	17,40
75	7,20	42,03	10,58	996,48	337,91	17,40	17,40
76	7,30	42,69	11,09	1009,01	344,57	17,40	17,40
77	7,40	43,36	11,61	1021,53	351,23	17,40	17,40
78	7,50	44,03	12,13	1034,06	357,89	17,40	17,40

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{pm} [kPa]	σ_{pv} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
79	7,60	44,69	12,64	1046,58	364,56	17,40	17,40
80	7,70	45,36	13,16	1059,11	371,22	17,40	17,40
81	7,80	46,03	13,68	1071,63	377,88	17,40	17,40
82	7,90	46,70	14,20	1084,16	384,54	17,40	17,40
83	8,00	47,36	14,71	1096,68	391,20	17,40	17,40
84	8,10	48,03	15,23	1109,20	397,86	17,40	17,40
85	8,20	48,70	15,75	1121,73	404,52	17,40	17,40
86	8,30	49,36	16,27	1134,25	411,18	17,40	17,40
87	8,40	50,02	16,79	1146,78	417,84	17,40	17,40
88	8,50	50,70	17,30	1159,30	424,50	17,40	17,40
89	8,60	51,37	17,82	1171,83	431,16	17,40	17,40
90	8,70	52,04	18,34	1184,35	437,82	17,40	17,40
91	8,80	52,70	18,86	1196,88	444,48	17,40	17,40

Combinazione n° 2 - SLU - GEO

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{pm} [kPa]	σ_{pv} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,71	10,71
2	0,10	1,12	0,00	5,68	0,00	10,71	10,71
3	0,20	2,24	0,00	11,35	0,00	10,71	10,71
4	0,30	3,36	0,00	17,03	0,00	10,71	10,71
5	0,40	4,49	0,00	22,71	0,00	10,71	10,71
6	0,50	5,61	0,00	28,39	0,00	10,71	10,71
7	0,60	6,73	0,00	34,06	0,00	10,71	10,71
8	0,70	7,85	0,00	39,74	0,00	10,71	10,71
9	0,80	8,97	0,00	45,42	0,00	10,71	10,71
10	0,90	10,09	0,00	51,09	0,00	10,71	10,71
11	1,00	11,22	0,00	56,77	0,00	10,71	10,71
12	1,10	12,34	0,00	62,45	0,00	10,71	10,71
13	1,20	13,46	0,00	68,12	0,00	10,71	10,71
14	1,30	14,58	0,00	73,80	0,00	10,71	10,71
15	1,40	15,70	0,00	79,48	0,00	10,71	10,71
16	1,50	16,82	0,00	85,16	0,00	10,71	10,71
17	1,60	17,94	0,00	90,83	0,00	10,71	10,71
18	1,70	19,07	0,00	96,51	0,00	10,71	10,71
19	1,80	20,19	0,00	102,19	0,00	10,71	10,71
20	1,90	21,31	0,00	107,86	0,00	10,71	10,71
21	2,00	22,31	0,00	112,95	0,00	10,71	10,71
22	2,10	23,08	0,00	116,85	0,00	10,71	10,71
23	2,20	23,73	0,00	120,16	0,00	10,71	10,71
24	2,30	24,37	0,00	123,47	0,00	10,71	10,71
25	2,40	25,02	0,00	126,78	0,00	10,71	10,71
26	2,50	25,67	0,00	130,09	0,00	10,71	10,71
27	2,60	26,32	0,00	133,39	0,00	10,71	10,71
28	2,70	26,97	0,00	136,69	0,00	10,71	10,71
29	2,80	27,62	0,00	140,00	0,00	10,71	10,71
30	2,90	28,24	0,00	143,13	0,00	10,71	10,71
31	2,98	28,70	0,00	145,44	0,00	10,71	10,71
32	3,00	20,06	0,00	197,77	34,78	10,71	10,71
33	3,02	12,02	0,00	250,10	35,55	14,07	14,07
34	3,10	13,08	0,00	252,64	38,60	14,07	14,07
35	3,20	13,68	0,00	256,46	41,41	14,07	14,07
36	3,30	14,30	0,00	260,86	44,36	14,07	14,07
37	3,40	14,91	0,00	265,52	47,30	14,07	14,07
38	3,50	15,50	0,00	270,36	50,25	14,07	14,07
39	3,60	16,09	0,00	275,34	53,20	14,07	14,07
40	3,70	16,67	0,00	280,41	56,14	14,07	14,07
41	3,80	17,24	0,00	285,55	59,08	14,07	14,07
42	3,90	17,82	0,00	290,75	62,03	14,07	14,07
43	4,00	18,38	0,00	295,99	64,97	14,07	14,07
44	4,10	18,95	0,00	301,27	67,91	14,07	14,07
45	4,20	19,51	0,00	306,57	70,85	14,07	14,07
46	4,30	20,06	0,00	311,89	73,78	14,07	14,07
47	4,40	20,62	0,00	317,24	76,72	14,07	14,07
48	4,50	21,18	0,00	322,59	79,66	14,07	14,07
49	4,60	21,73	0,00	327,96	82,59	14,07	14,07
50	4,70	22,29	0,00	333,34	85,53	14,07	14,07
51	4,80	22,84	0,00	338,73	88,46	14,07	14,07
52	4,90	23,39	0,00	344,12	91,40	14,07	14,07
53	5,00	23,95	0,00	349,52	94,33	14,07	14,07
54	5,10	24,51	0,00	354,93	97,27	14,07	14,07
55	5,20	25,05	0,00	360,34	100,20	14,07	14,07
56	5,30	25,60	0,00	365,75	103,13	14,07	14,07
57	5,40	26,15	0,00	371,16	106,07	14,07	14,07
58	5,50	26,71	0,00	376,58	109,00	14,07	14,07
59	5,60	27,26	0,25	382,00	111,93	14,07	14,07
60	5,70	27,81	0,63	387,43	114,86	14,07	14,07
61	5,80	28,37	1,01	392,85	117,79	14,07	14,07
62	5,90	28,91	1,39	398,28	120,73	14,07	14,07
63	6,00	29,46	1,77	403,70	123,66	14,07	14,07
64	6,10	30,02	2,15	409,13	126,59	14,07	14,07
65	6,20	30,56	2,54	414,56	129,52	14,07	14,07
66	6,30	31,11	2,92	419,99	132,45	14,07	14,07
67	6,40	31,67	3,30	425,42	135,38	14,07	14,07
68	6,50	32,22	3,68	430,85	138,31	14,07	14,07
69	6,60	32,77	4,06	436,28	141,24	14,07	14,07
70	6,70	33,32	4,45	441,71	144,17	14,07	14,07
71	6,80	33,86	4,83	447,14	147,10	14,07	14,07
72	6,90	34,42	5,21	452,57	150,03	14,07	14,07
73	7,00	34,97	5,59	458,01	152,96	14,07	14,07
74	7,10	35,53	5,98	463,44	155,89	14,07	14,07
75	7,20	36,08	6,36	468,87	158,81	14,07	14,07
76	7,30	36,62	6,74	474,30	161,74	14,07	14,07
77	7,40	37,17	7,12	479,73	164,67	14,07	14,07

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{om} [kPa]	σ_{ov} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
78	7,50	37,73	7,51	485,17	167,60	14,07	14,07
79	7,60	38,28	7,89	490,60	170,53	14,07	14,07
80	7,70	38,83	8,27	496,03	173,46	14,07	14,07
81	7,80	39,38	8,66	501,46	176,39	14,07	14,07
82	7,90	39,93	9,04	506,89	179,31	14,07	14,07
83	8,00	40,49	9,43	512,32	182,24	14,07	14,07
84	8,10	41,04	9,81	517,76	185,17	14,07	14,07
85	8,20	41,59	10,19	523,19	188,10	14,07	14,07
86	8,30	42,15	10,58	528,62	191,03	14,07	14,07
87	8,40	42,70	10,96	534,05	193,96	14,07	14,07
88	8,50	43,25	11,34	539,48	196,88	14,07	14,07
89	8,60	43,80	11,73	544,91	199,81	14,07	14,07
90	8,70	44,35	12,11	550,34	202,74	14,07	14,07
91	8,80	44,91	12,50	555,77	205,67	14,07	14,07

Combinazione n° 3 - SLV - GEO

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{om} [kPa]	σ_{ov} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	7,35	0,00	0,00	0,00	13,30	13,30
2	0,10	8,47	0,00	5,68	0,00	13,30	13,30
3	0,20	9,59	0,00	11,35	0,00	13,30	13,30
4	0,30	10,71	0,00	17,03	0,00	13,30	13,30
5	0,40	11,83	0,00	22,71	0,00	13,30	13,30
6	0,50	12,95	0,00	28,39	0,00	13,30	13,30
7	0,60	14,08	0,00	34,06	0,00	13,30	13,30
8	0,70	15,20	0,00	39,74	0,00	13,30	13,30
9	0,80	16,32	0,00	45,42	0,00	13,30	13,30
10	0,90	17,44	0,00	51,09	0,00	13,30	13,30
11	1,00	18,56	0,00	56,77	0,00	13,30	13,30
12	1,10	19,68	0,00	62,45	0,00	13,30	13,30
13	1,20	20,80	0,00	68,12	0,00	13,30	13,30
14	1,30	21,93	0,00	73,80	0,00	13,30	13,30
15	1,40	23,05	0,00	79,48	0,00	13,30	13,30
16	1,50	24,17	0,00	85,16	0,00	13,30	13,30
17	1,60	25,29	0,00	90,83	0,00	13,30	13,30
18	1,70	26,41	0,00	96,51	0,00	13,30	13,30
19	1,80	27,53	0,00	102,19	0,00	13,30	13,30
20	1,90	28,65	0,00	107,86	0,00	13,30	13,30
21	2,00	29,66	0,00	112,95	0,00	13,30	13,30
22	2,10	30,42	0,00	116,85	0,00	13,30	13,30
23	2,20	31,07	0,00	120,16	0,00	13,30	13,30
24	2,30	31,72	0,00	123,47	0,00	13,30	13,30
25	2,40	32,37	0,00	126,78	0,00	13,30	13,30
26	2,50	33,02	0,00	130,09	0,00	13,30	13,30
27	2,60	33,67	0,00	133,39	0,00	13,30	13,30
28	2,70	34,32	0,00	136,69	0,00	13,30	13,30
29	2,80	34,97	0,00	140,00	0,00	13,30	13,30
30	2,90	35,59	0,00	143,13	0,00	13,30	13,30
31	2,98	36,05	0,00	145,44	0,00	13,30	13,30
32	3,00	27,40	0,00	197,77	34,78	13,30	13,30
33	3,02	12,02	0,00	250,10	35,55	17,40	17,40
34	3,10	13,08	0,00	252,64	38,60	17,40	17,40
35	3,20	13,68	0,00	256,46	41,41	17,40	17,40
36	3,30	14,30	0,00	260,86	44,36	17,40	17,40
37	3,40	14,91	0,00	265,52	47,30	17,40	17,40
38	3,50	15,50	0,00	270,36	50,25	17,40	17,40
39	3,60	16,09	0,00	275,34	53,20	17,40	17,40
40	3,70	16,67	0,00	280,41	56,14	17,40	17,40
41	3,80	17,24	0,00	285,55	59,08	17,40	17,40
42	3,90	17,82	0,00	290,75	62,03	17,40	17,40
43	4,00	18,38	0,00	295,99	64,97	17,40	17,40
44	4,10	18,95	0,00	301,27	67,91	17,40	17,40
45	4,20	19,51	0,00	306,57	70,85	17,40	17,40
46	4,30	20,06	0,00	311,89	73,78	17,40	17,40
47	4,40	20,62	0,00	317,24	76,72	17,40	17,40
48	4,50	21,18	0,00	322,59	79,66	17,40	17,40
49	4,60	21,73	0,00	327,96	82,59	17,40	17,40
50	4,70	22,29	0,00	333,34	85,53	17,40	17,40
51	4,80	22,84	0,00	338,73	88,46	17,40	17,40
52	4,90	23,39	0,00	344,12	91,40	17,40	17,40
53	5,00	23,95	0,00	349,52	94,33	17,40	17,40
54	5,10	24,51	0,00	354,93	97,27	17,40	17,40
55	5,20	25,05	0,00	360,34	100,20	17,40	17,40
56	5,30	25,60	0,00	365,75	103,13	17,40	17,40
57	5,40	26,15	0,00	371,16	106,07	17,40	17,40
58	5,50	26,71	0,00	376,58	109,00	17,40	17,40
59	5,60	27,26	0,25	382,00	111,93	17,40	17,40
60	5,70	27,81	0,63	387,43	114,86	17,40	17,40
61	5,80	28,37	1,01	392,85	117,79	17,40	17,40
62	5,90	28,91	1,39	398,28	120,73	17,40	17,40
63	6,00	29,46	1,77	403,70	123,66	17,40	17,40
64	6,10	30,02	2,15	409,13	126,59	17,40	17,40
65	6,20	30,56	2,54	414,56	129,52	17,40	17,40
66	6,30	31,11	2,92	419,99	132,45	17,40	17,40
67	6,40	31,67	3,30	425,42	135,38	17,40	17,40
68	6,50	32,22	3,68	430,85	138,31	17,40	17,40
69	6,60	32,77	4,06	436,28	141,24	17,40	17,40
70	6,70	33,32	4,45	441,71	144,17	17,40	17,40
71	6,80	33,86	4,83	447,14	147,10	17,40	17,40
72	6,90	34,42	5,21	452,57	150,03	17,40	17,40
73	7,00	34,97	5,59	458,01	152,96	17,40	17,40
74	7,10	35,53	5,98	463,44	155,89	17,40	17,40
75	7,20	36,08	6,36	468,87	158,81	17,40	17,40
76	7,30	36,62	6,74	474,30	161,74	17,40	17,40

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{dm} [kPa]	σ_{dv} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
77	7,40	37,17	7,12	479,73	164,67	17,40	17,40
78	7,50	37,73	7,51	485,17	167,60	17,40	17,40
79	7,60	38,28	7,89	490,60	170,53	17,40	17,40
80	7,70	38,83	8,27	496,03	173,46	17,40	17,40
81	7,80	39,38	8,66	501,46	176,39	17,40	17,40
82	7,90	39,93	9,04	506,89	179,31	17,40	17,40
83	8,00	40,49	9,43	512,32	182,24	17,40	17,40
84	8,10	41,04	9,81	517,76	185,17	17,40	17,40
85	8,20	41,59	10,19	523,19	188,10	17,40	17,40
86	8,30	42,15	10,58	528,62	191,03	17,40	17,40
87	8,40	42,70	10,96	534,05	193,96	17,40	17,40
88	8,50	43,25	11,34	539,48	196,88	17,40	17,40
89	8,60	43,80	11,73	544,91	199,81	17,40	17,40
90	8,70	44,35	12,11	550,34	202,74	17,40	17,40
91	8,80	44,91	12,50	555,77	205,67	17,40	17,40

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{dm} [kPa]	σ_{dv} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,30	13,30
2	0,10	0,94	0,00	7,57	0,00	13,30	13,30
3	0,20	1,88	0,00	15,14	0,00	13,30	13,30
4	0,30	2,82	0,00	22,72	0,00	13,30	13,30
5	0,40	3,75	0,00	30,29	0,00	13,30	13,30
6	0,50	4,69	0,00	37,86	0,00	13,30	13,30
7	0,60	5,63	0,00	45,43	0,00	13,30	13,30
8	0,70	6,57	0,00	53,01	0,00	13,30	13,30
9	0,80	7,51	0,00	60,58	0,00	13,30	13,30
10	0,90	8,45	0,00	68,15	0,00	13,30	13,30
11	1,00	9,39	0,00	75,72	0,00	13,30	13,30
12	1,10	10,33	0,00	83,30	0,00	13,30	13,30
13	1,20	11,26	0,00	90,87	0,00	13,30	13,30
14	1,30	12,20	0,00	98,44	0,00	13,30	13,30
15	1,40	13,14	0,00	106,01	0,00	13,30	13,30
16	1,50	14,08	0,00	113,59	0,00	13,30	13,30
17	1,60	15,02	0,00	121,16	0,00	13,30	13,30
18	1,70	15,96	0,00	128,73	0,00	13,30	13,30
19	1,80	16,90	0,00	136,30	0,00	13,30	13,30
20	1,90	17,84	0,00	143,88	0,00	13,30	13,30
21	2,00	18,67	0,00	150,70	0,00	13,30	13,30
22	2,10	19,29	0,00	156,01	0,00	13,30	13,30
23	2,20	19,81	0,00	160,58	0,00	13,30	13,30
24	2,30	20,34	0,00	165,14	0,00	13,30	13,30
25	2,40	20,86	0,00	169,70	0,00	13,30	13,30
26	2,50	21,38	0,00	174,25	0,00	13,30	13,30
27	2,60	21,90	0,00	178,81	0,00	13,30	13,30
28	2,70	22,42	0,00	183,36	0,00	13,30	13,30
29	2,80	22,94	0,00	187,91	0,00	13,30	13,30
30	2,90	23,44	0,00	192,23	0,00	13,30	13,30
31	2,98	23,81	0,00	195,41	0,00	13,30	13,30
32	3,00	14,82	0,00	288,82	56,26	13,30	13,30
33	3,02	6,46	0,00	382,14	57,41	17,40	17,40
34	3,10	7,43	0,00	385,53	61,99	17,40	17,40
35	3,20	7,90	0,00	390,98	65,94	17,40	17,40
36	3,30	8,39	0,00	397,53	70,09	17,40	17,40
37	3,40	8,86	0,00	404,63	74,24	17,40	17,40
38	3,50	9,33	0,00	412,10	78,38	17,40	17,40
39	3,60	9,79	0,00	419,82	82,53	17,40	17,40
40	3,70	10,25	0,00	427,73	86,67	17,40	17,40
41	3,80	10,70	0,00	435,76	90,81	17,40	17,40
42	3,90	11,15	0,00	443,91	94,95	17,40	17,40
43	4,00	11,60	0,00	452,13	99,09	17,40	17,40
44	4,10	12,04	0,00	460,41	103,23	17,40	17,40
45	4,20	12,49	0,00	468,73	107,36	17,40	17,40
46	4,30	12,92	0,00	477,10	111,50	17,40	17,40
47	4,40	13,37	0,00	485,50	115,63	17,40	17,40
48	4,50	13,81	0,00	493,92	119,76	17,40	17,40
49	4,60	14,24	0,00	502,36	123,90	17,40	17,40
50	4,70	14,68	0,00	510,82	128,03	17,40	17,40
51	4,80	15,12	0,00	519,29	132,16	17,40	17,40
52	4,90	15,56	0,00	527,78	136,29	17,40	17,40
53	5,00	16,00	0,00	536,28	140,42	17,40	17,40
54	5,10	16,43	0,00	544,78	144,55	17,40	17,40
55	5,20	16,87	0,00	553,29	148,67	17,40	17,40
56	5,30	17,30	0,00	561,80	152,80	17,40	17,40
57	5,40	17,74	0,00	570,32	156,93	17,40	17,40
58	5,50	18,17	0,00	578,85	161,06	17,40	17,40
59	5,60	18,61	0,00	587,38	165,18	17,40	17,40
60	5,70	19,04	0,00	595,91	169,31	17,40	17,40
61	5,80	19,48	0,00	604,44	173,44	17,40	17,40
62	5,90	19,92	0,00	612,97	177,56	17,40	17,40
63	6,00	20,35	0,00	621,51	181,69	17,40	17,40
64	6,10	20,78	0,00	630,05	185,81	17,40	17,40
65	6,20	21,22	0,00	638,59	189,94	17,40	17,40
66	6,30	21,66	0,00	647,13	194,06	17,40	17,40
67	6,40	22,09	0,00	655,67	198,19	17,40	17,40
68	6,50	22,52	0,00	664,21	202,31	17,40	17,40
69	6,60	22,96	0,42	672,75	206,44	17,40	17,40
70	6,70	23,40	0,73	681,29	210,56	17,40	17,40
71	6,80	23,83	1,05	689,84	214,68	17,40	17,40
72	6,90	24,26	1,37	698,38	218,81	17,40	17,40
73	7,00	24,69	1,68	706,92	222,93	17,40	17,40
74	7,10	25,13	2,00	715,46	227,05	17,40	17,40
75	7,20	25,57	2,32	724,01	231,18	17,40	17,40

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{om} [kPa]	σ_{ov} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
76	7,30	26,01	2,64	732,55	235,30	17,40	17,40
77	7,40	26,44	2,95	741,09	239,42	17,40	17,40
78	7,50	26,88	3,27	749,63	243,54	17,40	17,40
79	7,60	27,31	3,59	758,17	247,67	17,40	17,40
80	7,70	27,74	3,91	766,72	251,79	17,40	17,40
81	7,80	28,19	4,23	775,26	255,91	17,40	17,40
82	7,90	28,62	4,54	783,80	260,03	17,40	17,40
83	8,00	29,05	4,86	792,34	264,16	17,40	17,40
84	8,10	29,49	5,18	800,88	268,28	17,40	17,40
85	8,20	29,93	5,50	809,42	272,40	17,40	17,40
86	8,30	30,36	5,82	817,96	276,52	17,40	17,40
87	8,40	30,80	6,14	826,50	280,64	17,40	17,40
88	8,50	31,24	6,46	835,04	284,76	17,40	17,40
89	8,60	31,67	6,78	843,58	288,89	17,40	17,40
90	8,70	32,10	7,10	852,12	293,01	17,40	17,40
91	8,80	32,55	7,41	860,66	297,13	17,40	17,40

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{om} [kPa]	σ_{ov} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,30	13,30
2	0,10	0,94	0,00	7,57	0,00	13,30	13,30
3	0,20	1,88	0,00	15,14	0,00	13,30	13,30
4	0,30	2,82	0,00	22,72	0,00	13,30	13,30
5	0,40	3,75	0,00	30,29	0,00	13,30	13,30
6	0,50	4,69	0,00	37,86	0,00	13,30	13,30
7	0,60	5,63	0,00	45,43	0,00	13,30	13,30
8	0,70	6,57	0,00	53,01	0,00	13,30	13,30
9	0,80	7,51	0,00	60,58	0,00	13,30	13,30
10	0,90	8,45	0,00	68,15	0,00	13,30	13,30
11	1,00	9,39	0,00	75,72	0,00	13,30	13,30
12	1,10	10,33	0,00	83,30	0,00	13,30	13,30
13	1,20	11,26	0,00	90,87	0,00	13,30	13,30
14	1,30	12,20	0,00	98,44	0,00	13,30	13,30
15	1,40	13,14	0,00	106,01	0,00	13,30	13,30
16	1,50	14,08	0,00	113,59	0,00	13,30	13,30
17	1,60	15,02	0,00	121,16	0,00	13,30	13,30
18	1,70	15,96	0,00	128,73	0,00	13,30	13,30
19	1,80	16,90	0,00	136,30	0,00	13,30	13,30
20	1,90	17,84	0,00	143,88	0,00	13,30	13,30
21	2,00	18,67	0,00	150,70	0,00	13,30	13,30
22	2,10	19,29	0,00	156,01	0,00	13,30	13,30
23	2,20	19,81	0,00	160,58	0,00	13,30	13,30
24	2,30	20,34	0,00	165,14	0,00	13,30	13,30
25	2,40	20,86	0,00	169,70	0,00	13,30	13,30
26	2,50	21,38	0,00	174,25	0,00	13,30	13,30
27	2,60	21,90	0,00	178,81	0,00	13,30	13,30
28	2,70	22,42	0,00	183,36	0,00	13,30	13,30
29	2,80	22,94	0,00	187,91	0,00	13,30	13,30
30	2,90	23,44	0,00	192,23	0,00	13,30	13,30
31	2,98	23,81	0,00	195,41	0,00	13,30	13,30
32	3,00	14,82	0,00	288,82	56,26	13,30	13,30
33	3,02	6,46	0,00	382,14	57,41	17,40	17,40
34	3,10	7,43	0,00	385,53	61,99	17,40	17,40
35	3,20	7,90	0,00	390,98	65,94	17,40	17,40
36	3,30	8,39	0,00	397,53	70,09	17,40	17,40
37	3,40	8,86	0,00	404,63	74,24	17,40	17,40
38	3,50	9,33	0,00	412,10	78,38	17,40	17,40
39	3,60	9,79	0,00	419,82	82,53	17,40	17,40
40	3,70	10,25	0,00	427,73	86,67	17,40	17,40
41	3,80	10,70	0,00	435,76	90,81	17,40	17,40
42	3,90	11,15	0,00	443,91	94,95	17,40	17,40
43	4,00	11,60	0,00	452,13	99,09	17,40	17,40
44	4,10	12,04	0,00	460,41	103,23	17,40	17,40
45	4,20	12,49	0,00	468,73	107,36	17,40	17,40
46	4,30	12,92	0,00	477,10	111,50	17,40	17,40
47	4,40	13,37	0,00	485,50	115,63	17,40	17,40
48	4,50	13,81	0,00	493,92	119,76	17,40	17,40
49	4,60	14,24	0,00	502,36	123,90	17,40	17,40
50	4,70	14,68	0,00	510,82	128,03	17,40	17,40
51	4,80	15,12	0,00	519,29	132,16	17,40	17,40
52	4,90	15,56	0,00	527,78	136,29	17,40	17,40
53	5,00	16,00	0,00	536,28	140,42	17,40	17,40
54	5,10	16,43	0,00	544,78	144,55	17,40	17,40
55	5,20	16,87	0,00	553,29	148,67	17,40	17,40
56	5,30	17,30	0,00	561,80	152,80	17,40	17,40
57	5,40	17,74	0,00	570,32	156,93	17,40	17,40
58	5,50	18,17	0,00	578,85	161,06	17,40	17,40
59	5,60	18,61	0,00	587,38	165,18	17,40	17,40
60	5,70	19,04	0,00	595,91	169,31	17,40	17,40
61	5,80	19,48	0,00	604,44	173,44	17,40	17,40
62	5,90	19,92	0,00	612,97	177,56	17,40	17,40
63	6,00	20,35	0,00	621,51	181,69	17,40	17,40
64	6,10	20,78	0,00	630,05	185,81	17,40	17,40
65	6,20	21,22	0,00	638,59	189,94	17,40	17,40
66	6,30	21,66	0,00	647,13	194,06	17,40	17,40
67	6,40	22,09	0,00	655,67	198,19	17,40	17,40
68	6,50	22,52	0,00	664,21	202,31	17,40	17,40
69	6,60	22,96	0,42	672,75	206,44	17,40	17,40
70	6,70	23,40	0,73	681,29	210,56	17,40	17,40
71	6,80	23,83	1,05	689,84	214,68	17,40	17,40
72	6,90	24,26	1,37	698,38	218,81	17,40	17,40
73	7,00	24,69	1,68	706,92	222,93	17,40	17,40
74	7,10	25,13	2,00	715,46	227,05	17,40	17,40

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{pm} [kPa]	σ_{pv} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
75	7,20	25,57	2,32	724,01	231,18	17,40	17,40
76	7,30	26,01	2,64	732,55	235,30	17,40	17,40
77	7,40	26,44	2,95	741,09	239,42	17,40	17,40
78	7,50	26,88	3,27	749,63	243,54	17,40	17,40
79	7,60	27,31	3,59	758,17	247,67	17,40	17,40
80	7,70	27,74	3,91	766,72	251,79	17,40	17,40
81	7,80	28,19	4,23	775,26	255,91	17,40	17,40
82	7,90	28,62	4,54	783,80	260,03	17,40	17,40
83	8,00	29,05	4,86	792,34	264,16	17,40	17,40
84	8,10	29,49	5,18	800,88	268,28	17,40	17,40
85	8,20	29,93	5,50	809,42	272,40	17,40	17,40
86	8,30	30,36	5,82	817,96	276,52	17,40	17,40
87	8,40	30,80	6,14	826,50	280,64	17,40	17,40
88	8,50	31,24	6,46	835,04	284,76	17,40	17,40
89	8,60	31,67	6,78	843,58	288,89	17,40	17,40
90	8,70	32,10	7,10	852,12	293,01	17,40	17,40
91	8,80	32,55	7,41	860,66	297,13	17,40	17,40

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{pm} [kPa]	σ_{pv} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,30	13,30
2	0,10	0,94	0,00	7,57	0,00	13,30	13,30
3	0,20	1,88	0,00	15,14	0,00	13,30	13,30
4	0,30	2,82	0,00	22,72	0,00	13,30	13,30
5	0,40	3,75	0,00	30,29	0,00	13,30	13,30
6	0,50	4,69	0,00	37,86	0,00	13,30	13,30
7	0,60	5,63	0,00	45,43	0,00	13,30	13,30
8	0,70	6,57	0,00	53,01	0,00	13,30	13,30
9	0,80	7,51	0,00	60,58	0,00	13,30	13,30
10	0,90	8,45	0,00	68,15	0,00	13,30	13,30
11	1,00	9,39	0,00	75,72	0,00	13,30	13,30
12	1,10	10,33	0,00	83,30	0,00	13,30	13,30
13	1,20	11,26	0,00	90,87	0,00	13,30	13,30
14	1,30	12,20	0,00	98,44	0,00	13,30	13,30
15	1,40	13,14	0,00	106,01	0,00	13,30	13,30
16	1,50	14,08	0,00	113,59	0,00	13,30	13,30
17	1,60	15,02	0,00	121,16	0,00	13,30	13,30
18	1,70	15,96	0,00	128,73	0,00	13,30	13,30
19	1,80	16,90	0,00	136,30	0,00	13,30	13,30
20	1,90	17,84	0,00	143,88	0,00	13,30	13,30
21	2,00	18,67	0,00	150,70	0,00	13,30	13,30
22	2,10	19,29	0,00	156,01	0,00	13,30	13,30
23	2,20	19,81	0,00	160,58	0,00	13,30	13,30
24	2,30	20,34	0,00	165,14	0,00	13,30	13,30
25	2,40	20,86	0,00	169,70	0,00	13,30	13,30
26	2,50	21,38	0,00	174,25	0,00	13,30	13,30
27	2,60	21,90	0,00	178,81	0,00	13,30	13,30
28	2,70	22,42	0,00	183,36	0,00	13,30	13,30
29	2,80	22,94	0,00	187,91	0,00	13,30	13,30
30	2,90	23,44	0,00	192,23	0,00	13,30	13,30
31	2,98	23,81	0,00	195,41	0,00	13,30	13,30
32	3,00	14,82	0,00	288,82	56,26	13,30	13,30
33	3,02	6,46	0,00	382,14	57,41	17,40	17,40
34	3,10	7,43	0,00	385,53	61,99	17,40	17,40
35	3,20	7,90	0,00	390,98	65,94	17,40	17,40
36	3,30	8,39	0,00	397,53	70,09	17,40	17,40
37	3,40	8,86	0,00	404,63	74,24	17,40	17,40
38	3,50	9,33	0,00	412,10	78,38	17,40	17,40
39	3,60	9,79	0,00	419,82	82,53	17,40	17,40
40	3,70	10,25	0,00	427,73	86,67	17,40	17,40
41	3,80	10,70	0,00	435,76	90,81	17,40	17,40
42	3,90	11,15	0,00	443,91	94,95	17,40	17,40
43	4,00	11,60	0,00	452,13	99,09	17,40	17,40
44	4,10	12,04	0,00	460,41	103,23	17,40	17,40
45	4,20	12,49	0,00	468,73	107,36	17,40	17,40
46	4,30	12,92	0,00	477,10	111,50	17,40	17,40
47	4,40	13,37	0,00	485,50	115,63	17,40	17,40
48	4,50	13,81	0,00	493,92	119,76	17,40	17,40
49	4,60	14,24	0,00	502,36	123,90	17,40	17,40
50	4,70	14,68	0,00	510,82	128,03	17,40	17,40
51	4,80	15,12	0,00	519,29	132,16	17,40	17,40
52	4,90	15,56	0,00	527,78	136,29	17,40	17,40
53	5,00	16,00	0,00	536,28	140,42	17,40	17,40
54	5,10	16,43	0,00	544,78	144,55	17,40	17,40
55	5,20	16,87	0,00	553,29	148,67	17,40	17,40
56	5,30	17,30	0,00	561,80	152,80	17,40	17,40
57	5,40	17,74	0,00	570,32	156,93	17,40	17,40
58	5,50	18,17	0,00	578,85	161,06	17,40	17,40
59	5,60	18,61	0,00	587,38	165,18	17,40	17,40
60	5,70	19,04	0,00	595,91	169,31	17,40	17,40
61	5,80	19,48	0,00	604,44	173,44	17,40	17,40
62	5,90	19,92	0,00	612,97	177,56	17,40	17,40
63	6,00	20,35	0,00	621,51	181,69	17,40	17,40
64	6,10	20,78	0,00	630,05	185,81	17,40	17,40
65	6,20	21,22	0,00	638,59	189,94	17,40	17,40
66	6,30	21,66	0,00	647,13	194,06	17,40	17,40
67	6,40	22,09	0,00	655,67	198,19	17,40	17,40
68	6,50	22,52	0,00	664,21	202,31	17,40	17,40
69	6,60	22,96	0,42	672,75	206,44	17,40	17,40
70	6,70	23,40	0,73	681,29	210,56	17,40	17,40
71	6,80	23,83	1,05	689,84	214,68	17,40	17,40
72	6,90	24,26	1,37	698,38	218,81	17,40	17,40
73	7,00	24,69	1,68	706,92	222,93	17,40	17,40

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{om} [kPa]	σ_{ov} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
74	7,10	25,13	2,00	715,46	227,05	17,40	17,40
75	7,20	25,57	2,32	724,01	231,18	17,40	17,40
76	7,30	26,01	2,64	732,55	235,30	17,40	17,40
77	7,40	26,44	2,95	741,09	239,42	17,40	17,40
78	7,50	26,88	3,27	749,63	243,54	17,40	17,40
79	7,60	27,31	3,59	758,17	247,67	17,40	17,40
80	7,70	27,74	3,91	766,72	251,79	17,40	17,40
81	7,80	28,19	4,23	775,26	255,91	17,40	17,40
82	7,90	28,62	4,54	783,80	260,03	17,40	17,40
83	8,00	29,05	4,86	792,34	264,16	17,40	17,40
84	8,10	29,49	5,18	800,88	268,28	17,40	17,40
85	8,20	29,93	5,50	809,42	272,40	17,40	17,40
86	8,30	30,36	5,82	817,96	276,52	17,40	17,40
87	8,40	30,80	6,14	826,50	280,64	17,40	17,40
88	8,50	31,24	6,46	835,04	284,76	17,40	17,40
89	8,60	31,67	6,78	843,58	288,89	17,40	17,40
90	8,70	32,10	7,10	852,12	293,01	17,40	17,40
91	8,80	32,55	7,41	860,66	297,13	17,40	17,40

Combinazione n° 7 - SLD

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{om} [kPa]	σ_{ov} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
1	0,00	1,92	0,00	0,00	0,00	13,30	13,30
2	0,10	2,86	0,00	7,57	0,00	13,30	13,30
3	0,20	3,80	0,00	15,14	0,00	13,30	13,30
4	0,30	4,74	0,00	22,72	0,00	13,30	13,30
5	0,40	5,68	0,00	30,29	0,00	13,30	13,30
6	0,50	6,61	0,00	37,86	0,00	13,30	13,30
7	0,60	7,55	0,00	45,43	0,00	13,30	13,30
8	0,70	8,49	0,00	53,01	0,00	13,30	13,30
9	0,80	9,43	0,00	60,58	0,00	13,30	13,30
10	0,90	10,37	0,00	68,15	0,00	13,30	13,30
11	1,00	11,31	0,00	75,72	0,00	13,30	13,30
12	1,10	12,25	0,00	83,30	0,00	13,30	13,30
13	1,20	13,19	0,00	90,87	0,00	13,30	13,30
14	1,30	14,12	0,00	98,44	0,00	13,30	13,30
15	1,40	15,06	0,00	106,01	0,00	13,30	13,30
16	1,50	16,00	0,00	113,59	0,00	13,30	13,30
17	1,60	16,94	0,00	121,16	0,00	13,30	13,30
18	1,70	17,88	0,00	128,73	0,00	13,30	13,30
19	1,80	18,82	0,00	136,30	0,00	13,30	13,30
20	1,90	19,76	0,00	143,88	0,00	13,30	13,30
21	2,00	20,59	0,00	150,70	0,00	13,30	13,30
22	2,10	21,22	0,00	156,01	0,00	13,30	13,30
23	2,20	21,74	0,00	160,58	0,00	13,30	13,30
24	2,30	22,26	0,00	165,14	0,00	13,30	13,30
25	2,40	22,78	0,00	169,70	0,00	13,30	13,30
26	2,50	23,30	0,00	174,25	0,00	13,30	13,30
27	2,60	23,82	0,00	178,81	0,00	13,30	13,30
28	2,70	24,34	0,00	183,36	0,00	13,30	13,30
29	2,80	24,87	0,00	187,91	0,00	13,30	13,30
30	2,90	25,36	0,00	192,23	0,00	13,30	13,30
31	2,98	25,73	0,00	195,41	0,00	13,30	13,30
32	3,00	16,74	0,00	288,82	56,26	13,30	13,30
33	3,02	6,46	0,00	382,14	57,41	17,40	17,40
34	3,10	7,43	0,00	385,53	61,99	17,40	17,40
35	3,20	7,90	0,00	390,98	65,94	17,40	17,40
36	3,30	8,39	0,00	397,53	70,09	17,40	17,40
37	3,40	8,86	0,00	404,63	74,24	17,40	17,40
38	3,50	9,33	0,00	412,10	78,38	17,40	17,40
39	3,60	9,79	0,00	419,82	82,53	17,40	17,40
40	3,70	10,25	0,00	427,73	86,67	17,40	17,40
41	3,80	10,70	0,00	435,76	90,81	17,40	17,40
42	3,90	11,15	0,00	443,91	94,95	17,40	17,40
43	4,00	11,60	0,00	452,13	99,09	17,40	17,40
44	4,10	12,04	0,00	460,41	103,23	17,40	17,40
45	4,20	12,49	0,00	468,73	107,36	17,40	17,40
46	4,30	12,92	0,00	477,10	111,50	17,40	17,40
47	4,40	13,37	0,00	485,50	115,63	17,40	17,40
48	4,50	13,81	0,00	493,92	119,76	17,40	17,40
49	4,60	14,24	0,00	502,36	123,90	17,40	17,40
50	4,70	14,68	0,00	510,82	128,03	17,40	17,40
51	4,80	15,12	0,00	519,29	132,16	17,40	17,40
52	4,90	15,56	0,00	527,78	136,29	17,40	17,40
53	5,00	16,00	0,00	536,28	140,42	17,40	17,40
54	5,10	16,43	0,00	544,78	144,55	17,40	17,40
55	5,20	16,87	0,00	553,29	148,67	17,40	17,40
56	5,30	17,30	0,00	561,80	152,80	17,40	17,40
57	5,40	17,74	0,00	570,32	156,93	17,40	17,40
58	5,50	18,17	0,00	578,85	161,06	17,40	17,40
59	5,60	18,61	0,00	587,38	165,18	17,40	17,40
60	5,70	19,04	0,00	595,91	169,31	17,40	17,40
61	5,80	19,48	0,00	604,44	173,44	17,40	17,40
62	5,90	19,92	0,00	612,97	177,56	17,40	17,40
63	6,00	20,35	0,00	621,51	181,69	17,40	17,40
64	6,10	20,78	0,00	630,05	185,81	17,40	17,40
65	6,20	21,22	0,00	638,59	189,94	17,40	17,40
66	6,30	21,66	0,00	647,13	194,06	17,40	17,40
67	6,40	22,09	0,00	655,67	198,19	17,40	17,40
68	6,50	22,52	0,00	664,21	202,31	17,40	17,40
69	6,60	22,96	0,42	672,75	206,44	17,40	17,40
70	6,70	23,40	0,73	681,29	210,56	17,40	17,40
71	6,80	23,83	1,05	689,84	214,68	17,40	17,40
72	6,90	24,26	1,37	698,38	218,81	17,40	17,40

n°	Y [m]	σ_{am} [kPa]	σ_{av} [kPa]	σ_{dm} [kPa]	σ_{dv} [kPa]	δ_a [°]	δ_o [°]
73	7,00	24,69	1,68	706,92	222,93	17,40	17,40
74	7,10	25,13	2,00	715,46	227,05	17,40	17,40
75	7,20	25,57	2,32	724,01	231,18	17,40	17,40
76	7,30	26,01	2,64	732,55	235,30	17,40	17,40
77	7,40	26,44	2,95	741,09	239,42	17,40	17,40
78	7,50	26,88	3,27	749,63	243,54	17,40	17,40
79	7,60	27,31	3,59	758,17	247,67	17,40	17,40
80	7,70	27,74	3,91	766,72	251,79	17,40	17,40
81	7,80	28,19	4,23	775,26	255,91	17,40	17,40
82	7,90	28,62	4,54	783,80	260,03	17,40	17,40
83	8,00	29,05	4,86	792,34	264,16	17,40	17,40
84	8,10	29,49	5,18	800,88	268,28	17,40	17,40
85	8,20	29,93	5,50	809,42	272,40	17,40	17,40
86	8,30	30,36	5,82	817,96	276,52	17,40	17,40
87	8,40	30,80	6,14	826,50	280,64	17,40	17,40
88	8,50	31,24	6,46	835,04	284,76	17,40	17,40
89	8,60	31,67	6,78	843,58	288,89	17,40	17,40
90	8,70	32,10	7,10	852,12	293,01	17,40	17,40
91	8,80	32,55	7,41	860,66	297,13	17,40	17,40

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

n°	Tipo	Pa [kN]	Y _{Pa} [m]	Is [kN]	Y _{Is} [m]	Pw [kN]	Y _{Pw} [m]	Pp [kN]	Y _{Pp} [m]	Pc [kN]	Y _{Pc} [m]
1	SLU - STR	51,39	1,97	--	--	61,78	5,64	-124,56	4,37	11,39	8,30
2	SLU - GEO	47,25	1,97	--	--	61,78	5,64	-128,05	4,68	19,02	8,28
3	SLV - GEO	46,20	1,97	22,04	1,50	61,78	5,64	-183,78	4,99	53,75	8,25
4	SLE - Rara	39,06	1,97	--	--	61,78	5,64	-105,94	4,42	5,10	8,41
5	SLE - Frequente	39,06	1,97	--	--	61,78	5,64	-105,94	4,42	5,10	8,41
6	SLE - Quasi permanente	39,06	1,97	--	--	61,78	5,64	-105,94	4,42	5,10	8,41
7	SLD	38,90	1,97	5,76	1,50	61,78	5,64	-114,54	4,38	8,09	8,34

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	Rc [kN]	Y _{Rc} [m]	Rt [kN]	Y _{Rt} [m]	Rv [kN]	Y _{Rv} [m]	Rp [kN]	Y _{Rp} [m]
1	SLU - STR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	SLU - GEO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	SLV - GEO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	SLE - Rara	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	SLE - Frequente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	SLE - Quasi permanente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	SLD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	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 esprimere, espresso in [%]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]
1	SLU - STR	3,00	3,35	7,31	6,84	6,04
2	SLU - GEO	3,00	4,45	7,24	25,64	13,76
3	SLV - GEO	3,00	5,45	7,15	41,88	21,92
4	SLE - Rara	3,00	3,15	7,63	2,56	7,39
5	SLE - Frequente	3,00	3,15	7,63	2,56	7,39
6	SLE - Quasi permanente	3,00	3,15	7,63	2,56	7,39
7	SLD	3,00	3,25	7,43	4,27	7,65

Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	P _{P,med}	P _{L,med}	P _{P,min}	P _{L,min}	P _d	N	FS
----	------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	----------------	---	----

		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
--	--	------	------	------	------	------	------	--

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 [kNm]	Y _M [m]	T [kN]	Y _T [m]	N [kN]	Y _N [m]	
1	SLU - STR	90,81 0,00	4,35 8,80	56,29 -30,67	3,00 6,40	90,37 0,00	8,80 0,00	MAX MIN
2	SLU - GEO	102,75 0,00	4,70 0,00	52,15 -37,53	3,00 6,60	90,37 0,00	8,80 0,00	MAX MIN
3	SLV - GEO	175,01 0,00	5,05 8,80	73,14 -71,37	3,00 6,90	90,37 0,00	8,80 0,00	MAX MIN
4	SLE - Rara	68,27 0,00	4,30 8,80	43,96 -22,97	3,00 6,40	90,37 0,00	8,80 0,00	MAX MIN
5	SLE - Frequente	68,27 0,00	4,30 8,80	43,96 -22,97	3,00 6,40	90,37 0,00	8,80 0,00	MAX MIN
6	SLE - Quasi permanente	68,27 0,00	4,30 8,80	43,96 -22,97	3,00 6,40	90,37 0,00	8,80 0,00	MAX MIN
7	SLD	80,38 0,00	4,30 0,00	49,57 -26,92	3,00 6,40	90,37 0,00	8,80 0,00	MAX MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	U [cm]	Y _U [m]	V [cm]	Y _V [m]	
1	SLU - STR	0,6021 -0,0616	0,00 8,80	0,0030 0,0000	0,00 0,00	MAX MIN
2	SLU - GEO	0,8021 -0,0982	0,00 8,80	0,0030 0,0000	0,00 0,00	MAX MIN
3	SLV - GEO	1,7649 -0,2629	0,00 8,80	0,0030 0,0000	0,00 0,00	MAX MIN
4	SLE - Rara	0,4564 -0,0352	0,00 8,80	0,0030 0,0000	0,00 0,00	MAX MIN
5	SLE - Frequente	0,4564 -0,0352	0,00 8,80	0,0030 0,0000	0,00 0,00	MAX MIN
6	SLE - Quasi permanente	0,4564 -0,0352	0,00 8,80	0,0030 0,0000	0,00 0,00	MAX MIN
7	SLD	0,5281 -0,0479	0,00 8,80	0,0030 0,0000	0,00 0,00	MAX MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	SLU - STR	4,4000	0,6021
2	SLU - GEO	4,4000	0,8021
3	SLV - GEO	4,4000	1,7649
4	SLE - Rara	4,4000	0,4564
5	SLE - Frequente	4,4000	0,4564
6	SLE - Quasi permanente	4,4000	0,4564
7	SLD	4,4000	0,5281

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
S	Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kN]
R	Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kN]
W	Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kN]
T	Reazione tiranti espresso in [kN]
P	Reazione puntoni espresso in [kN]
V	Reazione vincoli espresso in [kN]
C	Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kN]
Y	Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
FS _{RIB}	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS _{SCO}	Fattore di sicurezza a scorrimento
I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.	
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.	

n°	Tipo	S Y [kN]	R Y [kN]	W Y [kN]	T Y [kN]	P Y [kN]	V Y [kN]	C Y [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	FS _{RIB}	FS _{SCO}
3	SLV - GEO	232,3711	698,9623	61,7829	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1048,6585	1505,3678	1.436	2.376

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS _{RIB}	FS _{SCO}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
		5,13	6,65	5,64	0,00	0,00	0,00	0,00				

Stabilità globale**Simbologia adottata**

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

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _C , Y _C [m]	R [m]	X _V , Y _V [m]	X _M , Y _M [m]	FS	R
2	SLU - GEO	0,00; 7,92	16,72	-12,67; -2,99	15,98; 2,96	1.936	1.100
3	SLV - GEO	0,00; 7,92	16,72	-12,67; -2,99	15,98; 2,96	1.798	1.200
7	SLD	0,00; 7,92	16,72	-12,67; -2,99	15,98; 2,96	2.079	1.200

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)	
Le strisce sono numerate da monte verso valle	
N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
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]
C _{tn} , C _{tt}	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Combinazione n° 3 - SLV - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	W [kN]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
1	3,0984	-47.86	0,82	26.10	10,0	2,9	(0,00; 0,00)
2	9,2113	-45.12	0,78	26.10	10,0	8,6	(0,00; 0,00)
3	14,7766	-42.50	0,75	26.10	10,0	13,8	(0,00; 0,00)
4	19,8626	-39.99	0,72	26.10	10,0	18,5	(0,00; 0,00)
5	24,5221	-37.56	0,69	26.10	10,0	22,9	(0,00; 0,00)
6	28,7966	-35.22	0,67	26.10	10,0	26,8	(0,00; 0,00)
7	32,7198	-32.94	0,66	26.10	10,0	30,5	(0,00; 0,00)
8	36,3190	-30.72	0,64	26.10	10,0	33,9	(0,00; 0,00)
9	39,6171	-28.54	0,63	26.10	10,0	36,9	(0,00; 0,00)
10	42,6328	-26.41	0,62	26.10	10,0	39,7	(0,00; 0,00)
11	45,3823	-24.32	0,60	26.10	10,0	42,3	(0,00; 0,00)
12	47,8790	-22.27	0,60	26.10	10,0	44,6	(0,00; 0,00)
13	50,1344	-20.24	0,59	26.10	10,0	46,7	(0,00; 0,00)
14	52,1583	-18.24	0,58	26.10	10,0	48,6	(0,00; 0,00)
15	53,9591	-16.27	0,57	26.10	10,0	50,3	(0,00; 0,00)
16	55,5437	-14.31	0,57	26.10	10,0	51,8	(0,00; 0,00)
17	56,9183	-12.37	0,56	26.10	10,0	53,1	(0,00; 0,00)
18	58,0878	-10.44	0,56	26.10	10,0	54,1	(0,00; 0,00)
19	59,0564	-8.53	0,56	26.10	10,0	55,0	(0,00; 0,00)
20	59,8274	-6.62	0,55	26.10	10,0	55,8	(0,00; 0,00)
21	60,4034	-4.73	0,55	26.10	10,0	56,3	(0,00; 0,00)
22	60,7864	-2.83	0,55	26.10	10,0	56,7	(0,00; 0,00)
23	60,9776	-0.94	0,55	26.10	10,0	56,8	(0,00; 0,00)
24	93,9793	0.98	0,57	26.10	10,0	66,6	(0,00; 0,00)
25	94,8328	2.93	0,57	26.10	10,0	66,4	(0,00; 0,00)
26	95,4731	4.89	0,57	26.10	10,0	66,1	(0,00; 0,00)
27	95,8988	6.86	0,57	26.10	10,0	65,5	(0,00; 0,00)
28	96,1075	8.83	0,58	26.10	10,0	64,7	(0,00; 0,00)
29	96,0962	10.82	0,58	26.10	10,0	63,7	(0,00; 0,00)
30	95,8608	12.82	0,59	26.10	10,0	62,6	(0,00; 0,00)
31	95,3964	14.83	0,59	26.10	10,0	61,2	(0,00; 0,00)
32	94,6969	16.86	0,60	26.10	10,0	59,6	(0,00; 0,00)
33	93,7550	18.92	0,60	26.10	10,0	57,8	(0,00; 0,00)
34	92,5622	21.00	0,61	26.10	10,0	55,8	(0,00; 0,00)
35	91,1084	23.11	0,62	26.10	10,0	53,5	(0,00; 0,00)
36	89,3814	25.25	0,63	26.10	10,0	51,0	(0,00; 0,00)
37	87,3672	27.44	0,64	26.10	10,0	48,2	(0,00; 0,00)
38	85,0489	29.66	0,66	26.10	10,0	45,2	(0,00; 0,00)
39	82,4066	31.94	0,67	26.10	10,0	41,8	(0,00; 0,00)
40	79,4161	34.27	0,69	26.10	10,0	38,2	(0,00; 0,00)
41	76,0484	36.68	0,71	26.10	10,0	34,2	(0,00; 0,00)
42	72,2679	39.16	0,74	26.10	10,0	29,8	(0,00; 0,00)
43	68,0303	41.73	0,76	26.10	10,0	25,1	(0,00; 0,00)
44	63,2792	44.40	0,80	26.10	10,0	19,8	(0,00; 0,00)
45	57,9420	47.21	0,84	26.10	10,0	14,1	(0,00; 0,00)
46	52,1032	50.18	0,89	20.00	0,0	7,7	(0,00; 0,00)
47	45,8341	53.34	0,96	20.00	0,0	0,6	(0,00; 0,00)
48	38,6330	56.76	1,04	20.00	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
49	30,2036	60.54	1,16	20.00	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
50	20,0425	64.82	1,34	20.00	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
51	7,2238	69.63	1,64	20.00	0,0	0,0	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia = 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 3063,6662$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 539,4926$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 1476,4401$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.58$

Verifica armatura paratia (Involuppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

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

n° - Tipo	Y	A _f	M	N	M _u	N _u	F _s
	[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
3 - SLV - GEO	5,05	45,80	210,02	62,23	587,50	174,09	2.797

Verifica a taglio

Simbologia adottata

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

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato $B = 68,28$ cm

n° - Tipo	Y	A _{sw}	s	V _{Ed}	V _{Rd}	F _s	cotgθ
	[m]	[cmq]	[cm]	[kN]	[kN]		
3 - SLV - GEO	3,00	1,57	20,00	87,77	451,43	5.143	2,50

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f	area di armatura espressa in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_f	tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A _f	σ _c	cmb	σ _f	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
45,80	2895	7	69715	4

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

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

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M _f	s	ε _{sm}	w _{lim}	w _k
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	7 - SLD	4,30	96,46	190,43	0,000	0.0000	0,300	0,000

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.)

$B=120,00$ [cm]	$H=80,00$ [cm]		
$A_{fv}=30,16$ [cmq]	$A_{fh}=26,14$ [cmq]	Staffe $\phi 16/25$	$N_{bh}=2 - N_{bv}=2$
$M_h=98,27$ [kNm]	$M_{uh}=1337,15$ [kNm]	$FS=13.61$	
$T_h=81,89$ [kN]	$T_{Rh}=1656,93$ [kN]	$FS_T=20.23$	$\cotg\theta_h=2.50$
$M_v=16,95$ [kNm]	$M_{uv}=873,47$ [kNm]	$FS=51.54$	
$T_v=28,24$ [kN]	$T_R=1090,46$ [kN]	$FS_{TV}=38.61$	$\cotg\theta_v=2.50$

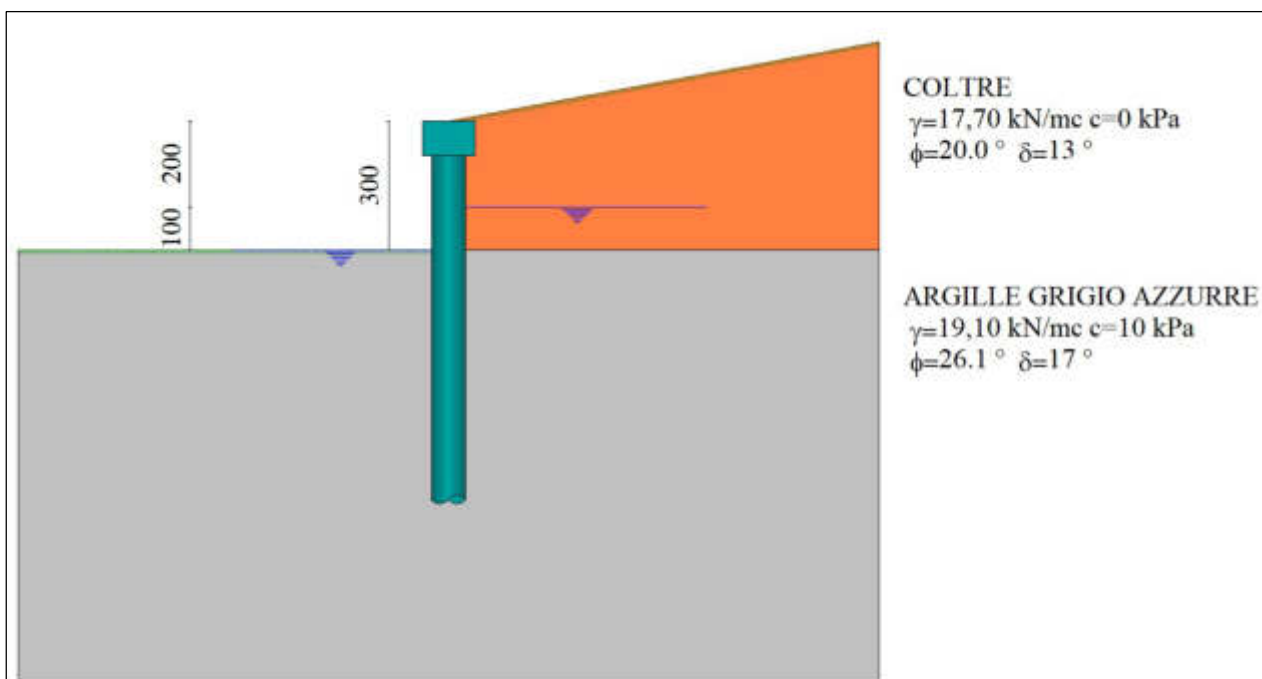


Fig. 8 – Schema di calcolo

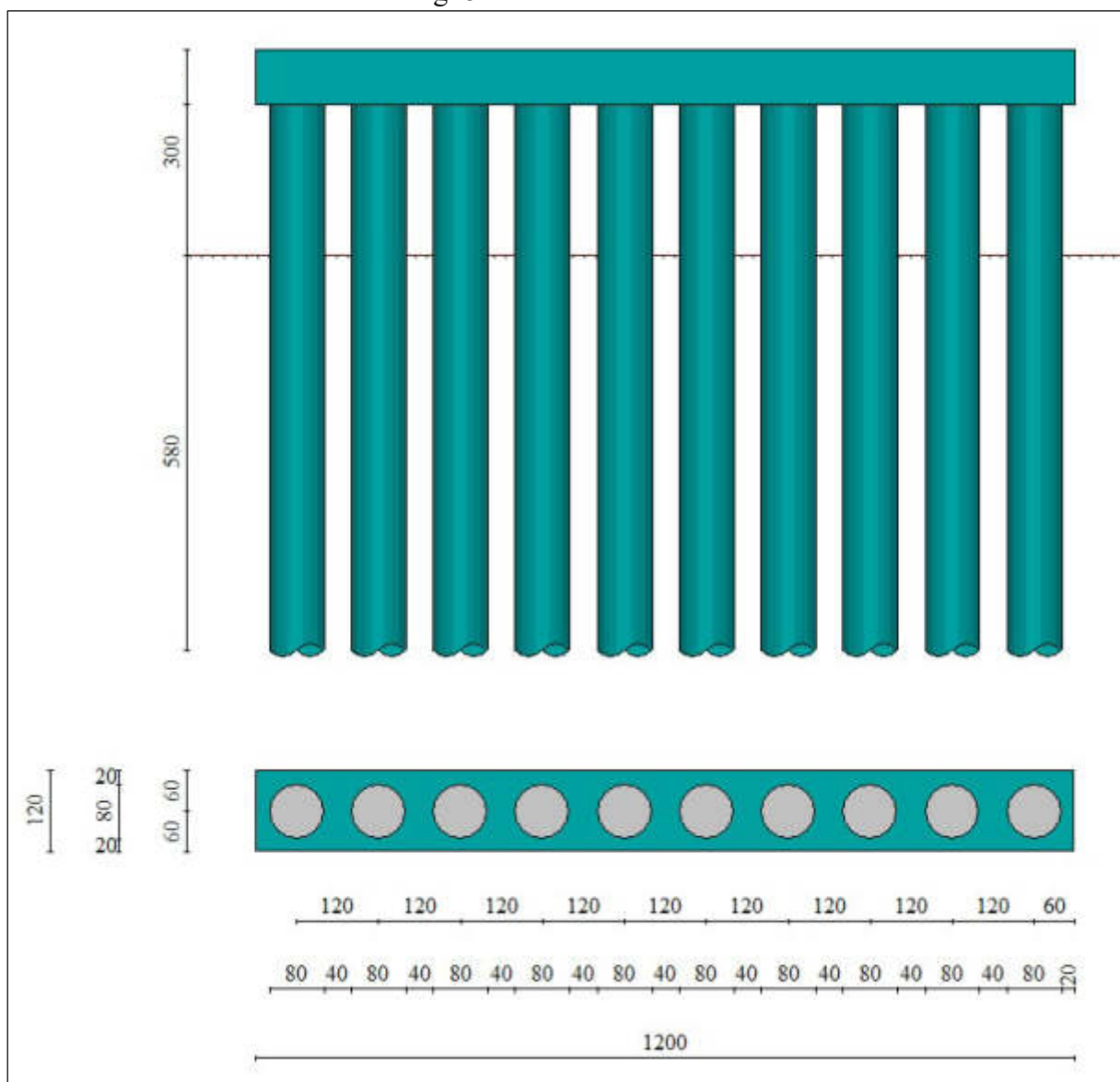


Fig. 9 – Pianta e prospetto

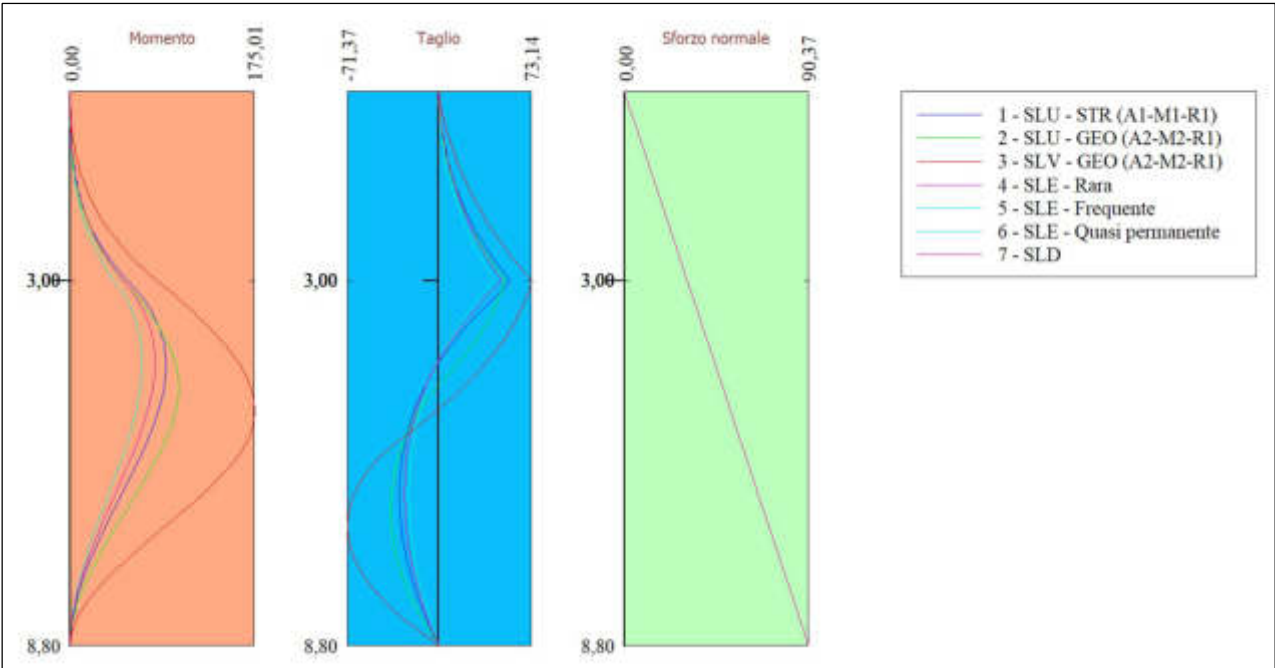


Fig. 10 – Involuppo del momento, del taglio e dello sforzo normale

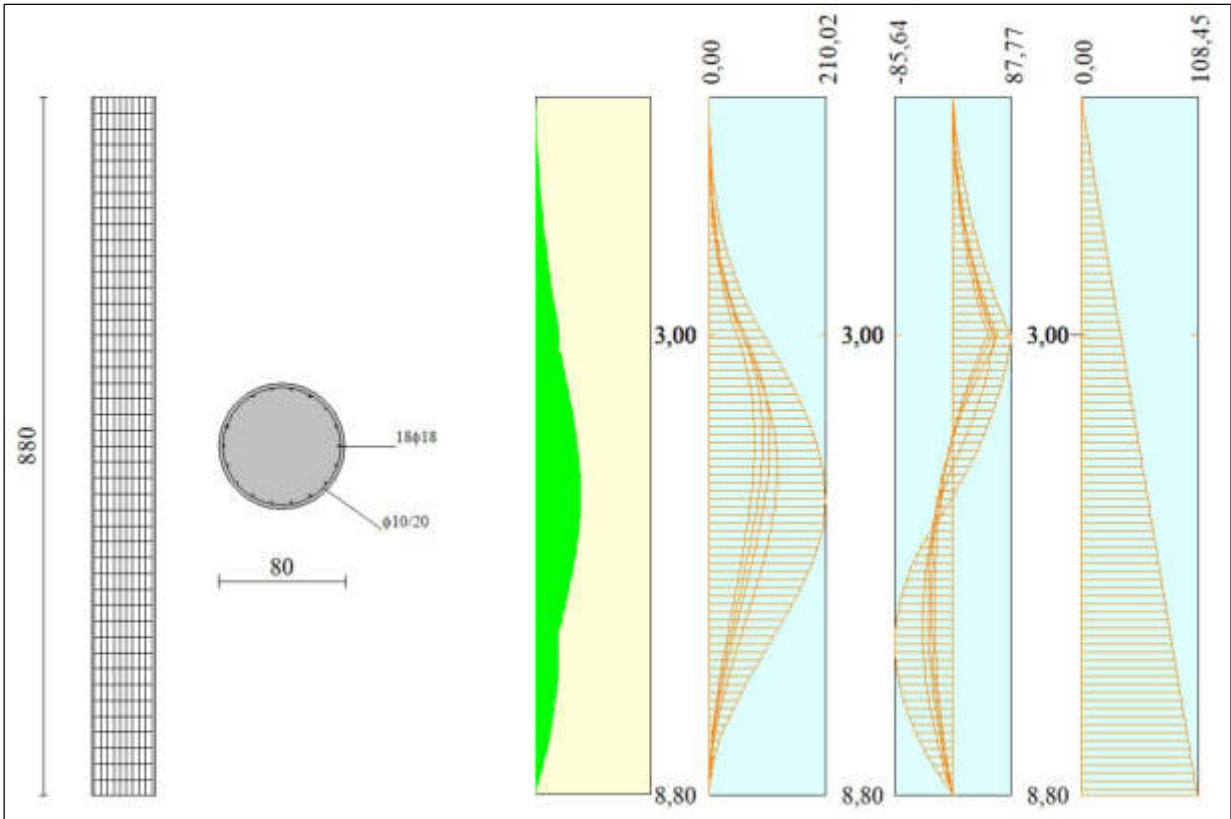


Fig. 11 – Armatura del palo - Diagramma di impegno della sezione e involucro del momento, del taglio e dello sforzo normale

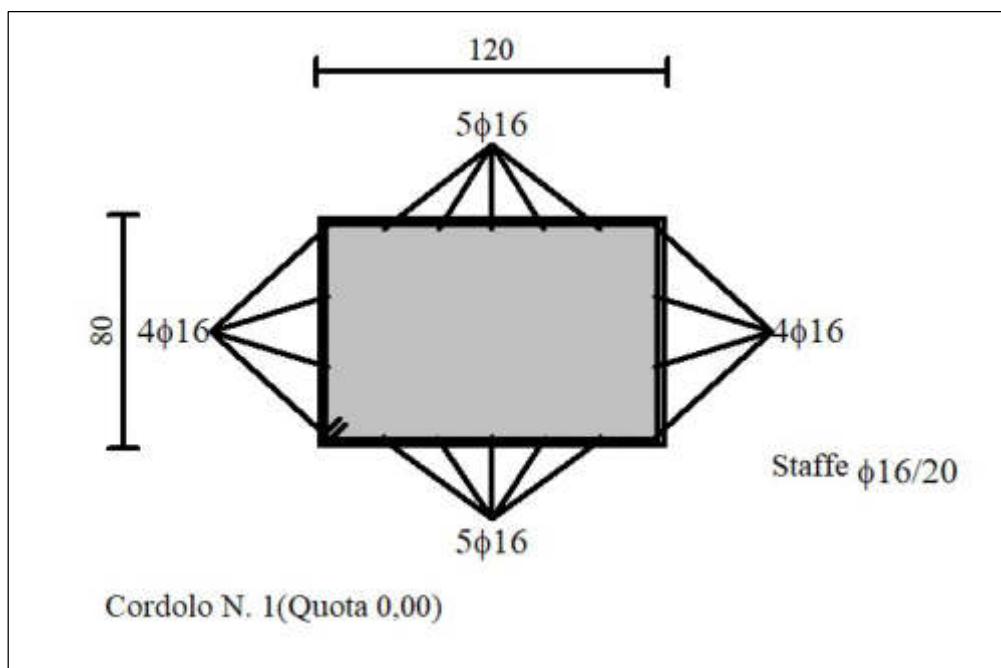


Fig. 12 – Armatura del cordolo

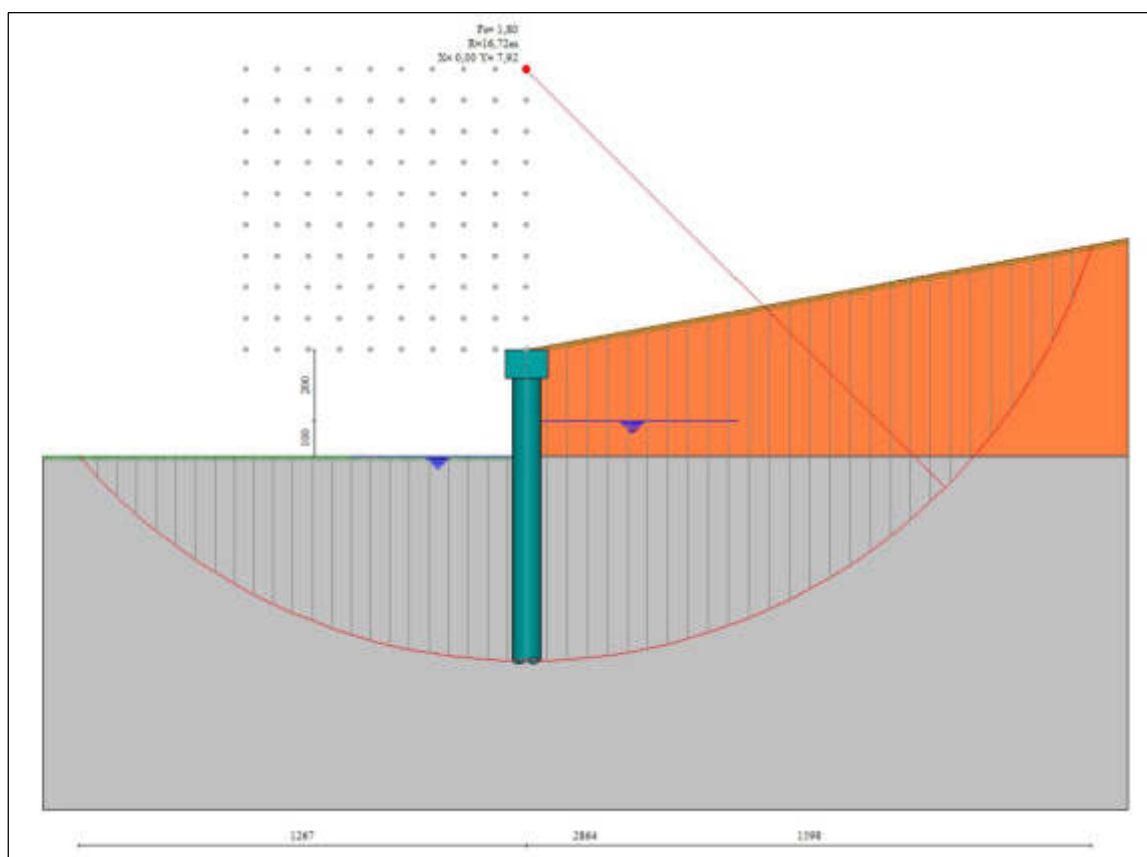


Fig. 13 – Verifica di stabilità globale

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

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

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

Tipo di analisi svolta

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

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

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

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	PRO-GEO PROGETTAZIONE GEOTECNICA
Licenza	AIU6291JD

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

Il progettista
()