Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

COMUNE DI MONTALTO UFFUGO

(Provincia di Cosenza)

OGGETTO:

MESSA IN SICUREZZA DI UN TRATTO DI STRADA DI S. MARIA LA CASTAGNA INTERESSATO DA UN MOVIMENTO FRANOSO

PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO

TAV. B. 04	ELABORATO
Montalto Uffugo - febbraio 2022	RELAZIONE VERIFICA DI STABILITA' ANTE E POST OPERAM

R.U.P. :

Ing. Massimiliano Costanzo

Geologo:

Dott. Geol. Giorgio Canonaco

Progettista :

Ing. Luciano Corniola

VERIFICA DI STABILITA'

SEZ. 1

ANTE-OPERAM

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).

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.20**.
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 x cos(α)
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
$\mathbf{E_s}$, $\mathbf{E_d}$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$\mathbf{X_s}$, $\mathbf{X_d}$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$\mathbf{E_a}$, $\mathbf{E_b}$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
Δ**X**	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\mathbf{\Delta X = X_d - X_s}$
Δ**E**	variazione delle forze normali sulla striscia $\mathbf{\Delta E = E_d - E_s}$

Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\Sigma[\, c_i\, b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i\, b_i)\, tg\phi_i \,]}{\Sigma_i\, [\, W_i \tan\alpha_i \,]}$$

dove il termine $\mathbf{N_i}$ è espresso da

$$N_i = [\, W_i - c_i\, l_i \sin\alpha_i / \eta + u_i\, l_i \tan\phi \sin\alpha_i / F \,] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos\alpha + (\sin\alpha \tan\phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, $\mathbf{b_i}$ e $\mathbf{\alpha_i}$ sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia $\mathbf{i_{esima}}$ rispetto all'orizzontale, $\mathbf{W_i}$ è il peso della striscia $\mathbf{i_{esima}}$, $\mathbf{c_i}$ e $\mathbf{\phi_i}$ sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed $\mathbf{u_i}$ è la pressione neutra lungo la base della striscia.
L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.
La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

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

n°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ'	c'
		[kg/mc]	*[kg/mc]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	Copertura	1800	2000	14.00	0,010
2	Argilla limosa sabbiosa	1800	2000	14.00	0,010
3	Argilla limosa	2000	2100	26.80	0,270

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	Y
	[m]	*[m]*
1	0,00	25,21
2	3,28	26,11
3	7,03	26,88
4	9,71	27,81
5	11,77	28,22
6	17,05	28,42
7	21,03	29,86
8	22,89	31,37
9	24,53	31,91
10	31,43	32,68
11	36,16	34,12
12	40,46	35,08
13	42,97	35,55

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° 3 (Argilla limosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	0,00	21,50
2	0,00	0,00
3	42,97	0,00
4	42,97	31,60
5	25,00	27,50
6	14,03	24,80

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

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	42,97	33,75
2	42,97	35,55
3	40,46	35,08
4	36,16	34,12
5	31,43	32,68

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
6	24,53	31,91
7	22,89	31,37
8	21,03	29,86
9	17,05	28,42
10	11,77	28,22
11	9,71	27,81
12	7,03	26,88
13	3,28	26,11
14	0,00	25,21
15	0,00	23,46
16	12,20	26,47
17	17,50	27,23
18	24,68	29,87

Strato N° **3** costituito da terreno n° 2 (Argilla limosa sabbiosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	42,97	31,60
2	42,97	33,75
3	24,68	29,87
4	17,50	27,23
5	12,20	26,47
6	0,00	23,46
7	0,00	21,50
8	14,03	24,80
9	25,00	27,50

Dati zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine	39.394277
Longitudine	16.130063
Comune	Montalto Uffugo
Provincia	Cosenza
Regione	Calabria
Punti di interpolazione del reticolo	39446 - 39445 - 39667 - 39668

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	75 anni
Accelerazione al suolo a_g	2.836 [m/s^2]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.44
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.39
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.37
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione pendio naturale (β_s)	0.28
Coefficiente riduzione fronti di scavo (β_s)	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Pendio naturale	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$ = 13.27
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 6.63
Fronti di scavo	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$ = 18.01
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 9.00

Dati normativa

Normativa :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 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	$\gamma_{c'}$	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	Y
	[m]	*[m]*
1	7,08	26,90
2	11,13	26,85
3	18,22	27,06
4	23,53	27,74
5	28,99	28,75
6	33,02	29,72
7	35,38	31,32
8	36,26	34,14

Opzioni di calcolo

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

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.
Le superfici sono state analizzate per i casi:
- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

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

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	6
Coefficiente di sicurezza minimo	0.647
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS_{min}	S_{min}	FS_{max}	S_{max}
JANBU	6	0.647	1	1.211	6

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
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]
F_s	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C_x	C_y	R	x_v	x_m	V	F_s	Caso	Sisma
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[mc]*			
1	G	--	--	--	7,08	36,26	69,91	0.647 (J)	[A2M2]	H+V
2	G	--	--	--	7,08	36,26	69,91	0.691 (J)	[A2M2]	H-V
3	G	--	--	--	7,08	36,26	69,91	0.748 (J)	[PC]	H+V
4	G	--	--	--	7,08	36,26	69,91	0.776 (J)	[PC]	H-V
5	G	--	--	--	7,08	36,26	69,91	0.969 (J)	[A2M2]	--
6	G	--	--	--	7,08	36,26	69,91	1.211 (J)	[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 kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E_s, E_d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X_s, X_d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
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	29	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X_v[m]= 7,08	Y_v[m]= 26,90
Intersezione a monte con il profilo topografico	X_m[m]= 36,26	Y_m[m]= 34,14
Coefficiente di sicurezza	F_S= 0.647	

Geometria e caratteristiche strisce

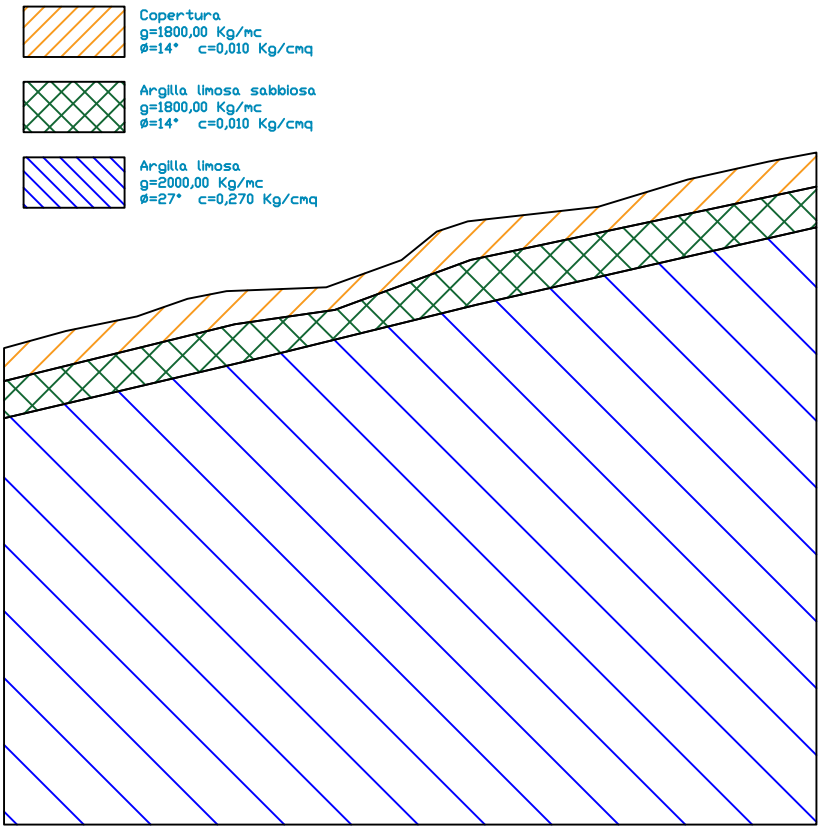
N°	X_s	Y_{ss}	Y_{si}	X_d	Y_{ds}	Y_{di}	X_g	Y_g	L	α	ϕ	c
	[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	7,08	26,90	26,90	8,40	27,35	26,88	7,96	27,05	1,31	-0,69	14.00	0,01
2	8,40	27,35	26,88	9,71	27,81	26,87	9,13	27,24	1,31	-0,69	14.00	0,01
3	9,71	27,81	26,87	11,13	28,09	26,85	10,45	27,41	1,42	-0,69	14.00	0,01
4	11,13	28,09	26,85	11,77	28,22	26,87	11,45	27,51	0,64	1,70	14.00	0,01
5	11,77	28,22	26,87	12,20	28,24	26,88	11,99	27,55	0,43	1,70	14.00	0,01
6	12,20	28,24	26,88	13,41	28,28	26,92	12,81	27,58	1,21	1,70	14.00	0,01
7	13,41	28,28	26,92	14,62	28,33	26,95	14,02	27,62	1,21	1,70	14.00	0,01
8	14,62	28,33	26,95	15,84	28,37	26,99	15,23	27,66	1,21	1,70	14.00	0,01
9	15,84	28,37	26,99	17,05	28,42	27,03	16,44	27,70	1,21	1,70	14.00	0,01
10	17,05	28,42	27,03	17,50	28,58	27,04	17,28	27,77	0,45	1,70	14.00	0,01
11	17,50	28,58	27,04	18,22	28,84	27,06	17,87	27,88	0,72	1,70	14.00	0,01
12	18,22	28,84	27,06	19,63	29,35	27,24	18,94	28,13	1,42	7,30	14.00	0,01
13	19,63	29,35	27,24	21,03	29,86	27,42	20,34	28,47	1,42	7,30	14.00	0,01
14	21,03	29,86	27,42	21,96	30,62	27,54	21,51	28,87	0,94	7,30	14.00	0,01
15	21,96	30,62	27,54	22,89	31,37	27,66	22,44	29,30	0,94	7,30	14.00	0,01
16	22,89	31,37	27,66	23,53	31,58	27,74	23,21	29,59	0,65	7,30	14.00	0,01
17	23,53	31,58	27,74	24,53	31,91	27,92	24,03	29,79	1,02	10,48	14.00	0,01
18	24,53	31,91	27,92	25,00	31,96	28,01	24,76	29,95	0,48	10,48	14.00	0,01
19	25,00	31,96	28,01	26,33	32,11	28,26	25,66	30,09	1,35	10,48	14.00	0,01
20	26,33	32,11	28,26	27,66	32,26	28,50	26,99	30,28	1,35	10,48	14.00	0,01
21	27,66	32,26	28,50	28,99	32,41	28,75	28,32	30,48	1,35	10,48	14.00	0,01
22	28,99	32,41	28,75	30,21	32,54	29,04	29,60	30,69	1,25	13,53	14.00	0,01
23	30,21	32,54	29,04	31,43	32,68	29,34	30,82	30,90	1,25	13,53	14.00	0,01
24	31,43	32,68	29,34	32,23	32,92	29,53	31,83	31,12	0,82	13,53	14.00	0,01
25	32,23	32,92	29,53	33,02	33,16	29,72	32,62	31,33	0,82	13,53	14.00	0,01
26	33,02	33,16	29,72	34,20	33,52	30,52	33,60	31,73	1,43	34,14	14.00	0,01
27	34,20	33,52	30,52	35,38	33,88	31,32	34,77	32,30	1,43	34,14	14.00	0,01
28	35,38	33,88	31,32	36,16	34,12	33,83	35,67	33,11	2,63	72,74	14.00	0,01
29	36,16	34,12	33,83	36,26	34,14	34,14	36,19	34,03	0,32	72,74	14.00	0,01

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

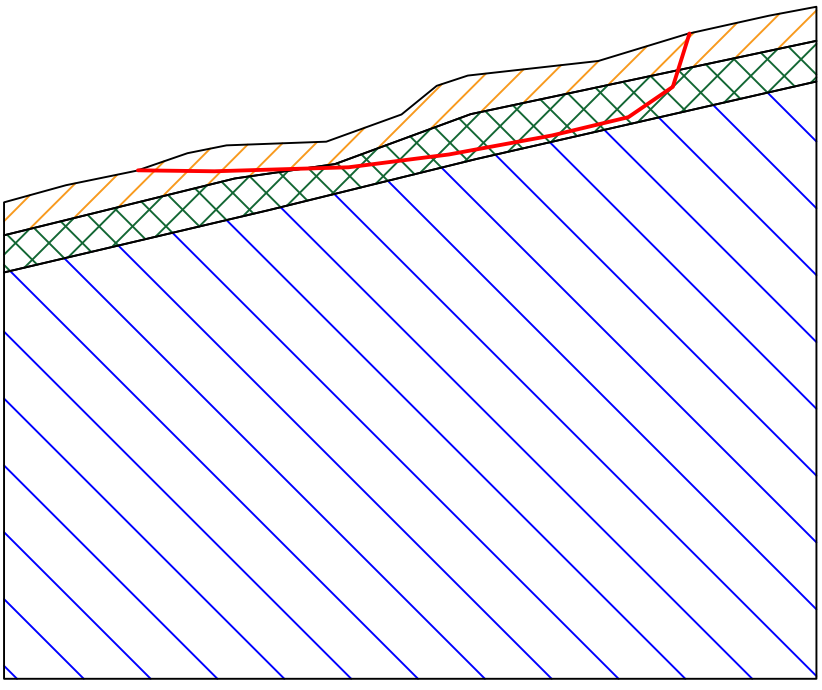
N°	W	Q	N	T	U	E_s	E_d	X_s	X_d	ID
	[kg]	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	
1	557	0	512	400	0	0	306	0	0	
2	1672	0	1531	793	0	306	816	0	0	
3	2793	0	2556	1205	0	816	1549	0	0	
4	1494	0	1342	616	0	1549	1856	0	0	
5	1047	0	941	429	0	1856	2068	0	0	
6	2967	0	2665	1215	0	2068	2669	0	0	
7	2989	0	2685	1222	0	2669	3273	0	0	
8	3011	0	2705	1230	0	3273	3881	0	0	
9	3033	0	2724	1238	0	3881	4491	0	0	
10	1190	0	1069	482	0	4491	4726	0	0	
11	2156	0	1937	858	0	4726	5138	0	0	
12	4925	0	4279	1868	0	5138	5561	0	0	
13	5756	0	5005	2148	0	5561	6019	0	0	
14	4617	0	4019	1694	0	6019	6358	0	0	
15	5682	0	4949	2053	0	6358	6742	0	0	
16	4350	0	3791	1561	0	6742	7025	0	0	
17	7043	0	6057	2492	0	7025	7105	0	0	
18	3357	0	2887	1187	0	7105	7142	0	0	
19	9341	0	8033	3305	0	7142	7249	0	0	
20	9107	0	7831	3227	0	7249	7358	0	0	
21	8873	0	7629	3149	0	7358	7469	0	0	
22	7859	0	6689	2772	0	7469	7184	0	0	
23	7514	0	6393	2658	0	7184	6919	0	0	
24	4820	0	4100	1707	0	6919	6751	0	0	
25	4892	0	4162	1731	0	6751	6578	0	0	
26	6847	0	5850	2475	0	6578	4111	0	0	
27	5911	0	5034	2160	0	4111	2010	0	0	
28	2002	0	2156	1238	0	2010	-42	0	0	
29	25	0	-38	36	0	-42	0	0	0	

VERIFICA DI STABILITA' Ante Operam - sez.1

Modello Geotecnico



SUPERFICIE 1	
JANBU	0.647



VERIFICA DI STABILITA'

SEZ. 1

POST-OPERAM

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).

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.20**.
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 x cos(α)
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
$\mathbf{E_s}$, $\mathbf{E_d}$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$\mathbf{X_s}$, $\mathbf{X_d}$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$\mathbf{E_a}$, $\mathbf{E_b}$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
Δ**X**	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\mathbf{\Delta X = X_d - X_s}$
Δ**E**	variazione delle forze normali sulla striscia $\mathbf{\Delta E = E_d - E_s}$

Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\Sigma[\, c_i\, b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i\, b_i)\, tg\phi_i \,]}{\Sigma_i\, [\, W_i \tan\alpha_i \,]}$$

dove il termine $\mathbf{N_i}$ è espresso da

$$N_i = [\, W_i - c_i\, l_i \sin\alpha_i / \eta + u_i\, l_i \tan\phi \sin\alpha_i / F \,] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos\alpha + (\sin\alpha \tan\phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, $\mathbf{b_i}$ e $\mathbf{\alpha_i}$ sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia $\mathbf{i_{esima}}$ rispetto all'orizzontale, $\mathbf{W_i}$ è il peso della striscia $\mathbf{i_{esima}}$, $\mathbf{c_i}$ e $\mathbf{\phi_i}$ sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed $\mathbf{u_i}$ è la pressione neutra lungo la base della striscia.
L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.
La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

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

n°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ'	c'
		[kg/mc]	*[kg/mc]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	Copertura	1800	2000	14.00	0,010
2	Argilla limosa sabbiosa	1800	2000	14.00	0,010
3	Argilla limosa	2000	2100	26.80	0,270

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	Y
	[m]	*[m]*
1	0,00	25,21
2	3,28	26,11
3	7,03	26,88
4	9,71	27,81
5	11,77	28,22
6	17,05	28,42
7	19,42	30,90
8	22,89	31,37
9	24,53	31,91
10	31,43	32,68
11	36,16	34,12
12	40,46	35,08
13	42,97	35,55

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° 3 (Argilla limosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	0,00	21,50
2	0,00	0,00
3	42,97	0,00
4	42,97	31,60
5	25,00	27,50
6	14,03	24,80

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

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	42,97	33,75
2	42,97	35,55
3	40,46	35,08
4	36,16	34,12
5	31,43	32,68

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
6	24,53	31,91
7	22,89	31,37
8	19,42	30,90
9	17,05	28,42
10	11,77	28,22
11	9,71	27,81
12	7,03	26,88
13	3,28	26,11
14	0,00	25,21
15	0,00	23,46
16	12,20	26,47
17	17,50	27,23
18	24,68	29,87

Strato N° **3** costituito da terreno n° 2 (Argilla limosa sabbiosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	42,97	31,60
2	42,97	33,75
3	24,68	29,87
4	17,50	27,23
5	12,20	26,47
6	0,00	23,46
7	0,00	21,50
8	14,03	24,80
9	25,00	27,50

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

Muro con 1 file di pali - Muro di sostegno

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	19,41	m
Altezza paramento	2,50	m
Spessore in testa	0,40	m
Inclinazione esterna	0,000	
Inclinazione interna	0,000	
Spessore alla base	0,40	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,30	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,30	m
Lunghezza fondazione totale	1,00	m
Spessore fondazione	1,00	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	305	kg/cmq
Percentuale di armatura zona tesa	0,56	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,56	%
Altezza di scavo	2,50	m

Pali del muro

Fila di pali n° 1 - Pali

Posizione rispetto alla testa (positiva verso destra)	-0,20	m
Lunghezza pali	10,00	m
Diametro pali	0,80	m
Interasse pali	1,00	m
Ascissa rispetto allo spigolo di monte della fondazione	19,21	m
Percentuale di armatura	1,44	%
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	305	kg/cmq

Dati zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine	39.394277
Longitudine	16.130063
Comune	Montalto Uffugo
Provincia	Cosenza
Regione	Calabria
Punti di interpolazione del reticolo	39446 - 39445 - 39667 - 39668

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	75 anni
Accelerazione al suolo a_g	2.836 [m/s^2]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.44
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.39
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.37
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione pendio naturale (β_s)	0.28
Coefficiente riduzione fronti di scavo (β_s)	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Pendio naturale	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$ = 13.27
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 6.63
Fronti di scavo	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$ = 18.01
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 9.00

Dati normativa

Normativa :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 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	$\gamma_{c'}$	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	Y
	[m]	*[m]*
1	7,08	26,90
2	11,13	26,85
3	18,22	27,06
4	23,53	27,74
5	28,99	28,75
6	33,02	29,72
7	35,38	31,32
8	36,26	34,14

Opzioni di calcolo

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

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.
Le superfici sono state analizzate per i casi:
- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

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

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	4
Coefficiente di sicurezza minimo	1.602
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS_{min}	S_{min}	FS_{max}	S_{max}
JANBU	4	1.602	1	2.454	4

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
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]
F_s	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C_x	C_y	R	x_v	x_m	V	F_s	Caso	Sisma
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[mc]*			
1	G	--	--	--	7,08	36,26	72,32	1.602 (J)	[A2M2]	H-V
2	G	--	--	--	7,08	36,26	72,32	1.743 (J)	[A2M2]	H+V
3	G	--	--	--	7,08	36,26	72,32	2.158 (J)	[PC]	H-V
4	G	--	--	--	7,08	36,26	72,32	2.454 (J)	[PC]	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 kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E_s, E_d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X_s, X_d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	29	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X_v[m]= 7,08	Y_v[m]= 26,90
Intersezione a monte con il profilo topografico	X_m[m]= 36,26	Y_m[m]= 34,14
Coefficiente di sicurezza	F_S= 1.602	

Geometria e caratteristiche strisce

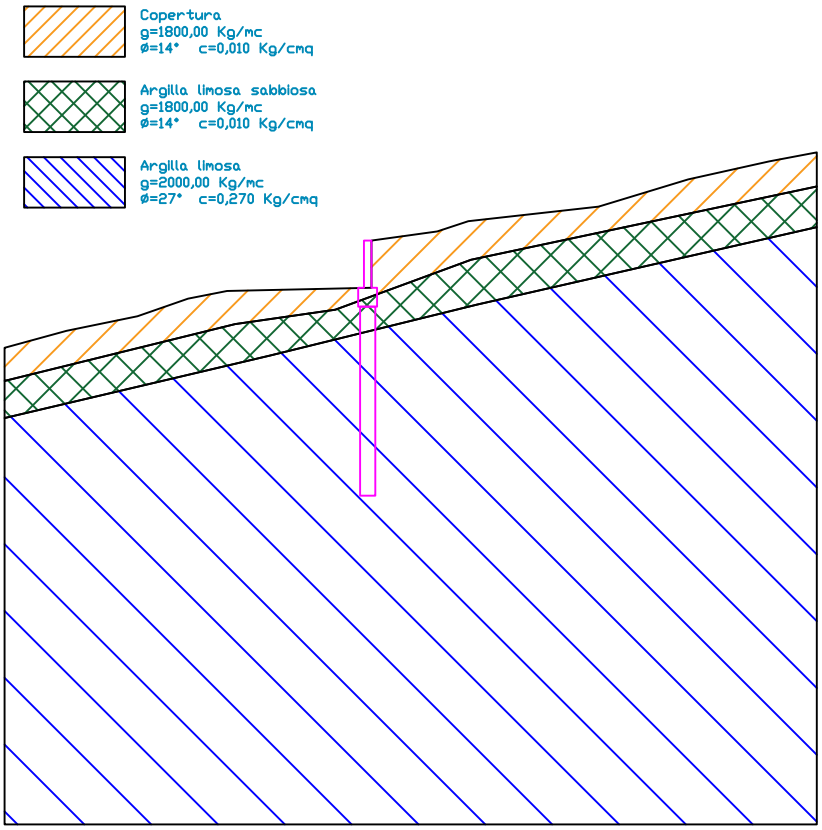
N°	X_s	Y_{ss}	Y_{si}	X_d	Y_{ds}	Y_{di}	X_g	Y_g	L	α	ϕ	c
	[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	7,08	26,90	26,90	8,40	27,35	26,88	7,96	27,05	1,31	-0,69	14.00	0,01
2	8,40	27,35	26,88	9,71	27,81	26,87	9,13	27,24	1,31	-0,69	14.00	0,01
3	9,71	27,81	26,87	11,13	28,09	26,85	10,45	27,41	1,42	-0,69	14.00	0,01
4	11,13	28,09	26,85	11,77	28,22	26,87	11,45	27,51	0,64	1,70	14.00	0,01
5	11,77	28,22	26,87	12,20	28,24	26,88	11,99	27,55	0,43	1,70	14.00	0,01
6	12,20	28,24	26,88	13,55	28,29	26,92	12,88	27,58	1,35	1,70	14.00	0,01
7	13,55	28,29	26,92	14,90	28,34	26,96	14,22	27,63	1,35	1,70	14.00	0,01
8	14,90	28,34	26,96	16,25	28,39	27,00	15,57	27,67	1,35	1,70	14.00	0,01
9	16,25	28,39	27,00	17,50	28,39	27,04	16,87	27,70	1,25	1,70	14.00	0,01
10	17,50	28,39	27,04	18,22	28,39	27,06	17,86	27,72	0,72	1,70	14.00	0,01
11	18,22	28,39	27,06	19,41	28,39	27,21	18,80	27,76	1,20	7,30	14.00	0,01
12	19,41	30,89	27,21	19,42	30,90	27,21	19,42	29,05	0,01	7,30	14.00	0,01
13	19,42	30,90	27,21	20,58	31,06	27,36	20,00	29,13	1,17	7,30	14.00	0,01
14	20,58	31,06	27,36	21,73	31,21	27,51	21,16	29,29	1,17	7,30	14.00	0,01
15	21,73	31,21	27,51	22,89	31,37	27,66	22,31	29,44	1,17	7,30	14.00	0,01
16	22,89	31,37	27,66	23,53	31,58	27,74	23,21	29,59	0,65	7,30	14.00	0,01
17	23,53	31,58	27,74	24,53	31,91	27,92	24,03	29,79	1,02	10,48	14.00	0,01
18	24,53	31,91	27,92	25,00	31,96	28,01	24,76	29,95	0,48	10,48	14.00	0,01
19	25,00	31,96	28,01	26,33	32,11	28,26	25,66	30,09	1,35	10,48	14.00	0,01
20	26,33	32,11	28,26	27,66	32,26	28,50	26,99	30,28	1,35	10,48	14.00	0,01
21	27,66	32,26	28,50	28,99	32,41	28,75	28,32	30,48	1,35	10,48	14.00	0,01
22	28,99	32,41	28,75	30,21	32,54	29,04	29,60	30,69	1,25	13,53	14.00	0,01
23	30,21	32,54	29,04	31,43	32,68	29,34	30,82	30,90	1,25	13,53	14.00	0,01
24	31,43	32,68	29,34	32,23	32,92	29,53	31,83	31,12	0,82	13,53	14.00	0,01
25	32,23	32,92	29,53	33,02	33,16	29,72	32,62	31,33	0,82	13,53	14.00	0,01
26	33,02	33,16	29,72	34,20	33,52	30,52	33,60	31,73	1,43	34,14	14.00	0,01
27	34,20	33,52	30,52	35,38	33,88	31,32	34,77	32,30	1,43	34,14	14.00	0,01
28	35,38	33,88	31,32	36,16	34,12	33,83	35,67	33,11	2,63	72,74	14.00	0,01
29	36,16	34,12	33,83	36,26	34,14	34,14	36,19	34,03	0,32	72,74	14.00	0,01

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

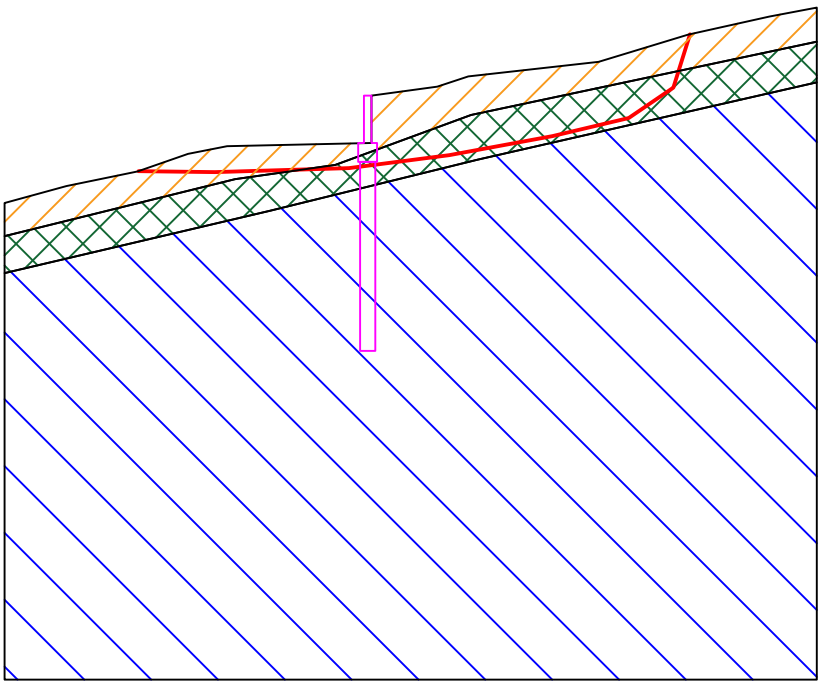
N°	W	Q	N	T	U	E_s	E_d	X_s	X_d	ID
	[kg]	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	
1	557	0	610	177	0	0	84	0	0	
2	1672	0	1827	366	0	84	171	0	0	
3	2793	0	3052	563	0	171	268	0	0	
4	1494	0	1621	292	0	268	243	0	0	
5	1047	0	1136	204	0	243	224	0	0	
6	3302	0	3582	641	0	224	165	0	0	
7	3329	0	3611	646	0	165	104	0	0	
8	3356	0	3640	651	0	104	42	0	0	
9	3092	0	3354	600	0	42	-14	0	0	
10	1737	0	1884	338	0	-14	-44	0	0	
11	2685	0	2883	523	0	-44	-375	0	0	
12	66	0	-3934	-611	0	-375	31144	0	0	
13	7684	0	8270	1360	0	31144	30059	0	0	
14	7702	0	8289	1362	0	30059	28970	0	0	
15	7719	0	8308	1365	0	28970	27879	0	0	
16	4350	0	4682	769	0	27879	27264	0	0	
17	7043	0	7578	1242	0	27264	25839	0	0	
18	3357	0	3612	592	0	25839	25159	0	0	
19	9341	0	10050	1648	0	25159	23270	0	0	
20	9107	0	9798	1609	0	23270	21430	0	0	
21	8873	0	9546	1570	0	21430	19639	0	0	
22	7859	0	8475	1397	0	19639	17598	0	0	
23	7514	0	8102	1339	0	17598	15651	0	0	
24	4820	0	5197	860	0	15651	14403	0	0	
25	4892	0	5275	872	0	14403	13135	0	0	
26	6847	0	8102	1350	0	13135	8472	0	0	
27	5911	0	6987	1176	0	8472	4461	0	0	
28	2002	0	4549	872	0	4461	15	0	0	
29	25	0	18	23	0	15	0	0	0	

VERIFICA DI STABILITA' Post Operam - sez.1

Modello Geotecnico



SUPERFICIE 1
JANBU 1.602



VERIFICA DI STABILITA'

SEZ. 2

ANTE-OPERAM

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).

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.20**.
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 x cos(α)
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
$\mathbf{E_s}$, $\mathbf{E_d}$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$\mathbf{X_s}$, $\mathbf{X_d}$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$\mathbf{E_a}$, $\mathbf{E_b}$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
Δ**X**	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\mathbf{\Delta X = X_d - X_s}$
Δ**E**	variazione delle forze normali sulla striscia $\mathbf{\Delta E = E_d - E_s}$

Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\Sigma[\, c_i\, b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i\, b_i)\, tg\phi_i \,]}{\Sigma_i\, [\, W_i \tan\alpha_i \,]}$$

dove il termine $\mathbf{N_i}$ è espresso da

$$N_i = [\, W_i - c_i\, l_i \sin\alpha_i / \eta + u_i\, l_i \tan\phi \sin\alpha_i / F \,] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos\alpha + (\sin\alpha \tan\phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, $\mathbf{b_i}$ e $\mathbf{\alpha_i}$ sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia $\mathbf{i_{esima}}$ rispetto all'orizzontale, $\mathbf{W_i}$ è il peso della striscia $\mathbf{i_{esima}}$, $\mathbf{c_i}$ e $\mathbf{\phi_i}$ sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed $\mathbf{u_i}$ è la pressione neutra lungo la base della striscia.
L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.
La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

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

n°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ'	c'
		[kg/mc]	*[kg/mc]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	Copertura	1800	2000	14.00	0,010
2	Argilla limosa sabbiosa	1800	2000	14.00	0,010
3	Argilla limosa	2000	2100	26.80	0,270

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	Y
	[m]	*[m]*
1	0,00	20,81
2	3,46	21,13
3	13,59	22,43
4	30,50	25,60
5	37,15	26,25
6	38,34	25,73
7	44,09	25,93
8	46,64	28,28
9	58,91	29,86
10	62,87	30,45
11	74,26	32,38
12	78,18	33,06

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° 3 (Argilla limosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	0,00	16,60
2	0,00	0,00
3	78,18	0,00
4	78,18	28,70
5	48,54	23,96
6	21,71	19,46

Strato N° **2** costituito da terreno n° 2 (Argilla limosa sabbiosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	78,18	31,20
2	78,18	33,06
3	74,26	32,38
4	62,87	30,45
5	58,91	29,86
6	46,64	28,28

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
7	44,09	25,93
8	38,34	25,73
9	37,15	26,25
10	30,50	25,60
11	13,59	22,43
12	3,46	21,13
13	0,00	20,81
14	0,00	19,00
15	13,84	20,56
16	31,76	23,55
17	46,12	24,80
18	50,35	26,68

Strato N° **3** costituito da terreno n° 1 (Copertura)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	78,18	28,70
2	78,18	31,20
3	50,35	26,68
4	46,12	24,80
5	31,76	23,55
6	13,84	20,56
7	0,00	19,00
8	0,00	16,60
9	21,71	19,46
10	48,54	23,96

Dati zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine	39.394033
Longitudine	16.131443
Comune	Montalto Uffugo
Provincia	Cosenza
Regione	Calabria
Punti di interpolazione del reticolo	39446 - 39445 - 39667 - 39668

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	75 anni
Accelerazione al suolo a_g	2.840 [m/s^2]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.44
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.39
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.82
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione pendio naturale (β_s)	0.28
Coefficiente riduzione fronti di scavo (β_s)	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Pendio naturale	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$ = 17.73
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 8.87
Fronti di scavo	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$ = 24.07
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 12.03

Dati normativa

Normativa :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 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	$\gamma_{c'}$	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	Y
	[m]	*[m]*
1	14,43	22,59
2	25,39	22,53
3	33,71	22,74
4	43,50	23,64
5	50,57	24,75
6	55,15	26,00
7	57,37	27,87
8	58,65	29,83

Opzioni di calcolo

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

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.
Le superfici sono state analizzate per i casi:
- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

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

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	6
Coefficiente di sicurezza minimo	0.631
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS_{min}	S_{min}	FS_{max}	S_{max}
JANBU	6	0.631	1	1.734	6

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
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]
F_s	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C_x	C_y	R	x_v	x_m	V	F_s	Caso	Sisma
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[mc]*			
1	G	--	--	--	14,43	58,65	110,50	0.631 (J)	[A2M2]	H+V
2	G	--	--	--	14,43	58,65	110,50	0.720 (J)	[A2M2]	H-V
3	G	--	--	--	14,43	58,65	110,50	0.776 (J)	[PC]	H+V
4	G	--	--	--	14,43	58,65	110,50	0.842 (J)	[PC]	H-V
5	G	--	--	--	14,43	58,65	110,50	1.387 (J)	[A2M2]	--
6	G	--	--	--	14,43	58,65	110,50	1.734 (J)	[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 kg/cmq
l	sviluppo della base della striscia espressa in m($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E_s, E_d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X_s, X_d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
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	27	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X_v[m]= 14,43	Y_v[m]= 22,59
Intersezione a monte con il profilo topografico	X_m[m]= 58,65	Y_m[m]= 29,83
Coefficiente di sicurezza	F_S= 0.631	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X_s	Y_{ss}	Y_{si}	X_d	Y_{ds}	Y_{di}	X_g	Y_g	L	α	ϕ	c
	[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	14,43	22,59	22,59	16,62	23,00	22,58	15,89	22,72	2,19	-0,30	14.00	0,01
2	16,62	23,00	22,58	18,81	23,41	22,56	17,84	22,90	2,19	-0,30	14.00	0,01
3	18,81	23,41	22,56	21,01	23,82	22,55	19,98	23,09	2,19	-0,30	14.00	0,01
4	21,01	23,82	22,55	23,20	24,23	22,54	22,15	23,29	2,19	-0,30	14.00	0,01
5	23,20	24,23	22,54	25,39	24,64	22,53	24,33	23,49	2,19	-0,30	14.00	0,01
6	25,39	24,64	22,53	27,09	24,96	22,57	26,26	23,68	1,70	1,45	14.00	0,01
7	27,09	24,96	22,57	28,80	25,28	22,62	27,96	23,86	1,70	1,45	14.00	0,01
8	28,80	25,28	22,62	30,50	25,60	22,66	29,66	24,04	1,70	1,45	14.00	0,01
9	30,50	25,60	22,66	31,76	25,72	22,69	31,13	24,17	1,26	1,45	14.00	0,01
10	31,76	25,72	22,69	33,71	25,91	22,74	32,74	24,27	1,95	1,45	14.00	0,01
11	33,71	25,91	22,74	35,43	26,08	22,90	34,57	24,41	1,73	5,25	14.00	0,01
12	35,43	26,08	22,90	37,15	26,25	23,06	36,29	24,57	1,73	5,25	14.00	0,01
13	37,15	26,25	23,06	38,34	25,73	23,17	37,72	24,55	1,20	5,25	14.00	0,01
14	38,34	25,73	23,17	40,06	25,79	23,32	39,19	24,50	1,73	5,25	14.00	0,01
15	40,06	25,79	23,32	41,78	25,85	23,48	40,91	24,61	1,73	5,25	14.00	0,01
16	41,78	25,85	23,48	43,50	25,91	23,64	42,63	24,72	1,73	5,25	14.00	0,01
17	43,50	25,91	23,64	44,09	25,93	23,73	43,79	24,80	0,60	8,92	14.00	0,01
18	44,09	25,93	23,73	46,12	27,80	24,05	45,19	25,43	2,05	8,92	14.00	0,01
19	46,12	27,80	24,05	46,64	28,28	24,13	46,38	26,07	0,53	8,92	14.00	0,01
20	46,64	28,28	24,13	48,54	28,52	24,43	47,59	26,34	1,92	8,92	14.00	0,01
21	48,54	28,52	24,43	50,57	28,79	24,75	49,55	26,62	2,05	8,92	14.00	0,01
22	50,57	28,79	24,75	52,10	28,98	25,17	51,33	26,92	1,58	15,27	14.00	0,01
23	52,10	28,98	25,17	53,62	29,18	25,58	52,85	27,23	1,58	15,27	14.00	0,01
24	53,62	29,18	25,58	55,15	29,38	26,00	54,38	27,53	1,58	15,27	14.00	0,01
25	55,15	29,38	26,00	56,26	29,52	26,94	55,68	27,95	1,45	40,11	14.00	0,01
26	56,26	29,52	26,94	57,37	29,66	27,87	56,78	28,48	1,45	40,11	14.00	0,01
27	57,37	29,66	27,87	58,65	29,83	29,83	57,80	29,12	2,34	56,73	14.00	0,01

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W	Q	N	T	U	E_s	E_d	X_s	X_d	ID
	[kg]	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	
1	833	0	736	638	0	0	442	0	0	
2	2500	0	2206	1219	0	442	1070	0	0	
3	4167	0	3675	1800	0	1070	1886	0	0	
4	5834	0	5144	2380	0	1886	2889	0	0	
5	7501	0	6614	2961	0	2889	4079	0	0	
6	6899	0	6004	2643	0	4079	4909	0	0	
7	7746	0	6742	2934	0	4909	5808	0	0	
8	8594	0	7480	3226	0	5808	6776	0	0	
9	6774	0	5897	2530	0	6776	7526	0	0	
10	10892	0	9482	4056	0	7526	8719	0	0	
11	9841	0	8365	3579	0	8719	9149	0	0	
12	9872	0	8391	3589	0	9149	9579	0	0	
13	6167	0	5240	2260	0	9579	9866	0	0	
14	7787	0	6613	2887	0	9866	10261	0	0	
15	7483	0	6354	2785	0	10261	10651	0	0	
16	7178	0	6095	2682	0	10651	11036	0	0	
17	2372	0	1975	875	0	11036	11023	0	0	
18	10865	0	9061	3906	0	11023	10862	0	0	
19	3696	0	3086	1303	0	10862	10781	0	0	
20	14091	0	11769	4955	0	10781	10460	0	0	
21	14852	0	12404	5227	0	10460	10125	0	0	
22	10789	0	8818	3735	0	10125	8810	0	0	
23	10184	0	8320	3539	0	8810	7582	0	0	
24	9579	0	7823	3342	0	7582	6441	0	0	
25	5954	0	4992	2203	0	6441	3476	0	0	
26	4371	0	3627	1663	0	3476	1360	0	0	
27	2071	0	1719	1050	0	1360	0	0	0	

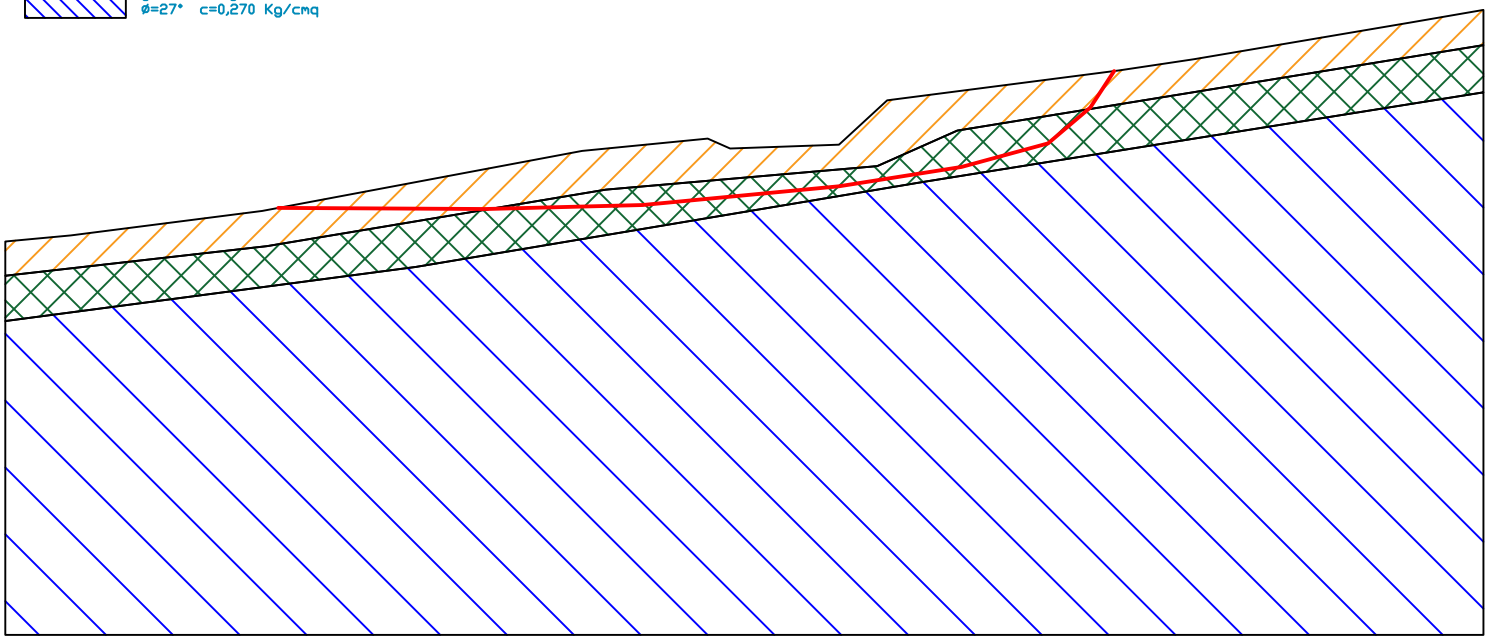
VERIFICA DI STABILITA' Ante Operam - sez.2

Modello Geotecnico

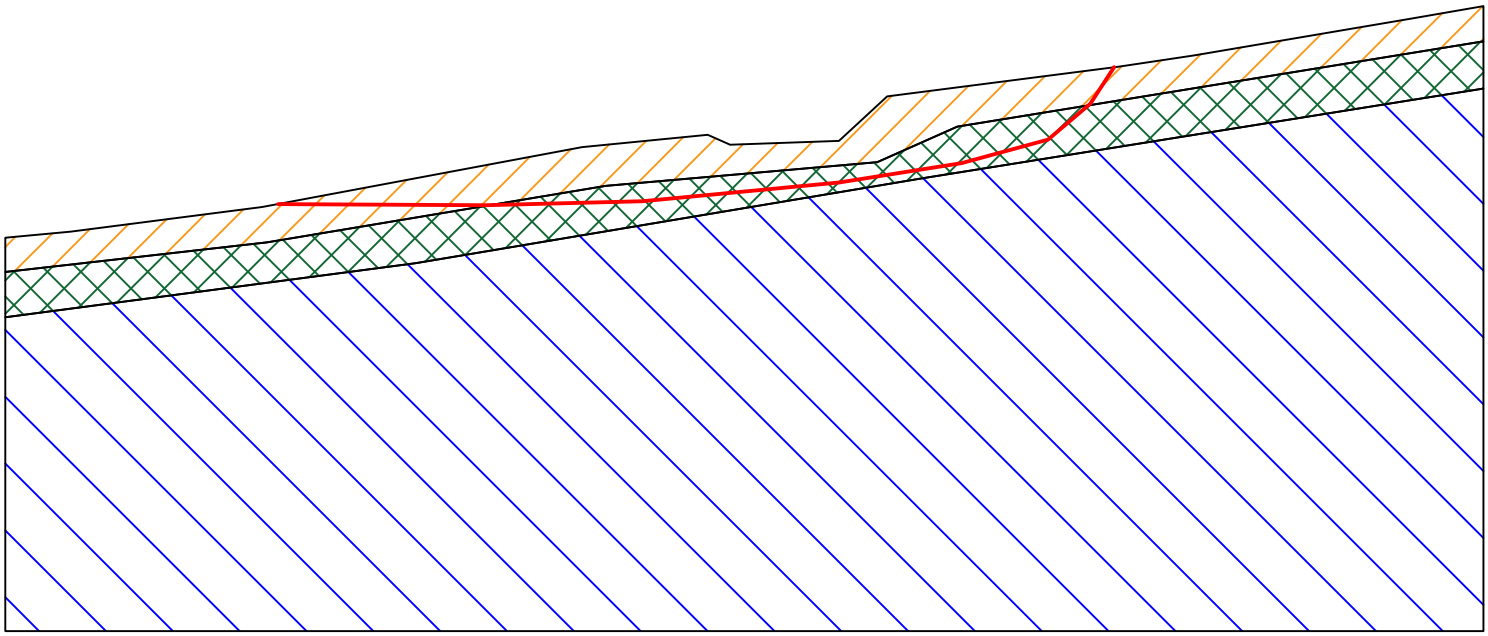
Copertura
g=1800,00 Kg/mc
ø=14° c=0,010 Kg/cmq

Argilla limosa sabbiosa
g=1800,00 Kg/mc
ø=14° c=0,010 Kg/cmq

Argilla limosa
g=2000,00 Kg/mc
ø=27° c=0,270 Kg/cmq



SUPERFICIE 1
JANBU 0.631



VERIFICA DI STABILITA'

SEZ. 2

POST-OPERAM

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).

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.20**.
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 x cos(α)
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
$\mathbf{E_s}$, $\mathbf{E_d}$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$\mathbf{X_s}$, $\mathbf{X_d}$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$\mathbf{E_a}$, $\mathbf{E_b}$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
Δ**X**	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\mathbf{\Delta X = X_d - X_s}$
Δ**E**	variazione delle forze normali sulla striscia $\mathbf{\Delta E = E_d - E_s}$

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:

$$\Sigma_i [\Delta Z_i \cos \theta_i] = 0$$
$$\Sigma_i [\Delta Z_i \sin \theta_i] = 0$$
$$\Sigma_i [R\, \Delta Z_i \cos (\alpha_i - \theta_i)] = 0$$

dove $\mathbf{\Delta Z_i}$ rappresenta la variazione della forza laterale di interstriscia risultante che ha equazione:

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

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 θ **= cost**.
Attraverso questa ipotesi le equazioni alla traslazione si riducono ad un'unica equazione dalla forma:

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

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

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

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 $\mathbf{F_f}$ ed $\mathbf{F_m}$ 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 $\mathbf{F = F_f(\theta)}$ ed $\mathbf{F = F_m(\theta)}$ 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 $\mathbf{F_{finale}}$ ha un valore prossimo a quello ricavato nell'equazione di equilibrio alla rotazione ponendo θ **= 0**; mentre il valore di θ è sempre compreso tra **0** e la massima inclinazione del pendio.

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

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

n°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ'	c'
		[kg/mc]	*[kg/mc]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	Copertura	1800	2000	14.00	0,010
2	Argilla limosa sabbiosa	1800	2000	14.00	0,010
3	Argilla limosa	2000	2100	26.80	0,270

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	Y
	[m]	*[m]*
1	0,00	20,81
2	3,46	21,13
3	13,59	22,43
4	30,50	25,60
5	37,15	26,25
6	38,34	25,73
7	44,09	25,93
8	46,64	28,28
9	58,91	29,86
10	62,87	30,45
11	74,26	32,38
12	78,18	33,06

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° 3 (Argilla limosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	0,00	16,60
2	0,00	0,00
3	78,18	0,00
4	78,18	28,70
5	48,54	23,96
6	21,71	19,46

Strato N° **2** costituito da terreno n° 2 (Argilla limosa sabbiosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	78,18	31,20
2	78,18	33,06
3	74,26	32,38
4	62,87	30,45
5	58,91	29,86
6	46,64	28,28

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
7	44,09	25,93
8	38,34	25,73
9	37,15	26,25
10	30,50	25,60
11	13,59	22,43
12	3,46	21,13
13	0,00	20,81
14	0,00	19,00
15	13,84	20,56
16	31,76	23,55
17	46,12	24,80
18	50,35	26,68

Strato N° **3** costituito da terreno n° 1 (Copertura)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	*[m]*
1	78,18	28,70
2	78,18	31,20
3	50,35	26,68
4	46,12	24,80
5	31,76	23,55
6	13,84	20,56
7	0,00	19,00
8	0,00	16,60
9	21,71	19,46
10	48,54	23,96

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

Muro con 1 file di pali - Muro di sostegno

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	46,64	m
Altezza paramento	2,50	m
Spessore in testa	0,40	m
Inclinazione esterna	0,000	
Inclinazione interna	0,000	
Spessore alla base	0,40	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,30	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,30	m
Lunghezza fondazione totale	1,00	m
Spessore fondazione	1,00	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	305	kg/cmq
Percentuale di armatura zona tesa	0,56	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,56	%
Altezza di scavo	2,50	m

Pali del muro

Fila di pali n° 1 - Pali

Posizione rispetto alla testa (positiva verso destra)	-0,20	m
Lunghezza pali	10,00	m
Diametro pali	0,80	m
Interasse pali	1,00	m
Ascissa rispetto allo spigolo di monte della fondazione	46,44	m
Percentuale di armatura	1,44	%
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	305	kg/cmq

Dati zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine	39.394033
Longitudine	16.131443
Comune	Montalto Uffugo
Provincia	Cosenza
Regione	Calabria
Punti di interpolazione del reticolo	39446 - 39445 - 39667 - 39668

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	75 anni
Accelerazione al suolo a_g	2.840 [m/s^2]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.44
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.39
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.82
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione pendio naturale (β_s)	0.28
Coefficiente riduzione fronti di scavo (β_s)	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Pendio naturale	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$ = 17.73
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 8.87
Fronti di scavo	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$ = 24.07
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 12.03

Dati normativa

Normativa :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 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	$\gamma_{c'}$	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	Y
	[m]	*[m]*
1	14,43	22,59
2	25,39	22,53
3	33,71	22,74
4	43,50	23,64
5	50,57	24,75
6	55,15	26,00
7	57,37	27,87
8	58,65	29,83

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:
- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

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

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	4
Coefficiente di sicurezza minimo	1.198
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS_{min}	S_{min}	FS_{max}	S_{max}
SPENCER	4	1.198	1	1.764	4

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
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]
F_s	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

Metodo di SPENCER (P)

N°	Forma	C_x	C_y	R	x_v	x_m	V	F_s	Caso	Sisma
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[mc]*			
1	G	--	--	--	14,43	58,65	106,79	1.198 (P)	[A2M2]	H+V
2	G	--	--	--	14,43	58,65	106,79	1.280 (P)	[A2M2]	H-V
3	G	--	--	--	14,43	58,65	106,79	1.758 (P)	[PC]	H-V
4	G	--	--	--	14,43	58,65	106,79	1.764 (P)	[PC]	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 kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E_s, E_d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X_s, X_d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
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	27	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X_v[m]= 14,43	Y_v[m]= 22,59
Intersezione a monte con il profilo topografico	X_m[m]= 58,65	Y_m[m]= 29,83
Coefficiente di sicurezza	F_S= 1.198	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X_s	Y_{ss}	Y_{si}	X_d	Y_{ds}	Y_{di}	X_g	Y_g	L	α	ϕ	c
	[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	14,43	22,59	22,59	16,62	23,00	22,58	15,89	22,72	2,19	-0,30	14.00	0,01
2	16,62	23,00	22,58	18,81	23,41	22,56	17,84	22,90	2,19	-0,30	14.00	0,01
3	18,81	23,41	22,56	21,01	23,82	22,55	19,98	23,09	2,19	-0,30	14.00	0,01
4	21,01	23,82	22,55	23,20	24,23	22,54	22,15	23,29	2,19	-0,30	14.00	0,01
5	23,20	24,23	22,54	25,39	24,64	22,53	24,33	23,49	2,19	-0,30	14.00	0,01
6	25,39	24,64	22,53	27,09	24,96	22,57	26,26	23,68	1,70	1,45	14.00	0,01
7	27,09	24,96	22,57	28,80	25,28	22,62	27,96	23,86	1,70	1,45	14.00	0,01
8	28,80	25,28	22,62	30,50	25,60	22,66	29,66	24,04	1,70	1,45	14.00	0,01
9	30,50	25,60	22,66	31,76	25,72	22,69	31,13	24,17	1,26	1,45	14.00	0,01
10	31,76	25,72	22,69	33,71	25,91	22,74	32,74	24,27	1,95	1,45	14.00	0,01
11	33,71	25,91	22,74	35,43	26,08	22,90	34,57	24,41	1,73	5,25	14.00	0,01
12	35,43	26,08	22,90	37,15	26,25	23,06	36,29	24,57	1,73	5,25	14.00	0,01
13	37,15	26,25	23,06	38,34	25,73	23,17	37,72	24,55	1,20	5,25	14.00	0,01
14	38,34	25,73	23,17	39,78	25,78	23,30	39,05	24,49	1,44	5,25	14.00	0,01
15	39,78	25,78	23,30	41,64	25,78	23,47	40,70	24,58	1,87	5,25	14.00	0,01
16	41,64	25,78	23,47	43,50	25,78	23,64	42,56	24,67	1,87	5,25	14.00	0,01
17	43,50	25,78	23,64	44,81	25,78	23,85	44,14	24,76	1,33	8,92	14.00	0,01
18	44,81	25,78	23,85	46,12	25,78	24,05	45,45	24,86	1,33	8,92	14.00	0,01
19	46,12	25,78	24,05	46,64	25,78	24,13	46,38	24,94	0,53	8,92	14.00	0,01
20	46,64	28,28	24,13	48,54	28,52	24,43	47,59	26,34	1,92	8,92	14.00	0,01
21	48,54	28,52	24,43	50,57	28,79	24,75	49,55	26,62	2,05	8,92	14.00	0,01
22	50,57	28,79	24,75	52,10	28,98	25,17	51,33	26,92	1,58	15,27	14.00	0,01
23	52,10	28,98	25,17	53,62	29,18	25,58	52,85	27,23	1,58	15,27	14.00	0,01
24	53,62	29,18	25,58	55,15	29,38	26,00	54,38	27,53	1,58	15,27	14.00	0,01
25	55,15	29,38	26,00	56,26	29,52	26,94	55,68	27,95	1,45	40,11	14.00	0,01
26	56,26	29,52	26,94	57,37	29,66	27,87	56,78	28,48	1,45	40,11	14.00	0,01
27	57,37	29,66	27,87	58,65	29,83	29,83	57,80	29,12	2,34	56,73	14.00	0,01

Forze applicate sulle strisce [SPENCER]

N°	W	Q	N	T	U	E_s	E_d	X_s	X_d	ID
	[kg]	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	
1	833	0	726	334	0	0	156	0	-80	
2	2500	0	2200	641	0	156	213	-80	-109	
3	4167	0	3673	947	0	213	172	-109	-88	
4	5834	0	5146	1254	0	172	31	-88	-16	
5	7501	0	6620	1560	0	31	-208	-16	106	
6	6899	0	6061	1403	0	-208	-665	106	339	
7	7746	0	6807	1558	0	-665	-1198	339	610	
8	8594	0	7552	1714	0	-1198	-1806	610	920	
9	6774	0	5954	1344	0	-1806	-2293	920	1168	
10	10892	0	9573	2155	0	-2293	-3084	1168	1571	
11	9841	0	8584	1930	0	-3084	-4400	1571	2242	
12	9872	0	8611	1936	0	-4400	-5721	2242	2915	
13	6167	0	5378	1219	0	-5721	-6536	2915	3330	
14	6529	0	5691	1305	0	-6536	-7383	3330	3762	
15	8029	0	6998	1612	0	-7383	-8417	3762	4288	
16	7456	0	6497	1508	0	-8417	-9366	4288	4771	
17	4804	0	4161	977	0	-9366	-10226	4771	5210	
18	4319	0	3739	889	0	-10226	-10988	5210	5598	
19	1580	0	1367	328	0	-10988	-11264	5598	5738	
20	14091	0	6047	1419	0	-11264	18121	5738	-9232	
21	14852	0	12899	2856	0	18121	15290	-9232	-7790	
22	10789	0	9324	2072	0	15290	12333	-7790	-6283	
23	10184	0	8799	1963	0	12333	9548	-6283	-4865	
24	9579	0	8275	1854	0	9548	6937	-4865	-3534	
25	5954	0	5077	1177	0	6937	3702	-3534	-1886	
26	4371	0	3710	893	0	3702	1355	-1886	-690	
27	2071	0	1635	536	0	1355	-2	-690	1	

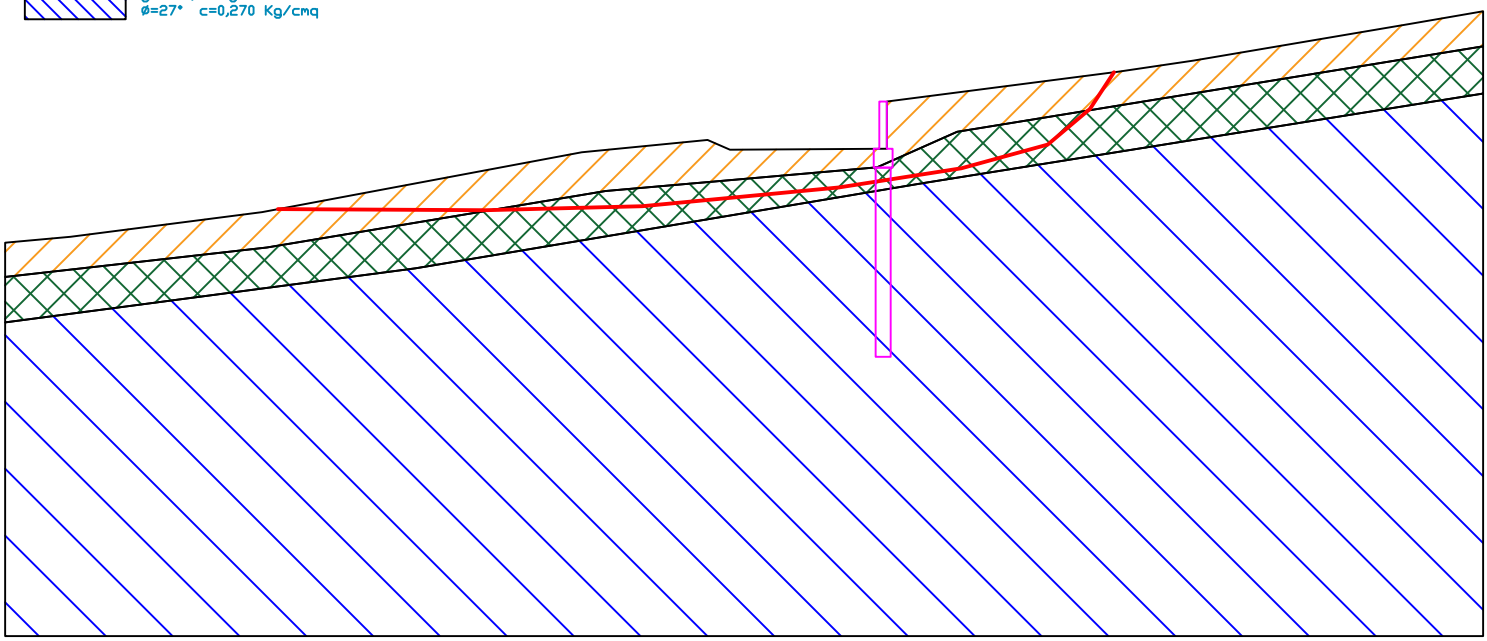
VERIFICA DI STABILITA' Post Operam - sez.2

Modello Geotecnico

Copertura
g=1800,00 Kg/mc
ø=14° c=0,010 Kg/cmq

Argilla limosa sabbiosa
g=1800,00 Kg/mc
ø=14° c=0,010 Kg/cmq

Argilla limosa
g=2000,00 Kg/mc
ø=27° c=0,270 Kg/cmq



SUPERFICIE 1
JANBU 1.198

