

COMUNE DI SALERNO (SA)

Progetto per il Recupero Ambientale del sito di cava in Località San Leonardo



RELAZIONE DI CALCOLO

relativa alle verifiche di stabilità dell'area attraversata dalla rampa di servizio esistente

(in risposta al punto n.10 della richiesta di chiarimenti ed integrazioni, prot. 2018.0430222 del 04.07.17, formulata dalla Direzione Generale per il Ciclo Integrato delle acque e dei rifiuti, Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali)

Committente

Dott.ssa Giuseppina Apicella

luglio 2018



IL PROGETTISTA

Dott.ssa geol. Antonella APICELLA

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 adatterà la seguente simbologia:

l	lunghezza della base della striscia
a	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia $b=l \times \cos(a)$
f	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
g	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
DX	variazione delle forze tangenziali sulla striscia DX = X_d - X_s
DE	variazione delle forze normali sulla striscia DE = E_d - E_s

Metodo di Morgenstern e Price

Nel metodo **Morgenstern e Price** le forze normali e tangenziali di interstriscia sono legate fra di loro dalla relazione

$$X = l f(x) E$$

dove $f(x)$ è una funzione di forma definita in modo che $|f(x)| \leq 1$ e l è un parametro scalare che si ricava dal processo di soluzione.

Il coefficiente si ottiene dalla risoluzione del seguente sistema di equazioni differenziali:

$$\frac{dE}{dx} (Kx + L) + KE = Nx + P$$

$$X = y - (E y_t) \frac{d}{dx}$$

le cui condizioni al contorno sono:

$$E(x) = E_a \quad \text{quando } x = x_0$$

$$E(x) = E_b \quad \text{quando } x = x_n$$

$$M = E (y - y_t) = \int_{x_0}^{x_n} (X - E \frac{dy}{dx}) dx = 0$$

I termini del sistema sono dati da:

$$K = l \frac{\tan f}{F} (A + 1)$$

$$L = l \frac{\tan f}{F} m (A + 1) + A - 1$$

$$N = p \left[A + \frac{\tan f}{F} (1 + A^2) \right]$$

$$P = q \left[A + \frac{\tan f}{F} (1 + A^2) \right] + \frac{\tan f}{F} c$$

nelle quali k ed m sono i due parametri assegnati striscia per striscia per definire il rapporto tra la risultante delle forze tangenziali, X , all'interfaccia e quella delle pressioni normali, E , mentre la variabile l è introdotta per pareggiare il numero delle equazioni e quello delle incognite oltre che utile per tarare la funzione lineare tra le forze di interstriscia X ed E .

Nella formulazione di **Morgenstern-Price**, il peso e la superficie di scorrimento, sono espresse come funzioni lineari della x .

Inoltre il termine r_u è il coefficiente adimensionale che tiene conto della pressione neutra ed è definito dalla relazione: $r_u = u_w / W b$.

Lo schema iterativo che permette di determinare il coefficiente di sicurezza è il seguente:
 si assegnano due valori ad **F** ed a **I** ;
 si calcolano **M_i** ed **E_i** dalle equazioni riportate;
 si calcolano **dI** e **dF**;
 si incrementano **I = I + dI** ed **F = F + dF**;
 si controlla la convergenza nel qual caso si ferma l'iterazione altrimenti si torna al punto **2.**
 dove gli incrementi per **I** ed **F** sono espressi da:

$$dI = \frac{dE_n}{M_n - E_n} - \frac{dM_n}{dF}$$

$$dI = \frac{dE_n}{E_n - M_n} - \frac{dM_n}{dF}$$

dove **M_n** ed **E_n** sono i valori di **M** ed **E** all'ultima striscia.

Criterio di rottura di HOEK-BROWN

Di seguito troveremo le relazioni esistenti tra GSI, **m_b**, **s**, **D**, **s_{ci}** ed **a**. Tali relazioni vengono legate ai parametri del criterio di rottura di Mohor-Coulomb tramite le seguenti espressioni:

s_{ci}	resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;
m_i	Coefficiente materiale roccia intatta;
GSI	Qualità ammasso roccioso;
D	Fattore di disturbo ammasso roccioso
g	Peso dell'unità di volume della roccia

$$m_b = m_i \exp[(GSI-100)/28-14 D]$$

$$s = \exp[(GSI-100)/(9-3 D)]$$

$$a = 1/2 + 1/6 [\exp(-GSI/15) - \exp(-20/3)]$$

Criterio di Hoek-Brown non-lineare

Riportiamo di seguito le espressioni di angolo di attrito e coesione istantanei dell'ammasso roccioso (valori di **f_i** e **c_i** nel punto di tangenza sulla retta di involuppo curvilineo di Hoek-Brown).

$$s_1 = s_3 + s_{ci} (m_b s_3 / s_{ci} + s)^a$$

$$s_n = (s_1 + s_3) / 2 - (s_1 - s_3) / 2 [(ds_1 / ds_3 - 1) / (ds_1 / ds_3 + 1)]$$

$$t = (s_1 - s_3) \sqrt{(ds_1 / ds_3) / (ds_1 / ds_3 + 1)}$$

$$(ds_1 / ds_3) = 1 + a m_b [m_b s_3 / s_{ci} + s]^{a-1}$$

Dati

Descrizione rocce

Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice roccia
<i>Descrizione</i>	Descrizione
<i>GSI</i>	Qualità ammasso roccioso (Geological Strength Index)
<i>m_i</i>	Coefficiente materiale roccia intatta
<i>s_d</i>	Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta espressa in kg/cmq
<i>D</i>	Fattore di disturbo ammasso roccioso

n°	Descrizione	g	g _{int}	GSI	m _i	s _d	D
		[kg/mc]	[kg/mc]			[kg/cm ²]	
1	Substrato calcareo	2200	2200	50,00	12,00	815,00	0,70
2	Deposito conglomeratico	1800	1900	20,00	20,00	300,00	0,70
3	Deposito di frana litificato	1900	2000	20,00	12,00	200,00	0,70

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

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	1,00
2	4,31	1,22
3	5,47	2,02
4	18,46	2,14
5	21,02	4,02
6	22,94	5,02
7	41,87	11,02
8	45,06	10,99
9	57,95	17,02
10	60,59	18,02
11	64,20	20,02
12	65,65	20,63
13	72,59	21,75
14	83,55	25,97
15	88,54	26,33
16	90,14	27,02
17	91,49	28,02
18	93,05	29,02
19	99,99	32,02
20	103,70	34,02
21	123,86	41,79
22	131,31	43,02
23	134,61	43,02
24	136,46	45,02
25	139,81	47,02
26	145,50	49,02
27	153,66	51,02
28	159,08	51,02
29	159,89	52,02
30	160,70	53,02
31	168,05	57,02
32	177,23	61,02
33	180,68	63,02
34	187,29	65,02
35	192,41	67,22
36	199,67	69,02
37	201,60	71,02
38	205,05	71,02
39	207,90	73,02
40	219,00	78,00
41	227,54	81,02
42	233,70	81,02
43	235,70	83,02
44	239,34	85,02
45	252,14	91,02
46	257,94	93,02

47	267,03	94,52
48	269,91	94,52
49	273,29	97,02
50	279,86	99,02
51	282,30	100,04
52	284,67	101,02
53	296,70	103,02
54	297,00	103,07

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° 1 (Substrato calcareo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	240,74	82,67
2	230,00	80,00
3	225,00	79,00
4	212,21	74,20
5	201,72	68,82
6	191,92	64,30
7	184,00	62,00
8	170,20	54,90
9	164,46	52,10
10	159,89	52,02
11	159,08	51,02
12	153,66	51,02
13	145,12	47,12
14	140,32	45,17
15	134,61	43,02
16	131,31	43,02
17	127,62	41,21
18	113,83	36,07
19	90,14	27,02
20	88,54	26,33
21	83,55	25,97
22	72,59	21,75
23	65,65	20,63
24	64,20	20,02
25	60,59	18,02
26	57,95	17,02
27	45,06	10,99
28	41,87	11,02
29	22,94	5,02
30	21,02	4,02
31	18,46	2,14
32	5,47	2,02
33	4,31	1,22
34	0,00	1,00
35	0,00	0,00
36	297,00	0,00
37	297,00	89,00
38	291,00	88,00
39	283,00	87,00

Strato N° **2** costituito da terreno n° 3 (Deposito di frana litificato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	131,31	43,02
2	123,86	41,79
3	103,70	34,02
4	99,99	32,02
5	93,05	29,02
6	91,49	28,02
7	90,14	27,02
8	113,83	36,07
9	127,62	41,21

Strato N° **3** costituito da terreno n° 3 (Deposito di frana litificato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	153,66	51,02
2	145,50	49,02
3	139,81	47,02
4	136,46	45,02
5	134,61	43,02
6	140,32	45,17
7	145,12	47,12

Strato N° **4** costituito da terreno n° 3 (Deposito di frana litificato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	282,30	100,04
2	279,86	99,02
3	273,29	97,02
4	269,91	94,52
5	267,03	94,52
6	257,94	93,02
7	252,14	91,02
8	239,34	85,02
9	235,70	83,02
10	233,70	81,02
11	227,54	81,02
12	219,00	78,00
13	207,90	73,02
14	205,05	71,02
15	201,60	71,02
16	199,67	69,02
17	192,41	67,22
18	187,29	65,02
19	180,68	63,02
20	177,23	61,02
21	168,05	57,02
22	160,70	53,02
23	159,89	52,02
24	164,46	52,10
25	170,20	54,90
26	184,00	62,00
27	191,92	64,30
28	201,72	68,82
29	212,21	74,20
30	225,00	79,00
31	230,00	80,00
32	240,74	82,67
33	266,07	92,26
34	282,27	100,02

Strato N° **5** costituito da terreno n° 2 (Deposito conglomeratico)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	297,00	89,00
2	297,00	103,07
3	296,70	103,02
4	284,67	101,02
5	282,30	100,04
6	282,27	100,02
7	266,07	92,26
8	240,74	82,67
9	283,00	87,00
10	291,00	88,00

Carichi sul profilo

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

<i>N°</i>	Identificativo del sovraccarico agente
<i>Descrizione</i>	Descrizione carico
<i>Tipo</i>	Tipo carico
<i>Y₂</i>	Coefficiente sismico carico variabile
Carichi concentrati	
<i>X</i>	Ascissa del punto di applicazione espressa in [m]
<i>V_x, V_y</i>	Intensità del carico in direzione X e Y espresse in [kg]

Carichi concentrati

n°	Descrizione	Tipo	Y ₂	X	Y	V _y	V _x
				[m]	[m]	[kg]	[kg]
1	Mezzo meccanico	Variabile	1,00	230,00	81,02	75097	0
2	Mezzo meccanico	Variabile	1,00	267,00	94,52	75000	0
3	Mezzo meccanico	Variabile	1,00	202,00	71,02	75097	0

Dati zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine	40.677957
Longitudine	14.765912
Comune	Salerno
Provincia	Salerno
Regione	Campania

Punti di interpolazione del reticolo 33874 - 33875 - 33653 - 33652

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
Accelerazione al suolo a _g	1.054 [m/s ²]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.58
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.44
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione pendio naturale (b _s)	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Pendio naturale	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * b_s * St * S) = 3.71$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 1.86$

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	g _{fav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	g _{sfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	g _{fav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	g _{sfav}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	g _{anf}	1.25	1.00
Coesione efficace	g _c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	g _u	1.40	1.00

Peso dell'unità di volume	g_v	1.00	1.00
---------------------------	-------	------	------

Coefficiente di sicurezza richiesto

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

Impostazioni delle superfici di rottura

Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 208,00$	$Y_0 = 120,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 3,00$	$dY = 3,00$
Numero passi		$Nx = 10$	$Ny = 10$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=5,00$ [m] ed un numero di incrementi pari a 10

Opzioni di calcolo

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

- MORGENSTERN

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

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

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

Criterio di rottura adottato: **Hoek-Brown non lineare**

Presenza di carichi concentrati

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
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	124
Coefficiente di sicurezza minimo	1.280
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS_{min}	S_{min}	FS_{max}	S_{max}
MORGENSTERN	124	1.280	1	5.130	43

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

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

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 MORGENSTERN (M)

N°	Forma	C_x [m]	C_y [m]	R [m]	x_v [m]	x_m [m]	V [mc]	F_s	Caso	Sisma
1	C	208,00	120,00	45,00	212,91	230,48	22,78	1.280 (M)	[PC]	H+V
2	C	217,00	123,00	45,00	219,14	233,21	13,95	1.408 (M)	[PC]	H+V
3	C	211,00	126,00	50,00	214,88	232,84	25,41	1.591 (M)	[PC]	H+V
4	C	208,00	141,00	65,00	215,51	233,05	21,71	1.598 (M)	[PC]	H+V
5	C	211,00	120,00	45,00	212,36	233,48	40,49	1.823 (M)	[PC]	H+V
6	C	208,00	135,00	60,00	212,73	244,70	46,90	2.066 (M)	[PC]	H+V
7	C	208,00	129,00	55,00	210,18	243,44	64,91	2.167 (M)	[PC]	H-V
8	C	229,00	147,00	65,00	234,95	267,35	101,22	2.355 (M)	[PC]	H+V
9	C	220,00	129,00	50,00	221,93	252,77	39,28	2.418 (M)	[PC]	H+V
10	C	235,00	144,00	60,00	237,58	268,94	93,33	2.481 (M)	[PC]	H+V
11	C	235,00	138,00	55,00	235,68	268,68	113,82	2.549 (M)	[PC]	H+V
12	C	232,00	147,00	65,00	234,74	273,71	139,31	2.767 (M)	[PC]	H-V
13	C	220,00	144,00	65,00	221,91	260,94	88,03	2.861 (M)	[PC]	H+V
14	C	226,00	126,00	45,00	234,49	255,80	38,05	3.013 (M)	[PC]	H+V
15	C	229,00	132,00	50,00	235,05	260,92	61,02	3.034 (M)	[PC]	H+V
16	C	223,00	141,00	60,00	234,86	259,33	45,93	3.097 (M)	[PC]	H+V
17	C	226,00	135,00	55,00	224,70	262,38	100,80	3.138 (M)	[PC]	H+V
18	C	226,00	147,00	65,00	235,36	263,55	65,80	3.170 (M)	[PC]	H+V
19	C	232,00	123,00	40,00	236,03	258,60	42,47	3.178 (M)	[PC]	H+V
20	C	229,00	138,00	55,00	236,63	261,46	47,79	3.288 (M)	[PC]	H+V
21	C	235,00	129,00	45,00	237,62	263,13	59,89	3.289 (M)	[PC]	H+V
22	C	226,00	132,00	50,00	235,61	256,83	29,37	3.331 (M)	[PC]	H+V
23	C	223,00	147,00	65,00	236,38	259,62	33,90	3.408 (M)	[PC]	H+V
24	C	232,00	129,00	45,00	238,29	259,33	31,88	3.447 (M)	[PC]	H+V
25	C	232,00	144,00	60,00	238,04	265,59	62,38	3.450 (M)	[PC]	H+V
26	C	235,00	135,00	50,00	239,79	263,54	45,37	3.567 (M)	[PC]	H+V
27	C	232,00	138,00	55,00	235,92	265,31	79,61	3.577 (M)	[PC]	H+V
28	C	229,00	144,00	60,00	239,02	261,59	34,16	3.600 (M)	[PC]	H+V
29	C	232,00	132,00	50,00	234,76	264,64	95,87	3.622 (M)	[PC]	H+V
30	C	229,00	123,00	40,00	237,22	253,75	15,57	3.686 (M)	[PC]	H+V
31	C	235,00	120,00	35,00	240,09	256,82	18,22	3.705 (M)	[PC]	H+V
32	C	226,00	138,00	55,00	238,13	257,37	19,65	3.713 (M)	[PC]	H+V
33	C	220,00	141,00	60,00	235,96	254,28	15,81	3.735 (M)	[PC]	H+V
34	C	232,00	135,00	50,00	241,07	259,57	20,97	3.821 (M)	[PC]	H+V
35	C	223,00	126,00	45,00	235,43	250,06	10,72	3.830 (M)	[PC]	H+V
36	C	235,00	141,00	55,00	242,54	263,45	31,10	3.935 (M)	[PC]	H+V
37	C	235,00	126,00	40,00	243,28	257,32	10,30	4.245 (M)	[PC]	H+V
38	C	229,00	129,00	45,00	240,17	254,24	8,41	4.293 (M)	[PC]	H+V
39	C	226,00	144,00	60,00	241,52	257,26	10,37	4.311 (M)	[PC]	H+V
40	C	232,00	141,00	55,00	244,50	259,28	11,08	4.440 (M)	[PC]	H+V
41	C	220,00	147,00	65,00	239,02	254,22	7,86	4.486 (M)	[PC]	H+V
42	C	235,00	147,00	60,00	245,56	262,78	18,14	4.502 (M)	[PC]	H+V
43	C	208,00	126,00	50,00	215,97	229,84	11,42	5.130 (M)	[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)
f	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/cosa)
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_{sr} , E_d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X_{sr} , X_d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento
m_b	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown

s parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
 a parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
 s_d resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta kg/cmq

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e sisma verso l'alto

Numero di strisce 37
 Coordinate del centro X[m]= 208,00 Y[m]= 120,00
 Raggio del cerchio R[m]= 45,00
 Intersezione a valle con il profilo topografico X_v[m]= 212,91 Y_v[m]= 75,27
 Intersezione a monte con il profilo topografico X_m[m]= 230,48 Y_m[m]= 81,02
 Coefficiente di sicurezza F_s= 1.280

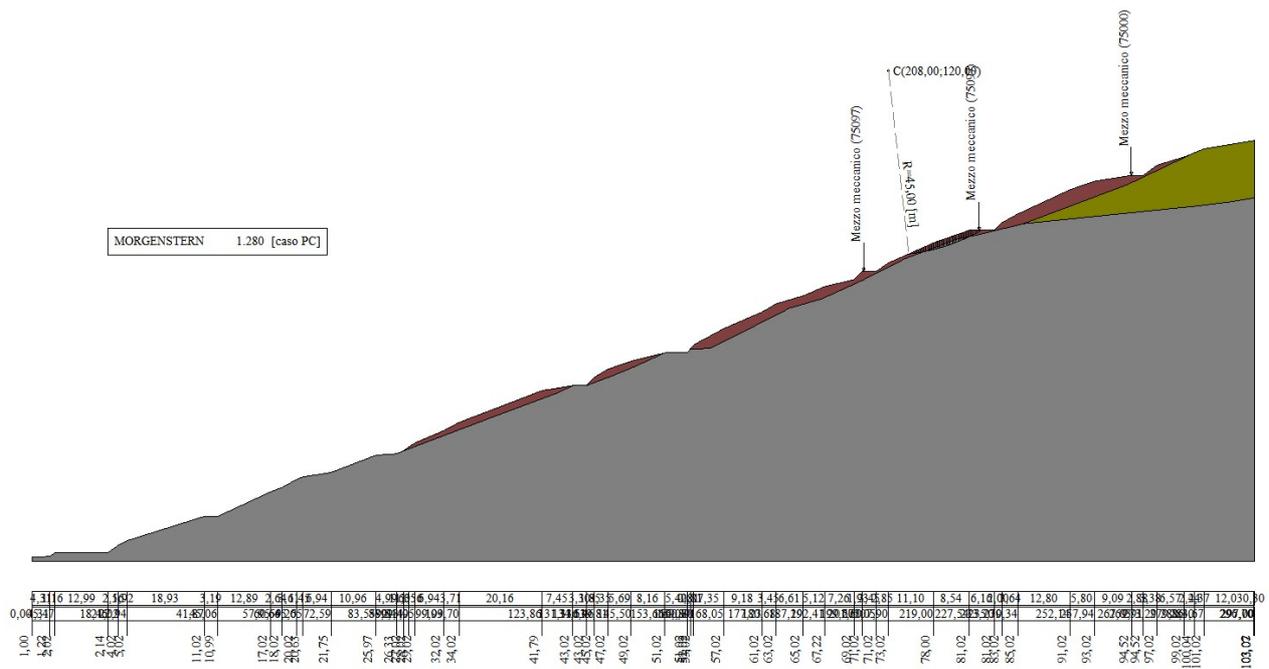
Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s	Y _{ss}	Y _{si}	X _d	Y _{ds}	Y _{di}	X _g	Y _g	L	a	f	c
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[kg/cmq]
1	212,91	75,27	75,27	213,38	75,48	75,32	213,22	75,36	0,47	6,57	68,78	0,04
2	213,38	75,48	75,32	213,85	75,69	75,38	213,64	75,48	0,47	7,17	68,70	0,04
3	213,85	75,69	75,38	214,32	75,90	75,45	214,10	75,61	0,47	7,77	67,31	0,04
4	214,32	75,90	75,45	214,79	76,11	75,51	214,56	75,75	0,47	8,37	68,87	0,04
5	214,79	76,11	75,51	215,25	76,32	75,59	215,03	75,89	0,47	8,97	68,20	0,04
6	215,25	76,32	75,59	215,72	76,53	75,67	215,49	76,03	0,47	9,58	67,64	0,04
7	215,72	76,53	75,67	216,19	76,74	75,75	215,96	76,17	0,48	10,18	67,14	0,04
8	216,19	76,74	75,75	216,66	76,95	75,84	216,43	76,32	0,48	10,79	66,84	0,82
9	216,66	76,95	75,84	217,13	77,16	75,94	216,90	76,47	0,48	11,40	67,24	2,41
10	217,13	77,16	75,94	217,60	77,37	76,03	217,36	76,63	0,48	12,01	67,11	2,40
11	217,60	77,37	76,03	218,06	77,58	76,14	217,83	76,78	0,48	12,62	66,98	2,40
12	218,06	77,58	76,14	218,53	77,79	76,25	218,30	76,94	0,48	13,23	67,13	2,41
13	218,53	77,79	76,25	219,00	78,00	76,37	218,77	77,10	0,48	13,84	67,02	2,41
14	219,00	78,00	76,37	219,50	78,18	76,49	219,25	77,26	0,52	14,48	67,08	2,41
15	219,50	78,18	76,49	220,00	78,35	76,63	219,75	77,41	0,52	15,14	67,11	2,41
16	220,00	78,35	76,63	220,50	78,53	76,77	220,25	77,57	0,52	15,80	67,07	2,41
17	220,50	78,53	76,77	221,00	78,71	76,92	220,75	77,73	0,52	16,46	67,09	2,41
18	221,00	78,71	76,92	221,50	78,88	77,07	221,25	77,90	0,52	17,12	67,27	2,41
19	221,50	78,88	77,07	222,00	79,06	77,23	221,75	78,06	0,53	17,79	67,25	2,40
20	222,00	79,06	77,23	222,50	79,24	77,40	222,25	78,23	0,53	18,46	67,24	2,40
21	222,50	79,24	77,40	223,00	79,41	77,57	222,75	78,41	0,53	19,13	67,23	2,40
22	223,00	79,41	77,57	223,50	79,59	77,75	223,25	78,58	0,53	19,81	67,23	2,40
23	223,50	79,59	77,75	224,00	79,77	77,94	223,75	78,76	0,53	20,49	67,24	2,40
24	224,00	79,77	77,94	224,50	79,94	78,13	224,25	78,95	0,54	21,17	67,25	2,40
25	224,50	79,94	78,13	225,00	80,12	78,33	224,75	79,13	0,54	21,85	67,27	2,41
26	225,00	80,12	78,33	225,42	80,27	78,51	225,21	79,31	0,46	22,49	67,09	2,41
27	225,42	80,27	78,51	225,85	80,42	78,69	225,63	79,47	0,46	23,07	67,06	2,41
28	225,85	80,42	78,69	226,27	80,57	78,88	226,06	79,64	0,46	23,66	67,10	2,41
29	226,27	80,57	78,88	226,69	80,72	79,07	226,48	79,81	0,46	24,25	67,07	2,41
30	226,69	80,72	79,07	227,12	80,87	79,26	226,90	79,98	0,47	24,84	67,11	2,41
31	227,12	80,87	79,26	227,54	81,02	79,46	227,33	80,15	0,47	25,44	67,03	2,41
32	227,54	81,02	79,46	228,03	81,02	79,70	227,78	80,30	0,55	26,08	67,88	0,77
33	228,03	81,02	79,70	228,52	81,02	79,95	228,27	80,42	0,55	26,78	68,87	0,04
34	228,52	81,02	79,95	229,02	81,02	80,21	228,76	80,55	0,55	27,49	67,09	0,04
35	229,02	81,02	80,21	229,51	81,02	80,47	229,25	80,68	0,56	28,20	68,13	0,04
36	229,51	81,02	80,47	230,00	81,02	80,74	229,73	80,81	0,56	28,91	67,07	0,04
37	230,00	81,02	80,74	230,48	81,02	81,02	230,16	80,93	0,56	29,62	67,53	0,04

Forze applicate sulle strisce [MORGENSTERN]

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	69	0	185	433	0	0	407	0	-165	
2	206	0	370	667	0	407	1019	-165	-413	
3	338	0	530	846	0	1019	1778	-413	-722	
4	466	0	675	998	0	1778	2656	-722	-1078	
5	590	0	807	1129	0	2656	3632	-1078	-1474	
6	709	0	928	1244	0	3632	4687	-1474	-1902	
7	823	0	1040	1348	0	4687	5810	-1902	-2358	
8	933	0	1143	1442	0	5810	6988	-2358	-2836	
9	1048	0	1246	1533	0	6988	8217	-2836	-3335	

10	1159	0	1344	1618	0	8217	9490	-3335	-3852
11	1266	0	1434	1695	0	9490	10797	-3852	-4382
12	1366	0	1516	1764	0	10797	12130	-4382	-4923
13	1462	0	1589	1826	0	12130	13482	-4923	-5472
14	1638	0	1748	1992	0	13482	14927	-5472	-6059
15	1688	0	1770	2012	0	14927	16359	-6059	-6640
16	1732	0	1786	2026	0	16359	17772	-6640	-7214
17	1769	0	1794	2035	0	17772	19164	-7214	-7779
18	1800	0	1796	2039	0	19164	20531	-7779	-8333
19	1823	0	1791	2037	0	20531	21868	-8333	-8876
20	1839	0	1779	2030	0	21868	23175	-8876	-9407
21	1848	0	1762	2018	0	23175	24448	-9407	-9923
22	1849	0	1737	2001	0	24448	25685	-9923	-10425
23	1844	0	1707	1979	0	25685	26884	-10425	-10912
24	1830	0	1671	1951	0	26884	28044	-10912	-11383
25	1810	0	1629	1919	0	28044	29163	-11383	-11837
26	1506	0	1337	1592	0	29163	30076	-11837	-12207
27	1471	0	1291	1555	0	30076	30954	-12207	-12564
28	1432	0	1241	1514	0	30954	31798	-12564	-12906
29	1388	0	1188	1470	0	31798	32606	-12906	-13235
30	1339	0	1132	1423	0	32606	33380	-13235	-13549
31	1286	0	1072	1372	0	33380	34118	-13549	-13848
32	1343	0	1103	1465	0	34118	34907	-13848	-14168
33	1114	0	895	1271	0	34907	35603	-14168	-14451
34	878	0	689	1062	0	35603	36201	-14451	-14694
35	635	0	481	839	0	36201	36695	-14694	-14894
36	385	0	276	587	0	36695	37064	-14894	-15044
37	127	75097	68040	0	0	37064	0	-15044	0



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 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	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Geol. Apicella Antonella
Licenza	AIU4217A3

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

Salerno (SA) li. 17 luglio 2018



Il progettista
(Dott. Sa geol. Antonella Apicella)