



**Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile
n°429 del 9 gennaio 2017
(G.U. n°12 del 16 gennaio 2017)**

**S.P. N°63 COLLE SANNITA - CASTELPAGANO
Lavori di consolidamento del piano viabile
1° Lotto**



Soggetto Attuatore:

Provincia di Benevento

Codice intervento:

00/A/18

Direttore dei Lavori
Arch. Giancarlo Marcarelli

Progettista strutturale
Ing. Fulvio Migliore



Collaudatore statico

Progettazione architettonica

Ing. Filippo Iadanza
Arch. Giancarlo Marcarelli
Geom. Mario Caraccio

PROGETTO ESECUTIVO

Titolo Elaborato:

**ANALISI DI STABILITA' GLOBALE
(Condizioni drenate)**

Comune:
CASTELPAGANO

Il Committente
II R.U.P. Ing. Salvatore Minicozzi

Codice elaborato:
07

ANALISI DI STABILITA' Condizioni drenate

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

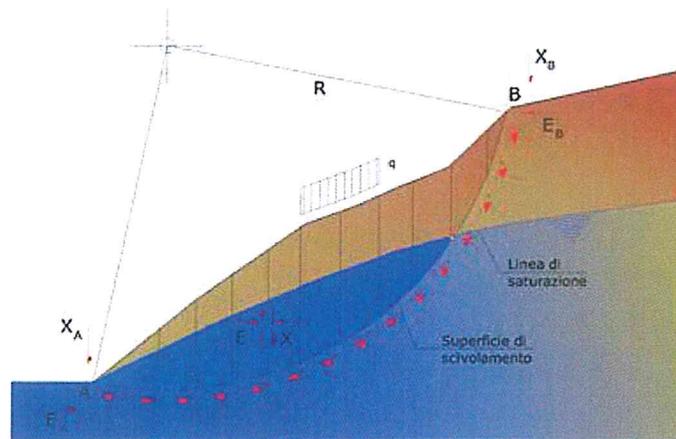
1. .

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in concii considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei concii.



Metodo dei concii

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concii. Se il numero dei concii è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

$$F_{sm} = F_{sf}$$

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Ancoraggi

Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- **fondazione:** indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

T_d tiro esercizio;
 Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;
 i interasse;
 L_e lunghezza efficace;
 L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l'i-esimo concio e il j-esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell'i-esimo concio.

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Zona	Castel Pagano
Lat./Long.	41,402619/14,812824
Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	50,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	90,79 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	72,3 m
Ascissa vertice destro superiore xs	110,79 m
Ordinata vertice destro superiore ys	102,3 m
Passo di ricerca	1,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
----------------------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------

	[anni]			
S.L.O.	60,0	0,79	2,4	0,32
S.L.D.	101,0	1,02	2,42	0,34
S.L.V.	949,0	2,82	2,37	0,43
S.L.C.	1950,0	3,74	2,38	0,44

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	50,0	50,0
2	63,21	55,0
3	72,29	60,0
4	85,45	65,0
5	105,95	70,0
6	113,12	70,0
7	113,12	75,0
8	125,34	75,0
9	130,46	80,0
10	144,28	85,0
11	153,52	90,0
12	164,93	95,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	50,0	45,02
2	164,93	89,09

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,1682505	0,45	21	1933,351	1933,351	Limo argilloso- Ghiaia	
2	0,2155646	2,14	26	2059,794	2059,794	Limo argilloso sabbioso	

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	112,5	75	0,8	18	90	1	5	--	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	113,92	75	123,92	75	0,20394

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,13
Ascissa centro superficie	90,79 m
Ordinata centro superficie	102,3 m
Raggio superficie	60,07 m

$$x_c = 90,793 \quad y_c = 102,301 \quad R_c = 60,07 \quad F_s = 1,132$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,84	-33,2	2,2	3425,95	798,25	400,84	0,17	21,0	0,0	8010,4	5985,3
2	1,84	-31,1	2,15	10024,0	2335,59	1172,81	0,17	21,0	0,0	17149,8	9010,5
3	2,54	-28,7	2,924	090,81	5613,16	2818,63	0,17	21,0	0,0	36631,4	16724,3
4	1,14	-26,7	1,281	4956,16	3484,79	1749,87	0,22	26,0	0,0	22947,7	12319,7
5	1,84	-25,1	2,032	9920,93	6971,58	3500,75	0,22	26,0	0,0	43709,6	22702,2
6	1,84	-23,2	2,036	826,54	8580,58	4308,71	0,22	26,0	0,0	51165,1	25856,1
7	1,84	-21,3	1,984	3456,55	10125,38	5084,42	0,22	26,0	0,0	57845,6	28682,7
8	2,42	-19,2	2,566	6660,28	15531,85	7799,25	0,22	26,0	0,0	84982,3	41480,4
9	1,27	-17,3	1,333	8835,58	9048,69	4543,76	0,22	26,0	0,0	47893,5	23157,1
10	1,84	-15,8	1,916	0466,66	14088,73	7074,6	0,22	26,0	0,0	72698,5	34960,8
11	1,84	-13,9	1,964	971,15	15138,28	7601,63	0,22	26,0	0,0	75969,1	36339,3
12	1,84	-12,1	1,886	9241,92	16133,37	8101,31	0,22	26,0	0,0	78913,9	37581,7
13	1,84	-10,4	1,877	3283,14	17074,97	8574,13	0,22	26,0	0,0	81567,0	38702,5
14	1,84	-8,6	1,867	7099,84	17964,26	9020,68	0,22	26,0	0,0	83958,3	39714,2
15	2,69	-6,4	2,711	19092,6	27748,57	13933,83	0,22	26,0	0,0	126524,1	59661,3
16	0,99	-4,6	0,994	5557,67	10614,94	5330,25	0,22	26,0	0,0	47517,4	22364,8
17	1,84	-3,3	1,848	6307,02	20109,54	10097,92	0,22	26,0	0,0	88839,1	41783,0
18	1,84	-1,5	1,848	8361,63	20588,26	10338,31	0,22	26,0	0,0	89507,1	42066,3
19	1,84	0,2	1,849	0201,36	21016,92	10553,56	0,22	26,0	0,0	90026,1	42288,7
20	1,84	2,0	1,849	1827,47	21395,8	10743,81	0,22	26,0	0,0	90404,0	42453,6
21	1,84	3,8	1,849	3239,69	21724,85	10909,04	0,22	26,0	0,0	90647,8	42564,0
22	1,84	5,5	1,859	4435,68	22003,51	11048,97	0,22	26,0	0,0	90759,4	42620,8
23	1,84	7,3	1,869	5415,26	22231,75	11163,58	0,22	26,0	0,0	90743,8	42626,4
24	1,84	9,1	1,869	6175,98	22409,0	11252,59	0,22	26,0	0,0	90602,9	42581,4
25	1,84	10,8	1,879	6713,72	22534,3	11315,5	0,22	26,0	0,0	90335,9	42485,8
26	1,84	12,6	1,899	7026,05	22607,07	11352,05	0,22	26,0	0,0	89943,5	42340,0
27	1,1	14,1	1,135	8042,43	13523,88	6790,96	0,22	26,0	0,0	53517,3	25215,2
28	2,58	15,9	2,681	34459,4	31329,04	15731,75	0,22	26,0	0,0	123231,8	58199,3
29	1,84	18,1	1,949	3519,52	21790,05	10941,78	0,22	26,0	0,0	85188,1	40386,9
30	1,84	20,0	1,969	1277,05	21267,55	10679,41	0,22	26,0	0,0	82801,6	39400,2
31	0,96	21,4	1,034	6476,18	10828,95	5437,71	0,22	26,0	0,0	42052,4	20073,1
32	2,72	23,3	2,971	58692,6	36975,38	18567,03	0,22	26,0	0,0	143692,9	67551,5
33	1,84	25,7	2,041	04511,7	24351,21	12227,86	0,22	26,0	0,0	94516,9	44607,2
34	1,84	27,6	2,081	01173,1	23573,34	11837,26	0,22	26,0	0,0	91493,3	43372,2
35	1,84	29,6	2,129	7525,91	22723,54	11410,53	0,22	26,0	0,0	88275,1	42062,0
36	1,84	31,7	2,169	3553,11	21797,88	10945,71	0,22	26,0	0,0	84837,4	40667,2
37	1,84	33,8	2,218	6829,31	20231,23	10159,03	0,22	26,0	0,0	78903,7	38208,5
38	1,84	35,9	2,278	3146,58	19373,15	9728,15	0,22	26,0	0,0	75858,8	37007,8

SLOPE

39	1,84	38,1	2,34	84448,7	19676,54	9880,5	0,22	26,0	0,077608,9	37888,9
40	1,68	40,3	2,277812,34	18130,28	9104,04	0,22	26,0	0,072113,9	35258,6	
41	2,0	42,6	2,7290807,01	21158,03	10624,42	0,22	26,0	0,084958,1	41781,0	
42	1,84	45,2	2,6179132,81	18437,95	9258,54	0,22	26,0	0,074817,3	37202,9	
43	1,84	47,7	2,7474330,35	17318,97	8696,65	0,22	26,0	0,071079,0	35830,7	
44	1,84	50,4	2,8968824,38	16036,08	8052,45	0,22	26,0	0,066628,3	34202,4	
45	1,84	53,2	3,0862489,55	14560,07	7311,28	0,22	26,0	0,061253,3	32245,3	
46	1,84	56,3	3,32	55151,8	12850,37	6452,76	0,22	26,0	0,054632,8	29852,0
47	2,61	60,4	5,2963263,57	14740,41	7401,84	0,22	26,0	0,062753,1	37109,7	
48	1,07	64,1	2,4419839,65	4622,64	2321,24	0,22	26,0	0,018987,3	12832,8	
49	1,84	67,6	4,8224887,95	5798,89	2911,89	0,22	26,0	0,021030,5	18240,2	
50	1,84	72,8	6,24	9798,47	2283,04	1146,42	0,17	21,0	0,01525,5	9784,2

Indice

1.Dati generali	4
2.Vertici profilo	5
3.Vertici strato 1	5
4.Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	5
5.Stratigrafia	5
6.Pali...	5
7.Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]	6
Indice	8