
CALCOLO DI STABILITÀ DEI FRONTI DI CAVA

Comune: **TARANTO/B**

Località: **PALOMBARA**

Ditta: **VERGINE GIUSEPPE**

I Tecnici

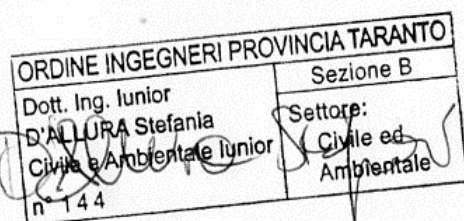
Il Geologo

Dr. D'ALLURA Francesco

DITTA GIUSEPPE VERGINE
Sede e dom. fisc.: Via B. Croce, 6
74020 LIZZANO (TA)
Tel. 099.9552397
P.IVA 00934760737



Ing. Iunior D'ALLURA Stefania



RELAZIONE DI CALCOLO

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.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_o F$$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W : peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_v : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di

riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

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.

Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

| | |
|--------------------------------------|------|
| Numero di strati | 4,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Fattore di sicurezza [R2] | 1,3 |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|---|----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore x_i | -32,28 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore y_i | 8,34 m |
| Ascissa vertice destro superiore x_s | -0,66 m |
| Ordinata vertice destro superiore y_s | 31,66 m |
| Passo di ricerca | 10,0 |
| Numero di celle lungo x | 10,0 |
| Numero di celle lungo y | 10,0 |

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

| | |
|----------------------|---------------------|
| Descrizione: | |
| Latitudine: | 40,42 |
| Longitudine: | 17,43 |
| Tipo opera: | 2 - Opere ordinarie |
| Classe d'uso: | Classe II |
| Vita nominale: | 50,0 [anni] |
| Vita di riferimento: | 50,0 [anni] |

Parametri sismici su sito di riferimento

| | |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo: | B |
| Categoria topografica: | T1 |

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | a_g [m/s ²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 30,0 | 0,22 | 2,41 | 0,23 |
| S.L.D. | 50,0 | 0,28 | 2,39 | 0,28 |
| S.L.V. | 475,0 | 0,57 | 2,83 | 0,42 |
| S.L.C. | 975,0 | 0,66 | 2,99 | 0,44 |

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii

| S.L. Stato limite | amax [m/s²] | beta [-] | kh [-] | kv [sec] |
|----------------------|----------------|-------------|-----------|-------------|
| S.L.O. | 0,264 | 0,2 | 0,0054 | 0,0027 |
| S.L.D. | 0,336 | 0,2 | 0,0069 | 0,0034 |
| S.L.V. | 0,684 | 0,2 | 0,014 | 0,007 |
| S.L.C. | 0,792 | 0,2 | 0,0162 | 0,0081 |

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,007

Coefficiente azione sismica verticale

0,003

Vertici profilo

| N | X m | y m |
|---|--------|--------|
| 1 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 5,0 | 0,0 |
| 3 | 5,5 | 6,5 |
| 4 | 7,38 | 8,5 |
| 5 | 13,38 | 13,5 |
| 6 | 14,4 | 14,5 |
| 7 | 20,0 | 14,5 |

Vertici strato1

| N | X m | y m |
|---|--------|--------|
| 1 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 5,0 | 0,0 |
| 3 | 5,0 | 0,0 |
| 4 | 5,5 | 6,5 |
| 5 | 7,38 | 8,5 |
| 6 | 13,38 | 13,5 |
| 7 | 13,38 | 13,5 |
| 8 | 20,0 | 13,5 |

Vertici strato2

| N | X m | y m |
|---|--------|--------|
| 1 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 5,0 | 0,0 |
| 3 | 5,5 | 6,5 |
| 4 | 7,38 | 8,5 |
| 5 | 20,0 | 8,5 |

Vertici strato3

| N | X m | y m |
|---|--------|--------|
| 1 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 5,0 | 0,0 |
| 3 | 5,5 | 6,5 |
| 4 | 20,0 | 6,5 |

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

| Strato | c (kg/cm ²) | Fi (°) | G (Kg/m ³) | Gs (Kg/m ³) | Litologia |
|--------|----------------------------|-----------|---------------------------|----------------------------|--|
| 1 | 0 | 15 | 1650 | 1800 | Terreno vegetale |
| 2 | 0,15 | 26 | 1940 | 2150 | Limi argillo- sabbiosi |
| 3 | 0,05 | 33 | 1900 | 2100 | Sabbie calcaree debolmente limose |
| 4 | 0,20 | 45 | 2300 | 2500 | Calcareniti a grana media |

Risultati analisi pendio

=====

| | |
|----------------------------|---------|
| Fs minimo individuato | 1,48 |
| Ascissa centro superficie | -6,98 m |
| Ordinata centro superficie | 27,0 m |
| Raggio superficie | 26,35 m |

=====

Analisi dei conci. Superficie...xc = -6,982 yc = 26,997 Rc = 26,347 Fs=1,4806

| 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 | 0,22 | 28,0 | 0,25 | 665,15 | 4,66 | 2,0 | 0,2 | 45,0 | 0,0 | 378,5 | 798,4 |
| 2 | 1,88 | 30,7 | 2,19 | 12972,72 | 90,81 | 38,92 | 0,2 | 45,0 | 0,0 | 8769,6 | 12376,7 |
| 3 | 1,18 | 34,6 | 1,44 | 8866,52 | 62,07 | 26,6 | 0,2 | 45,0 | 0,0 | 5880,4 | 8613,6 |
| 4 | 1,09 | 37,7 | 1,38 | 8124,28 | 56,87 | 24,37 | 0,2 | 45,0 | 0,0 | 5252,0 | 8200,6 |
| 5 | 1,09 | 40,7 | 1,44 | 8046,35 | 56,32 | 24,14 | 0,05 | 33,0 | 0,0 | 6961,2 | 5604,1 |
| 6 | 1,09 | 43,9 | 1,52 | 7911,24 | 55,38 | 23,73 | 0,05 | 33,0 | 0,0 | 6897,2 | 5894,5 |
| 7 | 1,54 | 48,1 | 2,31 | 10383,26 | 72,68 | 31,15 | 0,15 | 26,0 | 0,0 | 8625,7 | 9300,9 |
| 8 | 1,02 | 52,4 | 1,67 | 5947,64 | 41,63 | 17,84 | 0,15 | 26,0 | 0,0 | 4698,1 | 6379,7 |
| 9 | 0,72 | 55,6 | 1,27 | 3115,69 | 21,81 | 9,35 | 0,15 | 26,0 | 0,0 | 2063,7 | 4186,9 |
| 10 | 1,09 | 59,4 | 2,14 | 1740,03 | 12,18 | 5,22 | 0,0 | 15,0 | 0,0 | 2498,1 | 1063,9 |

Conclusioni

La verifica di stabilità ha riguardato i fronti di scavo aventi le maggiori acclività. Dalle elaborazioni effettuate sono stati ottenuti fattori di sicurezza superiori a quello stabilito dalla normativa vigente. Pertanto, per quanto concerne la stabilità e la sicurezza dei fronti di cava, si può affermare che in nessun punto della cava vi è alcun pericolo di franamento e che è sempre garantita la pubblica e privata incolumità.

