

7. PROVVEDIMENTI DI PRONTO INTERVENTO

Il progetto delle opere per la stabilizzazione di un pendio comprende, in generale, in un primo tempo, una serie di provvedimenti immediati o "di pronto intervento", per scongiurare anche incombenti pericoli alla incolumità pubblica, ed, in un secondo tempo, la scelta e la progettazione delle opere di carattere definitivo*.

Quando si verifica una frana, specie se di notevole dimensioni, non è sempre possibile iniziare i lavori di sistemazione definitiva in breve tempo. Il ritardo può essere giustificato dai lunghi tempi necessari per l'esecuzione delle indagini preliminari, specie quelle di tipo geologico e geotecnico. Ciò nonostante, per ragioni di pubblica utilità, può risultare necessario mantenere "in uso e/o in esercizio", anche se ridotta, la zona investita dal fenomeno. E' in questo contesto che diventa improrogabile eseguire rapidamente determinate opere immediate che forniscano un certo grado di sicurezza nelle aree coinvolte in eventuali movimenti successivi. Sistemazioni di questo tipo in particolare, sono più frequenti quando il dissesto interessa linee di comunicazione di una certa importanza, sia stradali che ferroviarie, lungo le quali si deve garantire il transito con un buon grado di sicurezza. Si deve tener presente che un fenomeno correttamente interpretato nell'immediato, può essere curato con l'esecuzione di manufatti da utilizzare poi quali opere di base per i futuri interventi. Ciò che certamente non si deve fare è l'asportazione del cumulo di frana o della porzione anteriore dello stesso, a meno che non si tratti di una frana da crollo (non conseguente ad uno scalzamento al piede del versante) o da ribaltamento, in questi due ultimi casi il cumulo non partecipa attivamente all'equilibrio del versante [VALLARIO A. 1992].

I provvedimenti immediati e/o di pronto intervento comprendono essenzialmente:

7.1. DISCIPLINA, CAPTAZIONE, CONVOGLIAMENTO DELL'ACQUA E DELLE EVENTUALI SORGENTI CHE DEFLUISCONO ALLA ZONA IN FRANA E CHE SI ACCUMULANO NELLE AREE PIÙ DEPRESSE

L'obiettivo è quello di disciplinare le acque superficiali e/o di media profondità al fine di diminuire le pressioni neutre alleggerendo nel contempo il peso del pendio stesso. Per la raccolta e lo smalti-

mento delle acque liberamente fluenti o di precipitazione diretta che dall'esterno tendono a raggiungere l'area in frana è opportuno realizzare, a monte della nicchia di distacco, un "fosso di guardia o circondariale" in terra e/o mediante canalette flessibili. Per contro, se le acque superficiali circolano direttamente in corrispondenza dell'area in frana o che sostano nelle depressioni topografiche della stessa è opportuno realizzare, una piccola ma efficace rete di "canali drenanti" (in terra o con tubazioni flessibili). E' ovvio, che le acque così disciplinate saranno convogliate in impluvi opportunamente sistemati al di fuori dell'area in frana. Per disciplinare le eventuali acque sotterranee si potranno realizzare opere di drenaggio mediante scavi in trincea e la posa in opera di gabbionate e/o direttamente materiale arido di idonea pezzatura. Generalmente si realizza dapprima un setto drenante longitudinale al corpo di frana, con compiti talvolta anche di struttura portante e quindi di contrasto al movimento franoso, cui si attestano rami laterali disposti a "spina di pesce".

7.2. RIMOZIONE, EVENTUALMENTE CON L'IMPIEGO DI ESPLOSIVI, DEI DETRITI CHE IMPEDISCONO IL DEFLUSSO DELLE ACQUE

Come detto, l'acqua va sempre disciplinata tenuto conto che costituisce uno tra i maggiori pericoli sia per la stabilità del versante che per l'incolumità degli operatori che vicino vi operano. Si deve cercare quindi di permettere, nel modo più agevole, il deflusso ricorrendo anche all'uso di esplosivi per la rimozione di massi, trovanti e detriti che ne sbarrano il passaggio. Ciò al fine di evitare anche possibili formazioni di vere e proprie vasche di accumulo incontrollate che con il passar del tempo, anche a causa di eventi meteorici, potrebbero rovinosamente tracimare e rovesciarsi verso valle, creando ulteriori e seri danni.

7.3. POMPAGGIO DELL'ACQUA DAI POZZI ESISTENTI IN ZONA

Quando nell'area in frana sono numerosi i pozzi per emungere acqua dal sottosuolo, può essere molto utile, provocare l'abbassamento della piezometrica con il pompaggio continuo. Questa operazione, non sempre possibile, può agevolare rapidamente un incremento delle pressioni effettive e quindi delle resistenze al taglio del materiale.

7.4. RISAGOMATURA DEL PENDIO INTERESSATO DALLA FRANA

La stabilità del pendio può essere sensibilmente migliorata modificando l'andamento della superficie topografica con la realizzazione di sottobanche al piede e, se possibile, alleggerimenti in sommità. Nelle linee generali provvedimenti basati su semplici movimenti di terra hanno il vantaggio di consentire l'esecuzione di ogni tipo di operazione con sufficiente immediatezza e con grande economicità. In particolare l'alleggerimento del pendio in sommità, dove è possibile, garantirà certamente maggiore sicurezza al lavoro che gli operatori svolgeranno a valle dello stesso. L'intervento di risagomatura comprende nelle linee essenziali tre operazioni: asportazione della porzione sommitale del versante, riporti

(*) Da anni nei Paesi centro europei e da qualche decennio nelle Regioni Alpine italiane sono in fase di sperimentazione, accanto ai metodi tradizionali, tecniche e metodi di ripristino e/o di stabilizzazione complementari a basso impatto ambientale. Si utilizzano, come materiali da costruzione, piante viventi, parti di piante o addirittura intere biocenosi vegetali, spesso in unione con materiali non viventi come pietrame, terra, legname, acciaio. Trattasi di tecniche di «Ingegneria naturalistica» e/o di «Bioingegneria forestale» le quali, accelerando i processi naturali in atto, consentono il raggiungimento di precisi obiettivi in tempi più brevi ed a costi sostenibili. E' auspicabile che anche in questa Provincia, e più in particolare nelle zone Appenniniche, si avvii la sperimentazione al fine di conoscere meglio le caratteristiche della vegetazione autoctona, specialmente per le specie «pioniere» che sono capaci di consolidare efficacemente, grazie agli apparati radicali, sponde, versanti e scarpate.

nella zona del piede e riduzione della pendenza in modo da ridurre il momento delle forze motrici ed aumentare nel contempo il momento delle forze resistenti.

7.5. SIGILLATURA, PREVIA PULITURA SUPERFICIALE, DELLE PRINCIPALI LESIONI CHE SI MANIFESTANO NEL CORPO DI FRANA, DISGAGGIO DI MASSI PERICOLANTI

E' un tipo di intervento che, per lo più, riguarda le frane di tipo traslatorio in terreni lapidei. La sigillatura, mediante l'inserimento nelle fessure e nelle lesioni, di malta di tipo espansivo consente di evitare possibili crolli o distacchi di materiale roccioso. Se inserita lungo la superficie di discontinuità, la malta cementizia può garantire maggiore aderenza tra strati a diretto contatto incrementando quindi la resistenza al taglio lungo la predetta superficie. La sigillatura comunque, dovrebbe essere preceduta da una accurata operazione di pulitura di tutto il versante interessato dalla frana al fine di mettere a nudo la roccia fessurata. Nell'ambito della pulitura è opportuno anche procedere al *disgaggio di massi* che si ottiene facendo precipitare le parti pericolanti della roccia di una parete o di una scarpata, in modo da anticipare la loro caduta.

7.6. CARICO AL PIEDE

Con questo intervento si cercherà, sovraccaricando il piede delle frana, di incrementare gli sforzi normali lungo la superficie di rottura. L'operazione si realizza con la posa in opera di gabbionate o di materiale arido di idonea pezzatura, posizionato normalmente alla direzione di scorrimento verso la zona dell'unghia del cumulo di frana. In questo modo si ostacolerà il movimento del cumulo di frana, si avrà nel contempo una compattazione del cumulo stesso a partire dal basso e si agevolerà l'espulsione delle acque (funzione drenante). Per una maggiore rapidità di esecuzione si possono utilizzare particolari tipi di gabbioni costituiti da un cilindro di rete metallica con apertura ad una estremità (a sacco) o laterale (a pagliericcio). Se il cumulo di frana interessa linee di comunicazione, sia stradali che ferroviarie, lungo le quali si deve garantire il transito con un buon grado di sicurezza, si procederà alla rimozione parziale del cumulo di frana stesso predisponendo alcune strutture di sostegno nei punti critici. Ci si può indirizzare verso palizzate in elementi prefabbricati metallici o palizzate di legno infisse a file distribuite su vari livelli e naturalmente a cordoni di gabbionate.

7.7. INSTALLAZIONE DI CAPISALDI IN SUPERFICIE PER IL CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI

Non si tratta di un vero e proprio intervento immediato e direttamente sulla frana. La sua utilità comunque è quella di registrare eventuali spostamenti in atto e/o residui del versante nel tempo, permettendo successivamente di avere più dettagli puntuali sulla massa interessata dal dissesto anche al fine delle decisioni sugli interventi definitivi. Ciò si realizza generalmente con ripetute misure topografiche dirette con apposita strumentazione ed ese-

guite con cadenza temporale. Va ricordato peraltro che alcuni fenomeni franosi, per la "salvaguardia della pubblica incolumità", impongono la sorveglianza "a vista" o la realizzazione di sistemi automatici di allarme [VALLARIO A. 1992.].

APPENDICE:

VERIFICHE DI STABILITÀ

La stabilità dei pendii, comprendendo sia i pendii naturali (generati in tempi lunghi da cause naturali legate al modellamento della superficie del suolo) che quelli artificiali (generati modificando con scavi o riporti la configurazione originaria del suolo creando superfici con inclinazione maggiore di quelle naturali) è un problema di notevole interesse tecnico, e può essere studiato facendo riferimento a condizioni di equilibrio limite globale, atteso il coinvolgimento della resistenza a rottura del terreno impegnato.

Nelle linee generali le condizioni di stabilità dipendono essenzialmente dai seguenti fattori principali:

- dalla *pendenza* e quindi dalla forza di gravità che tende a trascinare in basso i terreni (la gravità è tanto maggiore quanto è più inclinato il pendio);
- dall'*attrito* che contrasta la gravità ostacolando lo scorrimento;
- dalla *coesione* e/o resistenza d'attrito che tende a mantenere unite fra loro le particelle che compongono il terreno impedendo che una parte si distacchi dal resto.

La coesione e l'attrito sono interconnessi alle caratteristiche geologiche e geotecniche e alle condizioni di umidità del terreno.

Lo scorrimento verso il basso di un ammasso roccioso può essere assimilato al moto di un corpo su un piano, inclinato di un certo angolo β rispetto all'orizzontale (Fig. 12).

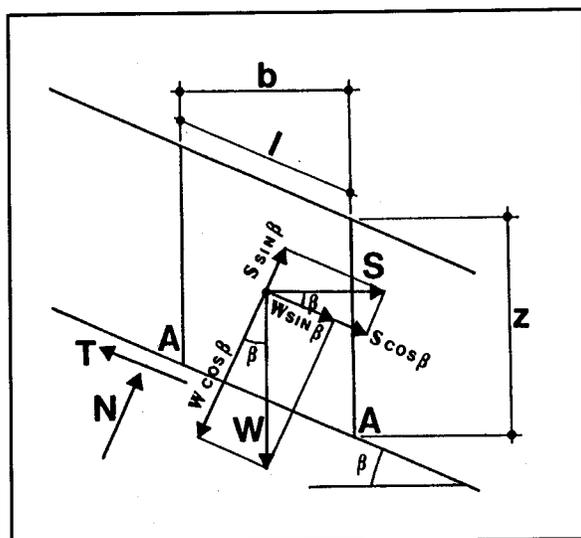


Fig. 12 - Schema grafico delle condizioni di equilibrio di un pendio illimitato

Considerando un elemento verticale di una striscia di terreno di spessore e lunghezza illimitata, dall'esame dell'equilibrio si definiscono le seguenti forze in gioco (le pressioni sui lati della striscia essendo uguali ed opposte si annullano, vanno considerate pertanto solo le forze che agiscono sul lato A-A):

- la forza peso dell'elemento verticale considerato, data da:

$$W = z \cdot b \cdot G \quad \text{con} \quad (1)$$

G = peso di volume del terreno

- la forza attiva o di taglio (componente di W parallela al piano inclinato) che può generare lo scivolamento, data da:

$$T = W \cdot \sin \beta \quad (2)$$

- la forza resistente o pressione normale (componente di W normale al piano inclinato) che si oppone allo scivolamento, data da:

$$N = c + W \cdot \cos \beta \cdot \tan \phi \quad \text{dove} \quad (3)$$

c e ϕ sono rispettivamente la coesione e l'angolo di attrito del terreno impegnato.

Si osserva che la (3), è stata scritta supponendo che lungo la A-A di Figura 1 lo sforzo di taglio τ e lo sforzo normale σ sono legati dal criterio di rottura di Mohr-Coulomb in assenza di pressione dei pori:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi \quad (4)$$

In condizione di equilibrio limite, cioè quando il "blocco" di terreno è prossimo allo scivolamento, avremo:

$$T = N \quad \text{e quindi} \quad (5)$$

$$W \cdot \sin \beta = c + W \cdot \cos \beta \cdot \tan \phi \quad (6)$$

Il primo membro dell'equazione rappresenta le forze agenti o attive e il secondo le forze resistenti. Una variazione dei valori di uno dei membri della (6) porta alla stabilizzazione (se il primo diventa minore del secondo) o a una perdita dell'equilibrio e quindi al "franamento" (se il secondo diventa minore del primo).

Nasce così l'opportunità di definire il fattore o coefficiente di sicurezza F nella forma:

$$F = \frac{\text{RESISTENZA AL TAGLIO DISPONIBILE}}{\text{RESISTENZA AL TAGLIO MOBILITATA}} \quad \text{ossia} \quad (7)$$

$$F = \frac{c + W \cdot \cos \beta \cdot \tan \phi}{W \cdot \sin \beta}$$

per cui: $F = 1$ rappresenta la condizione di equilibrio limite (condizione da evitare atteso che viene a corrispondere con la situazione di potenziale instabilità) e $F > 1$ esprime la stabilità secondo l'evidente significato fisico attribuito a questo termine.

Nel caso di assenza di coesione, il coefficiente di sicurezza sarà pari a:

$$F = \frac{\tan \phi}{\tan \beta} \quad (8)$$

Per quanto attiene le condizioni di stabilità di pendii o scarpate di altezza limitata, generalmente si fa riferimento, quando non esistono piani preferenziali di scorrimento, a superfici cilindriche a direttrice circolare. La linea di slittamento o superficie critica viene riprodotta lungo archi di cerchio aventi raggio "r" e centro "o" (Fig. 13). La parte di terreno ricadente al di sopra del cerchio di scorrimento si sposta da monte a valle rispetto al terreno sottostante, che rimane fermo. La porzione in movimento va però divisa in due parti: quella lato monte, rispetto alla verticale passan-

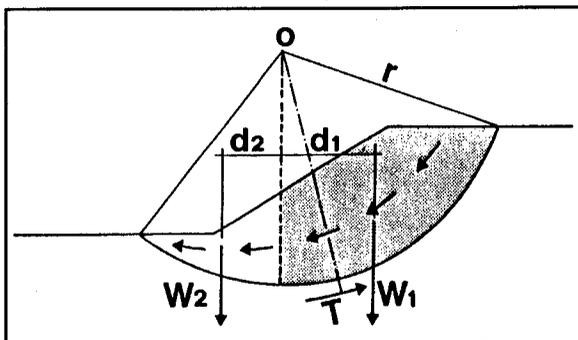


Fig. 13 - Schema grafico delle condizioni di equilibrio di un pendio limitato

te per il centro, favorisce il movimento e quella lato valle lo contrasta. L'equilibrio viene esaminato definendo i momenti delle forze W e T rispetto al centro di rotazione "o":

$$W1 \cdot d2 - W2 \cdot d1 = T \cdot r \quad (9)$$

- il primo membro della relazione rappresenta il *momento ribaltante* (Mr) dovuto dalla differenza fra il momento delle forze peso della parte a monte della verticale, e quello delle forze della parte a valle (W1 e W2 sono le risultanze delle forze peso delle due parti e d1 e d2 i relativi bracci rispetto al centro "o");
- il secondo membro della relazione rappresenta il *momento stabilizzante* (Ms) dovuto alle resistenze offerte dall'attrito e dalla coesione del terreno che, all'atto del movimento, si sviluppano lungo l'arco di cerchio.

Il grado di stabilità si definisce come rapporto tra il momento stabilizzante, dovuto alle forze resistenti che si oppongono al franamento e il momento ribaltante delle forze agenti che favoriscono tale tendenza.

Il coefficiente di sicurezza è dato da:

$$F = \frac{Ms}{Mr} = \frac{T \cdot r}{W1 \cdot d1 - W2 \cdot d2} \quad (10)$$

E' ovvio, che per un terreno pianeggiante, qualunque sia la natura e le caratteristiche meccaniche, la stabilità è infinita in quanto risulta nullo il momento ribaltante. Infatti essendo $W1 = W2$ e $d1 = d2$ la (10) diventa:

$$F = \frac{Ms}{0} = \infty \quad (11)$$

Il metodo descritto analizza la stabilità globale della scarpata-pendio, ossia dell'intero corpo delimitato dalla superficie di slittamento.

Nella pratica, atteso che la scarpata-pendio presenta generalmente delle irregolarità topografiche, o è probabile che la superficie di slittamento attraversi terreni eterogenei con differenti valori di c e ϕ , o ancora, nel caso di filtrazione o di scarpata-pendio semisommerso, il maggior numero dei parametri in gioco, non consente più l'analisi globale e si ricorre al metodo delle strisce e/o dei conci. Il metodo classico o ordinario, detto anche del "circolo svedese", introdotto da Fellenius nel 1936, prevede l'esame dell'equilibrio dei momenti delle forze agenti rispetto al centro di rotazione "o".

Il corpo A B C nella Figura 14a, viene diviso in una serie di strisce a facce verticali di larghezza non necessariamente costante. Si considera l'equilibrio delle singole strisce e della massa sotto l'azione del peso proprio, delle eventuali forze esterne e delle forze interne (nella Figura 14b sono riportate le forze agenti su una generica striscia). Si assume che la risultante delle forze tra le varie strisce è parallela alla base, conseguentemente risultano nulli i momenti rispetto al centro di rotazione. Tenendo anche conto della posizione della superficie piezometrica si considera il criterio di rottura di Mohr-Coulomb (4) in termini di pressioni effettive, ossia in presen-

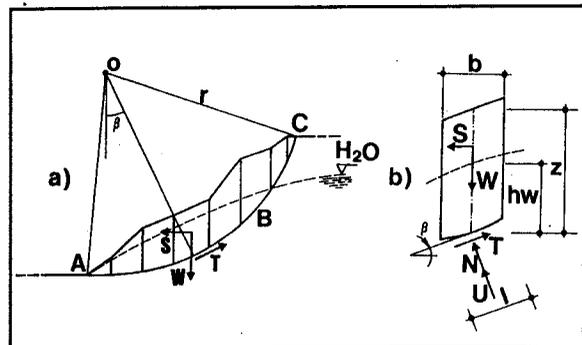


Fig. 14 - Analisi di stabilità con il metodo di Fellenius in presenza di filtrazione e di forza d'inerzia orizzontale indotta da sisma: (a) Suddivisione in strisce o conci della scarpata pendio; (b) Forze agenti sulla generica striscia

za di pressione dei pori:

$$\tau = c' + (\sigma - u) \cdot \tan \phi' \quad (12)$$

Con riferimento alla Figura 14 e tenendo conto della scomposizione della forza peso W , l'equilibrio dei momenti è dato da:

$$W \cdot r \cdot \sin \beta = T \cdot r \quad (13)$$

il coefficiente di sicurezza è espresso conseguentemente da:

$$F = \frac{\sum (T \cdot r)}{\sum (W \cdot r \cdot \sin \beta)} \quad (14)$$

semplificando e osservando che:

$$W \cos \beta = N + U \quad (15)$$

dove U è la risultante delle pressioni dell'acqua data da:

$$U = u \cdot l = Gw \cdot hw \cdot b / \cos \beta$$

con Gw peso di volume dell'acqua e hw altezza piezometrica, il coefficiente di sicurezza è dato da:

$$F = \frac{\sum c' \cdot l + (W \cos \beta - U) \tan \phi'}{\sum W \cdot \sin \beta} \quad (16)$$

Per le zone sismiche è opportuno procedere alla valutazione delle condizioni di stabilità in presenza di sollecitazioni dinamiche. Come è noto, in occasione di terremoti possono verificarsi dissesti e frane in pendii naturali ed artificiali. In Italia, la problematica è balzata drammaticamente all'attenzione della pubblica opinione e dell'ambiente tecnico scientifico a seguito dei terremoti del Friuli (1976), e di quello Irpino-Lucano (1980), in occasione dei quali si sono innescate numerose ed imponenti frane.

Le sollecitazioni sismiche sono movimenti alternativi e transitori (forze d'inerzia) che si sovrappongono a quelli dovuti alle azioni statiche. Per effetto delle forze d'inerzia il coefficiente di sicurezza può scendere al di sotto del valore 1 più volte durante un terremoto ed in conseguenza si producono deformazioni e spostamenti permanenti. La grandezza delle deformazioni dipende dall'andamento nel tempo delle forze d'inerzia stesse.

Il valore del coefficiente di sicurezza minimo globale della scarpata-pendio in condizioni sismiche, si può valutare (o ricercare) considerando l'azione del sisma, equivalente ad una forza statica orizzontale applicata nel baricentro delle masse.

Pertanto gli effetti di un terremoto su una massa di terreno potenzialmente instabile vengono rappresentati da una forza statica orizzontale equivalente, pari al prodotto del coefficiente sismico Kh per il peso W della medesima massa potenzialmente instabile (Forza S Figure 12 e 14):

$$S = W \cdot Kh \quad (17)$$

Il coefficiente di sicurezza, nel caso di pendio illimitato (Fig. 12), è dato da:

$$F = \frac{c + (W \cos \beta - S \sin \beta) \cdot \tan \phi'}{W \sin \beta + S \cos \beta} \quad (18)$$

Adottando il metodo delle strisce (pendio illimitato Fig. 14) a ciascuna striscia, separatamente, va applicata una forza orizzontale corrispondente al prodotto del peso della striscia per Kh ; il coefficiente di sicurezza è dato da:

$$F = \frac{\sum c \cdot l + (W \cos \beta - S \sin \beta) \cdot \tan \phi'}{\sum (W \sin \beta + S \cos \beta)} \quad (19)$$

Per quanto attiene la scelta del coefficiente sismico Kh , nessuna normativa fornisce indicazioni in merito sui valori da impiegare nella

pratica corrente. Alcuni Studiosi [D'ELIA B. 1983] suggeriscono di adottare i coefficienti sismici della normativa in vigore per le costruzioni in zone sismiche, in analogia a quanto previsto per le dighe e per le opere di sostegno dei terreni. La normativa italiana sulle dighe di materiali sciolti (D.M. 24/3/1982) e per le opere di sostegno dei terreni (D.M. 16/1/1996) prescrivono, di considerare nei calcoli di verifica, la seguente forza statica orizzontale equivalente:

$$F_h = C \cdot W \quad \text{dove:} \quad (20)$$

C è il coefficiente di intensità sismica in base alla normativa in vigore, variabile con la categoria sismica della zona (D.M. 3/3/1975). Il coefficiente di intensità sismica C assume valore 0,04 per le zone con grado di sismicità 6, valore 0,07 per le zone con grado di sismicità 9 (ex 2 categoria) e valore 0,1 per le zone con grado di sismicità 12 (ex 1 categoria).

Anche per la scelta del coefficiente di sicurezza, nessuna normativa fornisce indicazioni sui valori minimi da impiegare in presenza di sollecitazioni dinamiche. Il D.M. 11/3/1988 (Norme Tecniche Riguardanti le Indagini sui Terreni e sulle Rocce, la Stabilità dei Pendii Naturali e delle Scarpate ecc.) che tratta specificatamente la materia nella sezione G (Stabilità dei Pendii Naturali e dei Fronti di Scavo) prescrive, che il valore del coefficiente di sicurezza, per i pendii naturali, deve essere assunto e giustificato dal progettista e, per i fronti di scavo, non deve essere minore di 1,3 nel caso di terreni omogenei e nei quali le pressioni neutre siano note con sufficienti attendibilità. Lo stesso D.M. dispone, relativamente ai pendii naturali ricadenti in zona sismica, che le verifiche di stabilità devono essere esperite tenendo conto delle azioni dinamiche come prescritto dalla norme sismiche. Pertanto, in analogia con il regolamento delle dighe di materiali sciolti, possono essere adottati coefficienti di sicurezza inferiori a quelli usualmente impiegati in condizioni statiche, ma comunque maggiori di 1. E' prassi consolidata peraltro, di considerare una scarpata-pendio in condizioni di sicurezza quando le resistenze dei materiali, che si oppongono al franamento, superano di almeno il 30% gli sforzi applicati; il coefficiente di sicurezza F , deve risultare pertanto maggiore di 1,30.

A completamento della nota si valuta, a titolo di esempio esplicativo, il coefficiente di sicurezza di una scarpata nelle condizioni di assenza e presenza di sisma e per diversi valori del coefficiente sismico Kh . Si fa riferimento alla sezione schematica di un fronte di scavo riportato in Figura 15. Si adotta il procedimento delle strisce o di Fellenius, in assenza di falda idrica, ricorrendo ad una tabella per facilitare il calcolo manuale (Fig. 16).

Si ipotizza che la scarpata interessi terreno coerente omogeneo caratterizzato dai seguenti parametri:

G = peso di volume	= 2,00 t/mc.
c = coesione	= 1,50 t/mq.
ϕ = Angolo d'attrito	= 20°

L'azione sismica si considera sotto forma di una forza statica orizzontale applicata alla base di ciascuna striscia.

Le risultanze delle calcolazioni vengono riportate nella tabella sinottica di Fig. 16 a cui si rimanda per un esame di dettaglio.

In Fig. 17 inoltre, sono riportati in un diagramma cartesiano i coefficienti di sicurezza derivati in funzione dei vari gradi di sismicità.

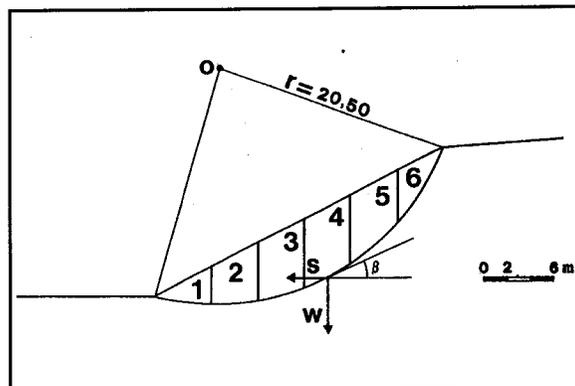


Fig. 15 - Sezione schematica della scarpata oggetto della verifica di stabilità

STRISCE	1	2	3	4	5	6	
b	5	4	4	4	4	4	
z	1,66	4,20	5,55	6,00	5,29	2,29	
b·z	8,30	16,80	22,20	24,00	21,16	9,16	
W = b·z·G	16,60	33,60	44,40	48,00	42,32	18,32	
β	- 9	3	15	27	40	58	
cos β	0,987	0,998	0,966	0,891	0,766	0,529	
sin β	-0,156	0,053	0,258	0,454	0,643	0,848	Σ
W · cos β	16,32	33,53	42,89	42,77	32,42	9,69	177,69
W · sin β	-2,59	1,78	11,45	21,79	27,21	15,53	75,17
l = b/cosβ	5,06	4,00	4,14	4,49	5,22	7,56	30,47
F = 1,46		Ms = 2250 tm		Mr = 1541 tm			
S = W·0,04	0,66	1,34	1,78	1,92	1,69	0,73	Σ
S · cos β	0,65	1,33	1,72	1,71	1,29	0,38	7,08
S · sin β	-0,10	0,07	0,46	0,87	1,08	0,62	3,00
F = 1,32		Ms = 2227 tm		Mr = 1687 tm			
S = W·0,07	1,16	2,35	3,11	3,36	2,96	1,28	Σ
S · cos β	1,15	2,34	3,00	2,99	2,27	0,67	12,42
S · sin β	-0,18	0,12	0,80	1,53	1,90	1,08	5,24
F = 1,23		Ms = 2209 tm		Mr = 1796 tm			
S = W·0,10	1,66	3,36	4,44	4,80	4,23	1,83	Σ
S · cos β	1,64	3,35	4,29	4,27	3,24	0,97	17,66
S · sin β	-0,26	0,18	1,14	2,18	2,72	1,55	7,51
F = 1,15		Ms = 2192 tm		Mr = 1906 tm			

Fig. 16 - Tabella di calcolo

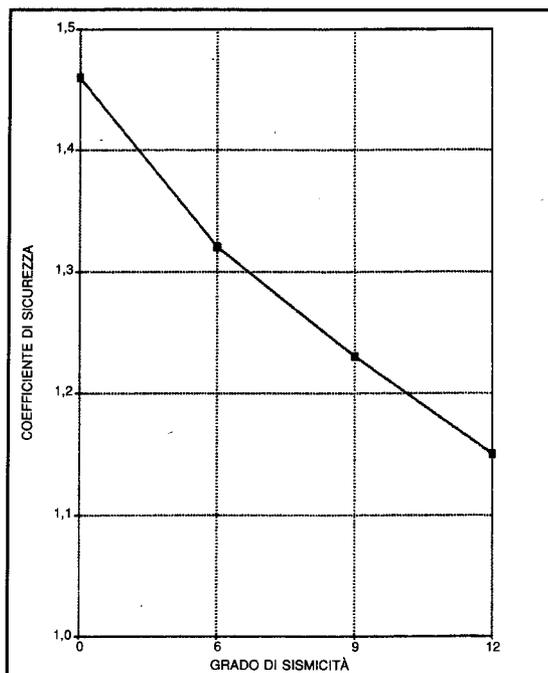


Fig. 17 - Diagramma della variazione del coefficiente di sicurezza in funzione del grado di sismicità

BIBLIOGRAFIA

- ALBERTINI V. ED ALTRI. (1988). *Le cavità sotterranee del Napoletano: pericolosità e possibili utilizzazioni*. Geologia Tecnica, n° 3, Roma.
- ALESSANDRINI A. (1971). *Il disboscamento*. Quaderni C.N.R. n° 74, Roma.
- ALMAGIÀ R. (1907 e 1910). *Studi geografici sulle frane in Italia* (I e II parte). Mem. Soc. Geograf. It., Vol. 1 e 2, Roma.
- AUTORI VARI (1993). *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica*. Regione Emilia Romagna e Regione del Veneto.
- BENEDINI M., GISOTTI G. (1985). *Il dissesto idrogeologico*. La nuova Italia Scientifica, Roma.
- BENINI G. (1990). *Sistemazioni idraulico forestali*. UTET, Torino.
- BOSCO F., MALASPINA A. (1990). *Il dissesto idrogeologico*. Monografia a cura del Comando Provinciale VV.F. Benevento.
- BOSCO F. (1993). *Il disboscamento concausa antropica del dissesto Idrogeologico*. Vigili del Fuoco e Protezione Civile 11/93, Milano.
- BOSCO F. (1993-1994). *La Montagna, Il Disboscamento, La difesa del Suolo, Problema Storico Politico*. Vigili del Fuoco e Protezione Civile, 12/93 e 1/94, Milano.
- BOSCO F. (1994). *Stabilità dei pendii e delle scarpate*. Vigili del Fuoco e Protezione Civile, 5/94, Milano.
- BOWLES J. E. (1991). *Fondazioni, progetto ed analisi*. McGraw-Hill Libri Italia srl, Milano.
- CANUTI P., ESU F. (1995). *Glossario Internazionale per le Frane*. Rivista Italiana di Geotecnica 2/95, Roma.
- CARRARA A., D'ELIA B., SEMENZA E. (1985). *Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi*. Geol. Appl. e Idrog. Vol. 20, Bari.
- CASTIGLIONI G.B. (1979). *Geomorfologia*. UTET, Torino.
- CEDERNA A. (1975). *La distribuzione della natura in Italia*. Piccola Biblioteca Einaudi, Torino.
- CEDERNA A. (1991). *Brandelli d'Italia*. Newton Compton Editori, Roma.
- CESTELLI GUIDI C. (1981). *Geotecnica e tecnica delle fondazioni*. HOEPLI, Milano.
- CIVITA M. (1982). *Classificazione tecnica e identificazione pratica dei movimenti franosi*. Libreria Editrice Universitaria Levrotto, Torino.
- COLOMBO P. (1974). *Elementi di geotecnica*. Zanichelli, Bologna.
- COLOSIMO P. (1982). *Manuale di Geologia tecnica delle frane*. Edizione Nuove Ricerche, Ancona.
- COMMISSIONE INTERMINISTERIALE PER LO STUDIO DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA E DELLA DIFESA DEL SUOLO (1970). *Atti della Commissione*, Camera dei Deputati, Roma.
- COTECCHIA V. (1968). *Le alluvioni e la difesa del suolo*. Annuario EST Mondadori, Milano.
- COTECCHIA V. (1984). *Note sui fenomeni d'instabilità del territorio e sulla loro rappresentazione con particolare riguardo agli eventi sismici*. In Lineamenti di Geologia Regionale e Tecnica, FORMEZ, Napoli.
- COPPOLA L., VALLARIO A. (1973). *Geologia e franosità nell'area ad oriente del Taburno Camposauro e del Partenio (Province di Benevento ed Avellino)*. Geol. Applicata e Idrogeologia, Vol. 8, Bari.
- D'ELIA B. (1975). *Aspetti meccanici delle frane tipo colata*. Rivista Italiana di Geotecnica, n° 9, Napoli.
- D'ELIA B. (1983). *Interventi di stabilizzazione di pendii naturali e di fronti di scavo*. Associazione Geotecnica Italiana - Regione Molise, Roma.
- D'ELIA B. (1983). *Pendii in condizioni sismiche*. Associazione Geotecnica Italiana - Regione Molise, Roma.
- DESIO A. (1959). *Geologia applicata all'Ingegneria*. Hoepli, Milano.
- DESIO A. (1971). *Caratteristiche geologiche delle frane*. In guida alla classificazione delle frane ed ai primi interventi, atti della Commissione Interministeriale, per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo, Roma.
- ESU F. (1973). *Effetti dell'acqua sulla stabilità dei pendii*. Rivista Italiana di Geotecnica, n° 7, Napoli.
- ESU F. (1983). *Stabilità dei pendii*. Associazione Geotecnica Italiana - Regione Molise, Roma.
- ESU F. (1984). *Fattori che governano il comportamento dei pendii ed il verificarsi delle frane e loro valutazioni in termini geotecnici*. In Lineamenti di Geologia Regionale e Tecnica, Formez, Napoli.
- ESU F. (1987). *La scelta del tipo e delle modalità di intervento nei pendii (relazione generale)*. Associazione Geotecnica Italiana, Atti XVI Convegno Nazionale di Geotecnica, vol. 3, Roma.
- FORNARO M., LUNARDI P. (1980). *Criteri di scelta per interventi di consolidamento della rupe di Orvieto e proposte operative*. Associazione Geotecnica Italiana, Atti del XIV Convegno Nazionale, Vol. 1, Roma.
- GUADAGNO F.M., PALMIERI M., SIVIERO V., VALLARIO A. (1988). *La frana di Palma Campania del 22 febbraio 1986*. Geologia Tecnica, n° 4, Roma.
- GUIDA D., GUIDA M., IACCARINO G., METCALF G., VALLARIO V., ZIGARI G. (1979). *Il bacino del Mingardo (Cilento): evoluzione geomorfologica, fenomeni franosi e rischio a franare*. Geol. Appl. e Idrogeologia, vol. 14, Bari.
- GUIDA M., IACCARINO G. (1984). *Evoluzione dei versanti e franosità*. In Lineamenti di Geologia Regionale e Tecnica, Formez, Napoli.
- GUIDA M., IACCARINO G., LOMBARDI G., VALLARIO A. (1977). *Analisi geologico tecnica della frana in località Solaro nel Comune di Formia (LT)*. Boll. Soc. Naturalisti in Napoli, Vol. 86, Napoli.
- IPPOLITO F., NICOTERA P., LUCINI P., CIVITA M., DE RISO R. (1975). *Geologia Tecnica*. ISEDI, Torino.
- JAPPELLI G., MUSSO A. (1983). *Stabilità dei pendii*, in Manuale di Ingegneria Civile. Edizioni Scientifiche Cremonesi, Roma.
- JAPPELLI G., MUSSO A. (1985). *La progettazione geotecnica degli interventi sui pendii*. Geologia Applicata e Idrogeologia, Vol. 20, Bari.
- JAPPELLI G., MUSSO A. (1987). *La progettazione geotecnica per la stabilizzazione dei pendii*. Atti XVI Convegno Nazionale di Geotecnica, Vol. 3, Bologna.
- LANCELLOTTA R. (1987). *Geotecnica*. Zanichelli, Bologna.
- MARTINIS B. (1988). *Geologia Ambientale*. UTET, Torino.
- MARTINETTI S. (1974). *Alcune considerazioni sulle caratteristiche e sugli effetti del moto dell'acqua negli ammassi rocciosi*. Rivista Italiana di Geotecnica, n° 2/3, Roma.
- MAZZIOTTI L. (1980). *Frane e stabilità dei pendii*. Appunti 36° Corso Ispettori VV.F. Scuole Centrali Antincendio Campanelle, Roma.
- MENZIES B.K., SIMONS N.E. (1985). *Problemi di geotecnica*. Editrice Flaccovio, Palermo.
- MIGLIORINI P. (1981). *Calamità naturali*. Editori Riuniti, Roma.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE (1989). *Relazione sullo stato dell'ambiente*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- NICOTERA P. (1975). *Dissesti e Movimenti franosi*. In Ippolito ed altri, ISEDI, Torino.
- PANIZZA M. (1973). *Elementi di geomorfologia*. Pitagora Editrice, Bologna.
- PANIZZA M. (1988). *Geomorfologia applicata*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- PASTORELLI E. (1986). *La Protezione Civile Oggi*. Rusconi, Milano.
- PENTA F. (1959). *Contributo alla sistemazione delle frane*. Rend. Acc. Scie. Fis. Mat. Soc. Naz. Scie. LL.AA. di Napoli, Vol. 26, Napoli.
- PIZZONIA V. (1991). *Esercizi di geotecnica*. Ordine Nazionale dei Geologi, Roma.
- TERZAGHI K., PEEK R.B. (1974). *Geotecnica*. UTET, Torino.
- SAVARESE V. (1989). *Napoli e il sottosuolo*. Atti del Seminario, Corpo Nazionale VV.F., Ispettorato Regionale Campania, Napoli.
- SASSA K. (1989). *Geotechnical Classification of Landslides*. Traduzione di Lesmo R. da Landslide News, n° 3. In Geologia Tecnica, n° 4/90, Roma.
- SCHIECHTL H.M., STERN R. (1992). *Ingegneria Naturalistica*. Edizioni Castaldi, Feltre (Belluno)
- VALLARIO A. (1975). *I movimenti del suolo*, appunti del corso di Geologia Applicata, Istituto di Geologia Università di Napoli, Napoli.
- VALLARIO A. (1992). *Frane e territorio*. Liquori Editore, Napoli.
- VARNES D.J. (1958). *Landslide types and processes*, in Landslides and Engineering Practice (Eckel, E.B., ed.) HRB, Special Rept. 29, Washington.
- VARNES D.J. (1978). *Slope movement types and processes*, in Schuster R. e Krizek R. Landslides, analysis and control, Transp. Res. Board, Nat. Acad. of Sc., Washington D.C., Special Report.