

Uno studio sulla stabilità a lungo termine di pendii naturali in argilloscisti.

D. L. DUNKERLEY - *A Study of Long-Term Slope Stability in the Sydney Basin, Australia*. Engineering Geology, maggio 1976, n. 1, pag. 1 ÷ 12.

È una recente acquisizione il concetto che la stabilità a lungo termine dei versanti naturali ed artificiali in argille dure fessurate è governata dalla resistenza residua al taglio delle formazioni interessate [SKEMPTON, 1974] e che l'angolo d'inclinazione corrispondente alla stabilità finale è funzione dell'angolo residuo d'attrito. È d'altra parte noto che la resistenza residua delle formazioni argillose sovraconsolidate è spesso molto più bassa di quella di picco (l'angolo di attrito può decrescere anche di 10°): e ciò è tanto più vero quanto più è alto il grado di sovraconsolidazione.

Ci sembra perciò interessante approfondire la tematica connessa con questi problemi, soprattutto perché vaste aree del nostro paese, ed in particolare del Mezzogiorno, sono occupate da formazioni argillose dalla stabilità precaria: le implicazioni economiche e sociali dei relativi problemi di conservazione del suolo sono a tutti ben note.

L'articolo che qui si recensisce affronta appunto lo studio della stabilità a lungo termine di un'area situata nella zona orientale dell'Australia, a circa 70 km da Sydney. Essa è occupata da una serie di formazioni costituite da sedimenti argillosi, noti nella letteratura anglosassone col termine di *shales*, alternati ad arenarie.

Il termine *shale* non ha avuto ancora oggi una traduzione soddisfacente nel nostro vocabolario tecnico; peraltro gli stessi anglosassoni gli attribuiscono significati variabili, se anche recentemente MORGENSTERN e EIGENBROD [1974] sono intervenuti proponendo una nuova classificazione di tutte le rocce sedimentarie di natura argillosa, tra cui appunto le *shales*. Possiamo comunque senz'altro affermare che con tale espressione si fa riferimento ad argille, spesso fortemente sovraconsolidate, essenzialmente fissili (si possono separare in lamine o scaglie) [RIPPA, 1968]: in questa sede pertanto tradurremo il termine con argilloscisti, anche se, come si accennava, gli anglosassoni fanno probabilmente riferimento ad una più vasta gamma di materiali.

Le principali caratteristiche di questi terreni, che occupano una zona intermedia e poco studiata tra le rocce sciolte e le rocce lapidee, possono riassumersi, oltre che nella fissilità: nella presenza di discontinuità di vario genere (fessure, superfici speculari, giunti), che influenzano globalmente la resistenza al taglio; nel variabile grado di cementazione, da nullo ad elevato, da cui dipende in buona parte il comportamento del materiale (che può passare da quello di roccia sciolta a quello di roccia lapidea); nella marcata anisotropia, per l'influenza spesso rilevante della struttura; nel valore assai ridotto della resistenza residua al taglio rispetto a quella di picco; nella spiccata attitudine al rigonfiamento; nel forte grado di alterabilità superficiale.

Nel corso dell'indagine sono stati analizzati un gran numero di pendii naturali (circa cinquanta profili) in una zona dove nel passato si erano verifi-

cate numerose frane (sono state osservate trentatré frane maggiori) del tipo colata [D'ELIA, 1975]. Ciascuno dei versanti è stato poi accuratamente studiato rilevandone le inclinazioni su tratti della lunghezza di 1,5 m. Queste ultime sono state riportate su di un istogramma di frequenza (sono disponibili 4240 dati). Sulla base di questa analisi, così dettagliata, delle pendenze è allora possibile ricostruire ciascuno dei profili in esame: in media essi appaiono sostanzialmente assai regolari, potendo essere individuati tramite pochissimi segmenti (da 1 a 3).

I terreni direttamente interessati da questi eventi franosi sono quelli superficiali derivati dalla alterazione degli argilloscisti: essi sono costituiti da un primo straterello (di alcuni decimetri di spessore) di limo argilloso, da un secondo strato di argilla dura (circa un metro di spessore) e da uno strato più potente (alcuni metri) costituito da frammenti di argilloscisti in una matrice argillosa. Come in tutte le colate il materiale in movimento era di ridotto spessore.

L'analisi di stabilità è stata condotta facendo riferimento allo schema di scarpata indefinita con superficie di scorrimento piana e parallela alla superficie del terreno (la tipologia delle frane in esame si adatta molto bene a questa particolare schematizzazione). Supponendo la falda a piano di campagna ed assumendo nullo il valore della coesione (assunzione lecita quando si fa riferimento alla resistenza residua) si perviene al seguente valore della pendenza stabile a lungo termine:

$$\tan \beta_{\max} = \frac{\gamma'}{\gamma} \tan \phi'_r, \quad (1)$$

TABELLA 1

Numero del provino	ϕ'_r (gradi)	c'_r (kg/cm ²)	Deformazione totale (cm)	Contenuto medio di acqua (%)	Percentuale di argilla (%)
1	20	0,05	19,0	21	50
2	22	0,04	20,3	22	52
3	21	0,07	12,7	22	55
4	21	0,03	11,4	25	45
5	24,5	0,03	17,7	25	55
6	20	0,02	17,7	21	48

essendo:

- β_{\max} la massima inclinazione stabile del pendio a lungo termine nelle condizioni ipotizzate (e cioè con falda al piano di campagna);
- γ e γ' rispettivamente il peso del l'unità di volume del terreno saturo ed immerso in acqua;
- ϕ'_r l'angolo residuo di attrito del terreno.

Questa formula, poiché nel nostro caso è circa $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$, si semplifica nella seguente:

$$\tan \beta_{\max} = 0,5 \tan \phi'_r.$$

Da ciò si ricava che la massima pendenza stabile dipende solo dal valore dell'angolo residuo di attrito.

Quest'ultimo è stato ottenuto tramite una serie di prove di taglio diretto su 6 campioni rimaneggiati prelevati, in corrispondenza dello strato di argilla dura, in tre dei pendii in esame. L'uso di materiale rimaneggiato invece che di materiale intatto, che presenta maggiori difficoltà di preparazione in laboratorio, sembra giustificato dal fatto che [KENNEY, 1967; BISHOP *et al.*, 1971] la resistenza residua dipende quasi esclusivamente dalla mineralogia, mentre è pressoché indipendente dalla struttura e dalla storia geologica della formazione: ciò confermerebbe indirettamente l'omogeneità dei risultati relativi a pendii diversi. I risultati, che meriterebbero conferma da un'indagine più ampia di quella portata a termine, sono riportati in Tabella 1: essi mostrano valori abbastanza uniformi dell'angolo residuo di attrito, con media di circa 22° . Tale valore appare alquanto elevato se confrontato con quelli relativi ad analoghe formazioni americane (Edmonton shale, Pierre shale, Bearpaw shale, Cucaracha clay shale, ecc.) [SINCLAIR e BROOKER, 1967; KENNEY, 1967], che mostrano angoli residui di attrito di appena qualche grado. Gli autori non forniscono purtroppo elementi che possano illuminare su questo aspetto del problema: si deve però sottolineare che le formazioni americane cui si fa riferimento presentano spesso un elevato contenuto di montmorillonite, che è sicuramente responsabile della ridotta resistenza residua: i terreni esaminati in questo lavoro non ne conterebbero invece percentuali sensibili, prevalendo invece la caolinite e l'illite. Dall'osservazione della tabella si conferma che l'assunzione di valor nullo della coesione è giustificata pienamente.

Dall'analisi di stabilità si ricava in 11° il valore della massima pendenza stabile a lungo termine. E ciò è in accordo:

— con l'osservazione propria anche di altri studiosi che in tale zona sono avvenute colate solo su versanti con inclinazione maggiore di $10 \div 12^\circ$;

— colla morfologia dei pendii, il cui

segmento di base (corrispondente alla zona di deposizione del materiale eroso e trasportato dalla colata) ha una pendenza media intorno agli $11,5^\circ$;

— coll'istogramma di frequenza delle inclinazioni, la cui moda principale corrisponde ad un valore di circa 12° (esiste però una moda secondaria per una pendenza compresa tra 22° e 24° , cioè il massimo valore che potrebbe assumere a lungo termine l'inclinazione delle scarpate, ipotizzando l'assenza della falda: questo aspetto non è stato comunque approfondito).

L'insieme delle osservazioni precedenti conferma che il criterio adottato è fruttuoso e utile, soprattutto per quello che concerne la individuazione dell'angolo residuo di attrito quale parametro fondamentale da cui dipende la stabilità a lungo termine dei pendii in argille fessurate. Naturalmente permangono i limiti delle ipotesi poste a base di questo studio: in particolare quella dello schema di scarpata indefinita e quella della presenza della falda a piano di campagna.

È da osservare che studi analoghi furono condotti da SKEMPTON, DE LORY [1957] e CHANDLER [1970] sull'argilla di Londra e sull'argilla presente nella zona di Uppingham (Inghilterra), un'argilla fortemente sovraconsolidata e fessurata del Lias superiore. Anche in quei casi la corrispondenza tra le osservazioni in sito e le analisi di stabilità fu notevole (si ricavarono valori delle pendenze stabili a lungo termine di 10° e 9° rispettivamente).

In definitiva, nonostante la carenza di informazioni sui terreni, poco caratterizzati da indagini qualitative (descrittive) o quantitative (proprietà fisiche) e la limitatezza dell'indagine sperimentale condotta a termine, questo lavoro appare interessante per le sue implicazioni di carattere regionale e per la puntualizzazione della problematica che investe la stabilità a lungo termine dei pendii, in relazione con i parametri di resistenza al taglio dei terreni.

BIBLIOGRAFIA

- BISHOP, GREEN, GARGA, ANDRESEN, BROWN (1971) - *A new ring shear apparatus and its application to the measurement of residual strength*. Geotechnique, n. 21, p. 273.
- CHANDLER (1970) - *A shallow slab slide in the Lias clay near Uppingham, Rutland*. Geotechnique, n. 20, p. 253.
- D'ELIA (1975) - *Aspetti meccanici delle frane tipo « colata »*. RIG, n. 1, p. 32.
- KENNEY (1967) - *The influence of mineral composition on the residual strength of natural soils*. Proc. Geotechn. Conf., Oslo, v. 1, p. 123.
- MORGENSTERN, EIGENBROD (1974) - *Classification of argillaceous soils and*

rocks. Journ. of the soil mech. and foun. div., ASCE, ottobre, p. 1137.

RIPPA (1968) - *Classificazione ed identificazione delle argille scistose*, recensione di un articolo di UNDERWOOD. RIG, n. 3, p. 143.

SINCLAIR, BROOKER (1967) - *The shear strength of Edmonton shale*. Proc. Geotechn. Conf., Oslo, v. 1, p. 295.

SKEMPTON (1964) - *Long-term stability of clay slopes*. Geotechnique, n. 14, p. 77.

SKEMPTON, DE LORY (1957) - *Stability of natural slopes in London clay*. Proc. IV Int. Conf. Soil Mech. and Found. Eng., Londra, v. 2, p. 378.

(Luciano Picarelli)

Manuale di Tecnica delle Fondazioni.

H. F. WINTERKORN, H. Y. FANG (Editors) - *Foundation Engineering Handbook*. Van Nostrand Reinhold Co., New York 1974.

Per la preparazione di questo « Manuale di Tecnica delle Fondazioni », Winterkorn e Fang hanno adottato il sistema di affidare a differenti Autori la redazione dei vari capitoli. Gli Autori sono ben 27, di cui 20 statunitensi, 1 canadese e 6 europei, e sono tutti esperti assai noti nei rispettivi campi; ne è risultato un volume di 750 pagine in grande formato, molto ricco ed interessante.

Nella prefazione al volume, i redattori notano che: ... « per adempiere la sua funzione, un manuale deve essere impostato in maniera diversa a seconda del soggetto, in rapporto alla complessità della materia ed al livello di approfondimento da essa raggiunto. Un manuale di Tecnica delle Fondazioni ha una funzione duplice: in primo luogo, deve mirare a realizzare nel lettore la miglior comprensione possibile della natura e delle proprietà dei terreni; in secondo luogo, deve raccogliere le più aggiornate informazioni sul calcolo, il progetto e la costruzione delle fondazioni... ».

In realtà, infatti, più che ad un manuale in senso stretto l'opera è prossima ad un vero e proprio trattato, nel quale l'esposizione dei principi teorici è concisa, anche se in genere chiara ed esauriente, mentre maggiore spazio è dato quasi sempre alla presentazione di sviluppi e dati di carattere applicativo.

Avvertono i redattori, sempre nella prefazione, che: ... « si è mirato a dare all'opera una sequenza logica, ed una uniformità nei simboli e nelle notazioni. Tuttavia lo stile e la personalità dei singoli autori sono stati il più pos-