

Una nuova tecnica per la determinazione in sito della resistenza a rottura dei terreni

T. MIRATA, *The in situ wedge shear test; a new technique in soil testing*. Geotechnique, vol. 24, n. 3, 1974, 311-332.

Come è noto, i parametri che caratterizzano la resistenza a rottura dei terreni possono essere determinati con prove di laboratorio su campioni intatti o con prove in sito; non mancano tuttavia casi nei quali le tecniche sperimentali attualmente disponibili non consentono di determinare la resistenza tecnicamente significativa di formazioni naturali, ovvero risultano estremamente complesse ed onerose.

Uno di questi casi è quello delle formazioni di argille dure, spesso stratificate, anisotrope ed interessate da sistemi di discontinuità quali fessure e giunti. In tali materiali il prelievo di campioni indisturbati è di norma molto difficile; inoltre, perché i campioni siano rappresentativi del comportamento della formazione nel suo insieme, ad essi devono essere assegnate dimensioni non sempre compatibili con le apparecchiature di prelievo e di prova [Lo, 1970]. Tali problemi possono essere superati ricorrendo a prove di taglio diretto in sito, su blocchi di dimensioni adeguate ed opportunamente orientati rispetto alla macrostruttura del deposito; tuttavia, come è ovvio, tali prove sono assai onerose in termini finanziari, organizzativi e di tempo e pertanto possono essere adottate solo in casi eccezionali.

Per questi motivi si ritiene interessante recensire con un certo dettaglio un articolo, recentemente apparso sulla rivista *Geotechnique*, nel quale viene descritto un apparecchio che consente di effettuare prove di rottura in sito relativamente semplici ed economiche.

L'apparecchio, denominato *Iswest* (In-Situ Wedge Shear Test), è stato ideato e messo a punto in Turchia per studiare la resistenza dell'argilla di Ankara, un'argilla dura fessurata, parzialmente satura e contenente particelle grossolane. Il suo peso complessi-

sivo è di circa 85 kg; la prova può essere effettuata da due soli operatori e necessita l'esecuzione di scavi di modeste dimensioni; è possibile operare in qualsiasi terreno purché dotato di una coesione sufficiente ad essere modellato nella forma richiesta.

Lo schema della prova è rappresentato in fig. 1. Un cuneo di terreno,

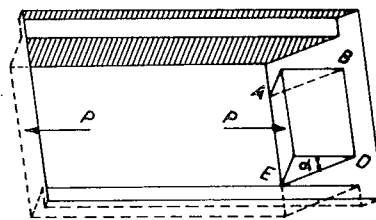


Fig. 1. - Schema della prova.

caratterizzato da un angolo α , viene caricato con una forza P progressivamente crescente. In determinate condizioni geometriche ciò comporta, per un certo valore di P , la creazione di una superficie di rottura lungo il piano $ABDE$; noto il valore di P che determina la rottura, è possibile risalire

allo stato tensionale agente su detto piano. La prova può essere ripetuta con differenti valori di α , ottenendo la rottura con differenti valori delle tensioni normali e tangenziali sul piano $ABDE$; si è così in grado di individuare la curva intrinseca del materiale in istudio o, in altre parole, di misurarne i parametri di resistenza. La realizzazione pratica dell'apparec-

chio è rappresentata in fig. 2; esso comprende una forma di acciaio che ricopre il cuneo di terreno, un martinetto idraulico che esercita la forza P ed una cella di carico per la misura di tale forza. Il martinetto agisce sulla forma di acciaio tramite un sistema di piastre e di snodi a sfera; il contrasto è fornito dall'altra parete dello scavo tramite opportune piastre di ripartizione. Gli spostamenti in direzione parallela e normale alla retta di azione di P sono misurati con micrometri opportunamente disposti, non rappresentati in fig. 2.

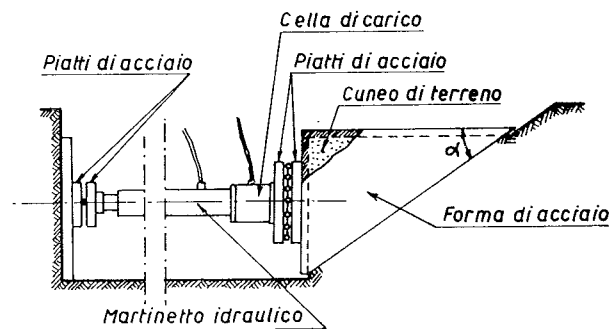


Fig. 2. - Realizzazione pratica dell'apparecchio.

allo stato tensionale agente su detto piano.

La prova può essere ripetuta con differenti valori di α , ottenendo la rottura con differenti valori delle tensioni normali e tangenziali sul piano $ABDE$; si è così in grado di individuare la curva intrinseca del materiale in istudio o, in altre parole, di misurarne i parametri di resistenza.

La realizzazione pratica dell'apparec-

chio è rappresentata in fig. 2; esso comprende una forma di acciaio che ricopre il cuneo di terreno, un martinetto idraulico che esercita la forza P ed una cella di carico per la misura di tale forza. Il martinetto agisce sulla forma di acciaio tramite un sistema di piastre e di snodi a sfera; il contrasto è fornito dall'altra parete dello scavo tramite opportune piastre di ripartizione. Gli spostamenti in direzione parallela e normale alla retta di azione di P sono misurati con micrometri opportunamente disposti, non rappresentati in fig. 2.

La preparazione della prova avviene secondo le fasi rappresentate in fig. 3. Si scava dapprima una piccola buca (fig. 3 a) tale che AE sia all'incirca 50 cm, DE sia 8 cm e AB abbia l'inclinazione che si desidera per il piano di rottura. Si procede quindi ad approfondire lo scavo (fig. 3 b) ricavando il cuneo di terreno che, in questa fase, deve essere sostenuto da forme provvisorie onde impedire che si rompa. Si introduce infine l'apparecchiatura vera e propria (fig. 3 c). Di tutte queste operazioni l'A. fornisce una descrizione assai dettagliata, indicando numerosi

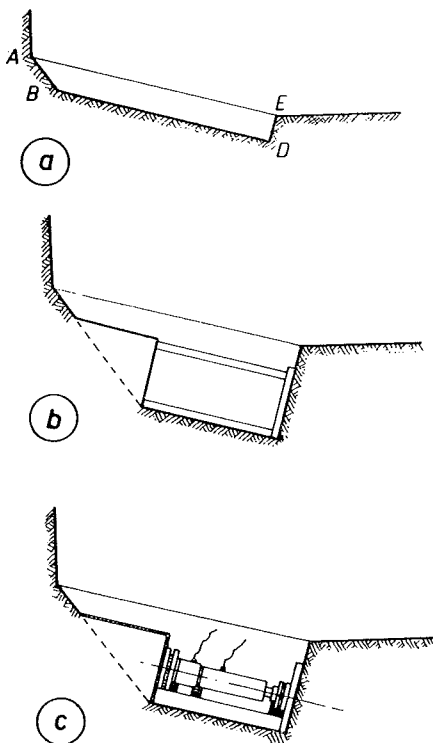


Fig. 3. - Fasi di preparazione della prova.

tura quando si debba operare in depositi anisotropi o stratificati.

L'A. indica le modalità per la misura delle forze in gioco e degli spostamenti del cuneo di terreno, e fornisce i criteri e le formule per dedurre da

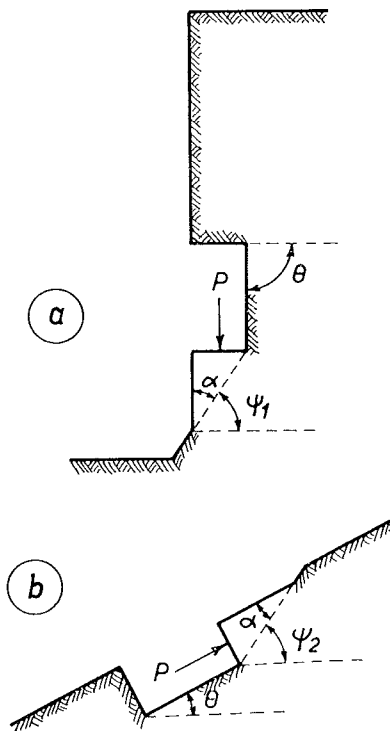


Figura 4.

questi elementi le tensioni agenti sul piano di rottura. Durante la prova può verificarsi una rotazione della forma di acciaio, che provoca l'insorgere di tensioni di trazione sul piano di rottura; per impedire che ciò accada è necessario imprimere al martinetto una traslazione verso l'alto. L'A. indica le modalità con cui effettuare tale opera-

L'A. fornisce, in una serie di grafici, le relazioni che legano fra loro le caratteristiche di resistenza del terreno ed i valori ammissibili di α ; è possibile in tal modo effettuare una valutazione preliminare e ridurre il numero di tentativi da effettuare in pratica per individuare l'angolo desiderato.

L'articolo riporta infine i risultati

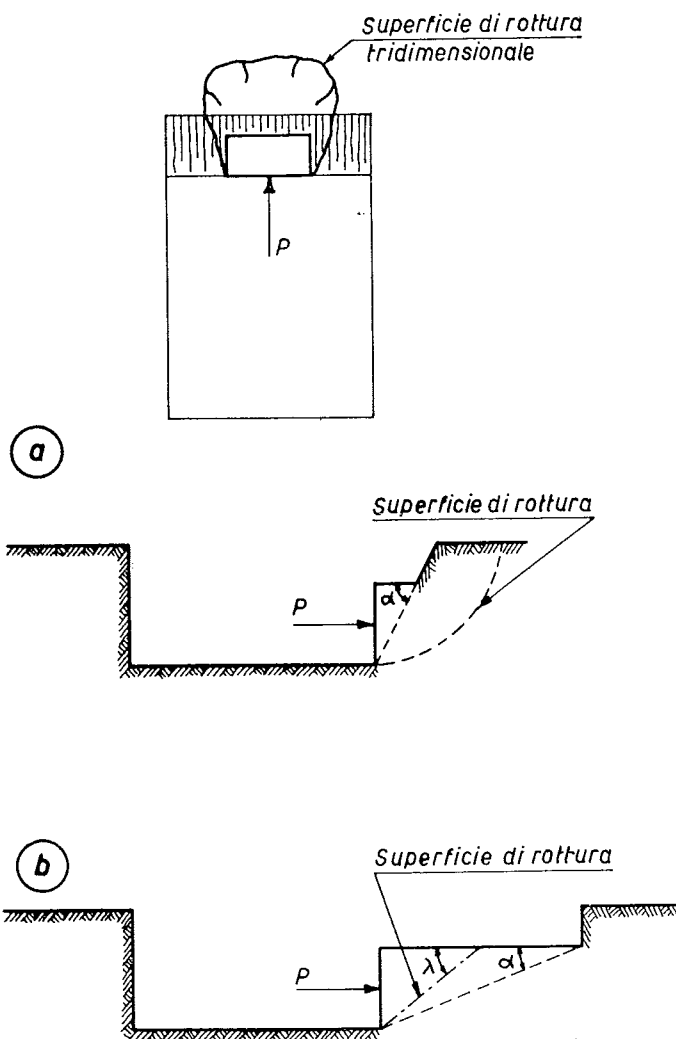


Figura 5.

zione e tenerne conto nei calcoli.

Per quanto riguarda la scelta dell'angolo α (fig. 1) da assegnare al cuneo, è necessario che esso sia compreso entro certi limiti che sono funzione delle caratteristiche del terreno che si intende misurare. Infatti un valore troppo elevato di α (fig. 5 a) dà luogo ad un fenomeno di rottura tridimensionale, mentre un valore troppo ridotto (fig. 5 b) dà luogo ad una superficie di rottura inclinata di un angolo $\lambda > \alpha$ e non necessariamente piana; in ambedue i casi la prova non è interpretabile in maniera sicura.

di tre serie di prove, effettuate nell'argilla di Ankara, per lo studio di altrettante frane le cui caratteristiche geometriche sono riportate in tab. I. Le caratteristiche delle argille e alcuni dei risultati ottenuti con l'Iswest e con prove di laboratorio sono riportati in tab. II e nella fig. 6.

L'analisi di questi dati e l'interpretazione che l'A. dà alle prove Iswest suscita qualche perplessità e pone alcuni quesiti. In primo luogo, secondo l'A., la resistenza determinata a mezzo dell'Iswest sarebbe una resistenza non drenata. Allo stato attuale delle cono-

TABELLA I

frana n.	altezza della scarpata (m)	inclinazione media sull'orizzontale	estensione laterale (m)	raggio del cerchio di scorrimento	coordinate del centro rispetto al piede della scarpata		profondità delle fessure	condizioni idrauliche
					distanza orizzontale (m)	altezza (m)		
1	5.5	90°	6.5	6.55	4.58	5.58	1.6	infiltrazioni locali
2	4.1	66°	6.5	4.73	4.73	4.56	1.2	»
3	4.5	90°	6.0	6.11	6.11	4.64	1.4	»

TABELLA II

tensione normale media sulla superficie di scorrimento (kg/cm ²)	W ₁ %	W _p %	W _n %	C %	γ t/m ³	S _v %	Resistenza di picco				coeff. di sicurezza calcolato con 'Iswest'
							prova di taglio		Iswest		
							C _s (kg/cm ²)	Q _s (gradi)	C _s (kg/cm ²)	Q _s (gradi)	
0.209	91	33	34	63	1.87	98	0.748	29.2	—	—	—
	63	22	26	44	1.97	95	1.028	31.8	1.257	24.6	—
	92	32	34	63	1.83	92	0.483	29.8	0.156	36.6	0.97
0.114	77	29	35	57	1.80	92	0.137	26.0	—	—	—
	78	30	33	56	1.87	94	0.429	22.5	0.100	29.6	1.19
	82	30	33	57	1.87	94	0.558	26.5	0.144	27.4	1.47
	73	24	32	50	1.81	88	0.419	28.1	0.192	27.5	—
0.192	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	79	26	29	52	1.97	93	—	—	0.138	42.7	1.08

scenze la possibilità stessa di effettuare prove di rottura non drenate in sito su di un materiale fessurato è tutt'altro che assodata [WARD, 1967] per la difficoltà di impedire un drenaggio incontrollato lungo le vie preferenziali costituite dalle fessure; nel caso presente il problema è ulteriormente complicato dal fatto di avere a che fare con materiale non saturo.

Questi dubbi risultano senz'altro confermati da un esame dei risultati riportati in tab. II; come si può notare, i valori dell'angolo di attrito determinati con l'Iswest risultano dello stesso ordine, e talvolta anche più elevati, di quelli ottenuti con prove di taglio diretto in laboratorio in condizioni drenate. Ciò sembrerebbe avvalorare l'ipotesi che l'Iswest, almeno nelle condizioni della presente indagine, sia stato condotto in condizione drenate.

In secondo luogo l'A. riporta, sempre per le prove Iswest, i valori dei parametri di rottura in condizioni di « picco » ed in condizioni di « resistenza residua ». A parte il fatto che la resistenza residua, per definizione, si riferisce a condizioni drenate, i valori di tale resistenza sono insolitamente alti e addirittura tali che in alcuni casi

(fig. 6) l'angolo di attrito residuo risulta più elevato di quello di picco. Su questo punto lo stesso A. esprime alcune riserve.

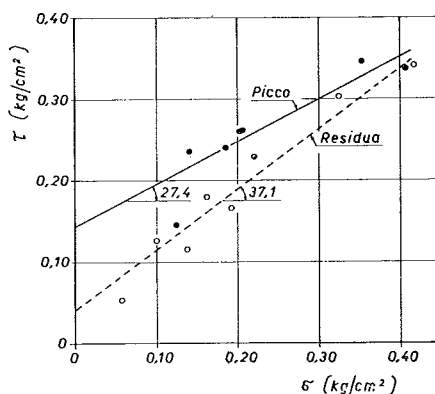


Figura 6.

Le riserve esposte circa le modalità di esecuzione e di interpretazione della prova Iswest non devono essere considerate una critica alla prova in sé. Al contrario, lo scrivente ritiene che essa possieda doti di semplicità e flessibilità estremamente interessanti e che probabilmente ne favoriranno un'ampia diffusione. Tuttavia è auspicabile che ulteriori indagini sperimentali permettano di raccogliere quei dati e quel-

le conoscenze necessarie per chiarire i dubbi ancora esistenti e per giungere ad una corretta utilizzazione di questa nuova tecnica sperimentale.

(Leonardo Cascini)

BIBLIOGRAFIA

- Lo K.Y. (1967): *The operational strength of fissured clays*. Géotechnique, 20, n. 1, 57-74.
 WARD, W. H. (1967): *Discussion*. Sess. 2, Geotechnical Conference Oslo. Vol. II, 139-142.

Modelli statici e geomeccanici.

- E. FUMAGALLI: *Statistical and Geomechanical Models*. Springer Verlag, Wien-New York, 1973, 182 pagine, 145 figure.

È stato recentemente pubblicato, per i tipi della Springer Verlag ed in veste assai curata ed elegante, un volume in lingua inglese dedicato ai modelli statici e geomeccanici a firma del prof. ing. Emanuele Fumagalli, dell'ISMES di Bergamo.

Il volume presenta un ampio panorama dello sviluppo e delle più recenti tecniche di prova su modello per la risoluzione di problemi strutturali statici sia in campo elastico, sia a rottura.

L'opera è divisa in sette capitoli. Il primo di essi (*Principi di similitudine*) richiama brevemente i principi della similitudine meccanica con particolare riferimento ai problemi statici e per materiali il cui comportamento non dipende dal tempo.

I successivi due capitoli (*Proprietà fisico meccaniche da riprodurre nei materiali per modelli; Applicazione dei carichi e tecniche di misura*) sono dedicati alla tecnica della sperimentazione. Vengono qui discussi, sulla base principalmente della esperienza dell'ISMES e del Laboratorio Nacional de Engenharia Civil di Lisbona, i criteri di scelta dei materiali per modelli e le relative proprietà meccaniche, i metodi per la preparazione dei modelli, i sistemi di carico, le tecniche e le apparecchiature di misura.

Seguono tre capitoli dedicati all'esposizione ed al commento critico di una serie di esempi per i quali l'A. illustra, talvolta in modo assai dettagliato, i criteri adottati nel progettare, costruire e sottoporre a prova i modelli, i risultati ottenuti ed il loro significato.

Fra questi il cap. IV (*Modelli statici in campo linearmente elastico*) è dedicato essenzialmente ai problemi di strutture quali grattacieli, ponti, gran-