

# Su alcune prove eseguite con l'Iswest\*\*

L. CASCINI \*

**SOMMARIO:** Si riferisce su alcune prove di taglio diretto in sito eseguite con l'Iswest. Dopo una descrizione delle modalità d'impiego dell'apparecchiatura, sono riportati i risultati ottenuti con questa nuova tecnica sperimentale in due diversi siti.

## 1. Introduzione

La risoluzione di un qualsiasi problema geotecnico presuppone la conoscenza del sottosuolo che interagirà con l'opera da realizzare. Nella maggior parte dei casi è indispensabile determinarne la stratigrafia, il regime della falda, le proprietà fisico-meccaniche etc. L'acquisizione di questo insieme di dati si ottiene in parte sperimentando direttamente in sito ed in parte in laboratori specializzati, operando su campioni opportunamente prelevati. In alcuni casi tuttavia la complessità delle formazioni naturali è tale che non sempre è agevole ottenere quanto richiesto con le tradizionali apparecchiature. Per questo motivo le tecniche sperimentali, sia quelle in sito, sia quelle in laboratorio, stanno subendo in questi ultimi anni notevoli evoluzioni, ed alle apparecchiature tradizionali già ampiamente collaudate, se ne stanno affiancando delle nuove, alcune delle quali in fase di messa a punto.

Nella presente nota si riferisce sulla realizzazione e modalità d'impiego di una nuova apparecchiatura, che consente di eseguire prove di taglio in sito, semplici ed economiche, anche in formazioni particolarmente complesse. Ideata da MIRATA [1974] per studiare la resistenza dell'argilla di Ankara, un'argilla dura fessurata, parzialmente satura e contenente particelle grossolane, è utilizzabile in qualsiasi formazione coesiva.

## 2. Descrizione dell'apparecchiatura e relative modalità di impiego

La prova con l'Iswest (*In Situ Wedge Shear Test*) può essere effettuata da due soli operatori e richiede l'esecuzione di scavi di modeste dimensioni; è possibile operare in qualsiasi ter-

reno, purché dotato di coesione sufficiente per essere modellato nella forma richiesta. Il peso complessivo dell'apparecchiatura è di circa 80 kg.

Lo schema della prova è rappresentato in fig. 1. Un cuneo di terreno, caratterizzato da un angolo  $\alpha$ , è sottoposto ad una forza  $P$  progressivamente crescente. In determinate condizioni ciò comporta, per un certo valore di  $P$ , la creazione di una superficie di rottura lungo il piano ABDE; dal valore di  $P$  a rottura si risale allo sforzo di taglio ed a quello normale agente su detto piano. Ripetendo la prova con cunei caratterizzati da differenti valori di  $\alpha$ , si ottengono valori diversi delle tensioni normali e tangenziali a rottura; si è così in grado di individuare la curva intrinseca del materiale in studio.

La rappresentazione schematica dell'intera apparecchiatura è riportata in fig. 2; essa com-

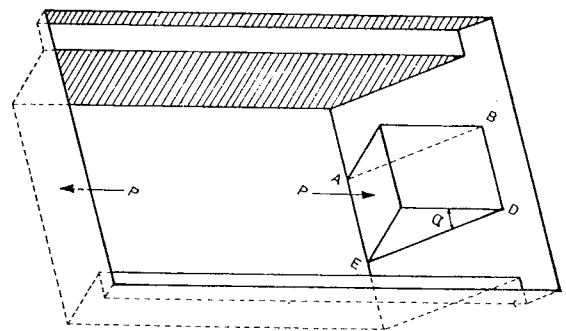


Fig. 1. - Principio su cui si basa l'Iswest.

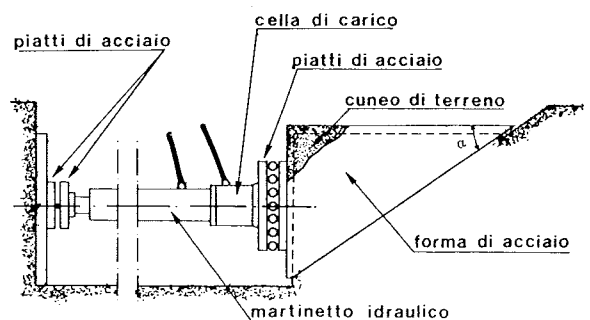


Fig. 2. - Rappresentazione schematica dell'apparecchiatura.

\* Dr. ing. Leonardo CASCINI, assistente ordinario ed incaricato di *Geotecnica* presso il Dipartimento di Difesa del Suolo dell'Università della Calabria, Cosenza.

\*\* Ricerca finanziata dal C.N.R.

prende una forma d'acciaio che ricopre il cuneo di terreno, un martinetto idraulico che esercita la forza  $P$ , ed una cella di carico per la misurazione di tale forza. Il martinetto agisce sulla forma di acciaio tramite un sistema di piastre e snodi a sfera; il contrasto è fornito dall'altra parete dello scavo tramite piastre di ripartizione. Gli spostamenti del cuneo in direzione parallela e normale alla retta di azione  $P$  sono misurati con micrometri opportunamente disposti.

La preparazione della prova avviene attraverso fasi successive. Viene scavata una buca di dimensione  $40 \times 80$  cm formando un gradino di altezza e profondità pari a quella del cuneo da sottoporre a prova e di larghezza leggermente superiore (fig. 3). Sul fondo dello scavo si posiziona quindi un telaio alla cui estremità si aggancia la forma di acciaio. Contrastando il telaio sulle pareti laterali della buca, la forma, dotata di taglienti, viene fatta ruotare sul gradino di terreno. Eliminando man mano il terreno esterno alla forma si ricava il cuneo. In fig. 4 è riportata la posizione della forma al termine di questa fase ed in fig. 5 un cuneo ottenuto con la tecnica descritta.

Si introduce quindi il resto dell'apparecchiatura e si posizionano i micrometri, fig. 6.

In fig. 7 è riportato un particolare del sistema di piastre e di snodi a sfera interposti fra la cella di carico e la forma di acciaio. Termi-

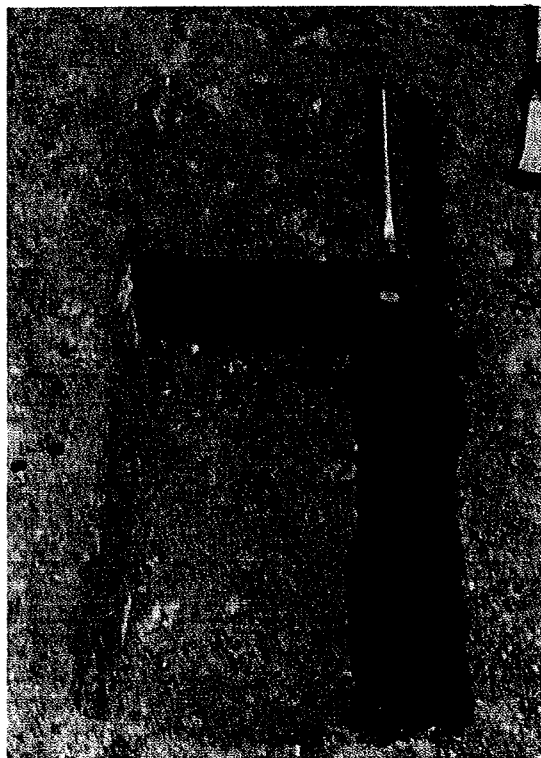


Fig. 3. - Prima fase nella preparazione del cuneo.

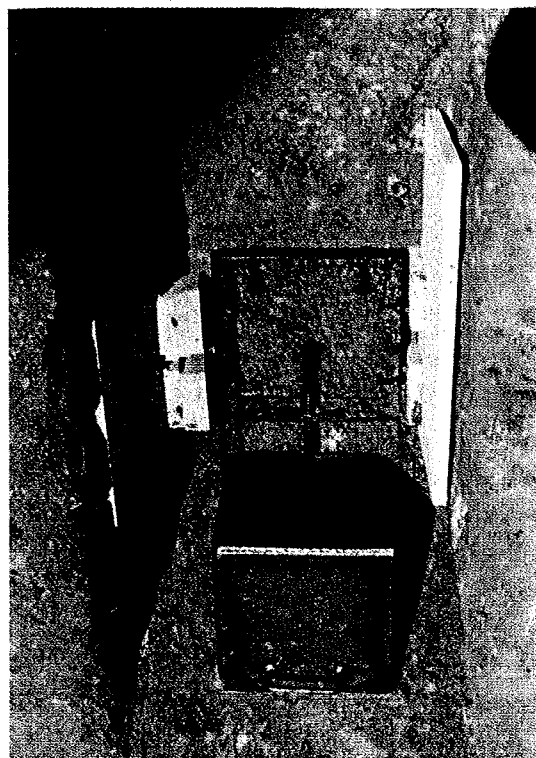


Fig. 4. - Ultima fase nella preparazione del cuneo.



Fig. 5. - Il cuneo preparato e pronto per la prova.

nata la fase di montaggio si dà inizio alla prova incrementando progressivamente il carico e registrando gli spostamenti verticali  $\delta y$  ed orizzontali  $\delta x$  del cuneo, fig. 8. Per minimizzare, a grandi deformazioni, il momento che insorge sul piano di taglio per la non coincidenza del baricentro  $O_3$  dell'area di carico e del punto di

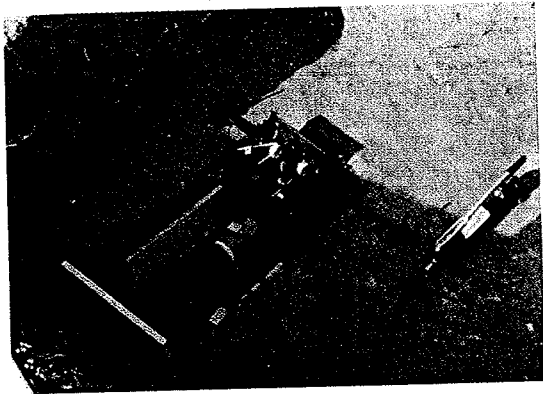


Fig. 6. - Vista dell'intera apparecchiatura.

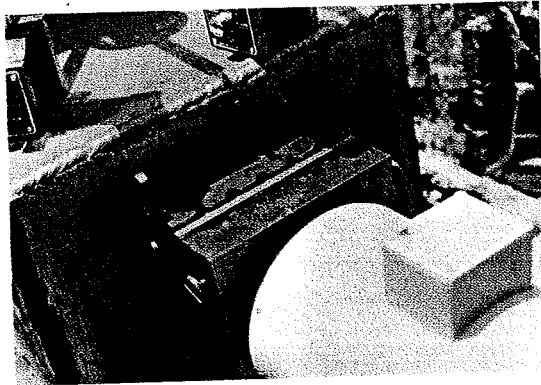


Fig. 7. - Sistemi di piastre e di snodi a sfera interposti fra la cella di carico e la forma di acciaio.

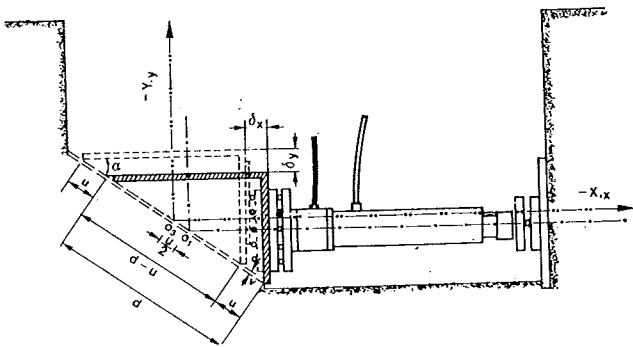


Fig. 8. - Spostamento del cuneo durante la prova.

applicazione  $O_1$  della forza  $P$ , fig. 8, si può imprimere al martinetto una opportuna traslazione verso l'alto mediante il sistema illustrato in fig. 9.

Perché la prova sia interpretabile correttamente è indispensabile che la superficie di rottura sia piana e coincida con quella desiderata; superficie ABDE di fig. 1. In pratica ciò si verifica se l'angolo  $\alpha$  del cuneo di terreno è contenuto in un intervallo, funzione delle caratteristiche meccaniche del terreno sottoposto a prova. Per valori di  $\alpha$  esterni a tale intervallo si possono avere o superfici di rottura tridimensionali (fig. 10a), o superfici inclinate di un

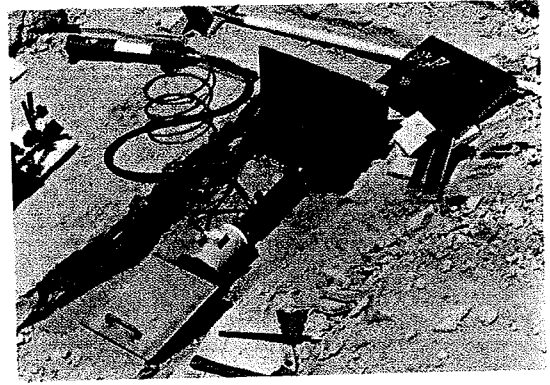


Fig. 9. - Meccanismo per la riduzione del momento sul piano di taglio.

angolo  $\lambda > \alpha$  (fig. 10b); in ambedue i casi la prova non è interpretabile in maniera sicura. In presenza di terreni, le cui caratteristiche meccaniche siano orientativamente note, è possibile preliminarmente, attraverso una serie di grafici, fare una valutazione approssimativa degli angoli  $\alpha$  da adottare; mancando viceversa tali condizioni è conveniente iniziare con un cuneo caratterizzato da  $\alpha = 45^\circ$  e continuare con cunei aventi alternativamente valori di  $\alpha < 45^\circ$ . In tutti i casi è comunque bene veri-

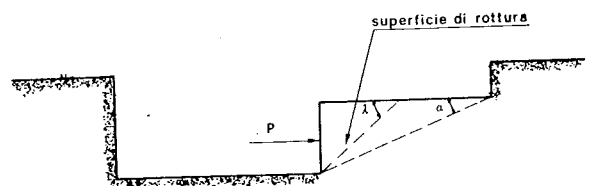
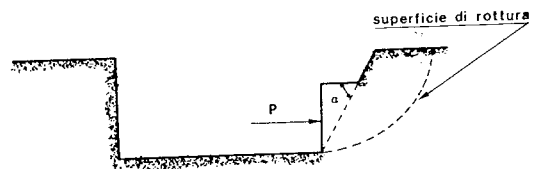
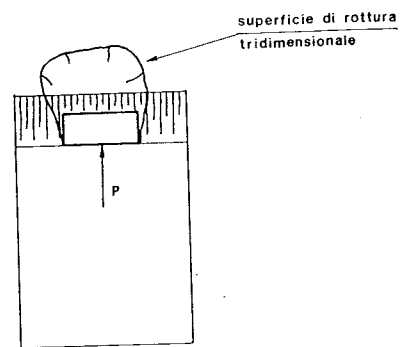


Fig. 10. - Possibili superfici di rottura



Fig. 11. - Tipica superficie di rottura

ficare, a termine prova, che la superficie abbia i requisiti desiderati (fig. 11).

### 3. Risultati sperimentali

La determinazione del grado di affidabilità dei risultati forniti da una apparecchiatura in fase sperimentale è da considerarsi presupposto essenziale per una sua diffusa e corretta utilizzazione. A tale scopo è stato predisposto un

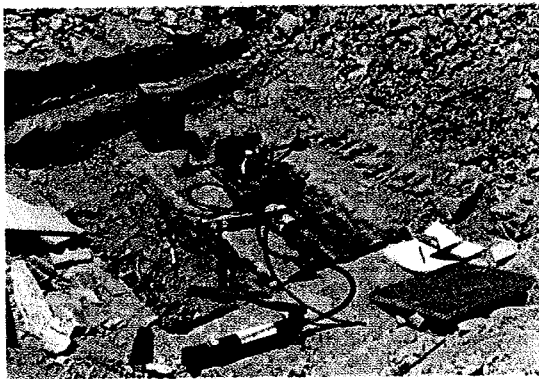


Fig. 12

#### ANALISI GRANULOMETRICA

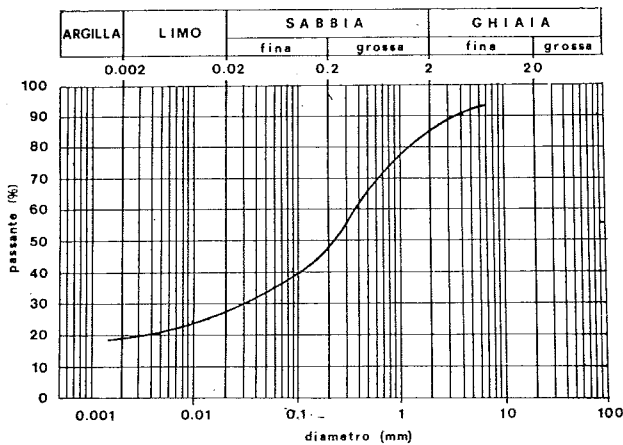


Fig. 13. - Proprietà indici della formazione di Arcavacata (CS).

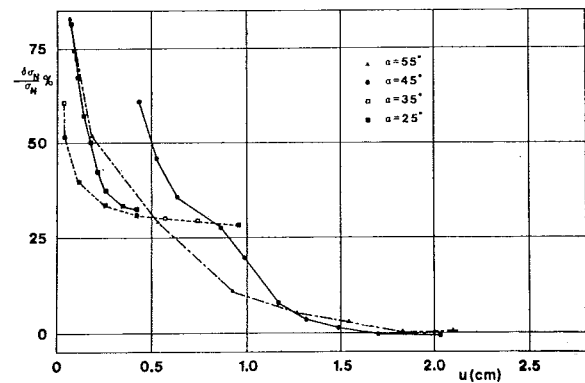
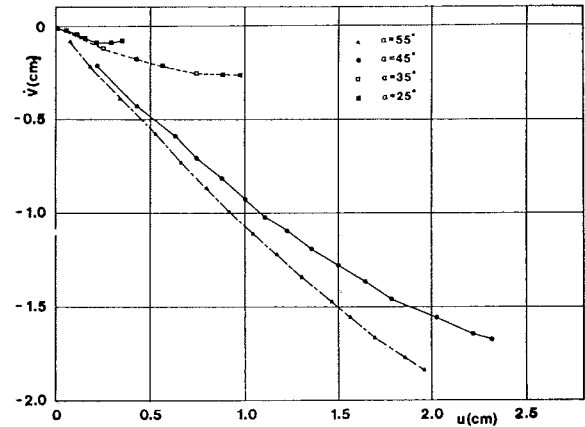
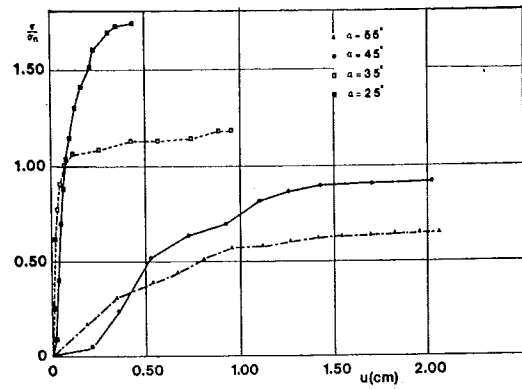


Fig. 14. - Curve relative alle prove eseguite nella formazione di Arcavacata (CS).

vasto programma di indagini, che prevede l'esecuzione di prove in siti e condizioni diverse ed il confronto sistematico dei risultati ottenuti con quelli forniti dalle classiche prove di laboratorio.

Nel seguito si riportano i dati ottenuti in due serie di prove preliminari eseguite per la messa a punto dell'apparecchiatura. In entrambi i casi si è proceduto inizialmente all'esecuzione di uno scavo, della profondità di due metri circa, sul cui fondo si sono ricavati due cunei caratterizzati da un diverso valore di  $\alpha$  (fig. 12). Eseguite le prove si è approfondito lo scavo di circa 0,8 m ricavando sul fondo altri due cunei

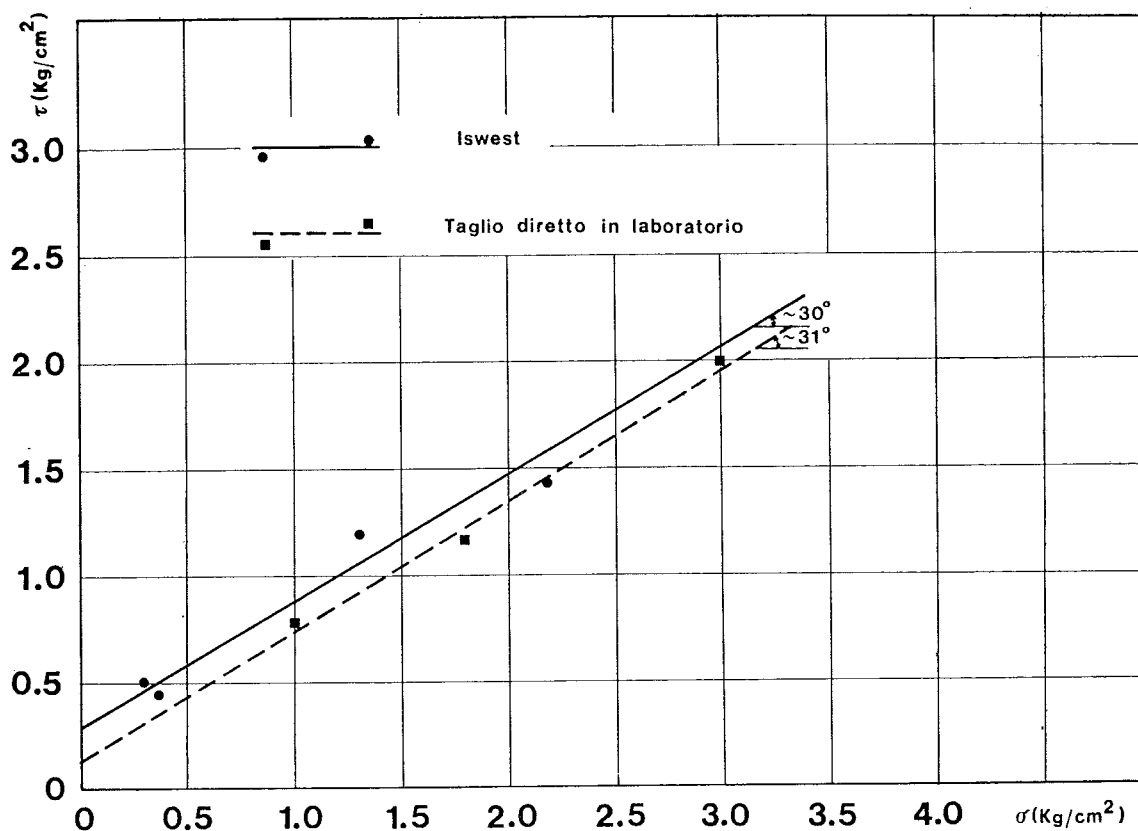


Fig. 15. - Curva intrinseca dedotta in sito ed in laboratorio per la formazione di Arcavacata (CS).

di terreno. In tutte le prove il carico è stato applicato ad incrementi successivi, mantenendo ogni valore del carico finché il cuneo, sotto l'azione di quel carico, non subiva spostamenti in misura apprezzabile.

La prima serie di prove è stata eseguita nel mese di giugno in località Arcavacata (CS) su terreno le cui proprietà indici sono rappresentate in fig. 13. In questa formazione, nonostante la presenza di ciottoli, la fase di formazione dei cunei, mediante il sistema illustrato in fig. 4, non ha presentato alcuna difficoltà.

Con le modalità di applicazione dei carichi, sopra illustrate, le prove hanno avuto mediamente la durata di circa un'ora. L'evoluzione dello stato di sollecitazione sul piano imposto di scorrimento, piano ABDE di fig. 1, espresso come rapporto fra lo sforzo di taglio e quello normale, è riportato (fig. 14) in funzione degli spostamenti  $u$  del cuneo lungo detto piano. Nella stessa figura sono riportati, sempre in funzione di  $u$ , gli spostamenti  $v$  del cuneo in direzione ortogonale ai precedenti e la differenza percentuale fra la tensione normale massima e quella media agente sul piano di scorrimento<sup>(1)</sup>. In fig. 15 sono riportati nel diagramma  $(\tau, \sigma)$  i valori di tali sforzi in corrispon-

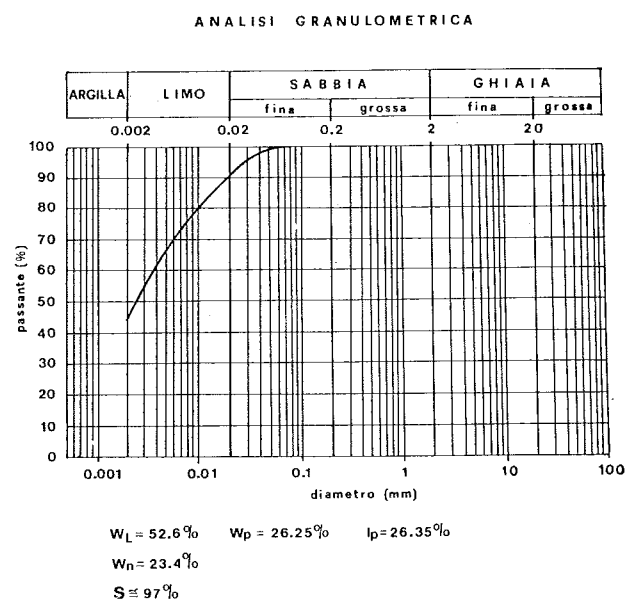


Fig. 16. - Proprietà indici della formazione di S. Maria delle Grazie (CZ).

(1) Assumendo una distribuzione lineare di tensione lungo il piano di scorrimento la tensione normale massima può essere calcolata come  $(\sigma_N)_{max} = \sigma_N + \frac{6M}{b(d-u)^2}$  con  $\sigma_N$  tensione normale media,  $b$  e  $d$  dimensione dell'area di carico ed  $M$  momento dovuto alla non coincidenza del baricentro dell'area di carico e del punto di applicazione della forza  $P$ .

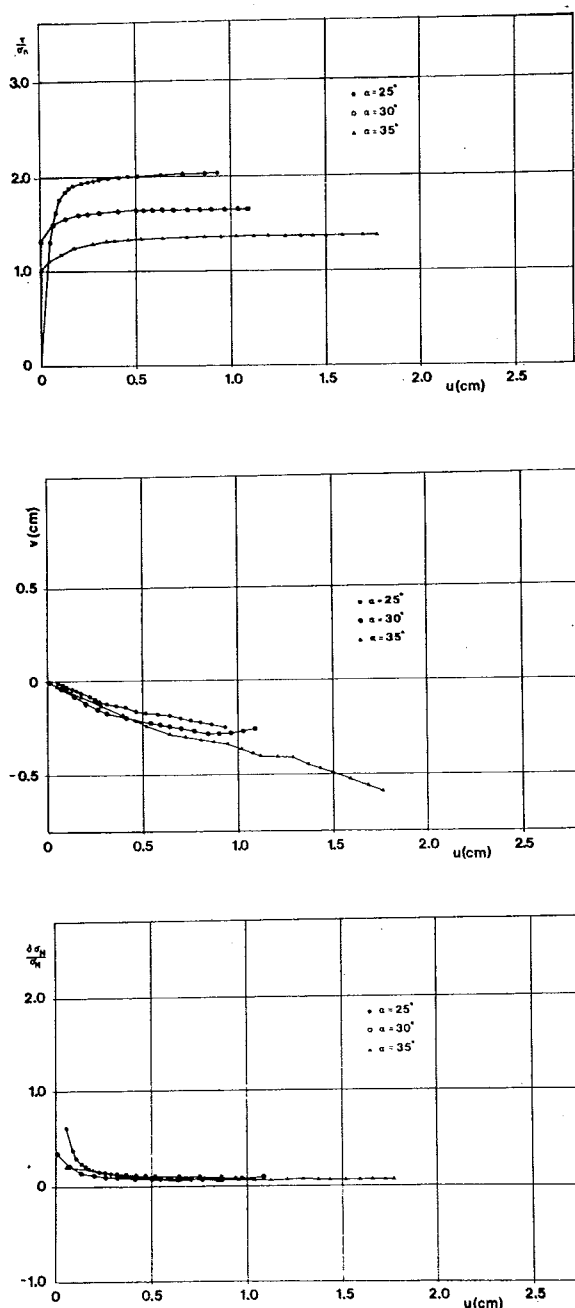


Fig. 17. - Curve relative alle prove eseguite nella formazione di S. Maria delle Grazie (CZ).

denza dei massimi carichi P, cui ciascun cuneo è stato sottoposto, unitamente a idati forniti da prove di taglio diretto lente eseguite su campioni prelevati nella formazione in oggetto.

La seconda serie di prove è stata eseguita nella seconda metà di luglio in località S. Maria delle Grazie (CZ) su un'argilla dura, O.C.R. = 10, particolarmente omogenea, le cui proprietà indici sono riportate in fig. 16. Nel caso in esame le prove hanno avuto la durata di circa due ore.

Nella fig. 17 sono riportate le curve

$$\left( \frac{\tau}{\sigma}, u \right) (v, u) \text{ e } \left( \frac{\delta \sigma_N}{\sigma_N} \% \right)$$

ricavate con l'Iswest e nella fig. 18 i parametri di resistenza dedotti in sito e in laboratorio con prove di taglio diretto. Queste ultime si sono eseguite dapprima con una velocità tale da raggiungere la resistenza di picco in un tempo inferiore a quello richiesto in sito e successivamente, per verificare l'influenza della velocità sulla resistenza, con una velocità notevolmente inferiore. Per riprodurre le condizioni in sito le prove di taglio si sono eseguite senza immergere i provini in acqua.

Un esame delle figg. 15 e 18 evidenzia, relativamente alla resistenza di picco ed alle modalità di prove adottate, un notevole accordo fra i dati forniti dall'Iswest e quelli di laboratorio.

Da osservare che in nessuna delle prove in sito è stato possibile misurare attendibilmente la resistenza residua. Si ritiene che, qualora si voglia procedere a misure di tal genere, sia conveniente sostituire l'attuale sistema discontinuo di carichi con un sistema continuo mediante l'adozione di una pompa elettrica a diverse velocità.

#### 4. Conclusioni

L'indagine svolta ha evidenziato l'estrema maneggevolezza dell'apparecchiatura e la semplicità di esecuzione delle prove. Soddisfacente si è mostrato il metodo adottato per la formazione dei cunei, così come il sistema per la riduzione dei momenti sul piano di scorrimento, carente viceversa il sistema di applicazione dei carichi per una misura accurata della resistenza residua.

Accorgimenti quali quelli indicati nel precedente paragrafo possono tuttavia colmare tale carenza.

Per quanto riguarda i risultati, l'indagine svolta ha evidenziato un buon accordo fra i dati ottenuti in sito ed in laboratorio.

Si ritiene tuttavia che solo ulteriori indagini, alcune delle quali in corso di esecuzione, permetteranno di mettere maggiormente a fuoco le capacità ed i limiti di questa nuova tecnica sperimentale.

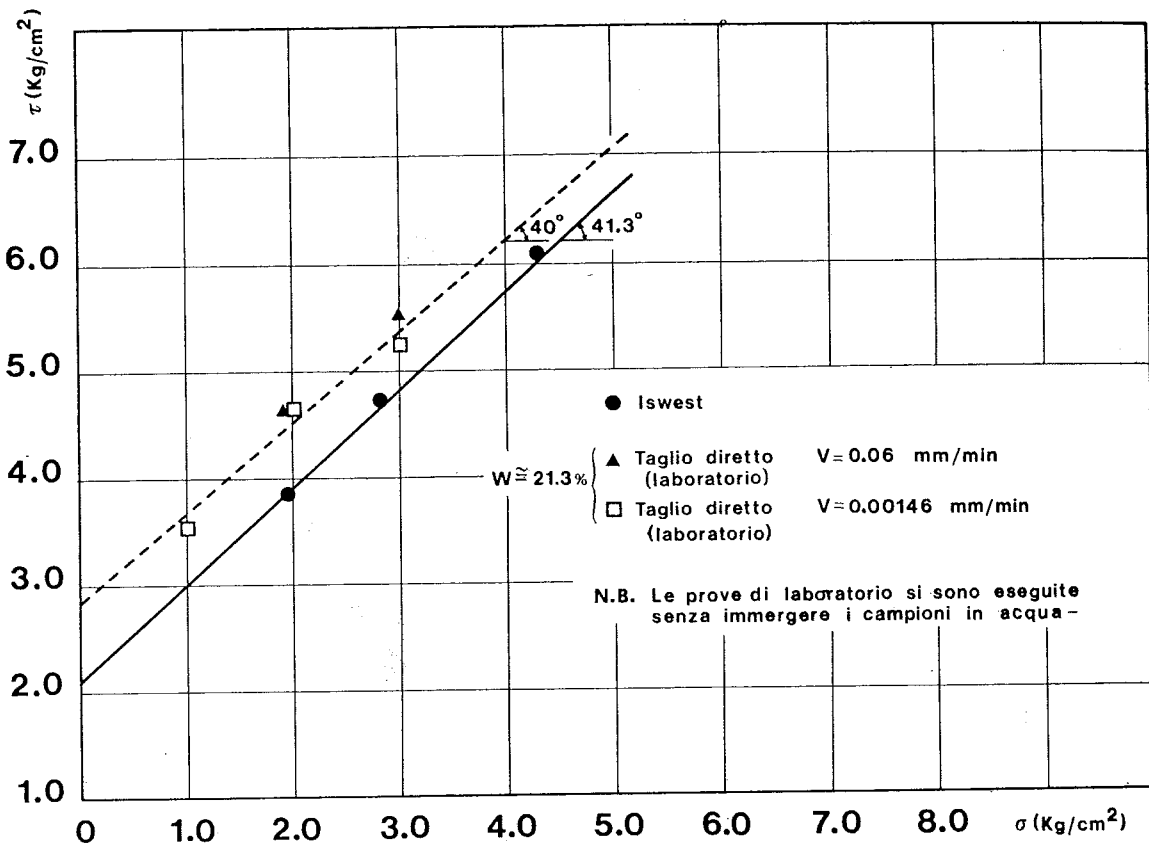


Fig. 18. - Curva intrinseca dedotta in sito ed in laboratorio per la formazione di S. Maria delle Grazie (CZ).

#### BIBLIOGRAFIA

MIRATA T. (1974) - *The in situ wedge shear test - a new technique in soil testing*. Geotechnique 24.

te lo svolgimento della loro tesi di laurea, ed al p.i. Bernabò Giorgio per la collaborazione prestata nell'organizzazione delle prove.

#### RINGRAZIAMENTI

Un sentito ringraziamento al C.I.A.P.I. di Crotone (Cz) che ha realizzato una parte dell'apparecchiatura, ai dr. ing. Filice Claudio e Lisi Carmelo che hanno partecipato alla esecuzione delle prove e all'elaborazione dei calcoli duran-

#### SUMMARY

##### The in situ wedge shear test

The paper deals with the Iswest, in situ wedge shear test. Principles, apparatus and test procedure are described and a comparison between a first serie of laboratory and in situ results is shown.