

Un esempio di utilizzazione della tecnica Iswest

L. CASCINI *

SOMMARIO: Nella nota si illustra un'indagine sperimentale eseguita in una formazione conglomeratica, debolmente cementata, costituita da elementi lapidei arrotondati, di dimensione variabile dalla ghiaia ai blocchi, immersi in abbondante matrice sabbiosa e limosa. L'indagine è consistita in provè di taglio diretto in sito con la tecnica ISWEST ed in prove penetrometriche. Per quanto riguarda le prove di taglio diretto, si sottolinea che esse vanno considerate come parte integrante di una ricerca più ampia che si propone di definire l'utilizzabilità della tecnica nell'ambito dei terreni granulari e di eliminare, nel contempo, alcune incertezze che possono attualmente sorgere nell'interpretazione dei risultati. Nel corso dell'indagine sui conglomerati questo secondo aspetto è stato volutamente trascurato, eliminando fin dall'inizio proprio quelle prove che avrebbero potuto dare adito ad incertezze interpretative. I risultati ottenuti appaiono interessanti e lasciano intravedere un proficuo contributo della tecnica nella caratterizzazione di complessi similari a quello nel quale si è operato.

1. Introduzione

La stima delle caratteristiche di resistenza a rottura di una formazione naturale in cui la frazione dominante è costituita da ghiaia non può essere effettuata prescindendo dalle prove in sito ed in particolare modo dalle prove di taglio diretto. Infatti, nonostante i ben noti limiti che le caratterizzano, queste prove sono attualmente le uniche a fornire risultati, interpretabili più o meno correttamente, sia in termini di coesione che di angolo di attrito.

Purtroppo all'estrema schematizzazione della prova non fa riscontro un'analogia semplicità di esecuzione sia che si ricorra a schemi del tipo di quelli illustrati da SOWERS e GORE [1961] e da JAIN e GUPTA [1975], e sia che i pesi vengano applicati direttamente sui blocchi [MOHAN *et al.*, 1971]. Ciò fa sì che questo tipo di sperimentazione è ignorata o è utilizzata limitando al massimo il numero di prove. In tal modo non si ha alcuna stima dei parametri, se la complessità e l'onere del programma sperimentale non sono commisurabili con il problema in istudio, ovvero si rischia di ottenere una riduzione di incertezza solo parziale, se i dati sperimentali sono limitati in rapporto a fattori quali eterogeneità ed estensione della formazione.

Nella nota si illustrano alcune prove di taglio diretto in sito eseguite con la tecnica ISWEST [MIRATA, 1974] in una formazione conglomeratica, debolmente cementata costituita da elementi poligenici ed eterometrici, della dimensione massima di qualche decimetro, im-

mersi in matrice prevalentemente sabbiosa. L'interesse per queste prove nasce dalla considerazione che, limitatamente alla zona nella quale sono state eseguite, è stato possibile stimare entrambi i parametri di resistenza in modo semplice e senza particolari impegni organizzativi.

Alla luce dei risultati ottenuti, quest'ultima circostanza appare particolarmente significativa e sembra indicare un possibile proficuo impiego della tecnica sia nell'ambito di quei problemi in cui è richiesta una conoscenza approssimata delle caratteristiche dei terreni e sia laddove è, viceversa, necessario ottenere una stima dei parametri quanto più approfondita possibile da un punto di vista spaziale oltre che qualitativo.

2. Brevi cenni sulla formazione

I conglomerati sottoposti a prova appartengono alla « formazione di Eboli » che è presente su un'area molto estesa ai margini della piana del Sele. La formazione è ascrivibile al Pleistocene, dal Gunz al Mindel [BAGGIONI, 1973] o anche fino al Mindel-Riss [APRILE *et al.*, 1978], ed è costituita da sedimenti di origine fluvio-torrentizia. Durante la deposizione dei sedimenti l'area è stata sede di un fenomeno di subsidenza al quale ha fatto seguito, verosimilmente a partire dalla fine del Mindel-Riss [APRILE, 1978], una fase di sollevamento molto intensa. Questa evoluzione è testimoniata dal notevole spessore dei depositi torrentizi, in alcuni casi dell'ordine di alcune centinaia di metri, e da linee tettoniche (faglie) che portano i conglomerati fino a quote di 400 m sul livello del mare.

* Prof. Ing. Leonardo CASCINI, Associato di Geotecnica - Istituto di Ingegneria Civile - Università di Salerno.

Nella zona delle prove, sita in località Masso della Signora (SA), la formazione costituisce la parte sommitale di un colle e si rinviene al di sopra di un complesso di argille e marne molto consistenti di origine marina, talora fortemente tettonizzate, ascrivibili al Miocene superiore. La formazione conglomeratica ha uno spessore variabile da una ad alcune decine di metri ed è costituita da elementi prevalentemente lapidei, di dimensione variabile dalla ghiaia ai blocchi, immersi in abbondante matrice sabbiosa e limosa. Il grado di cementazione è generalmente basso ed in alcuni casi quasi del tutto assente. La presenza di alcuni tagli verticali, uno di questi è illustrato in fig. 1,

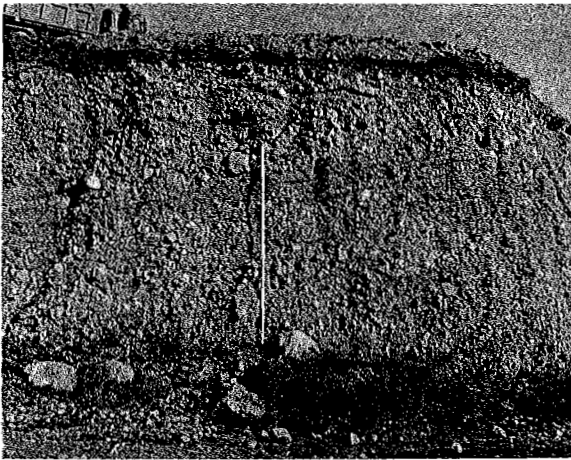


Fig. 1. - Tipico fronte di scavo.

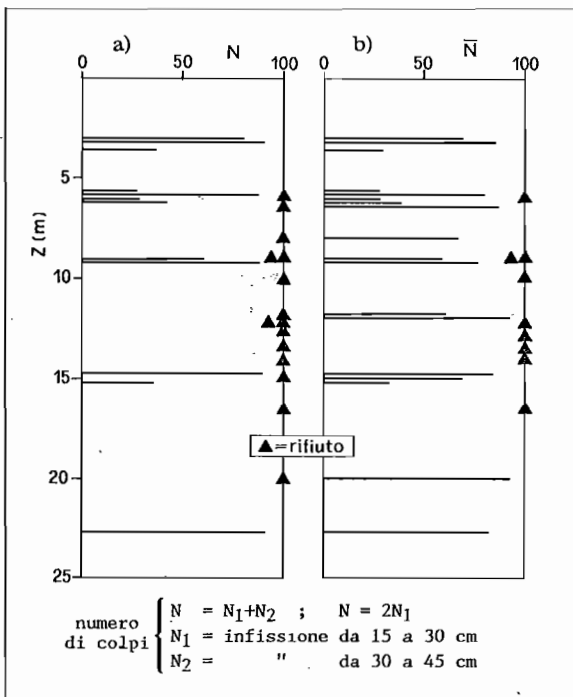


Fig. 2. - Risultati di prove penetrometriche dinamiche con punta conica.

evidenzia comunque che globalmente alla coesione possono essere associati valori non nulli.

I conglomerati hanno una struttura massiccia a sono mal stratificati. Nella successione verticale si nota la presenza di orizzonti, di estensione e granulometria variabile, con immersione di alcuni gradi lungo una direzione preferenziale. Gli orizzonti, bene evidenti sui fronti di scavo (fig. 1), sono messi in risalto anche da prove penetrometriche dinamiche eseguite con la punta conica nel corso di alcuni sondaggi, fig. 2.

Nella figura è riportata una duplice elaborazione dei risultati sperimentali. In fig. 2a il numero di colpi è relativo all'avanzamento della punta per l'intero tratto di 30 cm, mentre in fig. 2b il valore \bar{N} rappresenta il doppio del numero di colpi registrati nel corso dell'infissione nel primo tratto di 15 cm. Questa seconda elaborazione, simile a quella adottata in un altro contesto da PALMER e STUART [1957], consente il recupero di un certo numero di dati e fornisce risultati che differiscono al massimo di un 10-15% da quelli ottenuti con procedura standard. Tenendo presente il carattere qualitativo dell'informazione che questo tipo di prova è in grado di fornire, tale circostanza non appare del tutto priva di interesse.

Da un punto di vista idrogeologico, infine, i conglomerati sono sede di una falda non superficiale, che scorre generalmente in prossimità del contatto con il complesso basale e che subisce notevoli escursioni nei periodi particolarmente piovosi. Fino a profondità di 10-15 m dal piano campagna la condizione di parziale saturazione può, comunque, essere considerata la più usuale.

3. Risultati sperimentali

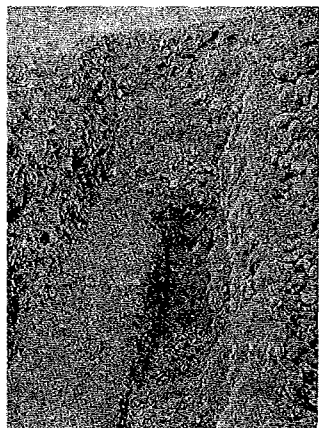
Le prove di taglio diretto con la tecnica Iswest sono state eseguite sul fondo di una trincea, della profondità di circa 3 m (fig. 3a), appositamente scavata ai piedi di una parete verticale. L'apparecchiatura utilizzata è quella descritta da CASCINI [1980]; si è, quindi, operato con superfici di taglio iniziali di 900 cm². Nelle figg. 3b-c-d sono illustrate tre fasi della preparazione del cuneo.

L'intera operazione ha richiesto la massima attenzione per il rapido decadimento della coesione sulle superfici esposte del terreno. Il fenomeno di per sé irrilevante, in quanto interessa in profondità zone di estensione molto limitata — dell'ordine massimo di qualche cen-

timetro — crea notevoli problemi da un punto di vista sperimentale. Rende, per esempio, impossibile il campionamento della sola matrice su tagli freschissimi e, per quanto riguarda le prove in sito, può essere l'origine di un disturbo che, a sua volta, può essere amplificato dalle vibrazioni prodotte dalla rottura degli elementi lapidei presenti sulle facce esterne dei cunei.

Per i motivi sopra esposti si è inizialmente formato un cuneo di dimensioni maggiori ri-

spetto a quelle richieste (fig. 3b); la parte in eccesso è stata successivamente eliminata (fig. 3c) avendo cura di togliere, con cautela e particolari accorgimenti, gli elementi lapidei che ricadevano sulle superfici esterne. Ciò ha richiesto una regolarizzazione finale delle facce con una miscela di acqua e gesso (fig. 3d) al fine di garantire un contatto uniforme fra queste e la forma di acciaio. Si sono, quindi, eseguite le prove (fig. 3e) al termine delle quali si è verifi-



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Fig. 3. - Alcune fasi delle prove ISWEST.

cato che la superficie di scorrimento fosse perfettamente piana (fig. 3f) e coincidente con quella desiderata. In caso contrario se ne è misurata l'inclinazione rispetto alla retta di azione della forza e di questo si è tenuto conto nei calcoli.

Prima di passare ad analizzare le prove si deve sottolineare che si è incontrata qualche difficoltà nella preparazione dei cunei. Ciò è da attribuire essenzialmente alla granulometria della formazione ed alle dimensioni delle forme di acciaio. In fig. 4 sono riportate le curve granulometriche determinate analizzando, a fine prova, tutto il materiale costituente i cunei ed una curva granulometrica ottenuta operando su un volume di terreno notevolmente maggiore. Il confronto evidenzia con chiarezza che le difficoltà incontrate ed il fallimento di un certo numero di tentativi sono da attribuire alla presenza nella formazione degli elementi con $d > 7 \div 10$ cm.

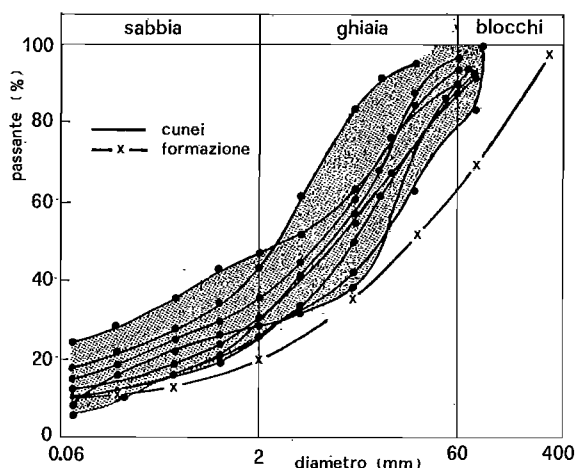


Fig. 4. - Granulometrie dei cunei e di un volume di terreno notevolmente maggiore.

In totale si sono eseguite n. 12 prove, ottenendo i risultati riportati in tab. 1. Come si vede si sono utilizzate forme di acciaio caratterizzate da $\alpha = 25^\circ, 35^\circ, 40^\circ$. Nel caso delle prove n. 1 e 2 si è registrata una leggera differenza fra il piano di taglio prefissato e quello reale e ciò probabilmente per una non perfetta esecuzione del cuneo.

Le forme utilizzate sono state scelte in modo da evidenziare eventuali disomogeneità nel terreno, facendo riferimento ai risultati che man mano si acquisivano. Sulla base dell'esperienza in precedenza accumulata [CASCINI *et al.*, 1980; CASCINI, 1983] si è comunque preferito, fin dall'inizio, non utilizzare forme con $\alpha > 40^\circ$. A po-

Tab. 1. - Risultati delle prove ISWEST.

Prova n°	α ($^\circ$)	σ_p (KPa)	τ_p (KPa)
1	26°	20.28	31.36
1bis	25°	16.17	25.57
2	33°	18.32	20.09
3	40°	80.75	87.02
4	35°	23.32	25.67
5	40°	97.80	107.11
6	35°	82.32	106.92
7	40°	160.13	179.73
8	35°	66.54	86.24
8bis	40°	49.19	50.76
9	40°	170.81	191.78
10	35°	74.57	96.13

steriori la scelta è apparsa felice in quanto i risultati appaiono chiaramente ed inequivocabilmente leggibili.

Una elaborazione unitaria di tutte le prove è riportata in fig. 5. Il diagramma evidenzia una elevata correlatività dei dati sperimentali che, d'altra parte, forniscono in termini di coesione ed attrito valori verosimili dei parametri. Ancora la figura conferma l'eterogeneità del terreno sottoposto a prova, eterogeneità riscontrata visivamente nel corso della preparazione dei cunei. Il riscontro è fornito dai diversi valori dello stato tensionale a rottura per uno stesso angolo α . Al riguardo è bene sottolineare che le modalità di prova sono tali da fornire un significativo contributo su questo aspetto del problema. Infatti, nell'ipotesi di materiale rigido-perfettamente plastico, l'evoluzione dello stato tensionale sul piano di taglio è quella rappresentata in fig. 6. Sono, pertanto, sufficienti piccole variazioni dei parametri di resistenza, in

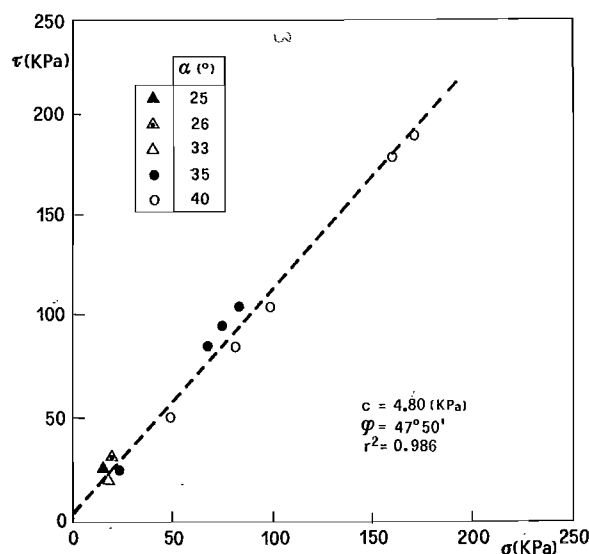


Fig. 5. - Elaborazione unitaria di tutte le prove.

particolare modo della coesione, per provocare sensibili variazioni dello stato tensionale, tanto maggiori quanto più prossimi sono tra loro gli angoli φ e β .

Il ricorso ad un semplice schema consente un'elaborazione dei dati che tenga conto, in qualche modo, delle precedenti osservazioni. Si consideri il cuneo di fig. 6 e si supponga che sia costituito da un materiale rigido-perfettamente plastico. Nel caso in esame, sulla base dell'esperienza accumulata, l'ipotesi appare verosimile [CASCINI, 1983]. Si indichino con (c, φ) i parametri di resistenza del materiale, con P la forza applicata e con (τ, σ) lo stato tensionale generato da P sul piano di taglio. Lo scorrimento del cuneo lungo il piano prefissato avviene quando è soddisfatta l'equazione

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

Sostituendo nella (1) a τ e σ i valori misurati nel corso delle prove in corrispondenza della massima forza applicata e risolvendo rispetto a c si ottiene

$$c = \tau_p - \sigma_p \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

Esistono infinite coppie di valori che soddisfano la (2). Nel caso in esame, facendo variare l'angolo di attrito fra 40° e 50° si ottiene il diagramma di fig. 7. Tenendo presente che per due cunei dello stesso materiale, caratterizzati da differenti valori di α , si deve verificare l'intersezione delle curve nel punto che fornisce i valori di c e φ del materiale, i suddetti diagrammi possono essere utilizzati per raggruppare le prove omogenee fra loro.

Il diagramma evidenzia diverse possibilità di raggruppamenti. Fra tutti il più verosimile è quello indicato in fig. 7 e riportato, con relative leggi interpolanti, in fig. 8. Infatti questo è l'unico ad operare una completa suddivisione fra prove che, pur caratterizzate da uno stesso α , danno luogo a risultati molto diversi fra loro.

A sostegno di tale suddivisione intervengono

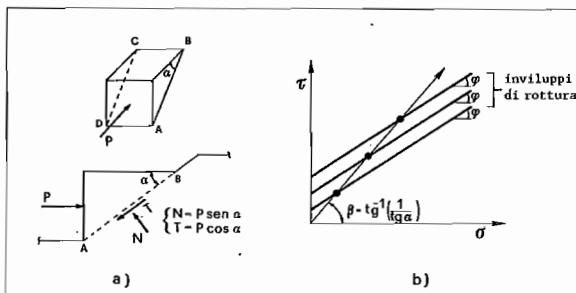


Fig. 6. - Cuneo costituito da un materiale rigido-plastico.

alcune considerazioni sulla granulometria dei materiali costituenti i cunei. Per quanto riguarda la frazione grossolana, infatti, non si riescono ad individuare differenze degne di nota e ciò spiegherebbe lo stesso valore dell'angolo di attrito. Viceversa, considerando la sola frazione fina (in tab. 2 sono riportate le percentuali di limo) si nota come i vari raggruppamenti abbiano caratteristiche di uniformità. La diminuzione di coesione sembra chiaramente dovuta ad una pari diminuzione della componente limosa.

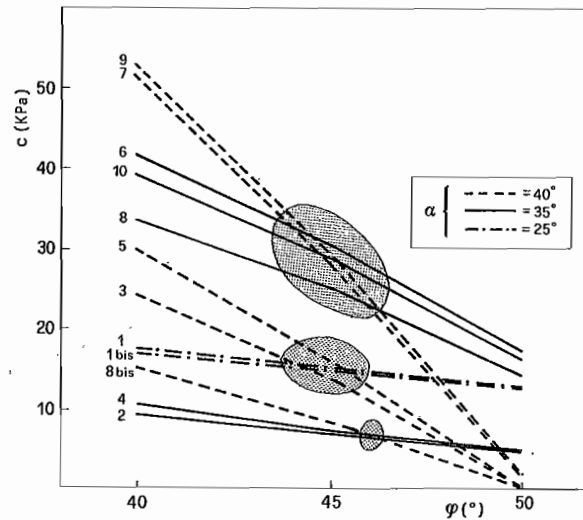


Fig. 7. - Back-analysis delle prove ISWEST.

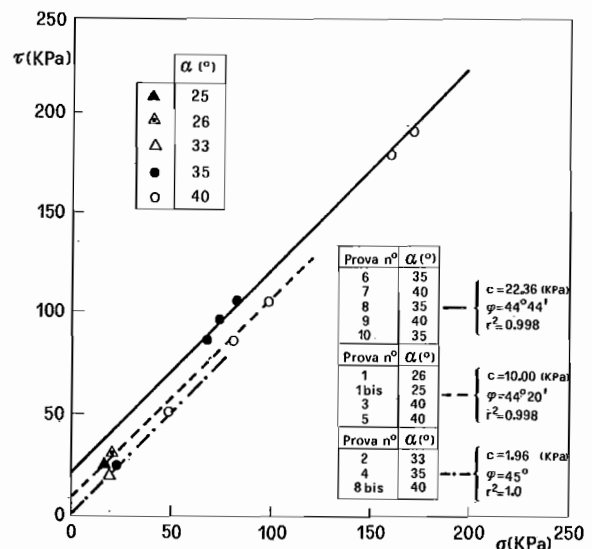


Fig. 8. - Verosimile interpolazione di dati fra loro omogenei.

Tab. 2. - Percentuali di limo contenute nei cunei sottoposti a prova.

	c=22.36(KPa)					c=10(KPa)		c=1.96(KPa)	
Prova n°	6	7	8	9	10	5	3	4	8bis
frazione di limo	21	15	14	10	10	11	10	4	3

Un ulteriore elemento a favore dell'interpolazione a gruppi è fornito da una semplice analisi di stabilità dei fronti di scavo presenti nella zona (fig. 9). Dal diagramma emerge che, sulla base del metodo cinematico dell'analisi limite [CHEN, 1979], il valore minimo della coesione che garantisce la stabilità dei suddetti fronti è verosimilmente di circa 12-13 kPa. Questo dato indebolisce l'elaborazione unitaria e, nel contempo, rafforza quella del secondo tipo. Infatti, nonostante il numero esiguo di prove eseguite, dall'elaborazione a gruppi sembra emergere che il parametro in oggetto, almeno nella zona investigata, assume valori compresi fra 10-20 kPa ed in alcuni casi praticamente nulli. La ridotta percentuale (25%) di prove che ha fornito questo risultato sembra, comunque, indicare lo scarso ruolo giocato dalle zone incoerenti su quelle che, probabilmente, sono le caratteristiche della formazione nel suo complesso.

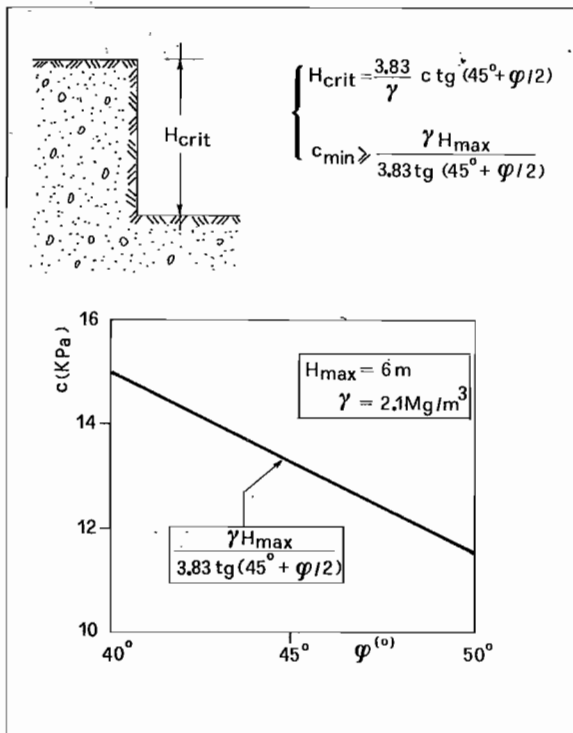


Fig. 9. - Analisi di stabilità dei fronti di scavo verticali.

4. Considerazioni conclusive

Allo stato attuale delle conoscenze, i risultati illustrati devono essere valutati con cautela per la mancanza di dati comparativi, del resto difficilmente acquisibili, in base ai quali sia possibile quantizzare l'incidenza sulla stima dei parametri di fattori quali la modalità di prova, le dimensioni delle forme in rapporto alla gra-

nulometria del materiale, il grado di disturbo inevitabilmente indotto nella fase di preparazione dei cunei e così via. Cionondimeno i dati appaiono significativi e prefigurano un ruolo dell'Iswest nell'ambito della caratterizzazione di complessi simili a quello nel quale si è eseguita l'indagine e la cui diffusione sul territorio nazionale è molto ampia. In fig. 10 è operato un confronto fra la curva granulometrica indicata in fig. 4 con il termine 'formazione' ed il fuso granulometrico riportato da PELLEGRINO [1966], riguardante granulometrie medie di depositi costituiti da materiali fluviali, glaciali, detriti di frana e conglomerati.

Nell'ambito delle suddette formazioni l'impiego della tecnica Iswest potrebbe essere variamente concepito in virtù della semplicità che la contraddistingue e della possibilità che offre di operare su cunei di dimensioni maggiori senza ulteriori aggravii. Per esempio, in problemi di secondaria importanza si potrebbe utilizzare, anche da sola, per una maggiore oggettivazione di quelle valutazioni tipicamente qualitative cui in casi del genere si ricorre. Viceversa, laddove fosse richiesto un notevole approfondimento delle conoscenze, da un punto di vista qualitativo oltre che areale, si potrebbe ricorrere ad un uso congiunto con altri tipi di prova quali, per esempio, prove di taglio in sito di tipo tradizionale e prove penetrometriche.

Così facendo le prove di taglio di tipo tradizionale, complesse ed onerose, potrebbero essere eseguite esclusivamente per indagare campi di tensione leggermente più elevati di quelli generalmente indagati, paragonabili a quelli che l'Iswest consente di indagare, lasciando questa funzione alla tecnica semplificata. D'altra parte, le prove Iswest, una volta tarate, po-

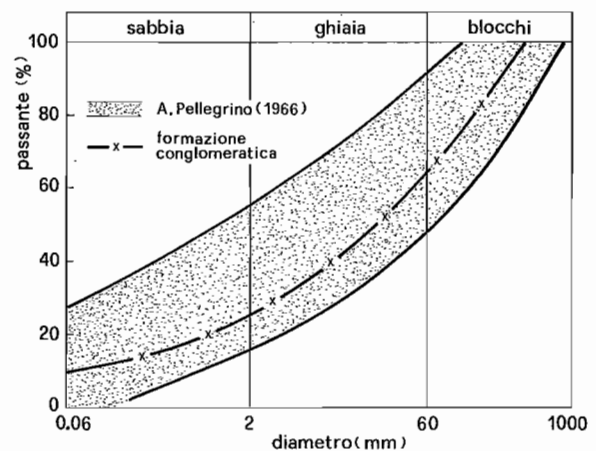


Fig. 10. - Confronto fra tipiche formazioni granulari ed il complesso conglomeratico.

trebbero agevolmente evidenziare eterogeneità e variazioni di caratteristiche meccaniche in formazioni particolarmente estese, così come potrebbero fornire elementi direttamente in situ, sul ruolo giocato nella stima dei parametri da fattori quali dimensione del campione, granulometria dello stesso e così via [GOEL, 1978].

Per quanto riguarda poi l'uso congiunto con le prove penetrometriche, un approccio del tipo di quello illustrato da MEIGH e NIXON [1961], sostituendo o aggiungendo alle prove di carico su piastra le prove Iswest, consentirebbe sicuramente una migliore comprensione dei caratteri salienti della formazione e, probabilmente, aiuterebbe in qualche modo ad oggettivare i dati forniti dalle prove penetrometriche.

Un riscontro dell'utilità della tecnica nei contesti prefigurati e con le modalità discusse si può avere solo a seguito di indagini di notevole respiro nel corso delle quali si abbia l'opportunità di eseguire un gran numero di prove del tipo di quelle in precedenza richiamate. Da questo punto di vista lo scrivente si augura che i risultati presentati, ben lungi dall'essere considerati esaustivi dell'argomento, possano fornire lo spunto per una più ampia sperimentazione, non facilmente ed altrimenti eseguibile.

RINGRAZIAMENTI

L'Autore ringrazia vivamente il prof. A. Pellegrino per l'incoraggiamento ed i suggerimenti forniti nel corso del presente lavoro, che è stato reso possibile dalla preziosa opera sul campo del geom. A. Bernabò e dell'ing. F. Mercuri. Ringrazia inoltre il prof. T. Pescatore per le approfondite discussioni e le utili indicazioni.

BIBLIOGRAFIA

- APRILE F. (1978) - *Contributi preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia*. Pubblicazione n. 155 del Progetto finalizzato Geodinamica.
- BAGGIONI M. (1973) - *Les bordures de la Plaine du Sele. Etude morphologique*. Méditerranée, n. 3.
- CASCINI L. (1980) - *Su alcune prove eseguite con l'Iswest*. Rivista Italiana di Geotecnica, n. 1.
- CASCINI L., FENELLI G. B., PICARELLI L. (1980) - *Comportamento meccanico di una tipica formazione carbonatica milonitizzata del basso Lazio: osservazioni preliminari*. XIV Congresso Nazionale di Geotecnica, Firenze.
- CASCINI L. (1983) - *Alcune osservazioni sulla tecnica Iswest*. Rivista Italiana di Geotecnica, n. 1.
- CHEN W. F. (1975) - *Limit analysis and Soil Plasticity*. Developments in Geotechnical Engineering, 7, Elsevier SPC.
- GOEL M. C. (1978) - *Evaluation of shear strength of coarse grained soil*. Indian Geotechnical Journal, vol. 8, n. 4.
- JAIN S. P., GUPTA R. C. (1975) - *A large shear box for tests in river bed material*. Indian Geotechnical Journal, vol. 5, n. 2.
- MEIGH A. C. (1961) - *Comparison of in situ tests for granular soil*. 5th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Parigi.
- MOHAN D., NARAHARI D. R., RAO B. G. (1971) - *Field and laboratory tests on gravel and boulder soils*. 4th Asian Regional Conference, Bangkok.

- PALMER D. J., STUART J. G. (1957) - *Some observations on the Standard Penetration test and a correlation of the test with a new penetrometer*. 4th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Londra.
- PELLEGRINO A. (1966) - *Proprietà geotecniche dei materiali a grana grossa*. Geotecnica, n. 3.
- SOWERS G. F., CORE C. E. (1961) - *Large scale preconstruction tests of embankment materials for an earth-rockfill dam*. 5th Int. Conf. Soil. Mech. Found. Eng., Parigi.

SUMMARY

An application of the Iswest technique

The following paper deals with a field investigation carried out in a gravelly soil. The investigation consists of in situ wedge shear tests [MIRATA, 1974] and cone penetration tests. The direct shear tests must be considered as a part of a wider research aiming to define the possibility of using the technique in the granular soils and to eliminate the uncertainties which, in some cases, may arise in connection with the interpretation procedure [CASCINI, 1983]. In the present investigation this latter point has been set aside from the beginning and therefore those tests which might have led to the uncertainties in question were purposely eliminated.

The shear tests were performed on the bottom of a trench using the equipment described by CASCINI [1980]. It is worthwhile mentioning that the carving of the wedges presented some difficulties due to soil peculiarities, rapid decay of the cohesion following vibration or a prolonged air exposition, and due to equipment dimension. In fig. 4 the wedge granulometric curves are compared to the grain size of a large volume of soil. The figure shows clearly that the difficulties encountered have been caused by the elements larger than $7 \div 10$ cm.

A total twelve tests on wedges having $\alpha = 25^\circ-40^\circ$ were carried out. In some cases, at the end of the test, a slight difference between the fixed shear plane and the true plane were observed. This may be attributed to the imperfect wedge shape. In any case the results were obtained keeping into account these differences.

An evaluation of the soil strength parameters is shown in fig. 5, which points out the soil heterogeneity. In fact different stresses were obtained for equal values of the α angle. In order to understand this question more clearly a back-analysis of all the tests were done. Taking into consideration many elements the results of fig. 8 have been obtained.

The two diagrams point out a high correlability of the data, a clearly defined friction angle and a slightly different cohesion value. A stability analysis of the vertical cuts, fig. 9, indicates that the results in fig. 8 gives a better description of the soil characteristics. However, besides these and other considerations regarding shear strength parameters, it is important to emphasize the extreme simplicity of the in situ tests in spite of the previously mentioned difficulties. Owing to such simplicity, and keeping in mind that the accuracy of a field investigation depends on characteristic and extension of the soil, available equipment, importance of the technical problem etc. the testing procedure which has been employed can give a useful contribution in many cases. This is mostly because it can be either considered exhaustive or be taken as a complement to other types of tests which may be more complex or which should be carried out in depth. From this point of view the use of the Iswest technique along with classical in situ shear test and cone penetration test seems to be particularly adequate.