

al cuneo QNP, possiedono velocità variabili in funzione della distanza dal centro istantaneo di rotazione; mentre, pensati appartenenti al cuneo rigido QPS', avrebbero velocità costanti. Il meccanismo UBM2, di conseguenza, non è, in generale, cinematicamente ammissibile se il terreno può sopportare, senza rompersi, degli sforzi di trazione.

Un altro aspetto, sul quale si intende richiamare l'attenzione del lettore e su cui per altro gli AA. non si soffermano, riguarda la possibilità che offre il meccanismo UBM1 di tener conto della resistenza del materiale posto al di sopra del piano di posa della fondazione; caratteristica, questa, che oltre a consentire una valutazione più accurata del carico limite, è, in certo qual modo, automatica e indipendente dalla scelta dell'operatore.

Gli AA. estendono successivamente l'uso di tali meccanismi anche al calcolo delle fondazioni rettangolari, semplicemente introducendo delle componenti di discontinuità nelle velocità lungo i piani verticali passanti per i lati corti della fondazione.

Si osservi che la complicazione dei calcoli, conseguente a tale modifica, è limitata, in quanto lo stato di deformazione rimane piano.

Gli AA. effettuano, innanzitutto, una verifica del modello di calcolo, prendendo in esame il problema della fondazione nastriforme su terreno omogeneo caricata da una forza eccentrica o inclinata; successivamente, estendono i risultati al caso della fondazione rettangolare.

Mancando nella letteratura le soluzioni rigorose di tali problemi, viene, quindi, effettuato un confronto con i risultati ottenuti con ben note formule semi-empiriche.

È certamente da considerare con scetticismo il procedimento, seguito dagli AA., di provare l'attendibilità dei propri risultati confrontandoli con formule semi-empiriche; non è privo di interesse, però, notare come il modello di calcolo possieda una sua flessibilità che gli permette di adattarsi alle varie condizioni al contorno, fornendo risultati di un certo significato fisico.

Il lettore può apprezzare questa capacità del modello matematico, osservando la figura 2; si noti come il meccanismo di rottura si modifichi automaticamente in relazione al valore dell'eccentricità del carico.

Il contributo degli AA. al calcolo del carico limite delle fondazioni in terreni non omogenei è più limitato di quanto non possa sembrare dal titolo del lavoro. Vengono presi in esame due casi di disomogeneità abbastanza tipici in terreni coesivi teneri: il caso in cui la coesione non drenata aumenti linearmente con la profondità, e quello in cui uno strato coesivo meno resistente

è presente, ad una certa profondità, nel terreno di fondazione.

L'esame dei risultati del primo caso, per il quale è disponibile una soluzione teorica « esatta » permetterà di chiarire meglio il significato del contributo degli AA.

Si ricorda che DAVIS e BOOKER [1973], effettuando un'analisi rigorosa del problema mediante integrazione numerica delle equazioni risolutive, hanno mostrato come le soluzioni approssimate, ottenute per esempio con il metodo dei cerchi di scivolamento, possano portare a errori notevoli in eccesso, specialmente per alti valori del gradiente della coesione e per modesti valori iniziali di c_u .

I risultati degli AA., rappresentati nella figura 3, appaiono in buon accordo con quelli di Davis e Booker. La semplicità d'uso e la non eccessiva concettosità del metodo fanno sperare, inoltre, che esso possa essere impiegato con successo in quei problemi, per i quali la letteratura non è di molto conforto.

In definitiva, il metodo presentato dagli AA. appare sufficientemente accurato per quei problemi nei quali si è in presenza di terreni con notevoli disomogeneità.

In tali problemi, infatti, i metodi approssimati danno risultati troppo ottimistici, che è bene guardare con sospetto, mentre i metodi più sofisticati di integrazione numerica non sono sempre facilmente perseguibili.

È bene ricordare, tuttavia, che il valore del carico, F_{lim} , che il metodo fornisce, è solo un estremo superiore del

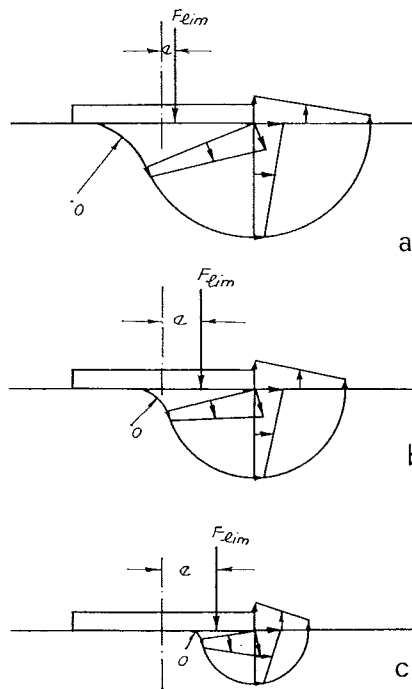


Fig. 2. - Meccanismi di collasso corrispondenti a carichi con diverse eccentricità.

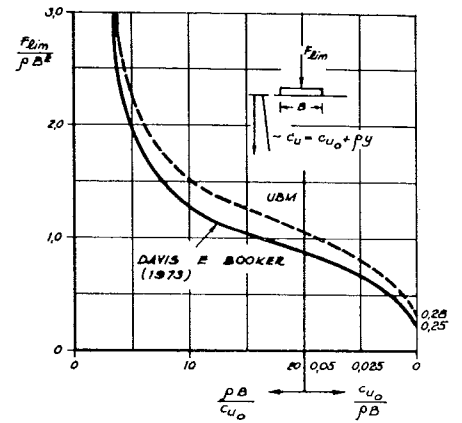


Fig. 3. - Confronto fra la soluzione approssimata UBM e quella rigorosa per terreni con coesione linearmente crescente con la profondità.

carico limite e , pertanto, non cautelativo.

Inoltre, l'ordine di grandezza dello scarto dal valore esatto non è noto e potrebbe valutarsi, in una certa misura, solo se, oltre al teorema superiore, si applicasse al problema il teorema inferiore dell'analisi limite.

(Antonino Musso)

BIBLIOGRAFIA

DAVIS E. H., BOOKER J. R. (1973) - *The Effect of Increasing Strength with Depth on the Bearing Capacity of Clays*. Geotechnique, 23, 4.

Sulla preparazione dei provini per indagini di laboratorio.

Proceed. of Symposium on « Soil Specimen Preparation for Laboratory Testing », ASTM, Montreal, 1976.

Nonostante un certo ritardo, sembra utile far cenno a questa ultima pubblicazione dell'ASTM. Essa contiene gli Atti del Simposio sulla preparazione dei provini per indagini di laboratorio, tenutosi a Montreal nel giugno 1975.

Questa non è certo la sede per discutere sul ruolo della sperimentazione di laboratorio nell'indagine Geotecnica, sia finalizzata alla ricerca (acquisizione di elementi di base nello studio del comportamento dei terreni e delle rocce), che alla progettazione (acquisizione di parametri da introdurre nella modellazione del problema reale). Non si può però non osservare che oggi, per lo meno nel nostro paese ed in particolare nel campo della ricerca, essa subisce un certo rallentamento rispetto ad altri campi d'indagine (calcolo nu-

merico applicato, indagini in sito, studio del comportamento di opere in vera grandezza, ecc.) per una serie di problemi di varia natura. E certo non riteniamo che si possa oggi prescindere dall'indagine di laboratorio in quanto contiene quegli elementi fondamentali di base (conoscenza del comportamento reale dei terreni ecc.) e di connessione con gli altri aspetti della disciplina (se non altro per i parametri quantitativi da introdurre nella modellazione numerica), ed è inoltre dotata di quei caratteri peculiari (accuratezza e semplificazione delle procedure, sistematicità e rigore dell'indagine), che sono indispensabili per un miglioramento reale delle conoscenze.

La lettura di questo volume offre la possibilità di approfondire il problema dell'influenza delle varie operazioni connesse con l'acquisizione e l'utilizzazione dei materiali, sull'accuratezza e l'attendibilità dei risultati di prove di laboratorio. Questo è un problema che viene spesso trascurato dall'utente dei dati: è invece logico che chi utilizza certi numeri o valuta certi comportamenti possieda la sensibilità per l'ordine di grandezza dell'errore o, in altre parole, per l'attendibilità dei risultati.

In particolare un buon numero dei lavori del Simposio hanno toccato i contenuti di alcune Norme ASTM, ponendo talvolta problemi di aggiornamento delle stesse. Tali contributi possono, a grandi linee, essere raggruppati nei seguenti cinque gruppi omogenei di argomenti:

- 1) Meccanica delle Rocce ed in particolare comportamento tensioni-deformazioni e resistenza al taglio;
- 2) effetto della conservazione, dell'estrusione e del pre-essiccamento sulle proprietà dei terreni;
- 3) ricostituzione in laboratorio di materiali non coesivi;
- 4) costipamento dei terreni;
- 5) tecniche recenti di laboratorio.

Riportiamo qui di seguito i titoli delle memorie presentate, che abbiamo cercato di classificare secondo i criteri precedentemente indicati, riportando eventualmente tra parentesi la sigla delle Norme ASTM a cui il lavoro indicato fa esplicitamente o implicitamente riferimento.

Gruppo 1

- G. BALLIVY, B. LADANYI, D. E. GILL: « Effect of Water Saturation History on the Strength of Low Porosity Rocks » (D 2664);
- P. G. CHAMBERLAIN, E. M. VAN ECKHOUT, E. R. PODNIEKS: « Four Factors Influencing Observed Rock Properties » (D 2936);
- F. C. TOWNSEND, P. A. GILBERT: « Effect of Specimen Type on the Residual Strength of Clays and Clay Shales » (D 3080).

È ben noto che la resistenza mec-

canica delle rocce è fortemente variabile in funzione del contenuto d'acqua ed è altresì ovvio che risultati caratterizzanti le proprietà meccaniche in situ possono essere ottenuti solo utilizzando in laboratorio materiali a contenuto naturale d'acqua. A questo proposito BALLIVY *et al.* hanno mostrato come la risaturazione dei provini dopo essiccamento in stufa comporta irreversibili effetti di preconsolidazione, tali da alterare completamente le proprietà meccaniche dei materiali: al contrario può essere ritenuta accettabile la tecnica di risaturazione dopo essiccamento all'aria. Anche la tecnica di saturazione ed il liquido adottato possono in qualche modo influenzare i risultati finali. Anche CHAMBERLAIN *et al.* si sono soffermati sull'influenza del contenuto d'acqua sulla resistenza a rottura; hanno altresì indagato l'effetto dell'orientazione dei provini rispetto all'assetto dei materiali in situ (anisotropia), l'eventuale presenza di discontinuità, l'influenza sui parametri in esame delle anomalie di forma dei provini rispetto alle dimensioni standard. TOWNSEND e GILBERT dal canto loro hanno esaminato dettagliatamente i parametri che possono influenzare in qualche modo la resistenza residua degli scisti argillosi (clay shales) e delle argille più in generale: tipo di apparecchiatura, preparazione del provino, porosità iniziale, tensioni normali applicate. In particolare essi mostrano che la resistenza residua è un parametro praticamente indipendente da tutti questi fattori (che invece generalmente influenzano la resistenza di picco).

Gruppo 2

- G. N. DURHAM: « Trimming Device for Obtaining Direct Shear Specimens from Samples of Stiff Fissured Clay Shale » (D 3080);
- ARA ARMAN, K. L. MCMANIS: « Effects of Storage and Extrusion on Sample Properties » (D 1587);
- T. H. W. BAKER: « Transportation, Preparation and Storage of Frozen Soil Samples for Laboratory Testing »;
- M. BOZUZUK: « Temperature-Controlled Humid Storage Room » (D 1587);
- P. LA ROCHELLE, J. SARRAILH, F. A. TAVENAS: « Effect of Storage and Reconsolidation on the Properties of Champlain Clays » (D 1587);
- J. K. TORRANCE: « Pore Water Extraction and the Effect of Sample Storage on the Pore Water Chemistry of Leda Clay » (D 1587);
- D. A. SANGREY, D. K. NOONAN, G. S. WEBB: « Variation in Atterberg Limits of Soils Due to Hydration History and Specimen Preparation » (D 421, D 423, D 2217).

DURHAM ha affrontato il problema della preparazione dei provini per prove

di taglio diretto, operazione notoriamente lunga e difficile, soprattutto nel caso di argille scistose, difficili da maneggiare sia per i caratteri strutturali che per il grado di preconsolidazione spesso elevato. ARMAN e MCMANIS hanno trattato il problema degli effetti dei tempi di conservazione sulle caratteristiche meccaniche dei materiali: in particolare lunghi tempi di conservazione possono determinare una diminuzione della resistenza al taglio e del carico di preconsolidazione, specie se si tratta di campioni cilindrici di piccolo diametro. Questi effetti sono invece più contenuti nel caso di campioni cubici prelevati a mano. Anche l'estrusione dai campionatori può determinare variazioni delle proprietà per effetto del disturbo della struttura dovuto dall'attrito lungo le parti del campionatore, associato con le alti pressioni di estrusione generalmente necessarie: talvolta per questa operazione possono insorgere nel campione addirittura piccoli piani di taglio. BAKER dal canto suo ha discusso i problemi connessi con la determinazione in laboratorio delle proprietà meccaniche dei terreni congelati, problema molto sentito nei paesi a clima rigido, come il Canada. I problemi legati alla conservazione dei campioni possono essere certamente molto contenuti se è possibile utilizzare una camera umida a temperatura controllata, come quella descritta da BOZUZUK, in funzione ormai da molti anni presso il Laboratorio di Geotecnica del Consiglio Nazionale delle Ricerche del Canada. Anche LA ROCHELLE *et al.* hanno studiato l'influenza dei tempi di conservazione sulla resistenza di argille cementate. Essi confermano le osservazioni di ARMAN e MCMANIS sulla diminuzione della resistenza e rottura, per effetto di una migrazione di acqua dalle parti disturbate a quelle indisturbate del campione, mentre non trovano sostanziali variazioni del carico di preconsolidazione. Confermano infine quanto già noto sulla riconsolidazione dei campioni, che comporta un aumento della coesione non drenata rispetto a quella ottenibile con le tecniche convenzionali su campioni conservati da lungo tempo in laboratorio: questo effetto è però trascurabile per campioni di buona qualità. TORRANCE si è poi soffermato sull'influenza dei tempi di conservazione sulle proprietà di argille marine post-glaciali di bassa salinità (Leda Clays), soprattutto in relazione a possibili variazioni chimiche. Queste possono essere non trascurabili nel senso di aumentare la concentrazione di cationi, soprattutto per argille con bassa concentrazione di elettroliti. SANGREY *et al.* infine hanno osservato l'influenza del grado di idratazione delle particelle argillose sui limiti di consistenza: questi possono variare in funzione del grado di reidratazione in seguito ad essicca-

mento. In particolare la reidratazione spesso risulta incompleta nel tempo di 24 ore previsto dalle Norme, ed anzi può essere tanto maggiore quanto più attivi sono i minerali. Sembrerebbe più realistico determinare i limiti su materiale non essiccato, come già previsto dalle Norme di alcuni paesi.

Gruppo 3

- ARSHUD MAHMOOD, J. K. MITCHELL, ULF LINDBLOM: « Effect of Specimen Preparation in Grain Arrangement and Compressibility in Sand » (D 2049);
- V. A. NACCI, R. A. D'ANDREA: « A Technique for the Preparation of Specimens of Loose Layered Silts »;
- T. F. ZIMMIE, L. J. ALMALEH: « Shrinkage of Soil Specimens During Preparation for Porosimetry Tests »;
- T. Y. CHU, S. N. CHEN: « Laboratory Preparation of Specimens for Simulating Field Moisture Conditions of Partially Saturated Soils » (D 698, D 1557).

MAHMOOD *et al.* hanno esaminato l'influenza della vibrazione e dei metodi pluviometrici sulla compressibilità edometrica e sulla struttura di materiali incoerenti: in particolare, mentre il trattamento per vibrazione comporta un orientamento preferenziale sulle particelle una volta raggiunto il valore $D_r = 1$, questo non accade coi metodi pluviometrici, che comportano sempre strutture casualmente orientate. NACCI e D'ANDREA hanno mostrato la possibilità di riprodurre in laboratorio le caratteristiche strutturali, conservando le proprietà indici di tipici limi del New Islands a struttura varvata: ciò mediante una tecnica di sedimentazione, consolidazione per piccoli incrementi di carico e congelamento. Un tale metodo permette, ad esempio, di studiare l'anisotropia dei materiali. ZIMMIE e ALMALEH hanno discusso di alcuni metodi per ottenere provini essiccati col minimo disturbo della struttura: hanno descritto in particolare un metodo di essiccamento per gelo. CHU e CHEN infine hanno confermato come le pressioni neutre negative (« suction ») presenti in sito nei terreni parzialmente saturi ne condizionano fortemente il comportamento tensioni-deformazioni. A questo scopo hanno effettuato una serie di prove di laboratorio sui campioni trattati in modo da ottenere condizioni paragonabili a quelle che realmente possono esistere in sito.

Gruppo 4

- A. R. BOOTH: « Compaction and Preparation of Soils Specimens for Testing »;
- R. T. DONAGHE, F. C. TOWNSEND: « Scalloping and Replacement Effects on the Compaction Characteristics of Earth-Rock Mixtures » (D 698; D 1557);
- P. Y. LEE: « Study of Irregular Compaction Curves » (D 1557).

BOOTH ha esaminato il problema del costipamento di provini per prove edo-

metriche a contenuti d'acqua variabili. Tale problema è tipico per riprodurre il comportamento dei rilevati stradali. DONAGHE e TOWNSEND hanno indagato sugli effetti della sostituzione delle particelle più grossolane con particelle di più piccole dimensioni nelle prove di costipamento, operazione resa necessaria per le dimensioni contenute nelle apparecchiature di laboratorio. In particolare hanno trovato che la sostituzione abbassa la massima densità secca ed alza il contenuto ottimo d'acqua. I fattori che possono determinare curve irregolari di costipamento ottenute facendo riferimento alle Norme ASTM sono stati esaminati da LEE: in particolare ha discusso l'influenza dell'uso di agenti di riduzione delle tensioni superficiali dell'acqua e del riutilizzo dei medesimi provini.

Gruppo 5

- J. E. GILLOT: « Importance of Specimen Preparation in Microscopy »;
- A. I. JOHNSON, R. P. MOSTON: « Use of Ultrasonic Energy for Disaggregation of Soil Samples » (D 421, D 422, D 1140, D 2217);
- P. V. LADE, H. NEJADI-BABADAI: « Soil Drying by Microwave Oven » (D 2216).

GILLOT ha discusso sull'importanza della microscopia nell'indagine geotecnica. L'uso del microscopio elettronico può essere reso molto difficile in certi casi per l'essiccamento all'aria che può dare distorsioni e ritiro dei materiali o per il disturbo connesso con le varie operazioni di laboratorio. I progressi della tecnica rendono possibili ulteriori miglioramenti. JOHNSON e MOSTON hanno mostrato come l'uso di energia ultrasonica nella disaggregazione e nella dispersione dei materiali può condurre ad una più realistica individuazione dell'effettiva composizione granulometrica, senza peraltro alterare o distruggere le particelle fondamentali. Un tale metodo risulta d'altra parte più rapido di quelli convenzionali, specie nel caso di argille dure. LADE e NEJADI-BABADAI infine hanno mostrato i risultati dell'uso di un forno a microne nella determinazione del contenuto d'acqua dei materiali e nell'essiccamento per prove di laboratorio. Essi hanno studiato in particolare l'influenza del contenuto iniziale di acqua, della quantità di materiale, del tipo di terreno sul tempo di essiccamento, confrontandolo con quello che si ricava con forni convenzionali. Le differenze più elevate nel contenuto d'acqua determinato con forno a microne rispetto a quello convenzionale è stata ritrovata per argille molto plastiche; tali differenze sono diminuite all'aumentare del volume di materiale, del contenuto d'acqua iniziale e al decrescere della plasticità. Per argille molto plastiche si è osservato che tale trattamento può produrre una variazione notevole dei limiti di Atterberg.

Direi che la lettura degli Atti di questo Simposio può, se si vuole, confortare, perché ancora una volta vengono evidenziati gli ampi limiti a cui è tuttora soggetta la ricerca sulle proprietà dei terreni e delle rocce. D'altra parte è ovvio che essa non può andare avanti se non sulla base di verifiche continue e dell'acquisizione critica del « peso » di tali limiti.

In questo senso ci sembra che in particolare il gruppo delle memorie sull'influenza della conservazione, dell'estrusione e del pre-essiccamento sulle proprietà dei terreni, abbia portato un contributo importante per la quantità e la qualità delle informazioni.

La tecnica dal canto suo va avanti e si fa sempre più sofisticata (si pensi al gruppo delle memorie sulle tecniche recenti di laboratorio, ma non solo a quelle): e questo ci può confortare.

(Luciano Picarelli)

Uno sguardo agli Atti del V Congresso di Budapest.

Proceedings of the Fifth Budapest Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Akademiai Kiado, Budapest, 1976, 570 pagine.

Il V Congresso di Budapest sulla Meccanica dei Terreni e la Tecnica delle Fondazioni si è svolto tra il 12 e il 15 del mese di ottobre 1976 presso l'Accademia Ungherese delle Scienze, organizzato dal Prof. Arpad KEZDI, Vice Presidente per l'Europa della International Society for Soil and Foundation Engineering.

Il volume degli atti è stato recentemente pubblicato e pensiamo sia utile segnalarlo brevemente data l'importanza sempre crescente che ha assunto questo avvenimento nel quadro delle manifestazioni che interessano la comunità geotecnica internazionale.

I temi proposti in questa occasione sono stati:

- *proprietà fisiche dei terreni;*
- *progetto e realizzazione di fondazioni profonde;*
- *stabilità di opere in terra e di scavi profondi.*

Su tali temi sono state presentate 50 comunicazioni in lingua inglese e tedesca, il cui elenco è riportato in calce. Come si vede, le numerose memorie sono equamente distribuite fra i tre temi e toccano una grande varietà di argomenti.

L'osservazione più immediata che si ricava sfogliando il volume degli atti è quella di una tendenza che sempre più si manifesta e si consolida nel campo della Geotecnica: la diffusione e l'importanza delle indagini ed osser-