

## PROPRIETA' E CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DELLE ROCCE SCIOLTE (\*)

F. ESU (\*\*)

SOMMARIO: Vengono passati in rassegna gli argomenti trattati nelle comunicazioni, nella relazione generale e nelle discussioni presentate al IV Congresso Internazionale di Geotecnica, Londra 1957, nella sezione 1a.

Nella prima sezione del IV Congresso Internazionale di Geotecnica sono riuniti gli argomenti relativi alle caratteristiche fondamentali dei terreni, in rapporto soprattutto alla loro origine ed alla loro composizione, nonché quelli relativi alle teorie ed ipotesi di carattere generale.

In questa relazione verranno presi in considerazione i lavori presentati al Congresso e alcuni altri apparsi in questi ultimi anni che, per il loro carattere di generalità, rientrano nell'argomento trattato.

### 1 - Caratteristiche geologiche e storiche in generale e loro influenza sul comportamento dei terreni

E' ben noto che il comportamento dei terreni sciolti, a differenza di quanto succede per altri materiali naturali o artificiali impiegati nei lavori di ingegneria, non può, di regola, essere spiegato facendo ricorso a poche caratteristiche semplici e facilmente definibili o misurabili.

Come infatti ricorda TERZAGHI [1], il comportamento dei terreni sciolti come sede di opere di ingegneria o come materiali da costruzione dipende da numerosi fattori che, per semplicità, possono essere riuniti in tre gruppi principali: caratteristiche petrografiche, modalità di sedimentazione e variazioni subite dopo la deposizione.

Seguendo TERZAGHI, ricordiamo che fra le caratteristiche petrografiche hanno grande importanza la composizione granulometrica, la forma e la costituzione mineralogica dei singoli costituenti, il quantitativo di acqua e di gas contenuti nei pori del materiale e, infine, la natura degli ioni adsorbiti dai minerali siallitici.

(\*) La presente nota è stata redatta per incarico dell'Associazione Geotecnica Italiana, che l'Autore sentitamente ringrazia.

(\*\*) Dott. Ing. Franco ESU, assistente ordinario di Geologia Applicata, Fac. Ingegneria, Università di Roma.

Non riteniamo necessario dilungarci nel descrivere come il comportamento dei terreni sciolti sia influenzato dalle loro caratteristiche petrografiche (costituzione mineralogica, tessitura ecc.) (1). Ricordiamo soltanto che da queste dipendono la permeabilità, la plasticità, la compressibilità, la resistenza al taglio e la sensibilità al rimaneggiamento.

Riteniamo utile segnalare a questo proposito che JAKOBSON (1 b/8) (2) ha ottenuto angoli d'attrito molto differenti per due sabbie di identica costituzione granulometrica che erano state provate in condizioni identiche. Un esame microscopico mostrò che entrambe le sabbie erano prevalentemente quarzose, ma che quella con angolo d'attrito minore era costituita da grani a superficie liscia, mentre l'altra era costituita da grani a superficie scabra. Analoghe osservazioni sulla influenza della sfericità e del grado di arrotondamento dei grani sulle caratteristiche tecniche delle sabbie sono state fatte verbalmente da KOLBUSZEWSKI.

Per quanto riguarda la sensibilità al rimaneggiamento (3), sulla quale ritorneremo anche in seguito,

(1) Vedi in proposito GRIM [2] il quale sulla base degli studi apparsi negli ultimi anni sintetizza lo stato delle conoscenze sull'argomento.

(2) I numeri tra ( ) sono quelli con i quali le comunicazioni sono state pubblicate negli *Atti del Congresso* nella sezione qui in esame.

(3) Definita quantitativamente dal rapporto fra il valore della resistenza al taglio (c) del materiale indisturbato ed il valore della resistenza al taglio (c<sub>r</sub>) del materiale rimaneggiato. Tali valori (corrispondenti, ad esempio, a quelli del parametro "coesione" della equazione di COULOMB) vengono determinati nei due stati, indisturbato e rimaneggiato, a parità di contenuto di acqua e di modalità di prova. In base al valore di tale rapporto i materiali argillosi possono essere classificati [3]:

insensibili	c/c <sub>r</sub> = 1
poco sensibili	" = 1÷2
mediam. sensibili	" = 2÷4
sensibili	" = 4÷8
molto sensibili	" = 8÷16
estremam. sensibili (quick clays)	" >16

ricordiamo i risultati degli studi eseguiti negli ultimi anni sulle argille marine post-glaciali della Scandinavia, Gran Bretagna e Canada.

Tali argille, definite con il termine « *quick clays* » (4), sono caratterizzate dal fatto che, una volta rimaneggiate, perdono completamente la consistenza e fluiscono come liquidi (5).

Gli studi di ROSENQUIST [6], SKEMPTON e NORSEY [3], BJERRUM [7] e altri hanno posto in vista che la elevatissima sensibilità (pari a oltre 100) è tipica delle argille in cui la salinità dell'acqua di imbibizione è molto bassa. Le argille in cui la salinità è superiore al 0,015, infatti, hanno una sensibilità dell'ordine di 4÷5 al massimo e non danno luogo a fenomeni del tipo sopra descritto quando vengono rimaneggiate.

Per spiegare tale comportamento, gli AA. ricordano che le argille post-glaciali si sono depositate in mare in un ambiente a torbidità elevatissima e non sono mai state sottoposte alla azione di carichi che ne potessero provocare il consolidamento. Esse, perciò, hanno una porosità ed un contenuto di acqua molto elevati e, inoltre, nelle condizioni iniziali, la salinità della loro acqua di imbibizione è praticamente uguale a quella dell'acqua del mare.

In queste condizioni, soprattutto a causa della presenza di ioni Na (adsorbiti e nell'acqua di imbibizione) la maggior parte dell'acqua è direttamente fissata con legame elettrico alle particelle solide, sotto forma di acqua « *adsorbita* » (6).

Quando, a causa del sollevamento generale della regione verificatosi in seguito allo scioglimento dei ghiacciai, le argille post-glaciali sono emerse, esse sono state assoggettate alla lisciviazione da parte delle acque dolci di origine meteorica che attraverso di esse lentamente filtravano.

Per effetto di tale lisciviazione, che è avvenuta a contenuto di acqua costante e senza variazioni apprezzabili della porosità originaria del materiale, si è ridotta la salinità dell'acqua di imbibizione e sono stati asportati gli ioni Na adsorbiti dai minerali siallitici.

In conseguenza della diminuzione di salinità dell'acqua e della asportazione degli ioni Na si è ridotto lo spessore dello strato di acqua adsorbita ed è

(4) Tale termine sembra sia stato impiegato per la prima volta in inglese da REUSCH nel 1901. Vedi in proposito [4].

(5) A questo tipo di materiale sono legate le frane rovinose della Svezia e della Norvegia. Vedi ad esempio [5].

(6) Ricordiamo che nei materiali argillosi sono presenti differenti tipi di acqua: *acqua adsorbita*, fissata con legame polare direttamente alle superfici attive delle scaglie di minerali siallitici, costituente una sottile pellicola intorno alle scaglie stesse ed avente il comportamento di un liquido molto viscoso (per uno spessore pari a quello di poche molecole, i legami con il solido sono talmente forti che l'acqua perde completamente le caratteristiche di liquido e viene, perciò, indicata con il termine di acqua « *solidificata* »); *acqua libera* o di *imbibizione* che riempie i pori del materiale e conserva le sue caratteristiche di liquido. All'acqua adsorbita è dovuta buona parte della coesione dei materiali argillosi. L'acqua libera, se presente in quantità sufficiente, ha invece la funzione di mezzo disperdente delle particelle solide.

aumentato il quantitativo di acqua libera presente nel materiale.

Quando, per effetto di una azione disturbante, viene rotto il legame fra le particelle e viene distrutta la tessitura originaria del materiale, l'acqua libera assume la funzione di mezzo disperdente delle particelle stesse ed il materiale può fluire come un liquido più o meno viscoso.

E' da notare che per altri tipi di terreni (sciolti o parzialmente lapidificati), di origine e natura completamente differenti da quelle delle argille sopra ricordate, la sensibilità potrebbe essere dovuta alla rottura di deboli legami chimici esistenti fra le particelle costituenti. Per un materiale a grana pelitica, costituito in prevalenza da calcite microcristallina e rientrante nella categoria dei tufi calcarei, tali legami sono, con ogni probabilità, dovuti alle condizioni genetiche (deposizione chimica in acque mosse e ricche di bicarbonato di calcio) e, pur riducendosi, non vengono distrutti completamente nè dal rimaneggiamento nè dall'aumentare del grado di imbibizione [8].

Le modalità di sedimentazione e l'ambiente nel quale i terreni sciolti si sono formati influiscono indirettamente sulle caratteristiche tecniche di questi in quanto determinano, fra l'altro, la grana delle particelle costituenti, la distribuzione granulometrica ed il grado di addensamento del materiale. E' perciò necessario riconoscere preventivamente tali modalità per poter prevedere e spiegare il comportamento dei terreni sciolti.

Seguendo ancora TERZAGHI, ricordiamo infine che, di regola, un terreno sciolto subisce, posteriormente alla sua deposizione, una serie di trasformazioni a causa di agenti fisici e chimici. Per effetto di tali trasformazioni variano le caratteristiche meccaniche del materiale (a parità di costituzione mineralogica, granulometria etc.) il quale può, al limite, assumere il comportamento di una roccia lapidea.

Tra le memorie presentate al *Congresso* e che trattano in particolare dei fattori geologici e della loro influenza sulla caratteristiche tecniche dei terreni sciolti ricordiamo quella di SKEMPTON e HENKEL (1a/25) i quali forniscono alcuni dati sulle caratteristiche tecniche dell'« *argilla di Londra* » (7).

Con il nome di « *argilla di Londra* » viene indicata la formazione eocenica che si rinviene in tutta la parte sud orientale dell'Inghilterra e che è costituita da un'argilla grigio-bluastro, molto consolidata. Nella zona di Londra, tale formazione ha una potenza di circa 60 m.

Gli AA. hanno esaminato campioni prelevati con sondaggi profondi 30÷50 m, eseguiti in tre differenti quartieri di Londra.

Le determinazioni eseguite consentono di dire che il materiale presenta caratteristiche molto uniformi e che il suo contenuto di acqua ed i suoi limiti di

(7) Tale studio è l'ultimo, in ordine di tempo, di una serie di lavori eseguiti presso il laboratorio di Meccanica dei Terreni dell'Imperial College di Londra per caratterizzare dal punto di vista tecnico questo materiale. Alcuni dei lavori precedenti sono citati in PENTA F. *Frane e movimenti franosi* - Fasc. 2, Roma 1955.

Atterberg sono praticamente costanti. Si è rilevato infatti che il contenuto d'acqua varia relativamente poco con la profondità a cui è stato prelevato il campione; sensibile, invece, è la variazione della resistenza al taglio (valore del parametro « *coesione* » della equazione di COULOMB determinato con prove di taglio rapide e senza eliminazione di acqua) e della compressibilità. La prima passa da circa 1 kg/cm<sup>2</sup> in superficie a 3÷4 kg/cm<sup>2</sup> alla profondità di 40÷50 m, mentre il coefficiente di compressibilità decresce da 0,02 fino a 0,005 cm<sup>2</sup>/kg<sup>(8)</sup>.

Gli AA. hanno inoltre confermato che esiste una buona correlazione fra il valore della resistenza al taglio e il carico che, nei tempi geologici, provocò il consolidamento dell'argilla. Una relazione lineare esiste fra modulo di elasticità e resistenza al taglio.

L'argilla di Londra è caratterizzata dai valori  $c' = 0,12$  kg/cm<sup>2</sup> e  $\phi' = 20^\circ$  (misurati con prove triassiali lente). Un'indagine eseguita da SKEMPTON e DE LORY (6/24) ha mostrato che i pendii naturali sui quali affiora l'« argilla di Londra » non hanno mai un'inclinazione maggiore di 12° e che i pendii sui quali si verificano movimenti franosi hanno pendenze comprese fra 10° e 12°; sono invece stabili quelli con inclinazione minore di 10°.

Tale valore della pendenza critica si accorderebbe, secondo gli AA., con il valore calcolato teoricamente<sup>(9)</sup> nelle ipotesi che il terreno sia completamente saturo d'acqua fino in superficie e che la stabilità del versante dipenda dal solo angolo di attrito del materiale. Tale seconda ipotesi è stata verificata da SKEMPTON anche in altri casi.

Gli AA., perciò, consigliano anzitutto di eseguire ulteriori indagini per ottenere delle più decisive conferme a questa ipotesi e suggeriscono di trascurare il contributo alla resistenza derivante dalla coesione (misurata in laboratorio con prove di taglio lente) nei calcoli di stabilità dei versanti naturali costituiti da argille ben consolidate come quella in esame.

Molto sinteticamente essi hanno espresso tale concetto con le seguenti parole: « *esiste una prova piuttosto forte che, nei tempi geologici, le « argille ben consolidate si comportano nei pendii naturali come se fosse  $c' = 0$*  ».

Uno studio su un altro materiale caratteristico dell'Inghilterra meridionale è stato presentato da MEIGH e EARLY (1a/16), i quali hanno eseguito una serie di prove di laboratorio su campioni di « *craie* » del Cretacico superiore.

La « *craie* » è un calcare bianco, più o meno marnoso, notevolmente poroso e con consistenza lapidea.

In talune zone essa è notevolmente fratturata a causa di sollecitazioni tettoniche o a causa della azione del gelo e dei ghiacciai quaternari.

Su campioni prelevati con sondaggi (sonde a rota-

zione con utensile diamantato) sono state eseguite prove triassiali e determinazioni di modulo di elasticità. Il materiale può essere caratterizzato dai valori  $c = 8 \div 19$  kg/cm<sup>2</sup>;  $\phi = 12^\circ \div 21^\circ$  e  $E = 6500 \div 13.000$  kg/cm<sup>2</sup>.

Sul già ricordato problema dei materiali argillosi sensibili al rimaneggiamento e sulle caratteristiche tecniche delle argille marine pleistoceniche del Canada e della Scandinavia sono stati presentati numerosi studi.

EDEN e CRAWFORD (1a/6) descrivono un'argilla marina pleistocenica della zona di Ottawa (Canada). Il materiale, costituito in prevalenza da illite, presenta scarsissima resistenza al taglio (0,5 ÷ 1,0 kg/cm<sup>2</sup>)<sup>(10)</sup> e una elevata sensibilità al rimaneggiamento. Il contenuto d'acqua, dell'ordine dell'80%, è ovunque superiore al limite di liquidità. Sulla base delle caratteristiche rilevate e tenendo conto della bassissima salinità dell'acqua di imbibizione, gli AA. avanzano l'ipotesi che il materiale in questione, come le analoghe argille marine della Scandinavia, possa avere subito un dilavamento da parte di acque dolci posteriormente alla sua deposizione.

SÖDERBLOM (1a/27) tratta dell'influenza della concentrazione di NaCl nell'acqua di imbibizione sulle caratteristiche tecniche delle argille marine pleistoceniche della Scandinavia. L'A, accenna anche ai metodi impiegati per la determinazione di tale concentrazione e ricorda che risultati molto precisi sono stati ottenuti determinando la salinità dell'acqua di imbibizione, estratta dal terreno per mezzo di filtopresse. Il contenuto così determinato può essere correlato con la resistenza elettrica dell'argilla (misurata in laboratorio o in situ). Le misure di resistenza sono quelle che forniscono il metodo più rapido per la misura della salinità.

I dati sono in accordo con le teorie relative al rapporto esistente fra salinità dell'acqua di imbibizione e grado di dilavamento subito dall'argilla e conseguente aumento della sensibilità al rimaneggiamento.

Le prove hanno infatti confermato che le argille pleistoceniche marine nella cui acqua di imbibizione il contenuto di sale è molto basso, e che pertanto deve ritenersi siano state più a lungo dilavate da acque dolci, presentano una sensibilità molto elevata e una resistenza meccanica molto bassa.

Anche MOUM e ROSENQUIST (1a/18) trattano delle caratteristiche tecniche delle argille marine pleistoceniche della regione scandinava. Essi si occupano in particolare della cosiddetta « *crosta di disseccamento* » che costituisce la parte più superficiale della formazione in sede e che, a differenza del materiale che si rinviene in profondità, presenta un'elevata resistenza meccanica.

Gli AA. dimostrano che questa crosta non si è formata per semplice essiccamento del materiale, ma per effetto di un processo di alterazione superficiale dovuto in gran parte ad ossidazione.

A sostegno della loro teoria gli AA. ricordano che il costituente argilloso del materiale « *fresco* » è

<sup>(8)</sup> I campioni sono stati provati allo stato indisturbato, poco tempo dopo il loro prelievo.

<sup>(9)</sup> Il calcolo di stabilità dei versanti è stato eseguito considerando le condizioni di equilibrio delle forze agenti e di quelle resistenti ed ammettendo, in accordo con quanto osservato in situ, che la superficie di scivolamento sia piana e parallela alla superficie del terreno.

<sup>(10)</sup> Misurata in sede con sonde ad alette ed in laboratorio con prove di compressione a dilatazione trasversale libera.

un minerale del gruppo illitico, mentre quello della crosta di alterazione è un minerale montmorillonitico. Essi ricordano inoltre che tale crosta di alterazione si rinviene anche in profondità nelle vicinanze delle vie di circolazione di acque ricche di ossigeno (fessure e radici di piante) e che non risultano sensibili differenze di contenuto d'acqua e di granulometria fra materiale fresco e crosta di alterazione. Prove di laboratorio sono state eseguite per confermare l'influenza del processo di ossidazione sulla variazione delle caratteristiche del materiale.

## 2 - Caratteristiche meccaniche dei terreni sciolti in rapporto alla loro costituzione, alla loro storia ed allo stato dell'acqua di imbibizione

Come s'è detto, esiste una stretta correlazione fra caratteristiche meccaniche e costituzione mineralogica dei terreni argillosi. Di regola si prescinde però dalla esecuzione di accurati esami petrografici del materiale e si procede alla misura di altre caratteristiche più facilmente determinabili.

Nei lavori di routine si prescinde inoltre dalle analisi troppo approfondite sull'effettivo comportamento dei materiali argillosi e si adottano prove relativamente semplici per determinare quelle grandezze che hanno un significato fisico in gran parte convenzionale e che intervengono nei calcoli di fondazioni, equilibrio di scarpate ecc.

Si va comunque facendo strada la tendenza ad una più esatta interpretazione dei fenomeni basata sulla chimica dei colloidali e sulla reologia.

Esempio di questa tendenza sono le note di DENISOV e RELTOV e NEWLAND e HALLELY.

DENISOV e RELTOV (1a/15) studiando le deformazioni dei materiali argillosi, distinguono due tipi principali di deformazioni: quelle elastiche, che si verificano quando si è lontani dalle condizioni di rottura, e quelle « *strutturali* », che si avrebbero quando in qualche punto del masso di terreno sollecitato gli sforzi agenti superano le forze di coesione che legano tra loro le particelle costituenti.

Con il termine « *deformazioni strutturali* » gli AA. definiscono quella parte delle deformazioni permanenti (e che si prolungano nel tempo) dovuta ad una modificazione della « *struttura* »<sup>(11)</sup> del materiale sciolto; modificazione, questa, che avverrebbe senza che risultino pregiudicate le condizioni di stabilità dell'intero masso di terreno sollecitato.

Tali « *deformazioni strutturali* » avverrebbero a causa dello spostamento delle particelle solide verso i vuoli del materiale. Gli AA. descrivono, fra l'altro, un apparecchio per la determinazione dinamica in laboratorio del modulo di elasticità dei materiali argillosi e riportano dei dati relativi alle variazioni di tale modulo in funzione del contenuto d'acqua e della costituzione del materiale.

<sup>(11)</sup> Intesa come grado di addensamento, distribuzione ed orientamento delle particelle costituenti il materiale sciolto.

NEWLAND e HALLELY (1a/20), nel provare l'influenza del rimaneggiamento sulla resistenza dei materiali argillosi, hanno riscontrato che un materiale argilloso sottoposto a numerosi, successivi cicli di rimaneggiamento e consolidamento accusa una diminuzione della sensibilità al rimaneggiamento e del contenuto d'acqua.

Essi, inoltre, hanno trovato che aumenta il valore del rapporto fra la resistenza al taglio e il carico di preconsolidamento<sup>(12)</sup> del materiale.

Un altro contributo alla comprensione del comportamento dei materiali argillosi, in rapporto soprattutto ai problemi connessi al gelo, è stato portato dai russi VIALOV e SKIBITSKI (1a/29) i quali trattano delle deformazioni plastiche nei terreni gelati. Gli AA. fanno notare, fra l'altro, che in questi terreni buona parte della coesione è dovuta all'azione cementante dei cristalli di ghiaccio e ricordano che durante il periodo del congelamento l'acqua può essere presente nel terreno in fase solida ed in fase liquida e che il rapporto quantitativo fra le due fasi non è costante. Ciò rende estremamente difficile una trattazione esatta del fenomeno.

In uno studio sui fenomeni elettroosmotici, PIASKOWSKI (1a/22) dimostra la influenza della natura del terreno, delle caratteristiche della corrente immessa e delle condizioni idrologiche sulla buona riuscita del prosciugamento.

L'A. dimostra anche che è poco conveniente l'applicazione di differenze di potenziale elevate e che l'effetto stabilizzante prodotto dipende dall'intensità della corrente che attraversa il terreno e dal tempo di applicazione. Il consumo di energia elettrica dipenderebbe dalla percentuale di « *frazione argillosa* » ( $\% < 0,002$  mm) e dal tipo di minerale argilloso presente.

## 3 - Frane e movimenti franosi

Questo argomento è stato trattato nella sezione 6 del Congresso, ma, dato che i fattori geologici hanno un'importanza fondamentale su questo fenomeno, riteniamo utile dare un cenno di alcuni dei lavori presentati in merito.

MATSUO (6/15) ha studiato una frana avvenuta in Giappone e per poter proporre i rimedi da adottare ha proceduto ad un'analisi chimica dei terreni e delle acque del sottosuolo. Egli ha confermato per via sperimentale quanto già trovato da altri ricercatori riguardo al rapporto esistente fra il tipo di ione adsorbito e la resistenza dei materiali argillosi. In particolare, la resistenza di una data argilla è minima quando lo ione adsorbito è il Li' ed aumenta passando al Na', Ca'', Ba'', Mg'', ecc.

Nel caso studiato dall'A., nel terreno era presente come ione scambiabile il Ca, ma il terreno non era saturo. Nelle condizioni naturali la resistenza al taglio era data dai valori  $c=0,08$  kg/cm<sup>2</sup> e  $\varphi=0,06^\circ$ .

<sup>(12)</sup> Inteso come quel valore del carico verticale cui è stato sottoposto il materiale prima di essere assoggettato alla prova di taglio.

Per lo stesso terreno, trattato in modo da fargli adsorbire ioni  $Ca^{++}$  fino a saturazione, si sono ottenuti i valori  $c=0,163 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\varphi=0,45^\circ$ . Su tali basi l'A. ha suggerito di migliorare le condizioni di stabilità del versante immettendo nel terreno delle soluzioni di sali di Ca per aumentare la quantità di ioni Ca adsorbiti dal terreno.

Le frane delle regioni orientali del Canada sono state descritte da HURTUBISE, GADD e MEYERHOF (6/14) i quali hanno inquadrato i fenomeni nel loro ambiente geomorfologico. I dissesti interessano soprattutto i depositi glaciali e postglaciali (argille a varve, argille marine e depositi morenici) in una zona che, nel Quaternario post-glaciale, è stata profondamente incisa dai corsi d'acqua e che presenta perciò una morfologia molto accidentata. Le cause accertate dei dissesti sono l'erosione al piede dei versanti, le sottopressioni dovute alla presenza nel sottosuolo di falde artesiane e le infiltrazioni di acque superficiali.

PEYNIRCIÖGLÜ (6/20) ha riferito su una frana che è stata messa in movimento dagli sbancamenti effettuati per la coltivazione di una cava di argilla per laterizi.

Il dissesto ha interessato il piede del versante piuttosto acclive di una collina, in una zona in cui affiorano dei terreni sciolti miocenici (argille, sabbie e ghiaie) in contatto tettonico con scisti argillosi paleozoici. Questi ultimi costituiscono la cima del colle e si presentano fortemente fratturati per cause tettoniche.

Il movimento ha interessato nella fase iniziale solo i depositi argillosi neogenici sede della cava e successivamente si è esteso fino a raggiungere anche la zona nella quale affiorano gli scisti del Paleozoico.

Nelle regioni in cui le rocce sono coperte in superficie da uno spesso manto di materiali di alterazione, i fenomeni franosi assumono un aspetto particolare.

Tali fenomeni sono stati descritti da VARGAS e PICHLER (6/27). Secondo gli AA., i fenomeni possono rientrare in tre tipi principali di dissesti. Un primo tipo si verifica sui versanti acclivi coperti da una coltre di alterazione molto spessa e può essere assimilato ad uno scoscendimento di materiali sciolti a grana prevalentemente fine.

I fenomeni del secondo tipo, consistenti nel distacco e nello scivolamento della coltre di terreno vegetale<sup>(13)</sup>, interessano i versanti acclivi sui quali lo spessore della coltre di disfacimento è relativamente limitato.

Il terzo tipo di fenomeni rientra fra gli scoscendimenti di roccia e si verifica sui versanti non coperti dalla coltre di alterazione. Esso interessa la zona più superficiale della formazione in sede che è costituita da roccia molto fratturata e suddivisa in blocchi. Secondo gli AA., la causa fondamentale dei dissesti sarebbe la riduzione della resistenza al taglio del materiale provocata dalle pressioni interstiziali che si generano quando il materiale, per effetto

di forti precipitazioni meteoriche, diventa saturo di acqua.

Ricordiamo, infine la trattazione di GOLDSTEIN e TERSTEPANIAN (6/11) i quali esaminano le condizioni di equilibrio dei versanti nel tempo, tenendo conto delle caratteristiche reologiche dei materiali argillosi.

#### 4 - Conclusioni

Da quanto precede risulta che le indagini e le ricerche di laboratorio, pur fornendo numerosi elementi per una sempre più chiara comprensione dei fenomeni, non consentono ancora di sviluppare delle teorie complete ed organiche sul comportamento dei terreni sciolti, sia in sede, sia come materiali da costruzione.

In particolare sono tuttora definiti in maniera in gran parte qualitativa la funzione dell'acqua nei terreni sciolti, la natura e il tipo dei legami fra acqua e costituenti argillosi e la influenza degli elettroliti in soluzione nell'acqua stessa.

Indubbiamente, quando si sarà riusciti ad eliminare tutti i dubbi in proposito, si potrà arrivare ad una interpretazione rigorosa di alcuni fenomeni (come le deformazioni di carattere plastico) oggi ancora mal noti e non suscettibili di trattazioni rigorose.

Deve comunque tenersi presente che per una razionale applicazione alla pratica delle teorie della Meccanica dei Terreni si dovrà sempre tener conto dei numerosi fattori di carattere geologico e regionale [9] che, quasi mai, possono essere riportati a formule o schemi semplici.

Su quest'ultima considerazione si è particolarmente fermato TERZAGHI il quale, rifacendosi alla sua lunga esperienza di professionista, ha messo in vista come molto spesso le teorie e le ipotesi meglio congegnate non riescano a risolvere ed a spiegare alcune situazioni particolarmente complesse e come sia sempre indispensabile un oculato ed intelligente esame di tutti i fattori in gioco per arrivare a delle soluzioni razionali.

Roma, Centro di studio di geologia tecnica del C.N.R. presso l'Istituto di Geologia Applicata e di Giacimenti Minerari dell'Università (Fac. di Ingegneria).

Novembre 1957.

#### Bibliografia

- [1] TERZAGHI K. - *Influence of geological factors on the engineering properties of sediments* - Economic Geology, 50<sup>th</sup> Anniversary Vol., 1955 - e rec. JAPPELLI R., in Geotecnica, 4, 1, 1957.  
E' da notare che, in questa nota, TERZAGHI tratta delle rocce sciolte di origine sedimentaria e dà solo un breve cenno sul comportamento di quelle piroclastiche. Non vengono invece considerati i materiali clastici come le breccie di frizione e le rocce cataclastiche in genere.

<sup>(13)</sup> Questo fenomeno potrebbe rientrare nel tipo definito "dilavamento con denudazione" da L. DE MARCHI (1902).

- [2] GRIM R. - *Recent developments in clay mineralogy and technology* - Economic Geology, 50<sup>th</sup> Anniversary Volume, 2<sup>a</sup> parte, 1955.
- [3] SKEMPTOW A. W., NORTHEY R. D. - *The Sensibility of clays*, Geotechnique, 3, 1, 1952.
- [4] HOLMSEN P. - *Landslips in Norwegian quick-clays*. Geotechnique, 3, 5, 1953.
- [5] CALDENIUS C., LUNDTROM R. - *The Landslide at Surte on the river Göta älv*. Stoccolma, 1955.
- [6] ROSENQUIST I. Th. - *Considerations on the sensitivity of Norwegian quick-clays*. Geotechnique, 3, 5, 1953.
- [7] BJERRUM L. - *Geotechnical properties of norwegian marine clays*. Geotechnique, 4, 2, 1954.
- [8] PENTA F. - *Centro di studio dei materiali naturali litoidi da costruzione. Attività svolta dal maggio 1953 al 31 ottobre 1954*. La Ricerca Scientifica, 24, 12, 1954.
- [9] PENTA F. - *La teoria e la pratica nella Geotecnica*. Geotecnica, 3, 1, 1956.

SOMMAIRE: On examine les communications, le rapport général et les discussions présentées au Quatrième Congrès International de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations, Londres 1957, dans la Section 1a (Mesure et Propriétés des Sols - Propriétés Fondamentales et Naturelles).

SUMMARY: The Author reviews the papers, the general report and the discussions, presented at the Fourth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London 1957, in the Division 1a (Soil Properties and their Measurement - Fundamental and Natural Properties).

---