

Il problema delle strade nelle regioni intertropicali con particolare riferimento all'Africa

J. NUYENS - *Le Problème des Routes en Régions intertropicales (spécialement l'Afrique)* - Centre de Documentation Economique et Sociale Africaine (C.E.D.E.S.A.) - Bruxelles, 1961.

Il volume, facente parte di una serie di inchieste bibliografiche edite dal C.E.D.E.S.A., consiste in un esteso elenco bibliografico comprendente un migliaio di articoli, opere o periodici che trattino del problema in questione sotto l'aspetto tecnico od economico.

L'elenco, presentato secondo l'ordine alfabetico per Autori, è completato, per un buon numero degli articoli ed opere menzionate, da un brevissimo cenno esplicativo e riassuntivo.

Allo scopo di facilitare la ricerca di opere concernenti qualche aspetto particolare della questione, le referenze sono state anche suddivise secondo un criterio analitico. Ciò comporta la divisione del materiale nelle seguenti classi:

- 1) Generalità sui problemi stradali
- 2) Studio dei progetti
- 3) Esecuzione dei lavori
- 4) Manutenzione, riparazione e ricostruzione di strade ed aeroporti
- 5) Problemi stradali regionali, relativi ad 83 Paesi
- 6) Trattati di costruzioni civili o militari, una parte dei quali è dedicata a problemi stradali.
- 7) Opere ed articoli di carattere generale dedicati alle strade ed ai trasporti
- 8) Periodici i cui articoli siano generalmente o con frequenza dedicati ai problemi stradali
- 9) Studio storico.

L'opera, pur senza avere la pretesa di essere completa, rappresenta senza dubbio un utile strumento di lavoro per i tecnici e gli economisti che si occupano di problemi stradali nelle regioni suddette.

C. Viggiani

Stratigrafie di pozzi per acqua della pianura padana

A. DESIO, F. VILLA - *Stratigrafie di pozzi per acqua della pianura padana* - Università di Milano - Istituto di Geologia - Milano, 1960.

Il volume si apre con una premessa, in cui sono esposti gli scopi che esso si propone. Le stratigrafie di pozzi per acqua già perforati, osservano gli Autori, rappresentano preziosi elementi di orientamento per la ricerca di acque sotterranee nella stessa zona. Grande interesse avrebbe una coordinazione delle varie stratigrafie, allo scopo di istituire correlazioni generali fra i dati a disposizione; ma tale coordinazione è

risultata in pratica impossibile. Questo innanzitutto per la enorme mole di lavoro che un tentativo in tal senso comporterebbe, ed anche a causa delle incertezze sulla nomenclatura dei terreni nel passare da una perforazione all'altra. Gli Autori si limitano quindi a fornire un'ampia descrizione geologica della pianura padana, ed una carta geologica al 400.000 della regione lombarda, zona cui si riferisce il volume in questione. Sulla carta stessa sono riportate le ubicazioni dei pozzi presi in esame; il che permette di fare alcune considerazioni. La distribuzione dei pozzi risulta nelle grandi linee influenzata da due ordini di fattori: economici, nel senso di un addensamento intorno ai principali centri industriali ove maggiore è la richiesta di acqua; e geologici, nel senso di un diradamento in quelle zone dove le falde acquifere hanno andamento irregolare e sono più difficilmente reperibili (ad esempio l'alta pianura lombarda e le zone moreniche).

La parte centrale dell'opera consiste ad ogni modo nelle stratigrafie di 684 pozzi per acqua per ognuno dei quali sono fornite la ubicazione, la descrizione dei vari strati di terreno ed il livello delle varie falde attraversate, e quando possibile dati relativi allo spessore delle falde ed alla loro portata.

Una « *bibliografia geologica lombarda* » ed un indice alfabetico dei pozzi considerati completano il volume.

L'opera viene incontro alle necessità di quanti si occupano di ricerche di acqua nella Pianura Padana, mettendo a loro disposizione utilissimi elementi di riferimento. Non trascurabile è inoltre l'importanza che può avere una conoscenza anche solo qualitativa delle caratteristiche del sottosuolo nei riguardi delle fondazioni di strutture.

C. Viggiani

Principali caratteristiche della resistenza al taglio dell'argilla di Lilla Edet

Laurits BJERRUM and Tien-HSING WU - *Fundamental shear-strength properties of the Lilla Edet clay* - Géotechnique, vol. X, n. 3, settembre 1960.

Per indagare sulla stabilità di alcune scarpate costituite da terreni argillosi nei pressi di Lilla Edet, nella valle del Göta (Svezia), sono state effettuate prove di rottura per compressione triassiale su un gran numero di campioni intatti. Gli AA., in considerazione che l'argilla studiata presentava caratteri d'omogeneità non facilmente riscontrabili in terreni del genere, hanno ritenuto utile elaborare i risultati delle prove al fine di porre in evidenza gli aspetti caratteristici del comportamento a rottura dell'argilla stessa.

L'argilla, su cui è stata effettuata l'indagine, costituisce la formazione di base del Gothenburg e della valle del basso Göta. Essa ha già per il passato formato l'oggetto di pubblicazioni da parte di geologi e geotecnici, come ad esempio: JAKOBSON e MOHRÉN (1952); CALDENIUS, LUNDSTRÖM, FELENIUS e MOHRÉN (1955).

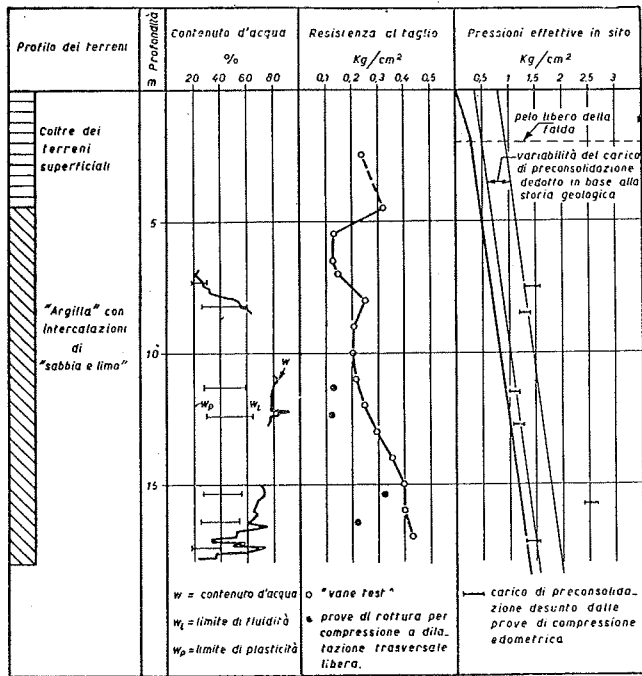


Fig. 1 - Sondaggio 1 - Risultati delle indagini in sito e di laboratorio.

I campioni intatti d'argilla esaminati nel corso dell'indagine in esame, sono stati prelevati da sette sondaggi; per il loro prelievo si è fatto uso di un campionatore a pistone a pareti sottili del diametro di 54 mm.

L'argilla è di origine marina e si è formata nell'epoca glaciale. Si tratta di terreno molto plastico e con elevato grado di «sensività» (da 30 a 70). Il contenuto naturale d'acqua w dei campioni intatti è risultato quasi sempre maggiore del limite di fluidità w_L . L'argilla in sito si presenta piuttosto uniforme anche se di tanto in tanto è attraversata da straterelli di «sabbia» o di «sabbia e limo» distribuiti peraltro con irregolarità per cui non è stato possibile rilevare con precisione la stratigrafia.

Nei sondaggi, oltre a prelevare i campioni intatti di cui si è detto, sono state anche effettuate a varie profondità misure dirette della resistenza al taglio con apparecchio ad alette («vane tests») e misure della pressione neutra.

I risultati delle indagini di cantiere e di laboratorio sui terreni dei primi tre sondaggi sono stati riassunti in tre distinti diagrammi. Di questi nella presente recensione vengono riportati nelle figure 1 e 2 quelli relativi ai sondaggi 1 e 3.

In questi diagrammi, al variare della profondità, sono stati posti a raffronto il contenuto d'acqua in sito con i limiti di ATTERBERG, i risultati delle prove di taglio in sito con quelli delle prove di rottura per compressione a dilatazione trasversale libera ed i carichi di preconsolidazione dedotti in base alla storia geologica della zona con quelli desunti dalle prove di compressione edometrica; questi ultimi sono stati

poi anche posti a confronto con le pressioni effettive attualmente agenti in sito.

Gli AA. pongono in evidenza la presenza contemporanea di argille i cui carichi di preconsolidazione sono quasi sempre, anche se non di molto, maggiori delle pressioni effettive in sito (v. Fig. 1) e di argille in cui questa differenza appare più evidente (v. Fig. 2). Le prime sono da considerarsi, secondo gli AA., come molto prossimamente «normalmente consolidate», le seconde come «lievemente preconsolidate».

Dalle figure 1 e 2 si rileva anche come i carichi di preconsolidazione dedotti dalle prove di compressione edometrica siano risultati generalmente maggiori delle massime pressioni desunte in base alle conoscenze geologiche della zona. La spiegazione presentata dagli AA. — che nel seguito viene invocata per interpretare i risultati di alcune prove di compressione triassiale — è che le argille «preconsolidate» non siano altro che argille cementate per via chimica; ciò darebbe ragione del fatto che i carichi di preconsolidazione siano maggiori di quelli corrispondenti al peso della più alta colonna di terreno che abbia, in qualsiasi epoca, gravato sulla zona.

La distribuzione di queste argille cementate nel sottosuolo è erratica; il grado di cementazione è risultato variabile da campione a campione entro lo stesso sondaggio e potrebbe dipendere, secondo gli AA., per esempio da variazioni locali della composizione mineralogica delle argille stesse.

Le prove di rottura per compressione triassiale sono state del tipo «quick» (Q), «slow» (S) e «quick-

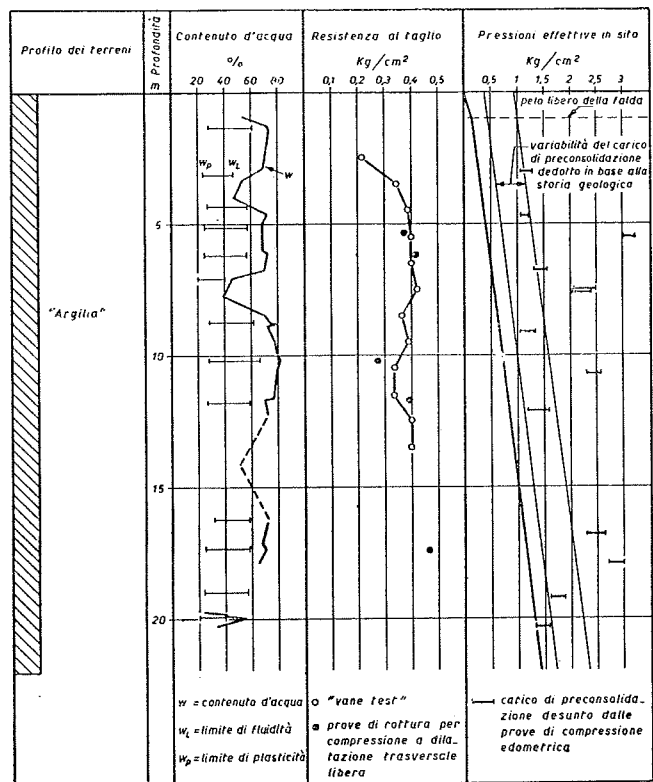


Fig. 2 - Sondaggio 3 - Risultati delle indagini in sito e di laboratorio.

consolidated» (Q_c) (1); nel corso di alcune prove sono state eseguite misure della pressione neutra. Nella maggioranza dei casi i provini prima di essere portati a rottura sono stati lasciati liberi di consolidare sotto un'unica pressione uniformemente distribuita (consolidazione isotropica); negli altri casi invece, la pressione orizzontale agente sulla superficie laterale dei provini era differente da quella assiale (consolidazione anisotropica).

Nel condurre lo studio qui in esame gli AA. hanno seguito la via indicata da HVORSLEV molti anni addietro in una memoria ormai classica (2).

Secondo HVORSLEV, se nel considerare lo stato di tensione agente sulla superficie di scorrimento si fa riferimento per quanto riguarda componente normale alla «pressione effettiva» σ' , la resistenza al taglio s assume l'espressione:

$$s = c_e + \sigma' \operatorname{tg} \varphi_e$$

Il termine c_e , che in base a tale espressione viene dedotto dai risultati sperimentali, non dipende se non dal contenuto di acqua che il provino possiede all'atto della rottura; esso venne chiamato da HVORSLEV «coesione vera». Parallelamente, all'angolo φ_e venne dato il nome di «vero angolo di attrito».

Seguendo tali criteri, gli AA. hanno confrontato la resistenza al taglio di argille «normalmente consolidate» con quella di argille «preconsolidate», a parità di contenuto di acqua all'atto della rottura. A tale scopo i campioni di argilla «normalmente consolidate» sono stati ottenuti mediante consolidazione con differenti pressioni σ_c tutte superiori al massimo carico naturale di preconsolidazione e già innanzi stimato intorno ai 3 kg/cm².

I campioni di argilla «preconsolidata» sono stati ottenuti invece facendo dapprima consolidare i campioni stessi sotto una pressione sensibilmente elevata ($\sigma = 9 \text{ kg/cm}^2$) e quindi lasciandoli liberi di rigonfiare sotto differenti pressioni inferiori ai 9 kg/cm².

Infine sono state eseguite le vere e proprie prove di rottura, nel corso delle quali venivano misurati la pressione neutra ed il contenuto di acqua all'atto della rottura.

Per interpolazione venivano poi ricavati i valori della resistenza al taglio s di provini di argilla «normalmente consolidata» e di provini di argilla «preconsolidata», aventi lo stesso contenuto di acqua: la differenza tra i valori di s , in conformità delle vedute sopra richiamate, era da attribuire soltanto al «vero attrito» e poiché erano noti i valori assunti dalle

pressioni effettive σ' se ne poteva subito dedurre il valore di φ_e .

Gli AA. hanno così operato in quattro serie di prove: φ_e è risultato variabile tra 18° e 21°, con valore medio di 20°. Questo valore è risultato molto prossimo al valore medio di 19° 30' dedotto in base alla misura degli angoli dei piani lungo i quali si è verificata la rottura in campioni d'argilla sottoposti a rottura per compressione a dilatazione trasversale libera.

Una volta determinato φ_e , si è passati alla deduzione del valore della «vera coesione» c_e sottraendo dalla resistenza al taglio s , determinata sia nelle prove su argilla «normalmente consolidata» che su argilla «preconsolidata», le aliquote di resistenza dovute all'attrito interno $\sigma' \operatorname{tg} \varphi_e$.

Dal diagramma della Fig. 3 appare la dipendenza della coesione c_e dal contenuto d'acqua a rottura; al diminuire di quest'ultimo e quindi anche all'aumentare della pressione di consolidazione la coesione c_e aumenta.

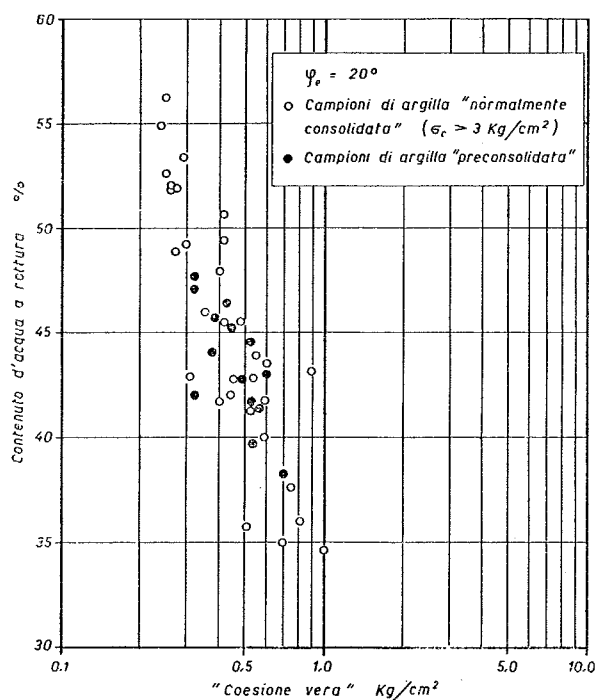


Fig. 3 - Relazione tra la «coesione vera» ed il contenuto d'acqua a rottura.

Per le argille «normalmente consolidate» è stata poi posta in evidenza una relazione tra la coesione c_e e la pressione di consolidazione. Questa relazione è rappresentata in Fig. 4a, la quale è stata costruita in base a prove eseguite su campioni prelevati nel sondaggio 3 tra le profondità di m 10,0 e di m 12,3.

Se si prendono in esame i risultati delle prove eseguite con pressioni di consolidazione $\sigma_c \geq 3 \text{ kg/cm}^2$ e che sarebbero le prove di cui finora ci siamo occupati, si può riscontrare una legge lineare tra coesione c_e e pressione di consolidazione σ_c rappresentata da una retta che passa per l'origine avente mediamente un coefficiente angolare χ pari a 0,08.

(1) Questi tipi di prova si differenziano per i seguenti motivi:

— nella prova S i provini vengono consolidati in condizioni di drenaggio libero e vengono poi portati a rottura in modo tale che la pressione neutra sia sempre nulla;

— nella prova Q_c i provini, dopo essere stati consolidati allo stesso modo che nella prova precedente, vengono portati a rottura in condizioni di drenaggio impedito;

— nella prova Q il drenaggio dei provini è impedito sia durante la consolidazione, sia durante la rottura.

(2) HVORSLEV M. J. - Über die Festigkeitseigenschaften gestörter bindiger Böden - Ingeniörvidenskabelige skrifter, n. A 45, 1937.

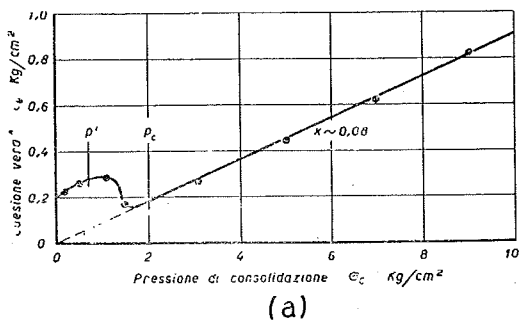
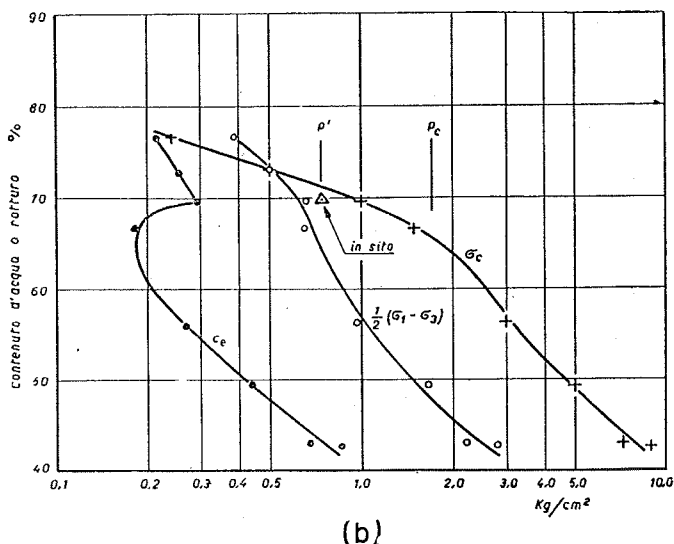


Fig. 4 - Risultati di prove eseguite su campioni con indice di plasticità del 33% prelevati nel sondaggio 3 tra le profondità di m 10,00 e di m 12,30. a) Relazione tra la «coesione vera» (calcolata in base a $\varphi_0 = 20^\circ$) e la pressione di consolidazione. b) Risultati delle prove di rottura per compressione triassiale (p' = pressione effettiva in sito e p_c = carico di preconsolidazione naturale).



(b)

Dalla stessa Fig. 4a si rileva come oltre alle prove di rottura di provini consolidati con pressioni $\sigma_c \geq 3$ kg/cm² e delle quali abbiamo ora detto, siano stati portati a rottura anche provini consolidati con pressioni inferiori a 3 kg/cm² e quindi inferiori sia al carico di preconsolidazione sia alla pressione effettiva in sito.

Si tratta in effetti di un'altra serie di prove avente lo scopo di indagare sui valori che assume la coesione c_0 , per valori del contenuto d'acqua a rottura più elevati e quindi prossimi a quelli in sito.

La coesione c_0 aumenta, invece, decisamente — di questo già si è discusso — solo dopo che la pressione di consolidazione σ_c supera nettamente il carico di preconsolidazione naturale p_c .

La pronunziata diminuzione della coesione c_0 nell'intorno di valori del contenuto d'acqua prossimi a quello in sito costituisce, secondo gli AA., una proprietà peculiare dell'argilla di Lilla Edet, non riscontrata in altre argille tipiche. Pertanto, al fine di avere un'ineccepibile conferma, sono state effettuate solo a questo scopo ben nove serie di prove. Per otto serie di prove

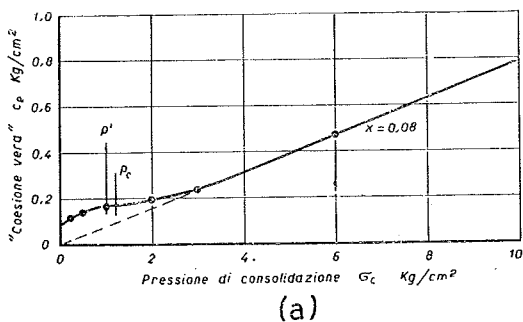
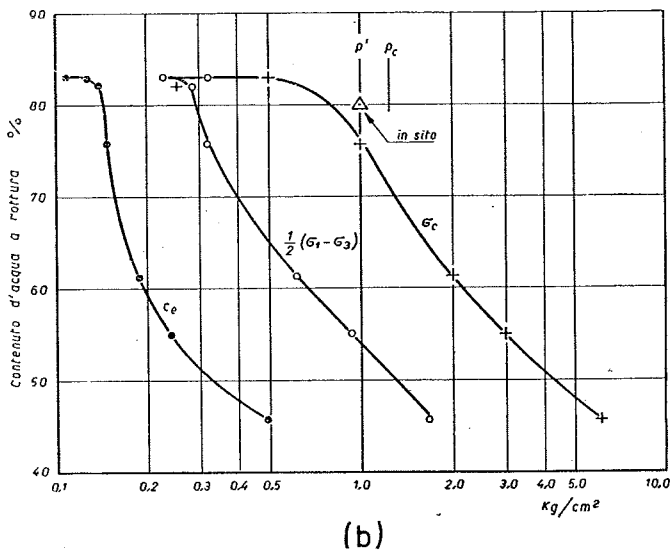


Fig. 5 - Risultati di prove eseguite su campioni con indice di plasticità del 36,8% prelevati nel sondaggio 1 tra le profondità di m 10,8 e di m 12,8. a) e b) v. Fig. 4.



(b)

I risultati ottenuti con queste prove hanno posto in evidenza che per valori del contenuto d'acqua a rottura nell'intorno di quelli in sito (tra 0,65 e 0,75) la coesione c_0 , al diminuire del detto contenuto d'acqua (v. Fig. 4b) e quindi anche all'aumentare della pressione di consolidazione (v. anche Fig. 4a), dapprima aumenta con regolarità, poi bruscamente decresce: questa diminuzione della coesione c_0 si verifica anche quando la pressione di consolidazione σ_c è uguale o di poco più alta del carico di preconsolidazione.

È stato riscontrato all'incirca lo stesso andamento della coesione c_0 , quale rappresentato nella Fig. 4. Per una sola serie è risultato invece, per valori della pressione di consolidazione minori del carico di preconsolidazione, un andamento della coesione c_0 del tutto differente (v. Fig. 5).

La differenza consiste nell'assenza, per le prove della nona serie, della pronunziata curvatura in corrispondenza di valori della pressione di consolidazione σ_c inferiori o all'incirca uguali al carico di preconsolidazione.

lidazione in sito; in più nel caso in esame per la coesione c_e non si riscontra alcuna diminuzione.

Gli AA., dopo aver effettuata una dettagliata analisi sulle possibili cause che potrebbero avere alterato i risultati ottenuti e non avendone trovate, sono pervenuti alla conclusione che la pronunciata curvatura nell'andamento della coesione c_e , talvolta riscontrata, costituisce una particolare proprietà dell'argilla di Lilla Edet, la quale in alcune zone si presenta cementata comportandosi quindi in natura come « *preconsolidata* ».

L'interpretazione che gli AA. danno dei risultati della complessa e delicata indagine può essere così sintetizzata.

Fra le particelle dell'argilla presa in esame si sarebbe formato in natura un legame che si conserverebbe immutato fin quando l'argilla viene sottoposta ad una pressione minore del carico di preconsolidazione. Se invece la pressione raggiunge il carico di preconsolidazione, il legame si rompe e quindi si spiega perché la coesione c_e diminuisce.

La possibilità che tra i granelli di un'argilla possono stabilirsi legami del genere è stata anche considerata da TERZAGHI (1941) che li attribuisce alla parziale solidificazione dell'acqua di adsorbimento (« *rigid water* ») tra un granello e l'altro. Tuttavia gli AA., per l'argilla di Lilla Edet, sono piuttosto propensi a ritenere che tale legame fra i granelli, formatosi in un tempo inteso in senso geologico, sia di origine chimica in dipendenza della composizione mineralogica dell'argilla.

A sostegno di questa tesi gli AA. rilevano che l'argilla di Lilla Edet un tempo si trovava a circa 100 metri sotto il livello del mare e che quindi nell'acqua immediatamente a contatto dell'argilla, per l'elevata

pressione a cui l'acqua stessa era sottoposta, esistevano le condizioni ideali per la formazione di precipitati chimici in una certa misura. Gli AA. ribadiscono questa tesi osservando che nell'argilla di Lilla Edet sono presenti in misura cospicua microfossili ed è presente altresì, quale componente di sostanze organiche, una quantità di anidride carbonica tale da saturare l'acqua di porosità.

Il significato da attribuire alle caratteristiche di resistenza al taglio delle formazioni argillose ha formato, da circa un trentennio, e forma tuttora oggetto di numerosi studi da parte di autorevoli ricercatori. L'articolo qui recensito apporta un ulteriore, interessante contributo alla conoscenza di questo capitolo della Geotecnica che ancora oggi non può dirsi del tutto chiarito.

Prima di concludere la nostra recensione, sottolineiamo come, secondo gli AA., coesisterebbero nella stessa formazione argille strutturalmente differenti. Gli AA. riconoscono che ciò costituirebbe una singolarità, ma le spiegazioni addotte non ci sembrano del tutto convincenti.

Qualora la differente struttura sia da porre in rapporto con differenze nella composizione mineralogica dei vari campioni di argilla, sarebbe stato interessante condurre un'accurata indagine chimico-mineralogica volta a confermare tale ipotesi.

Osserviamo ancora come la presenza nel sottosuolo di Lilla Edet di argille costituite da particelle dotate di un legame labile, tale cioè che si rompe non appena una determinata pressione applicata viene raggiunta, è confortata dai risultati di otto serie di prove; la presenza, invece, di argille con un legame più stabile risulterebbe soltanto da una sola serie di prove.

M. Paparo Filomarino