

Recensioni

Studio geotecnico dei depositi glaciali del lago Steep Rock, Ontario, Canada - (An Engineering study of glacial deposits at Steep-Rock Lake, Ontario, Canada) - LEGGETT R. F. e BARTLEY M. W. - *Economic Geology*, 48, pag. 513-540, novembre 1953.

Gli Autori riportano i risultati degli studi eseguiti per caratterizzare dal punto di vista geotecnico i depositi glaciali che costituiscono le sponde e il fondo del lago Steep Rock. Tale lago fa parte del bacino del fiume Seine ed è situato a circa 150 km a NW del lago Superiore in Canada. Esso ha una superficie di circa 20 km² ed è lungo circa 25 km.

Gli studi furono eseguiti quando, essendo stata riconosciuta la presenza di cospicue masse di minerali di Fe ad alto tenore nei terreni che costituiscono il letto del lago al disotto del livello dell'acqua, si trovò conveniente, per coltivare il giacimento, prosciugare parte del lago e scavare il minerale a cielo aperto.

Nel 1943, portata a termine la costruzione di un canale diversivo e di alcune dighe di sbarramento, si iniziarono le operazioni di prosciugamento.

Nell'aprile del 1944 il livello dell'acqua era stato abbassato di circa 35 metri. Questo abbassamento provocò una serie di scoscardimenti che compromisero seriamente la sicurezza delle opere costruite ed ostacolarono la esecuzione dei lavori.

Per chiarire le cause dei fenomeni verificatisi e per provvedere alle opportune misure di sicurezza si procedette allo studio geotecnico dei materiali costituenti le sponde ed il letto del lago. Tale studio trascese il fine tecnico immediato ed assunse importanza a sè dal punto di vista scientifico fornendo alcuni elementi utili per spiegare più esattamente l'origine dei sedimenti glacio-lacustri.

Successione stratigrafica e caratteri litologici e geologici dei terreni.

La zona in cui si trova il lago Steep Rock è una tipica regione dello scudo pre-cambriaco canadese. Essa presenta una morfologia lievemente ondulata ed una rete idrografica molto sviluppata.

La roccia del basamento è stata fortemente spianata dalla erosione e dalle glaciazioni ed è ricoperta da depositi recenti di spessore variabile e di origine prevalentemente glaciale.

Tali depositi sono costituiti, dal basso verso l'alto, da: morene, « argille moreniche con blocchi », e blocchi

erratici depositati dai ghiacciai, sabbie e ghiaie fluvio-glaciali depositate dai corsi d'acqua originati dalla fusione dei ghiacciai e, infine, argille e limi glacio-lacustri depositatisi in un grande lago che si formò nella zona durante la fase di ritiro dei ghiacciai stessi.

La formazione più interessante dal punto di vista tecnico e da quello geologico è costituita dai limi e argille glacio-lacustri. Essa si presenta regolarmente stratificata (fino a fogliettata) con una potenza complessiva variabile fra pochi decimetri e 50-60 metri. Si tratta di un tipico deposito di argille a varva, con varve di colore chiaro e scuro, alternate e spesse pochi centimetri.

Dall'esame delle varie formazioni si è dedotto che la regione fu interessata da due glaciazioni, distinte e provenienti da direzioni diverse. La prima provenne dal centro del Keewatin e la seconda, molto più intensa, dal centro del Labrador.

La glaciazione proveniente dal Labrador si ripeté più volte spingendosi, la prima volta, fino a sud del lago e depositando una estesa morena di fondo. Le successive avanzate si arrestarono invece nelle vicinanze del lago e depositarono morene terminali.

Durante le fasi di ritiro dei ghiacci, torrenti e fiumi di origine glaciale depositarono le sabbie e ghiaie cui si è accennato e, al termine della fase glaciale attiva si formò un lago molto esteso e profondo. In questo lago sedimentarono i materiali più fini trasportati dai corsi d'acqua e si formarono i depositi fogliettati.

Depositi del fondo del lago.

Il fondo del lago, come si poté constatare non appena il livello delle acque fu sufficientemente abbassato, era costituito da un fango nero, ricco di sostanze organiche di età recente o attuale, direttamente sovrapposto alle argille fogliettate.

In prossimità della sponda meridionale del lago, al disotto di tale fango nero, furono trovati anche dei sottili depositi di sabbia; depositi che, data la loro limitata estensione, non avevano importanza dal punto di vista pratico.

Le argille fogliettate sono sovrapposte ai depositi morenici i quali, come si poté accertare con sondaggi, costituiscono una coltre praticamente continua al disopra del basamento.

Le argille fogliettate.

Le argille fogliettate raggiungono, nella zona interessata dai lavori, la potenza massima di circa 30 m.

Gli Autori senza entrare in merito alle caratteristiche geologiche di questa formazione, per la quale rimandano ad un particolareggiato studio di ANTEVS (1), riportano i risultati di alcune delle prove geotecniche eseguite su di essa e mostrano come tali risultati possano fornire anche al geologo dei nuovi elementi per meglio spiegare l'origine di sedimenti di questo tipo.

I maggiori scoscendimenti, verificatisi nella zona dopo il prosciugamento del lago, interessarono grosse masse della formazione delle argille e varva e furono dovuti, almeno in parte, alla variazione del regime di circolazione delle acque sotterranee.

Si riconobbe, infatti, che attraverso delle sottili intercalazioni sabbiose avveniva un movimento verticale delle acque che arrivavano così ad impregnare gli strati più bassi riducendone la consistenza.

Si notò, inoltre, che gli scorrimenti si verificavano in preferenza lungo superfici singolarmente piane e levigate: superfici che furono identificate come delle discordanze nei depositi.

Una caratteristica abbastanza significativa agli effetti della spiegazione dell'origine delle argille fogliettate è la presenza di concrezioni calcaree lenticolari, intercalate negli strati inferiori della formazione. Simili concrezioni sono state recentemente trovate anche nei depositi attuali della foce del fiume Fraser (Columbia Britannica) e si pensa che esse siano collegate ai processi di flocculazione dei materiali in sospensione nelle acque dolci, quando queste si mescolano alle acque del mare.

Fu riscontrata, inoltre, una differenza di colore fra strati superficiali e strati profondi. I primi si presentano infatti grigi, mentre gli altri si presentano di colore rosso più o meno carico. Alla differenza di colore corrisponde anche una diversità di composizione granulometrica e di comportamento nei riguardi della stabilità dei fronti di scavo. Gli strati di colore rosso sono infatti a grana più grossolana, e, una volta esposti, perdono rapidamente la consistenza fino ad una certa distanza dal fronte libero; fenomeno che fu attribuito alla rapida diminuzione della pressione dell'acqua interstiziale.

La caratteristica più importante, dal punto di vista tecnico, è, però, il comportamento delle argille fogliettate allo stato disturbato.

Gli scoscendimenti che si verificarono e che interessarono masse di qualche centinaio di m³, con spostamenti dell'ordine di mezzo chilometro, mostrarono infatti che, una volta rotto l'equilibrio e iniziatosi il rimaneggiamento del materiale, questo assumeva la consistenza di un fluido viscoso e scorreva rapidamente, sotto forma di « colata di fango », anche su pendii non molto acclivi.

La massa riassumeva la consistenza di un solido solo dopo che il moto si era arrestato.

Prove di laboratorio.

Gli studi geotecnici furono condotti in due fasi: la

(1) ANTEVS E.: *Glacial Clays in Steep Rock Lake, Ontario, Canada* - Geol. Soc. Am. Bull. 62, n. 10, pag. 1223-1262, 1951.

prima ebbe il fine pratico di stabilire le caratteristiche tecniche della formazione, mentre la seconda ebbe invece quello di ricercare dei dati per meglio definire il materiale e per chiarire i dubbi formulati durante la prima fase delle indagini.

Su parecchie centinaia di campioni indisturbati, prelevati nel corso di una campagna di sondaggi, furono determinati il contenuto d'acqua naturale, i limiti ed indici di consistenza ed il rapporto « acqua-plasticità » (1).

Il contenuto d'acqua naturale è risultato sempre molto maggiore del limite di liquidità indipendentemente dalla profondità da cui il campione era stato prelevato. In base a tale dato di fatto gli A.A. spiegano il comportamento del materiale disturbato. Il rimaneggiamento romperebbe, infatti, i legami del sistema minerali argillosi-acqua, sicché il materiale assume lo stato di fluido viscoso e scorre fino a che non intervengano fattori esterni ad arrestarne il moto. Una volta arrestato il moto, l'acqua in eccesso si libera ed il terreno viene a trovarsi nuovamente in condizioni di stabilità. Da ciò scaturisce la necessità pratica di evitare al massimo di disturbare il terreno durante gli scavi.

Un'altra interessante caratteristica fu posta in vista durante la preparazione dei provini da sottoporre alle prove meccaniche. I campioni presentavano spesso una struttura a « blocchi » e si dividevano in prismoidi di altezza variabile fra 1 e 3 cm, lungo sottili fratture preesistenti. Tale struttura non aveva però, una sensibile influenza sui risultati delle prove di resistenza.

Nella prima fase, le prove furono eseguite senza tener conto delle suddivisioni costituite dalla fogliettatura, mentre nella seconda fase si studiarono in particolare le differenze esistenti fra le singole varve.

Le analisi granulometriche eseguite sui singoli straterelli indicarono che quelli scuri contenevano circa il 50% di materiale di dimensioni minori di 2 micron, mentre quelli chiari ne contenevano soltanto il 10%.

La distribuzione granulometrica era invece uniforme per tutta la altezza del singolo straterello.

Negli straterelli scuri fu riscontrato, inoltre, un elevatissimo contenuto d'acqua naturale (circa 80% in peso di materiale secco) in confronto agli straterelli chiari (circa 35%).

Altre notevoli differenze esistono fra le caratteristiche di plasticità degli straterelli scuri e di quelli chiari. I primi, infatti, devono considerarsi, in base ai valori dei limiti ed indici di consistenza, delle argille ad elevata plasticità, mentre i secondi devono essere considerati argille o limi a plasticità bassa.

Altre differenze furono riscontrate esaminando i materiali al microscopio elettronico e misurando le caratteristiche tixotropiche dei due materiali, ma gli Autori non riportano i risultati di tali indagini.

(1) Tale rapporto è definito dalla relazione:

$$B = \frac{W_n - W_p}{IP}$$

ove

W_n = contenuto d'acqua naturale;

W_p = limite di plasticità;

IP = indice di plasticità.

Conclusioni.

I risultati delle prove forniscono degli elementi che, se da una parte consentono di completare la teoria della deposizione stagionale delle formazioni di argille a varva (1), dall'altra fanno sorgere alcune nuove questioni relative all'origine di questi materiali.

Nella teoria della deposizione stagionale, infatti, viene data la preminenza alle sole variazioni climatiche, fra estate ed inverno, senza tenere, in genere, esplicito conto delle condizioni dell'ambiente chimico-fisico in cui la sedimentazione ha avuto luogo. Tali condizioni devono avere avuto, invece, una fondamentale importanza.

Infatti, l'elevato contenuto d'acqua naturale, praticamente costante con la profondità, la costanza del rapporto « acqua plasticità », il differente contenuto in minerali argillosi delle varve scure rispetto a quelle chiare, la uniformità di grana in seno alle singole varve inducono a tener conto delle variazioni delle condizioni fisico-chimiche dell'ambiente più che di quelle climatiche stagionali.

In particolare deve essere considerata la maggiore o minore salinità del lago al momento della sedimentazione.

Gli A.A. ritengono, cioè, necessario completare lo schema della sedimentazione tenendo presente la flocculazione delle particelle più fini e la precipitazione da soluzioni soprassature.

Prove della importanza di questi fenomeni durante la deposizione delle argille a varva sono fornite, per esempio, dalla presenza delle ricordate concrezioni calcaree, dalla struttura a blocchi del materiale e dal comportamento delle torbide che vengono pompate dal lago.

A questo proposito gli A.A. citano il fatto che la maggior parte del materiale solido in sospensione in queste torbide, risedimenta immediatamente (le determinazioni eseguite hanno mostrato che, malgrado il passaggio attraverso le pompe, il materiale rimane costituito da flocculi).

In conclusione, quindi, secondo gli A.A., le variazioni stagionali del clima non sembrano avere la importanza fondamentale che ad esse veniva attribuita e dovrebbe invece essere studiata più a fondo la influenza dei fattori fisico-chimici che intervengono durante la deposizione.

F. Esu.

(1) Gli AA. riportano in appendice la teoria di BURWASH (1938) che qui si riassume:

Durante l'inverno, essendo completamente gelati e ricoperti dalla neve i terreni costituenti il bacino del lago, si ha un trascurabile apporto solido al lago stesso. Inoltre le acque fredde dei laghi, contenendo una forte quantità di CO_2 trattengono in soluzione una notevole quantità di sali (specialmente carbonati).

Una considerevole portata solida affluisce ai laghi durante le piene primaverili che seguono immediatamente al disgelo.

Infine, durante l'estate, le acque si riscaldano sufficientemente, liberano la CO_2 in eccesso e, in conseguenza, depositano i sali tenuti in sospensione. A tali fenomeni sarebbe perciò dovuta la alternanza di straterelli con colori diversi, diverso contenuto argilloso e le concrezioni calcaree presenti nei depositi.

Rassegna di indagini passate ed in corso sul consolidamento dei terreni col procedimento dell'elettroosmosi
(Review of past and current work on electro-osmotic stabilization of soils). LEO CASAGRANDE, Harvard Soil Mechanics Series n. 45, Cambridge, dicembre 1953.

Nel 1930 Leo Casagrande, nell'effettuare alcune prove di laboratorio su di un'argilla, scopriva per caso che l'applicazione di una differenza di potenziale tra due punti di uno stesso provino aveva come conseguenza una variazione delle proprietà meccaniche del materiale, e precisamente un virtuale aumento della sua resistenza al taglio. Da questa osservazione sperimentale hanno preso le mosse gli studi sul fenomeno elettro-osmotico nei terreni e le successive applicazioni pratiche del processo al consolidamento delle rocce sciolte in sito.

L. Casagrande ha studiato a fondo il fenomeno in questi ultimi venti anni ed ha pubblicato i risultati delle sue ricerche in una numerosa serie di memorie sull'argomento in cui ne ha messo chiaramente in evidenza i fondamenti scientifici e ad un tempo le possibili applicazioni pratiche.

Nel lavoro di revisione critica, di cui diamo qui notizia, effettuato dallo stesso Casagrande, l'A. si propone di fare il punto sullo stato attuale delle ricerche intorno al fenomeno dell'elettroosmosi. In esso sono riassunti con ricchezza di dettagli e di figure 90 tra i più importanti lavori apparsi sull'argomento dal 1931 fino al 1953. Ogni recensione è seguita da un breve commento critico dell'A.

Al termine di questo lavoro di revisione l'A. non si dimostra però completamente soddisfatto dello stato attuale delle indagini in questo settore e ciò per le seguenti ragioni:

a) Sull'importante argomento sembra che siano in corso attualmente solo modesti lavori di ricerca.

b) Molte pubblicazioni descrivono indagini che sono pura ripetizione di quelle già eseguite per il passato.

c) Sono molto diffusi alcuni falsi concetti derivanti da errate interpretazioni delle prove di laboratorio, o addirittura dedotti da prove eseguite in condizioni poco chiare.

d) Esiste la tendenza ad esporre le indagini sorvolando sui dati necessari per procedere ad una corretta interpretazione dei risultati delle medesime; primi tra tutti le proprietà indici dei materiali impiegati nelle prove e, quel che più conta, dei terreni in sito in quei casi in cui è stato applicato il trattamento elettro-osmotico.

In Italia un'applicazione del processo ad un importante lavoro di ingegneria è stata realizzata dalla Società del Sarca-Molveno nella costruzione del canale in galleria che alimenta la Centrale di Santa Massenza. La memoria pubblicata in proposito (L. Zaretti: « Notizie su un'applicazione del processo elettroosmotico per il consolidamento dei terreni argillosi », *En. El.*, Vol. 27, n. 10, 1950) è stata segnalata e commentata nello studio qui recensito.

R. Jappelli.