

mento di Ragusa. Come si vede, dunque nulla è trascurato per dare un quadro il più possibile vasto della ricerca petrolifera. L'impressione che se ne ricava non è tuttavia molto armonica. Il FLORES, infatti, non organizza la materia in uno schema intimamente coerente, capace di prospettare gli stadi successivi della ricerca con i problemi ad essa connessi, così come si vanno via via prospettando, e risolvendo con opportuni metodi. Egli si limita invece a riassumere i vari argomenti, così come vengono esposti nei trattati americani di più comune consultazione (ad esempio il RUSSEL, il LEVORSEN, lo HAMMER). In questo l'opera manca del tutto di originalità, e non si può dire che assolve a pieno il compito informativo-culturale fissato nella prefazione.

In altre parole, attraverso la lettura del libro del FLORES, si intravedono troppo i trattati americani, onde la tessitura del volume non si adatta al suo fine. Un esempio di come avrebbe potuto essere concepita l'opera, è dato soltanto dall'ultimo capitolo (« Interpretazione e sintesi - Un esempio classico: Ragusa »), ma qui l'esposizione è troppo nuda, troppo priva dei dati essenziali, per essere veramente significativa.

F. Ippolito

## Meccanica del Terreno

R. PIETKOWSKI - *Mechanika Gruntow - Budownictwo i Architektura* - Varsavia, 1957.

Al trattato sulle fondazioni del Prof. Radzimir PIETKOWSKI, di cui demmo notizia in *Geotecnica* 4, 1956, ha fatto seguito, quale indispensabile complemento, questo libro di Meccanica del Terreno, edito a Varsavia nel 1957.

Nel volume sono chiaramente trattati, in dieci ampi capitoli, i principali argomenti di Meccanica del Terreno.

Il capitolo introduttivo sulle caratteristiche generali dei terreni e sulla loro identificazione è seguito da un'esauriente esposizione del problema della distribuzione delle tensioni in regime elastico. Il capitolo seguente è dedicato alla filtrazione; quivi l'A. accenna fra l'altro agli studi eseguiti in Russia.

Nell'espone il problema dei cedimenti, l'A. accenna ai vari metodi di calcolo finora proposti e si sofferma ad esaminare la rispondenza tra valori misurati e valori calcolati.

Nello stesso capitolo viene esposta la teoria del suolo elastico ed il problema dei carichi dinamici; per quest'ultimo argomento l'A. si appoggia agli importanti studi compiuti in Germania da LORENZ ed altri.

Due ampi capitoli sono dedicati rispettivamente alla resistenza al taglio dei terreni ed ai problemi di stabilità; tra questi ultimi l'A. si sofferma in particolare sui problemi di spinta e sulle frane.

Nei due ultimi capitoli sono trattati gli argomenti di Geotecnica applicata alle costruzioni stradali e quello dell'azione del gelo nei terreni.

La trattazione dei vari argomenti è piana ed elementare; in essa sono equilibratamente fusi i punti di vista scientifico ed applicativo.

R. Jappelli

## Contributo allo studio del comportamento di diverse miscele di iniezione

LÉVÉQUE - *Contribution a l'etude du cheminement de divers coulis d'injection* - Bulletin de la Société géologique de France - 6<sup>a</sup> serie, t. VII, da pag. 1025 a 1034 - 1957.

Lo studio da parte della Società per gli Studi Elettrici e Idraulici in Marocco (SEHM) per l'imposta di una diga su l'Onn er Rbia, per conto dell'*Energia Elettrica del Marocco*, ha posto ai ricercatori dei problemi molto delicati.

La zona d'imposta è costituita, in spalla sinistra e in alveo, da quarziti dell'ordoviciano stratificate e con pendenza verso monte e non desta preoccupazioni; invece in spalla destra, a circa 200 m dal letto del fiume, una faglia fa affiorare una serie dell'autunniano costituita da lenti di conglomerato a ciottoli quarziticci o arenacei, raramente calcarei, e sabbia limonitica. Questi terreni costituiscono una specie di diga naturale di circa 2 km di lunghezza a debole pendenza longitudinale (circa il 15%).

Delle prove preliminari di permeabilità avevano mostrato come questi terreni fossero abbastanza permeabili e come la permeabilità si manifestasse attraverso superfici preferenziali, generalmente parallele alla linea di massima pendenza e identificabili con le superfici limiti delle lenti di sabbia limonitica e i conglomerati; inoltre era stata rilevata una notevole tendenza all'alterazione di questi terreni per effetto di variazioni del tenore di umidità.

Pur non destando la permeabilità riscontrata eccessive preoccupazioni, era stata riconosciuta la necessità di eseguire un'impermeabilizzazione molto accurata allo scopo di evitare delle velocità di filtrazione elevate, con il rischio di provocare un'asportazione di elementi fini e pericolosi sifonamenti.

Era quindi necessario:

— non alterare le caratteristiche del terreno, sia per effetto di bruschi sollevamenti, sia per plastificazione delle sabbie-limonitiche;

— iniettare un prodotto che dopo aver fatto presa, non presentasse fessurazioni dovute al ritiro che avrebbero costituito nuove vie preferenziali di permeabilità.

### Programma dei lavori

Fu pertanto disposto un programma di prove che comprendeva i seguenti lavori (v. figura):

— esecuzione di sei sondaggi, della profondità di circa 30 metri, disposti lungo un cerchio del diametro di m 11,50 e da iniettare a due a due con tre diversi tipi di miscela;

— scavo di una trincea profonda circa 10 metri a forma di corona circolare con il cerchio interno lungo l'asse dei sondaggi allo scopo di controllare da vicino i risultati delle iniezioni;

— perforazione di un foro di controllo al centro della zona iniettata nel quale eseguire prove di permeabilità e di iniezioni con la possibilità di control-

lare dalla trincea le modalità di circolazione dell'acqua o delle miscele iniettate attraverso le varie zone precedentemente trattate in maniera diversa.

Infine, allo scopo di determinare con la massima precisione il percorso delle miscele d'iniezione, fu deciso di utilizzare quali additivi delle sostanze colo-

la miscela veniva arricchita in cemento secondo il seguente dosaggio:

- argilla kg 10;
- cemento kg 100;
- acqua lt 100.

Sono stati anche usati cementi sursulfatati a grande superficie specifica tipo « Sealithor ».

Con tale cemento la miscela era composta da 30 kg di cemento, 30 kg di argilla e 100 lt di acqua per l'iniezione normale; 70 kg di cemento, 40 kg di argilla e 100 lt di acqua in caso di forti assorbimenti.

Da notare che il colore rosso dell'argilla usata, analogo a quello dei terreni iniettati, ha obbligato a forti aggiunte di materie coloranti e all'uso della lampada a raggi ultravioletti per il riconoscimento in sito.

Gli assorbimenti medi di materia secca sono stati dello stesso ordine di grandezza che per i sondaggi  $SI_1$  e  $SI_2$ .

c) I sondaggi  $SI_3$  e  $SI_6$  sono stati iniettati con miscele a forte tenore in bentonite: dopo diverse prove in laboratorio è stata adottata una miscela costituita da 40 kg di cemento e 30 kg di bentonite. Date le caratteristiche rigonfianti della miscela, l'operazione di iniezione era particolarmente delicata in quanto era difficile stabilire l'inizio del rifiuto e a rigore sarebbe occorsa una valutazione a priori del volume dei vuoti entro il quale iniettare un determinato volume di miscela senza provocare sollevamenti del terreno.

Gli assorbimenti sono risultati variabili da 1 a 4 q.li/ml di bentonite, quest'ultimo valore corrispondente però a un caso limite.

Le caratteristiche di iniettabilità della miscela notevolmente rigida e densa, al punto da essere difficilmente iniettabile, sono state migliorate mediante l'adozione di aeranti e plastificanti dei tipi correntemente usati per i calcestruzzi.

Sono stati anche provati quali additivi, in piccolissime percentuali, degli oli di idrocarburi grassi e del gas-oil.

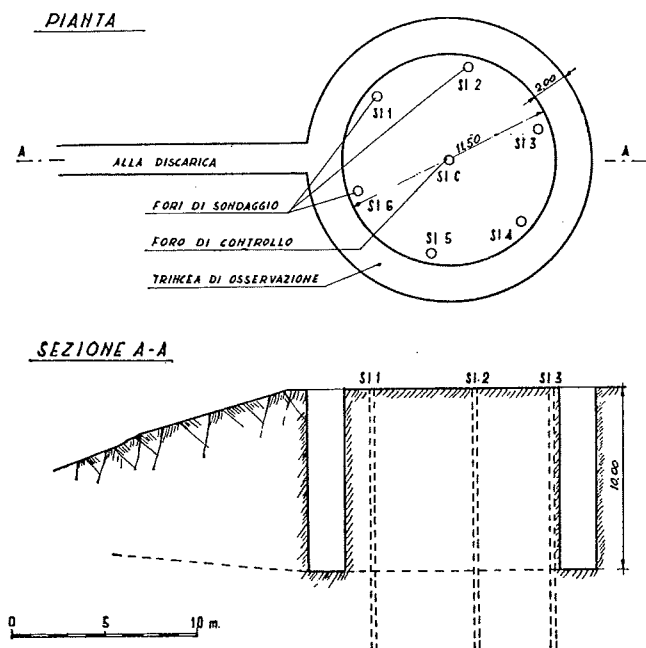
L'effetto degli aereanti e plastificanti era nettamente individuabile dalla diminuzione dell'energia assorbita dall'iniettore.

Infine è stato fatto anche un tentativo di iniezione di miscela espansiva aggiungendo della polvere di alluminio: questa ha provocato una contro pressione di circa 4 kg/cm<sup>2</sup>, sicuramente utile ai fini dell'impermeabilità, rilevata sul manometro in testa al foro.

Durante il corso della prova si è constatato lo sviluppo di idrogeno dalla reazione chimica dell'alluminio; non si è invece ritrovato idrogeno libero al momento dell'apertura della trincea di osservazione.

### Esame dei risultati

Il cammino seguito dalle miscele iniettate e il loro comportamento, si è potuto ricostruire dalla trincea di osservazione, grazie alla diversa fluorescenza delle sostanze coloranti adottate.



ranti che, senza alterare le caratteristiche fisico-chimiche delle miscele, ne rendessero evidente il riconoscimento sia di giorno che di notte con l'aiuto di una lampada a raggi ultravioletti.

Sono state usate con successo la fluoescina, la rodamina, l'eosina e il tinopal.

### Esecuzione dei lavori

a) I due sondaggi  $SI_1$  e  $SI_2$  sono stati iniettati con una miscela di cemento e acqua e una piccola aggiunta di bentonite. Il cemento usato era del tipo R 350/500 con superficie specifica da 3.000 a 4.000 cm<sup>2</sup>/gr.

L'iniezione è stata condotta per sezioni discendenti dall'alto dell'altezza di 2 metri per le prime cinque sezioni e di 3 metri per le successive. Gli assorbimenti sono stati molto variabili da sezione a sezione con rapporti di variazione da 1 a 7: quello medio per il sondaggio  $SI_1$  è risultato di 3,7 q.li/ml a pressioni leggermente inferiori alle 15 atm.

b) I sondaggi  $SI_3$  e  $SI_4$  sono stati iniettati con una miscela di cemento e argilla.

Sono stati usati diversi tipi di cemento e di miscela. Con cemento normale R 350/500 la miscela era così composta:

- argilla kg 40;
- cemento kg 50;
- acqua lt. 100.

In caso di grossi assorbimenti e piccole pressioni

In generale è stato accertato che il percorso delle iniezioni si svolgeva lungo le vie preferenziali già scelte dall'acqua di circolazione e identificabili con i piani di separazione delle lenti di sabbia e di conglomerato.

Sono state individuate venature di miscela iniettata dello spessore massimo di circa 3 cm in prossimità dei fori di iniezione. Sono stati anche riscontrati dei percorsi perpendicolari alle vie preferenziali in genere lungo grossi ciottoli di quarzite costituenti dalle soluzioni di continuità nella pasta di sabbia limonitica.

Si è notato che parecchie miscele hanno seguito lo stesso percorso: di solito le miscele a base di bentonite hanno seguito il cammino già percorso da quelle cementizie completando il riempimento dei vuoti ancora liberi.

Al momento delle prove eseguite dal foro di controllo  $SI_0$ , si è constatato che l'acqua seguiva regolarmente le vie già percorse dalle miscele iniettate.

I coloranti hanno messo in luce il fenomeno della separazione dei costituenti le miscele: per quelle di solo cemento hanno rivelato una leggera tendenza all'anisotropia granulometrica del cemento dopo la presa. La separazione, esaltata dal colorante, è stata frequente per le miscele cemento-bentonite.

Molto rara invece per le miscele cemento-argilla.

L'effetto dei plastificanti e degli aereanti è risultato essere l'eliminazione di una fitta rete di piccolissime fessure che nelle miscele prive di additivi si manifestavano dopo un certo tempo di esposizione all'atmosfera: è probabile che tale fessurazione si sarebbe potuta difficilmente verificare all'interno del terreno a meno di brusche variazioni del tenore di umidità.

L'assenza di fessure si è mantenuta anche dopo aver sottoposto alcuni campioni di miscela, corrette

con aereanti, a numerosi cicli di caldo-secco e freddo-umido.

Lo stesso effetto di eliminare le fessurazioni è stato accertato per i prodotti espansivi. Tuttavia la resistenza della miscela, con tali additivi, è risultata più debole.

Sono state fatte anche delle esperienze con campioni a forte tenore di polvere di alluminio nei quali si è riscontrata una notevole impermeabilità.

Inoltre gli aereanti hanno eliminato le fessurazioni dovute al ritiro e soprattutto diminuito notevolmente la separazione delle varie fasi sia nelle miscele di cemento con leggera aggiunta di bentonite, che in quelle di cemento e argilla.

### Conclusioni

E' rimasto dimostrato che nei particolari terreni esaminati una tecnica di iniezioni poco idonea può aumentare la permeabilità creando una nuova rete artificiale di vie preferenziali che si aggiungono in parte a quelle naturali precedenti all'iniezione.

In seguito alle prove sistematiche condotte, i migliori risultati si sono ottenuti con la miscela di argilla-cemento, con impiego di un aereante quale additivo.

L'uso di miscele espansive si è rivelato abbastanza utile e meritevole di essere studiato con maggiore attenzione nel caso di terreni secchi all'origine, ma suscettibili di assorbire l'acqua e di alterarsi lungo le due superfici di contatto fra miscela di iniezione e pareti della fessura iniettata. Soprattutto benefico dovrebbe essere il loro effetto di « *precompressione* » del terreno.

Tuttavia il loro costo le confina nel campo dei prodotti speciali da usare solo in casi estremi.

M. Beomonte