

Fig. 4. - Impiego della servo-buretta per prove  $K_0$ .

di controllo è disposto verticalmente ed ha sezione uguale alla sezione del provino; il pistone è collegato mediante un braccio rigido al pistone della cella triassiale. Supponendo di aumentare la pressione nella cella con velocità costante, il provino consolida sotto una pressione idrostatica espellendo acqua, il menisco di mercurio si sposta chiudendo il contatto ed avvia così il servomeccanismo; ciò provoca il movimento discendente del pistone del cilindro di controllo e la conseguente compressione del provino. Una volta che il pistone si è spostato per un volume pari a quello dell'acqua espulsa dal provino il contatto si riapre e cessa la fase di compressione. Data la uguale sezione del cilindro e del provino, si è ottenuto che il provino consolidi in modo che la variazione di volume sia pari alla variazione di altezza moltiplicata l'area iniziale della sezione trasversale, o, in altre parole, così che la deformazione trasversale del provino sia nulla. In ultimo, conoscendo la legge di variazione della pressione laterale e della pressione deviatorica, si può risalire al valore di  $K_0$ , coefficiente di spinta a riposo.

(Filippo Vinale)

### Geologia dei sedimenti recenti.

Z. KUKAL - *Geology of Recent Sediments* - Czechoslovak Academy of Sciences, Prague 1971 - Academic Press London and New York.

Questo libro apporta un contributo non indifferente alla conoscenza dei sedimenti recenti. L'interesse per questi terreni è andato via via crescendo negli ultimi anni ed è legato sia ad una lacuna esistente dal punto di vista strettamente scientifico, sia alla considerazione che una migliore conoscenza su questo argomento risulta molto utile anche ai fini applicativi.

Malgrado dagli anni 50 in poi il numero delle pubblicazioni sia andato

man mano crescendo, mancava fino ad ora un lavoro di sintesi che raccogliesse i dati e le conclusioni dei vari Autori sicché era quasi impossibile, tranne che ad alcuni specialisti, seguire compiutamente lo sviluppo di questa branca delle scienze geologiche.

Il testo di Kukal si svolge, dopo una breve parte iniziale di nomenclatura e classificazione, nell'esame dei sedimenti relativi ai vari ambienti: vengono così passati in rassegna in capitoli distinti i sedimenti fluviali, delle pianure alluvionali, eolici, glaciali, lacustri e deltizi.

In ciascuno di questi capitoli sono descritte le leggi che regolano la deposizione, la granulometria ed i rapporti intercorrenti tra vari parametri granulometrici, la tessitura e la struttura e la composizione chimico mineralogica.

Maggior spazio è dedicato all'ambiente di sedimentazione marino con singoli capitoli dedicati a sedimenti di spiaggia, di mare poco profondo, di mare profondo.

Vengono infine trattate le modifiche dei sedimenti dopo la loro deposizione e la transizione dei sedimenti recenti in quelli antichi.

Al termine di ciascun capitolo è riportata un'ampia bibliografia.

Il libro, di 450 pagine circa, è molto ricco di diagrammi e tabelle, un po' meno di fotografie e disegni. Tuttavia la sedimentologia comincia ad essere considerata una scienza geologica esatta e pertanto i diagrammi e le tabelle assumono giustamente un'importanza maggiore.

(Franco Rippa)

### Sollevarlo di un edificio a mezzo di iniezioni nel terreno.

H. CAMBEFORT, R. PUGLISI - *Soulèvement d'un bâtiment par injection du sol*. Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, n. 281, maggio 1971.

Gli Autori trattano del sollevamento del suolo provocato « volontariamente » dalle iniezioni, anziché involontariamente per poca oculata condotta delle iniezioni stesse. All'inizio dell'articolo viene ricordato il sollevamento avvenuto presso la Centrale Idroelettrica di Helsingheim sul fiume Neckar in Germania, ove un rettangolo di m 25 x 27,40 fu sollevato di parecchi centimetri dopo che si era raggiunto un cedimento differenziale di 10 cm.

Il caso descritto riguarda il cedimento di un fabbricato industriale

verificatosi durante l'esecuzione di pali trivellati a distanza di qualche metro dal fabbricato. Una volta iniziati, i cedimenti non si sono arrestati nemmeno dopo la fine del lavoro dei pali, continuando lentamente per parecchi mesi tanto che fu necessario puntellare la facciata e i solai del fabbricato. Per arrestarli, il Direttore dei lavori accettò di fare una prova d'iniezioni volta anche a sollevare il fabbricato.

Trattasi della raffineria d'olio Van Den Bergh's en Jurgens in Rotterdam: l'edificio, costruito all'inizio del secolo, è di tre piani con ossatura formata da muri esterni in muratura di mattoni pieni (spessore m 0,50) da pali e da travi metalliche; le fondazioni sono costituite da pali in legno diam. mm 300, di profondità presunta tra i 19 e i 21 metri (v. fig. 1).

Per l'ampliamento dello stabilimento fu progettata la costruzione di un fabbricato in adiacenza, le cui fondazioni furono previste mediante pali trivellati, diam. mm 320 e profondità m 20, realizzati per affondamento a secco di un tubo forma e asportazione del materiale dall'interno. Il lavoro cominciò nel settembre 1969 ma dovette essere sospeso perché i muri esterni del vecchio fabbricato, in vicinanza della zona decompressa, accusarono un cedimento che cresceva col tempo, iniziando con velocità di 5 mm per giorno. All'angolo del fabbricato (picchetto 3, vedi figg. 1 e 2) il cedi-

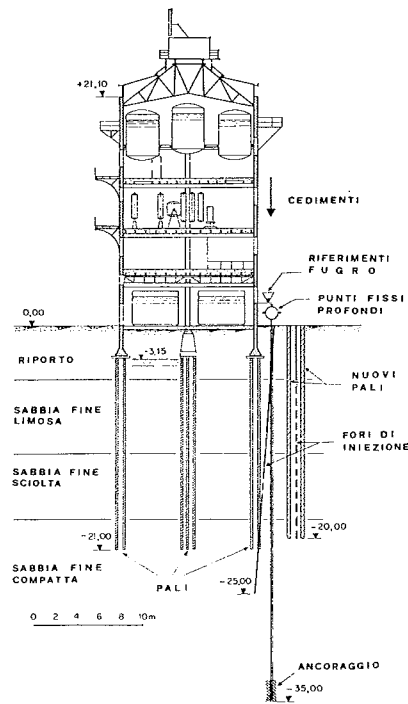


Fig. 1. - Sezione trasversale della raffineria.

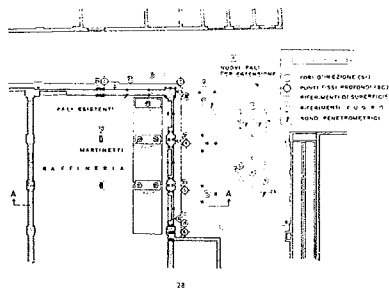


Fig. 2. - Planimetria.

mento raggiunse 13 mm, poi, dopo una breve sosta, progredì di nuovo alla velocità di 0,5 mm per giorno.

Prima d'iniziare le iniezioni per la stabilizzazione e il sollevamento della fabbrica se ne accertò lo stato delle fondazioni: le indagini furono svolte dal Laboratorio di Meccanica del suolo di Delft. La stratigrafia risulta dalla fig. 1, alcune curve granulometriche tipo sono riportate nella fig. 3. Le prove penetrometriche statiche mostrarono che la zona decompressa, creata attorno ai nuovi pali, sembrava prendere origine dallo strato tra i 9 e i 18 metri di profondità (vedi fig. 4). Alcuni piezometri siti nelle vicinanze registrarono le variazioni di livello della Meuse, che scorre a qual-

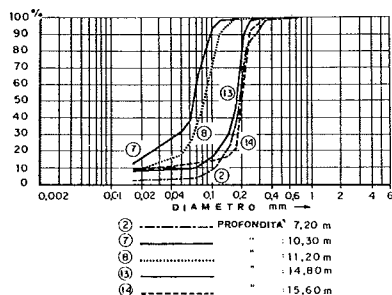


Fig. 3. - Composizioni granulometriche tipiche.

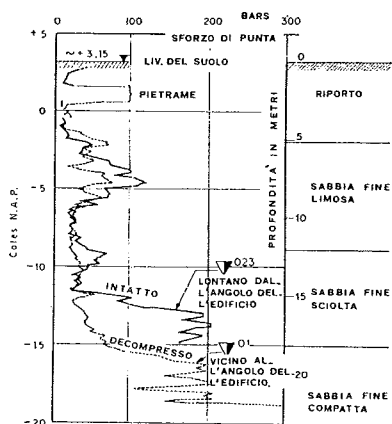


Fig. 4. - Profili penetrometrici statici.

che centinaio di metri dalla zona e che è soggetta a variazioni massime di circa m 1,20. La falda freatica trovasi a m 3,15 sotto il livello del suolo.

Un primo intervento consisté in un velo d'iniezioni, di spessore di m 1,20, eseguito attorno ai muri le cui fondazioni avevano subito danni. Lo scopo era di arrestare la propagazione delle decompressioni e quindi i cedimenti. I fori relativi, distanziati di 60 cm, vennero iniettati con geli duri di silicato. Malgrado ciò, i cedimenti della facciata continuarono con velocità costante e pari a 0,5 mm per giorno: il cedimento in vicinanza del picchetto 3 Fugro raggiunse mm 30,7. Poiché al difuori dei picchetti da 2 a 6 i muri e l'ossatura del fabbricato non avevano accusato movimenti sensibili, ne derivò una fessurazione della facciata di talché si dovette mettere in opera un dispositivo di supporto delle travi dei piani, all'interno del fabbricato, e all'esterno si dové costruire un sistema di sostegno provvisorio dopo aver separato dal fabbricato un gruppo di condotte del peso di 20 tonn. Anche con tali provvedimenti però il movimento del fabbricato fu solo rallentato e apparve chiaro che continuando così il fabbricato sarebbe crollato. Fu quindi proposto di realizzare:

- 1) un consolidamento del suolo mediante iniezioni di primo intervento, aventi lo scopo di ricomprimere il suolo al centro della zona decompressa, attorno ai pali della zona di espansione e attorno ai pali della raffineria;
- 2) un sollevamento del suolo attuato mediante claquages orizzontali atti a sollevare terreno e pali. Poiché si prevedeva di dover intervenire più volte in uno stesso foro d'iniezioni, risultò conveniente impiegare il tubo «à manchettes».

La fase esecutiva si giovò di una sonda a rotazione Hausherr con avanzamento tubato e circolazione di fango bentonitico. Il fango era addizionato di cemento perché ne fosse assicurata la solidificazione in caso di perdita di circolazione.

Tra i 12 e i 15 metri di profondità si riscontrò uno strato particolarmente instabile; durante l'esecuzione del primo foro (SI 15) il fango di circolazione risalì sino a m 3 sopra il terreno. Questo strato assorbì molto fluido di circolazione, che mediamente accusò perdite di 100 litri per metro di foro.

Circa la miscela da iniettare, non si trattava certo d'impregnare il terreno come per un consolidamento o una impermeabilizzazione ordinari, né di raggiungere distanze lontane dal punto d'iniezione. Si è pertanto utilizzata una miscela a base di cemento, la cui rigidità aumentava col tempo. Sono state impiegate le miscele distinte coi numeri 1, 2 e 4 della fig. 5. Sono stati iniettati, nell'ordine, da SI 15 a SI 18, da 5 a 20 m di profondità; da SI 19 a SI 24 da 10 a 25 metri di profondità. L'iniezione fu effettuata in ridità. Ciò allo scopo di evitare circolazioni di miscela nel terrapieno. L'iniezione fu effettuata in ritiro; la portata d'iniezione fu regolata su 0,14 litri/sec. Nella prima fase l'assorbimento di miscela fu stabilito in 120 litri per metro lineare; pressione media: 7,5 kg/cmq. Una seconda fase d'iniezione, negli stessi fori, vide la quantità di miscela portata a 240 litri/ml e la pressione media a 9,6 kg/cmq.

L'intervento ebbe inizio il 15 dicembre. Dal 15 al 20 il fabbricato restò fermo; il 20 si manifestarono i primi sollevamenti. Essendo il suolo consolidato, si poté effettuare il sollevamento. Si iniettarono, allo scopo, da SI 19 a SI 24 tra 20 e 25 metri di profondità, cioè sotto la base dei pali esistenti, in modo da ottenere il

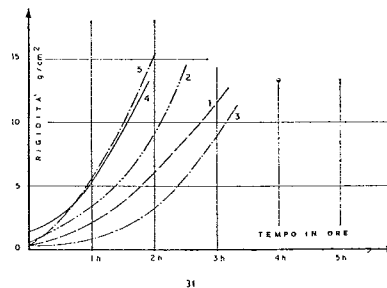


Fig. 5. - Evoluzione nel tempo della rigidità di una miscela bentonite-cemento con differenti additivi.

sollevamento omogeneo dei pali e del suolo. A richiesta del committente, il massimo sollevamento è stato limitato a 10 mm al picchetto n. 3. Si è passati anche 15 volte sullo stesso foro. L'ordine d'iniezione dei fori era adattato ai risultati via via conseguiti, per assicurare la continuità e l'omogeneità dei sollevamenti: si aumentarono i quantitativi iniettati e le pressioni sino a ottenere i risultati voluti, raggiungendo 480 l/ml e 20 kg/cmq.

Le segnalazioni di sollevamento furono ottenute con (vedi figg. 1 e 2): — picchetti profondi (barre metal-

liche con tubi di protezione, ancorate a 35 metri di profondità). N. 5 picchetti: da SC 2 a SC 6. I comparatori indicarono che i movimenti di marea della Meuse avevano effetto sulla fabbrica: si notò un movimento sincrono tra fabbrica e marea di ampiezza media 1 mm;

— altri picchetti furono fissati sulla muratura all'esterno e all'interno della fabbrica; altri sulla superficie del suolo;

— s'impiegarono inoltre dei segnalatori di apertura e chiusura di fessure, collegati a segnalatori acustici e luminosi.

#### RISULTATI:

1. — La fabbrica è stata sollevata lentamente e regolarmente. Nel corso del sollevamento ebbero anche a prodursi le stesse rotazioni, in senso inverso, che si erano prodotte durante gli abbassamenti. I sollevamenti si dimostrarono massimi in prossimità dei fori iniettati e crebbero regolarmente col volume iniettato: si è constatato che il sollevamento si è sviluppato molto più velocemente, in generale, dopo aver iniettato circa un metro cubo di miscela per foro. Prima del sollevamento può anche verificarsi un piccolo cedimento a causa del dislocamento dei granelli provocato dall'iniezione.

Non si può eseguire una correlazio-

ne fra pressione d'iniezione e sollevamenti. Infatti durante le successive iniezioni di un foro aumenta la compattezza del suolo nelle vicinanze del foro stesso, la miscela cammina, la pressione aumenta. Allorché si formano nuovi claquages, si verifica un abbassamento della pressione, e così via.

2. — Anche la superficie del suolo si è regolarmente sollevata, compensando, almeno in parte, i cedimenti iniziali. Si veda la fig. 6 ove sono

rappresentate le curve di livello dei sollevamenti. Dopo le iniezioni sono apparsi piccoli cedimenti residui, di entità trascurabile (0,7 mm). Per esser certi che le fondazioni fossero state restaurate, le si sottoposero a prove di carico, dopo aver abolito i sostegni provvisori, che durarono sei settimane. Fu applicato il carico massimo di esercizio, maggiorato del 20 per cento del sovraccarico massimo. Come carico si utilizzarono gruppi di martinetti, un serbatoio d'acqua, lingotti. Durante tali prove furono registrati cedimenti da 0,5 a 0,3 mm e fu dimostrata l'elasticità della fondazione perché si ebbe la reversibilità dei cedimenti stessi. In seguito l'escursione cedimenti-innalzamenti fu dell'ordine di 0,1 mm, cioè della precisione delle misure. La fabbrica fu così ripristinata.

Gli Autori della nota hanno indubbiamente riferito cose interessanti. Altrettanto interessanti sarebbero le osservazioni del progettista dell'opera di ampliamento della fabbrica, se volesse esporcele, specie riguardo ai motivi che lo hanno indotto a far eseguire i pali trivellati in vicinanza del fabbricato senza preventivi interventi volti ad evitare che i nuovi lavori turbassero il delicato equilibrio dei terreni di fondazione costituitosi sin dall'inizio del secolo.

(Franco Mercogliano)

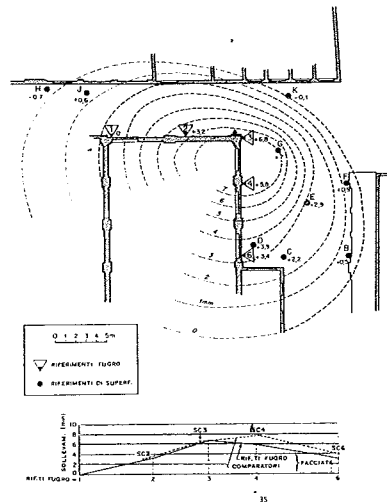


Fig. 6. - Sollevamento del suolo tra il 12 ed il 30 Gennaio 1970.