

Recensioni

FONDAZIONI SU TERRENI ESPANSIVI

Dall' 11 al 14 ottobre 1955 si è tenuta a Pretoria la I Conferenza Regionale Sud-Africana di Meccanica del Terreno e Tecnica delle Fondazioni.

La Conferenza comprendeva tre sezioni:

Sezione I - Fondazioni di manufatti su terreni espansivi

Sezione II - Fondazioni per strade e piste aeroportuali

Sezione III - Problemi di meccanica del terreno di particolare significato per il Sud Africa.

Sono state presentate complessivamente dodici comunicazioni, il cui testo è stato pubblicato nei « Transactions of the South African Institution of Civil Engineers », settembre 1955. Le discussioni tenute alla Conferenza sono state pubblicate nel fascicolo del dicembre successivo degli stessi Atti.

Qui di seguito recensiamo le comunicazioni presentate alla Sezione I della Conferenza.

Il fenomeno del sollevamento delle fondazioni - (*The phenomenon of heaving foundations*) - J. E. JENNINGS.

Il frequente verificarsi di lesioni in costruzioni leggere nell'altopiano Sud Africano rappresenta un problema che interessa da più di un secolo i tecnici del luogo. E' solo nell'ultimo decennio che si è definitivamente riconosciuto come la maggior parte di tali incidenti sia da attribuire a sollevamenti differenziali di punti di una stessa costruzione.

Si manifesta una distorsione « a cupola » della struttura, particolarmente evidente in costruzioni leggere con pareti molto allungate.

Il fenomeno si presenta in quei terreni, generalmente argillosi, che hanno raggiunto condizioni di equilibrio con il clima circostante, in uno stato cioè di essiccamento avanzato. Un mutamento delle condizioni ambientali, come può essere il ricoprimento con un'opera di fondazione, ostacola il processo naturale di evaporazione: si determina così un incremento del contenuto di acqua del terreno, al quale consegue l'espansione del terreno stesso.

KANTEY ha formulato tre criteri per riconoscere la rigonfiabilità di un terreno:

- a) condizioni naturali di essiccamento;
- b) falda freatica profonda (come diretta conseguenza del precedente);
- c) presenza di minerali dotati di « attività ».

Metodi sicuri per la valutazione del grado di essiccamento di un terreno non sono ancora stati messi a punto, ed ancora il procedimento più consigliabile è l'esame diretto in sito.

Quelle formazioni argillose, ad esempio, che hanno subito un notevole ritiro per essiccazione, si presentano spesso abbondantemente fessurate e con ben marcate superfici di scorrimento al contatto con la formazione più stabile sottostante.

I noti metodi per il riconoscimento della attività di un materiale, basati sull'impiego delle carte di plasticità e di attività, sono senza dubbio un'utile indicazione: peraltro, mai potendosi prescindere dalle condizioni di umidità, l'A. ritiene auspicabile la definizione di un indice diretto per la rigonfiabilità, comprensivo dell'attività dei costituenti argillosi e delle condizioni di essiccamento.

Nel fenomeno evidente del rigonfiamento di un terreno al disotto di una costruzione, l'A. distingue un sollevamento generale indefinito da attribuirsi al progressivo aumento di umidità del terreno e che va crescendo verso la parte centrale della costruzione dove l'evaporazione dell'acqua di origine meteorologica avviene sempre più difficile; ad esso si sovrappone una oscillazione stagionale, più sentita lungo i bordi, che si fa risentire dannosamente in un periodico variare della configurazione distorta della struttura sovrastante.

L'A. conclude riassumendo i tre procedimenti costruttivi generali di cui l'esperienza ha confermato la efficacia nella risoluzione dei problemi connessi alle opere di fondazione su terreni espansivi:

a) Fondazioni profonde (palificate di ancoraggio) fino a raggiungere le formazioni non interessate dal fenomeno del rigonfiamento, generalmente in prossimità del livello di falda.

b) Strutture sufficientemente rigide da assorbire le disuniformità delle reazioni del terreno.

c) Strutture molto flessibili costituite da elementi possibilmente indipendenti fra di loro.

Genesi e distribuzione di tipi di terreni espansivi in Sud Africa (*The genesis and distribution of expansive soil types in South Africa*) - A. B. A. BRINK.

L'A. elenca i principali tipi e le caratteristiche dei terreni espansivi che più frequentemente si incontrano nella regione Sud Africana.

La classificazione si basa essenzialmente sulla loro genesi, secondo i due gruppi fondamentali: *terreni re-*

siduali derivanti dall'alterazione in sito di rocce ignee, metamorfiche, sedimentarie; e *terreni di trasporto* in cui l'azione degli atmosferici è proseguita dopo il deposito dei terreni stessi. In ogni caso la rigonfiabilità è connessa con il contenuto di sostanze argillose: fra di esse i minerali del gruppo della montmorillonite sono di gran lunga i più attivi.

Terreni Residuali da Rocce Ignee

1) Terreni derivanti da noriti e da basalti.

Gran parte dei terreni espansivi che nella regione vanno sotto il nome di « black turf » sono il prodotto della decomposizione di noriti e di basalti. Così le *argille nere subtropicali*, che si rinvengono nelle foreste del Transvaal centrale, derivano dai gabbri (noriti) del Complesso Magmatico e dai basalti amigdaloidei di Stormberg. Questi ultimi costituiscono anche la roccia originaria delle *argille nere montane* del Basutoland. I costituenti mineralogici di entrambi sono essenzialmente plagioclasio e pirosseni.

Di solito si rinvengono una coltre di questi materiali argillosi di non più di 4÷5 piedi, che direttamente ricopre la roccia originaria parzialmente decomposta: talvolta prima di questa può incontrarsi uno strato di calcare detritico.

Le deficienti condizioni di drenaggio connesse con la bassa permeabilità di queste argille, favoriscono la formazione delle montmorilloniti.

2) Terreni derivanti da diabasi ed andesiti.

La serie stratigrafica normale della zona di Pretoria presenta frequentemente intrusioni di diabase e di lave andesitiche. L'alterazione di queste rocce porta a delle formazioni espansive costituite da strati di materiale giallastro essenzialmente montmorillonitico sottostanti ad una terra rossa caolinica. Il tutto è generalmente ricoperto da sabbie e ghiaie quarzitiche rosso-brune. La formazione della Kaolinite, pur essendo la composizione mineralogica di diabasi e andesiti sostanzialmente simile a quella dei basalti (plagioclasio e pirosseni), è attribuita dall'A. alle diverse condizioni di drenaggio, che in questo ambiente è favorito dalla presenza dei granuli di quarzite.

3) Terreni derivanti da rocce ignee acide.

Rilevando come in linea generale rocce con alto tenore di quarzo possano difficilmente dar luogo a terreni espansivi, l'A. riferisce di qualche raro rinvenimento di terreni scuri torbosi, all'apparenza rigonfiabili, nella zona collinare del Rustenburg nord-occidentale ed in certe località della Rhodesia, dove sembrerebbero ricoprire rocce granitiche e ornbendiche.

Terreni Residuali da Rocce Sedimentarie

1) Terreni derivanti dagli argilloscisti e dalle marne del Karroo.

In vaste zone dell'Orange si incontrano formazioni di argilloscisti e marne attribuite al cosiddetto Sistema Karroo, che frequentemente si presentano alterate e ricche di minerali montmorillonitici, quindi forte-

mente espansive. Quasi sempre queste rocce si trovano ricoperte da una coltre di una diecina di piedi e più di argilla rimaneggiata, probabilmente ancora più rigonfiabile delle rocce alterate sottostanti. L'argilla è piuttosto permeabile, essendo intimamente mescolata coi granelli della sabbia eolica superficiale, depositatisi nelle numerose fessure provocate dalle variazioni stagionali di umidità.

2) Tillite di Dwyka.

La formazione di Tillite di Dwyka su cui è fondata in gran parte la città di Vryburg, nella Provincia nord-orientale del Capo, si presenta in superficie profondamente alterata in una argilla montmorillonitica con ciottoli di varia natura, fortemente rigonfiabile.

Terreni Espansivi di Trasporto

I depositi alluvionali e lacustri del Quaternario ricoprono vaste zone dell'Unione e spesso presentano spiccate caratteristiche di rigonfiabilità.

Come esempio tipico, l'A. cita la serie stratigrafica di Vereeniging: dopo una coltre superficiale lateritica, si incontra uno strato di argilla sabbiosa grigia o a macchie giallo-grigie, con numerosi piani di scorrimento, prevalentemente costituita di Ca-montmorillonite, talvolta con qualche intercalazione di calcare che si ritrova anche in frammenti detritici nella massa argillosa.

L'argilla è delimitata alla base da uno straterello di ghiaia dilavata (pebble marker) che altro non è che l'antico letto del fiume che depositò i materiali superiori.

Il « pebble marker » può ritenersi la linea di demarcazione stratigrafica con le rocce sottostanti del pre-quaternario, che possono essere costituite dalle formazioni più diverse, come i silt micacei e le argille a varva residuali del Karroo, o anche dolomite, diabase, ecc.

Conclusioni

Una rassegna del genere rappresenta per il tecnico un'utile guida nel riconoscimento di quei terreni che presentano il pericolo della rigonfiabilità: un'approfondita conoscenza della loro genesi e morfologia può fornire preziosi suggerimenti durante la progettazione di un'opera di fondazione.

Il meccanismo del rigonfiamento (*The Mechanism of heaving*) - C. M. A. DE BRUIJN.

Qualsiasi tentativo di determinare le leggi fisiche che regolano il fenomeno del rigonfiamento di una roccia sciolta si traduce nella soluzione dei due aspetti fondamentali del problema: individuare cioè la relazione che intercorre fra aumento di volume e variazione del contenuto di umidità, e le leggi che governano l'ingresso dell'acqua nel terreno.

L'A. riassume i tentativi sin qui compiuti per dare al problema una impostazione direttamente derivata da alcuni noti principi e leggi della termodinamica, e

riferisce di un'attrezzatura di laboratorio sperimentata dal National Building Research Institute per la misura della espansione di un provino di terreno rigonfiabile.

Per un determinato campione di terreno, supposto omogeneo, il volume specifico v (volume per unità di peso dei granelli) dipenderà dal contenuto d'acqua m , dalla pressione circostante P e dalla temperatura T , cioè in una forma del tutto analoga all'equazione di stato della termo-dinamica,

$$v = v(m, P, T)$$

Se in particolare il materiale è saturo

$$(1) \quad v = v_1 m + v_2$$

dove v_1 e v_2 sono rispettivamente il volume specifico dell'acqua e dei granelli per date condizioni di P e T .

Una variazione di contenuto d'acqua Δm si traduce quindi in una variazione di volume $v_1 \Delta m$; v_1 rappresenta dunque l'espansione per variazione di contenuto d'acqua unitaria, od *espansione specifica*.

La (1) può estendersi anche ai materiali non saturi: conservando a v_1 il significato di variazione di volume per incremento unitario di umidità essa assumerà valori inferiori al volume specifico dell'acqua ordinaria e dipendenti da m .

L'apparecchio descritto dall'A. ha appunto lo scopo di determinare in laboratorio l'espansione specifica di un campione di terreno a diversi contenuti d'acqua.

Consiste di una scatola ermeticamente chiusa entro cui viene collocato il provino cilindrico (75 x 25 mm) circondato da una membrana di gomma. Sulla faccia superiore è disposta una piastra porosa portante un tubo flessibile di rame in comunicazione con l'esterno per l'uscita dell'aria dai pori.

Attraverso la piastra inferiore possono aggiungersi da una buretta graduata quantità note di acqua (5 cm³ alla volta), mentre l'interno della scatola è riempito di liquido incompressibile, che consente la determinazione delle variazioni di volume occorse e trasmette al provino, attraverso la membrana, una pressione costante e definita. Le prove vengono effettuate in una stanza a temperatura controllata e per di più l'apparecchio è tenuto in termostato.

L'A. comunica i risultati di prove su terra di Veereening rimaneggiata, effettuate a pressione atmosferica, fra un contenuto d'acqua iniziale del 6% ed un limite di rigonfiamento (*) del 21%. Sono riportate le curve espansione-tempi per ciascuna aggiunta d'acqua: esse mostrano evidente l'effetto della diminuzione di permeabilità con il crescere del contenuto d'acqua. Infine dal diagramma finale espansione-contenuto d'acqua si ricava una variazione di volume specifica media 0,3 cm³/gr.

Una volta individuata la relazione fra variazione del contenuto d'acqua ed aumento di volume, la valutazione del fenomeno del rigonfiamento andrebbe completata con lo studio del moto dell'acqua nel terreno. A tal proposito l'A. riassume l'impostazione analitica del fenomeno in termini termodinamici già data da

PRIGOGINE e DE GROOT (**), limitandosi alla posizione delle equazioni fondamentali che sono alla base del problema.

Infine prima di concludere vengono rapidamente passati in rassegna alcuni dei metodi sperimentali più noti per la determinazione dell'affinità all'acqua di un terreno; proprietà questa di manifesta importanza nel valutarne la rigonfiabilità.

Più semplice delle analisi mineralogiche è il metodo del glicolo che fornisce una misura della superficie specifica esterna dei granelli di un'argilla. Un gruppo a parte di metodi, infine (metodo della piastra assorbente, dell'essiccatore, del punto di gelo, della resistenza elettrica, ecc.) forniscono il valore del *potenziale specifico di assorbimento dell'acqua*, definito come l'energia necessaria a rimuovere l'unità di peso di acqua da un elemento di terreno, adiabaticamente ed a volume totale costante.

Pratiche esperienze di palificate in terreni espansivi

(*Practical experiences of piled foundations in expansive soils*) - P. R. WADE.

La scoperta di nuovi giacimenti auriferi nell'Orange portò ad uno sviluppo molto rapido di costruzioni, particolarmente nei distretti minerari di Odendaalsrus, Welkom e Virginia.

La morfologia della zona è assai somigliante a quella del Texas americano, per la presenza di estese formazioni di argilla rigonfiabile.

Le prime costruzioni, eseguite senza particolari accorgimenti per le fondazioni, non tardarono a presentare lesioni evidenti, provocate dal diseguale rigonfiamento del piano di posa.

Le fondazioni su pali, sino allora evitate per l'alto costo degli impianti e della mano d'opera specializzata, cominciarono ad essere prese in considerazione come una possibile soluzione del problema, realizzando, con pali a base allargata, un ancoraggio negli strati sottostanti stabili. Pali di piccolo diametro, sperimentati in un primo tempo per ridurre i costi, risultarono di efficacia assai scarsa e si ritrovarono molto spesso troncati.

Si rendeva quindi necessaria la messa a punto di attrezzature per l'esecuzione di fori di grande diametro attraverso formazioni argillose che con la profondità si presentavano sempre più consistenti, fino a passare ad argille laminate e argilloscisti molto duri. Nel substrato rigido inoltre era necessario procedere all'allargamento della base del foro, che veniva realizzato con benne speciali munite di lame apribili alla profondità voluta.

L'A. riferisce alcune soluzioni di situazioni tipiche nei distretti citati, con palificate in gran parte da lui personalmente dirette, in qualità di Direttore Generale della Franki Piling Co. S. A.

Nella zona di Welkom, la roccia del substrato era costituita da arenaria abbastanza consistente, ad una

(**) PRIGOGINE I.: "Etude thermodynamique des processus irréversibles" (Thesis) - (Liege, 1947).

DE GROOT S. R.: "Thermodynamics of irreversible processes". North-Holland Publishing Company (Amsterdam, 1952) Ch. 7.

(*) Contenuto di umidità al quale ha termine l'espansione del materiale.

profondità di 20 ÷ 25 piedi. Quivi si è avuto uno degli esempi più felici di palificazioni di ancoraggio, con le fondazioni del nuovo edificio dei Bazaars O. K. eseguito nel 1950 ed il cui comportamento si è dimostrato sinora più che soddisfacente.

Il procedimento adottato consisteva nell'eseguire una trivellazione da 30" fino a penetrare nell'arenaria solida a 20 ÷ 27 piedi di profondità, procedendo quivi all'allargamento del foro ad un diametro massimo di 7 piedi. Gettato il calcestruzzo per la formazione della base ed ancoratavi la gabbia di armatura, veniva calato un rivestimento temporaneo da 24" entro cui veniva completato il getto del fusto.

Particolare interesse ha rivestito in questa opera l'accorgimento adottato di riempire di cenere di caldaia l'intercapedine di circa 3" che si veniva a formare fra il rivestimento e le pareti del foro primitivo; si realizzava così una separazione permanente fra il calcestruzzo del palo ed il terreno circostante, eliminando il pericolo di attrito negativo (diretto verso l'alto nei terreni rigonfiati).

Difficoltà si riscontrarono in pratica specie nell'operazione di estrazione delle tubazioni: l'A. con i suoi collaboratori studiò e realizzò un tipo di rivestimento apribile a cerniera mediante il comando di una barra verticale azionante una camma. Essendo il rivestimento suddiviso in sezioni di 4 m, particolare studio richiesero il sistema di giunzione dei vari elementi di tubo e della barra di comando.

Di diversa natura furono le difficoltà incontrate in varie palificazioni eseguite nella zona di *Harmony*

e *Virginia*. Più di una volta, dopo modesti spessori (4 ÷ 5 piedi) di argille laminate piuttosto tenere, si incontrarono degli argilloscisti grigio-azzurri di tale durezza che l'usuale attrezzatura per l'allargamento dei fori non riuscì ad intaccarli, rimanendo anzi seriamente danneggiata, e costringendo l'imprenditore a ricorrere all'impiego di magli a vapore.

Non molto differente si presentava la situazione ad *Odendaalsrus* dove le argille superficiali, abbastanza molli, cedono il posto, verso profondità di 20 ÷ 25 piedi, ad argilloscisti verdi di notevole durezza. Non essendosi però avuto finora uno sviluppo di costruzioni paragonabile a quello delle altre zone, i rari esempi di palificazioni eseguite non consentono ancora di tirare delle conclusioni.

Come risultato dell'esperienza fatta in queste zone, l'A. ritiene di poter concludere che le palificazioni di ancoraggio con base allargata rappresentino senz'altro una soluzione positiva del problema delle fondazioni in terreni espansivi, ed osservando come di particolare efficacia si siano rivelati quei pali per i quali erano stati presi speciali provvedimenti per evitare l'attrito negativo, riferisce di un sistema di rivestimento economico studiato dalla sua organizzazione, consistente in fogli di cartone retinato in acciaio che per la loro leggerezza e flessibilità possono essere facilmente sistemati in opera, nelle dimensioni e forma richieste, e per il loro basso costo possono andar perduti senza danno.

T. Silvestri

DIGA DI FOLSOM (California) - INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

Investigations, areal and engineering geology - Folsom dam project, Central California - KIERSCH G. A. e TREASHER R. C., Econ. Geol., 50, 3, Maggio 1955, pp. 271-310, 11 figure.

In questa nota gli AA. descrivono il progetto del lago artificiale di Folsom sull'American River al piede della Sierra Nevada (California Centrale), fornendo dati precisi relativi all'aspetto geologico-tecnico ed economico del problema.

Le caratteristiche geologiche della zona hanno avuto importanza decisiva nello studio e nella realizzazione dell'opera, imponendo talvolta la esecuzione di lavori non previsti in fase di studio preliminare.

In particolare, il tipo delle opere, la successione dei lavori e numerose clausole contrattuali degli appalti furono direttamente determinati dalle condizioni geologiche della regione.

Per la creazione del lago artificiale di Folsom è stata necessaria la costruzione di dieci dighe di varia importanza per complessivi 8 Km di lunghezza. Sono state costruite: una diga a gravità trascinabile,

alta m 106 e lunga in cresta m 420 sull'asta principale dell'American River; una diga ausiliaria in terra di 49 m di altezza che sbarra un alveo abbandonato del fiume e otto piccole dighe di minore importanza per chiudere alcune selle con quota di fondo inferiore a quella di massimo invaso.

La realizzazione completa del progetto ha richiesto l'impiego di 10 milioni di m³ di terra, 1,5 milioni di m³ di calcestruzzo ed è costata 65 milioni di dollari; il volume del serbatoio è di oltre 1 miliardo di m³.

La centrale sviluppa 162.000 kW con 3 turbine Francis, ciascuna da 74.000 kW, sotto una caduta di 90 m circa. Lo scarico avviene in un canale a pelo libero lungo 5 Km.

Schema geomorfologico della regione

Il bacino imbrifero dell'American River ha una area di circa 5160 Km² e le sue acque defluiscono attraverso tre corsi principali: il Nord, il Medio e il Sud Fork. La maggior parte degli afflussi è rac-