

CONFERENZA EUROPEA SULLA STABILITÀ DELLE SCARPATE

(Svezia - settembre 1954)

GIOVANNI RODIO (*)

SOMMARIO. — L'articolo offre un breve resoconto della III Conferenza Europea di Geotecnica, svoltasi in Svezia nel settembre dello scorso anno e dedicata alla «stabilità delle scarpate».

Si accenna in forma sintetica agli argomenti discussi nel corso delle sedute, ai sopralluoghi effettuati in alcune località colpite da frane di singolare entità, ed alle più recenti attrezzature geotecniche di laboratorio e di cantiere realizzate dall'Istituto Geotecnico Svedese.

L'Istituto Geotecnico Svedese, in collaborazione con l'Associazione Geotecnica Svedese e col contributo finanziario di enti pubblici e privati, ha organizzato in Svezia la terza Conferenza Europea di Meccanica delle Terre, che fa seguito alle riunioni di Londra (1950) e di Parigi (1952), dedicate rispettivamente ai problemi della resistenza al taglio e della portata dei pali.

Gli argomenti di questa terza conferenza, il cui tema generale era costituito dalla «stabilità delle scarpate», sono stati così raggruppati:

- 1) - Teoria generale sulla stabilità delle scarpate.
- 2) - Stabilità delle scarpate in argille sature, non fessurate.
- 3) - Frane in argilla ad elevata sensibilità («quick clays»).
- 4) - Stabilità a lunga scadenza e considerazioni riguardanti le argille rigide fessurate («stiff-fissured clays»).
- 5) - Influenza delle acque sotterranee sulla stabilità delle scarpate.
- 6) - Stabilità delle scarpate nelle dighe in terra.

Era stata prevista una settima sessione sulla stabilità delle scarpate sabbiose, ma fu poi soppressa, non essendo pervenuta alcuna comunicazione sull'argomento.

Le sedute della conferenza hanno avuto luogo presso la sede dell'Associazione degli Architetti nei giorni 21, 22 e 24 settembre, sotto la presidenza, a turno, del dr. GOLDER, direttore della Soil Mechanics Ltd. di Londra, del prof. KERISEL dell'Ecole Nationale des Ponts et

Chaussées di Parigi e del dr. SAMSIÖE, ingegnere consulente della Vattenbyggnadsbyran (VBB) di Stoccolma.

Il programma della riunione prevedeva inoltre due escursioni, nei giorni 20 e 23, ed una visita al Laboratorio Centrale dell'Istituto Geotecnico Svedese a Stoccolma. Nella mattinata del giorno 20 per i congressisti convenuti a Göteborg fu predisposto un interessante itinerario lungo la valle del Göta, una regione che fin da epoche lontane è stata sede di fenomeni franosi di notevoli proporzioni, dei quali sono tuttora visibili le conseguenze; mete principali sono state le località di Surte e di Guntorp. La frana di Surte [4], sviluppatasi nell'anno 1950 su un fronte di circa 400 m e su una lunghezza di circa 600 m, interessò la strada principale, la linea ferroviaria ed una trentina di case, che furono trascinate verso il fiume per distanze variabili fra 50 e 150 m, e provocò l'ostruzione del Göta, sollevandone il letto di quasi 10 metri. La frana di Guntorp interessò nel 1953 un rilevato ferroviario su un tratto di 60 m della linea Göteborg-Kil [2].

Nel pomeriggio dello stesso giorno, lasciata la valle del Göta e proseguendo verso est, si raggiunse la località di Sköttorp, nella valle del Lidån, dove nel 1946 una frana di eccezionali proporzioni causò l'ostruzione del fiume su un tratto di 800 metri [5].

Da Skövde, dove si giunse nel tardo pomeriggio, la comitiva si diresse poi in serata verso Stoccolma su treno speciale.

La seconda escursione ha avuto come meta il cantiere sperimentale di Uppsala, dove i dirigenti ed i tecnici dell'Istituto Geotecnico Svedese hanno illustrato e dimostrato con applicazioni dirette il funzionamento dei più recenti apparecchi realizzati per indagini geognostiche e geotecniche *in situ*.

(*) Dr. h.c. Ing. Giovanni Rodio, Titolare dell'Istituto Geotecnico Rodio, Consulente per lavori di fondazione.

Il comitato di organizzazione della conferenza aveva limitato il numero dei partecipanti, fissando un contingente massimo per ogni nazione.

Fra i 65 membri, delegati dalle associazioni geotecniche di 14 paesi, era presente in rappresentanza dell'Italia, il Dr. h. c. Ing. G. Rodio, accompagnato dall'Ing. TORNAGHI, dell'Istituto Geotecnico Rodio.

Prima dell'apertura della conferenza erano stati inviati ai membri i testi di 23 memorie, raccolti in due volumi [1] ed in due pubblicazioni separate [2] [3].

Le discussioni svolte nelle 6 sessioni hanno avuto per oggetto, oltre alle critiche ed osservazioni sulle memorie pubblicate, anche diverse nuove comunicazioni; non avendo gli organizzatori ritenuta possibile la pubblicazione del testo integrale degli interventi alla discussione, data la mole dei contributi, è stato richiesto agli autori di ridurre le rispettive comunicazioni in forma succinta. Tali riassunti saranno prossimamente pubblicati a cura della rivista *Géotechnique*.

Faremo ora una breve cronaca delle sedute, citando per sommi capi gli argomenti principali delle discussioni e richiamando a titolo di riferimento i temi svolti nelle memorie pubblicate precedentemente.

Dopo una breve presentazione del Dr. SAMSOE, primo presidente di turno, il prof. SKEMPTON rivolge ai convenuti il discorso inaugurale.

L'oratore esordisce ricordando le precedenti conferenze tenute a Londra e Parigi ed auspicando il più vivo successo per l'attuale, che non avrebbe potuto essere assegnata a sede più degna; è noto infatti come la Svezia sia tra le nazioni europee più progredite nel campo della geotecnica, grazie al contributo passato e presente di tanti valenti tecnici e scienziati (un caloroso ed unanime applauso viene tributato al vecchio FELLENIUS, presente nell'aula).

SKEMPTON affronta poi il tema della conferenza, con una esposizione di carattere generale sulla classificazione delle argille e sui criteri di scelta dei metodi d'indagine sperimentale più appropriati per la determinazione dei coefficienti utili ai calcoli di stabilità; tale problema è in effetti d'importanza fondamentale, in quanto sono note le difficoltà e le incertezze che nascono quando si devono stabilire le modalità esecutive od interpretare i risultati delle indagini sperimentali sulla resistenza al taglio, onde tradurli in parametri quantitativi.

L'oratore conclude affermando l'utilità di raccogliere una esauriente documentazione di casi e l'opportunità, in occasione dell'attuale conferenza, di orientare le discussioni sul problema proposto.

Ma vedremo purtroppo che i dibattiti, che avranno per protagonisti essenzialmente gli inglesi, non giungeranno a chiarire del tutto la questione, limitata da parte loro alle argille della regione londinese (surconsolidate e fessurate). D'altro canto invece gli svedesi si mostreranno sicuri e soddisfatti dei risultati ottenuti sulle loro argille (glaciali e postglaciali) con i metodi d'indagine da loro messi a punto ed applicati (se ne accennerà al termine della presente nota, riferendo sulla visita al cantiere sperimentale di Uppsala).

Per la prima sessione, dedicata alla teoria generale, erano state pubblicate 6 memorie. BISHOP e CAQUOT espongono nei rispettivi rapporti due metodi di calcolo basati su criteri più rigorosi di quelli usati nella pratica

ordinaria, ma che naturalmente esigono la massima precisione nella determinazione dei coefficienti sperimentali.

JAKOBSEN (Svezia) riferisce i risultati di alcuni studi condotti per l'individuazione di eventuali condizioni di anisotropia in argille varvate e postglaciali svedesi. KJELLMAN espone alcune critiche personali, peraltro un po' cavillose, sul concetto di « superficie di slittamento » intesa come superficie matematica in senso stretto.

FRONTARD (Francia) si richiama ai criteri informativi della teoria da lui esposta nel 1922, per precisarne il campo di applicazione ed affermarne la validità, senza peraltro negare l'attendibilità della teoria successivamente enunciata da FELLENIUS, basata su altri presupposti, ma anche limitata ad un diverso campo di applicazione.

FROELICH chiude la serie delle memorie pubblicate con una rassegna critica dei principali metodi elaborati per il calcolo della stabilità delle scarpate.

La prima sessione ha registrato fra tutte il maggior numero di interventi e forse i più vivaci. Gli argomenti più dibattuti erano costituiti dalla definizione di fattore di sicurezza e dalla meccanica delle frane.

Al dibattito sulla prima questione hanno contribuito particolarmente FROELICH, KJELLMAN e LAZARD (Francia).

Per quanto concerne l'esposizione di FROELICH rimandiamo al suo rapporto. KJELLMAN da parte sua ribadisce il criterio contenuto nella definizione di FELLENIUS, che è quella correntemente utilizzata, mentre LAZARD ha cercato di ampliare il concetto di sicurezza facendo intervenire nozioni di statistica e di calcolo delle probabilità ed esponendo principi che per ora potranno sorprendere ma che, secondo l'oratore, porteranno fra qualche anno ad una valutazione perfettamente logica del fattore di sicurezza.

Numerosi altri interventi si sono avuti sullo stesso tema, anche nei giorni successivi, ma spesso si traducevano in disquisizioni cavillose o confuse.

Quanto alla questione se gli scorrimenti si producano gradualmente od istantaneamente, lungo superfici piane o circolari o d'altra forma, una polemica sorta fra FRONTARD e KJELLMAN, sostenitore questi ancora una volta del criterio di FELLENIUS, è stata composta dall'intervento conciliante di LAZARD; questi ha infatti reso noto che da una serie di calcoli da lui condotti, applicando i due metodi, aveva dedotto nei risultati differenze di ordine minimo, concludendo che l'attendibilità del metodo di FELLENIUS non implica l'impossibilità di scorrimenti graduali e quindi l'incompatibilità con il presupposto di FRONTARD.

Per la seconda sessione erano state pubblicate 3 memorie. Nella prima GOLDER e PALMER (Inghilterra) riportano i risultati delle indagini svolte in occasione della rottura di un argine. Nella seconda memoria RAEDSCHELDERS (Belgio) riferisce sulla progettazione di un canale della profondità di oltre 40 m, ricavato attraverso formazioni di argille terziarie. KJELLMAN nella terza memoria fa una breve trattazione sulla meccanica delle grandi frane svedesi, richiamandosi ad alcuni casi tipici.

Le discussioni sono state in particolare orientate sulla validità della « vane test » [8], sull'influenza della variazione del tenore in sali dell'acqua interstiziale, sulle proprietà meccaniche delle argille scandinave.

La prima questione, proposta nella nota di GOLDER e PALMER (i quali affermavano che le « vane tests » possono dare valori della resistenza al taglio in eccesso nei casi di rottura progressiva in argille ad elevata sensibilità), solleva alcune obiezioni da parte di BJERRUM (Norvegia), che sulla scorta di numerose esperienze condotte in Norvegia non può convenire con le conclusioni degli autori inglesi.

La seconda questione viene discussa esclusivamente da svedesi e norvegesi (ROSENQVIST, KJELLMAN, JAKOBSEN); si tratta in effetti di un problema di primaria importanza per i paesi scandinavi, dove le recenti esperienze hanno dimostrato come la resistenza al taglio dei depositi di argille marine postglaciali venga gradualmente ridotta per asportazione di sali in seguito ai movimenti delle acque sotterranee; si ha in altri termini un progressivo aumento della « sensibilità », che porta alla trasformazione di argille ordinarie in « quick clays ».

L'argomento interessa quindi anche la terza sessione dedicata appunto alle argille estremamente sensibili, ed è trattato nelle due memorie presentate da BJERRUM, direttore dell'Istituto Geotecnico Norvegese.

Nella seconda memoria, dedicata ai problemi di stabilità delle scarpate naturali in « quick clays », l'A. accenna ad un programma di indagini su vasta scala, già in fase di attuazione.

Nella terza sessione si sono avuti, fra i più interessanti, gli interventi di CAMBEFORT (Francia) e DE NIE (Olanda), che hanno riferito su una serie di casi concernenti argille francesi, algerine ed olandesi, e di KERISEL (Francia), che si è richiamato alle interessanti esperienze eseguite da GEUZE e TJONG-KIE al Laboratorio di Delft, per chiarire i fenomeni connessi alle argille estremamente sensibili.

Due sole memorie erano state pubblicate per la quarta sessione; autori gli inglesi HENKEL e SKEMPTON ed i polacchi PIETKOWSKI e ZALEWSKI, questi ultimi assenti.

I contributi alla discussione sono stati scarsi e limitati per lo più ai problemi inerenti alle argille della regione londinese, sui quali gli inglesi hanno espresso pareri per lo più discordi.

Per la quinta sessione erano state presentate 4 memorie.

Gli jugoslavi NONVEILLER e SUKLJE e gli inglesi WARD, PENMAN e GIBSON espongono lo studio di due casi registrati nei rispettivi paesi.

KJELLMAN, autore delle altre due memorie, tratteggia il programma di indagini su vasta scala intraprese per la verifica della stabilità delle scarpate argillose nella valle del Göta in seguito all'allarme destato dalla grande frana di Surte [4] ed analizza succintamente l'influenza delle acque sotterranee sulla stabilità delle scarpate interessanti le argille tipiche svedesi (tenere, saturate e non-fessurate).

Gli argomenti delle memorie di KJELLMAN sono stati oggetto di qualche intervento da parte degli svedesi.

Fra gli altri contributi alla discussione, citiamo fra i più interessanti quelli di DREYFUSS (Francia), che

richiamandosi alle frane di Bou-Hanifia (Algeria) ha posto l'attenzione sull'importanza dell'analisi chimica nello studio dei fenomeni franosi connessi al movimento delle acque sotterranee, di SUKLJE, che ha riferito sui provvedimenti adottati in una serie di casi, e di CAMBEFORT, che ha citato alcuni esempi di stabilizzazione ottenuta mediante drenaggi orizzontali.

Sulla stabilità delle scarpate nelle dighe in terra, argomento della sesta ed ultima sessione, erano presentate: una trattazione di carattere generale da parte di REINIUS (Svezia), un'analisi matematica di SAMSOE sulla stabilità del paramento a valle [3], una nota di MAYER e HABIB (Francia) sulle variazioni della pressione interstiziale nelle terre a bassa permeabilità ed una nota di KEIL e JAENKE sui risultati di alcune applicazioni del metodo HYDRATON brevettato dal prof. KEIL (Germania), che ne aveva esposto il principio in una memoria del congresso di Zurigo (1953).

La nota di MAYER e HABIB ha sollevato qualche obiezione da parte di NONVEILLER; questi è pure intervenuto con ODENSTAD per criticare i risultati dello studio di SAMSOE, in favore del quale si è invece espresso BISHOP, citando un esempio.

L'organizzazione della conferenza è stata encomiabile, per la meticolosità con la quale il programma (non solo per la parte scientifica, ma anche per quella ricreativa) era stato previsto e curato in tutti i dettagli.

L'Istituto Geotecnico Svedese ha avuto poi modo di dimostrare ai rappresentanti degli altri paesi europei l'alto livello raggiunto dalla Svezia, per opera dei suoi dirigenti e dei suoi tecnici nel campo della geotecnica sperimentale; a tale proposito riferiremo brevemente sulle visite fatte al Laboratorio Centrale ed al cantiere sperimentale di Uppsala.

Al Laboratorio di Stoccolma l'organizzazione del lavoro è stata razionalmente concepita, curando nei minimi dettagli la funzionalità degli apparecchi, meccanizzandoli e dotandoli di dispositivi autoregistratori; in tal modo l'esecuzione delle prove viene resa più agevole, rapida e sicura.

Fra gli apparecchi di più recente realizzazione sono particolarmente degni di nota: un apparecchio automatico per prove di compressibilità ad espansione libera, un edometro con dispositivi di registrazione automatica dei carichi e delle deformazioni, uno speciale apparecchio per prove di taglio su materiali a granulometria grossolana (elementi fino a 50 mm) ed un edometro speciale, sempre per materiali grossolani, concepito in modo da rendere possibile la misura del modulo di elasticità e del coefficiente di Poisson.

Al cantiere sperimentale di Uppsala si è avuto poi modo di esaminare e di vedere in funzione i più recenti mezzi di riconoscimento geognostico e di indagine geotecnica, messi a punto dall'Istituto Geotecnico Svedese.

Fra gli apparecchi di campionamento citiamo il campionatore continuo a nastri metallici [6], già noto in Italia, un campionatore pneumatico a pistone fisso e con otturatore alla base, ed un campionatore a presa laterale per sabbie e ghiaie [7], del quale però ci pare un po' discutibile l'utilità pratica.

Oltre al « vane borer » [8], il cui impiego è da tempo molto diffuso nei paesi scandinavi e si è recentemente

esteso alla Gran Bretagna, ci è stato mostrato un altro apparecchio per la misura diretta della resistenza al taglio *in situ*, sempre però limitatamente alle argille tenere, denominato « ischimetro ».

Degno di nota poi l'ultimo modello di penetrometro automontato e dotato di dispositivi per la registrazione grafica automatica della resistenza alla punta in funzione della profondità, che abbiamo potuto vedere in funzione.

L'illustrazione di alcuni dispositivi per la misura delle pressioni interstiziali e per la misura accurata dei cedimenti chiudeva l'interessante rassegna.

E' opportuno tener presente che gli apparecchi sono stati per la maggior parte studiati in funzione delle condizioni locali, vale a dire per operare nelle argille tipiche svedesi (ad es. « vane borer », ischimetro, penetrometro), quindi l'adattamento a condizioni diverse (e diciamo pure più difficili) potrebbe portare a risultati meno soddisfacenti se non negativi.

Tali limitazioni non infirmano però il merito dei realizzatori e la validità dei principi e nulla tolgono alla genialità delle concezioni. Resterà infatti sempre ed in ogni caso la possibilità di trarre utili insegnamenti.

SOMMAIRE: Compte-rendu synthétique de la III Conférence Européenne de Géotechnique, qui a eu lieu en Suède en Septembre 1954 et a été dédiée à la « stabilité des talus »:

On y mentionne les arguments discutés pendant les sessions, les visites à quelques localités où se sont vérifiés des éboulements d'importance exceptionnelle, ainsi que les équipements les plus récents de laboratoire géotechnique et de chantier réalisés par l'Institut Géotechnique Suédois.

Bibliografia

- [1] *Proceedings of the European Conference on Stability of Earth Slopes. Sweden, Settembre 20-25, 1954.*
- [2] B. FELLENIUS: *Report on the landslide at Guntorp, between Nygard and Alvhem, near the Railway Line Kil-Gothemburg, on April 13th, 1953.* Geotechn. Depart., Swedish State Railways, Bulletin n. 4, maggio 1954.
- [3] F. SAMSOE: *Stresses in downstream part of an earth or rock fill dam. A mathematical analysis.* Giugno 1954.
- [4] B. JAKOBSON: *The landslide at Surte on the Göta River,* Royal Swedish Geotechnical Institute, Proceedings n. 5, Settembre 29, 1950.
- [5] S. ODENSTAD: *The Landslide at Sköttorp on the Lidan River,* Royal Swed. Geotechn. Inst., Proc n. 4, Febbraio 2, 1946.
- [6] W. KJELLMAN - T. KALLSTENIUS: *Soil Sampler with Metal Foils.* R. Swed. Geotechn. Inst., Proc. n. 1.
- [7] T. KALLSTENIUS: *Some Side-Intake Soil Samplers for Sand and Gravel.* R. Swed. Geotechn. Inst., Proc. n. 7.
- [8] L. CADLING - S. ODESTAD: *The vane borer.* R. Swed. Geotechn. Inst., Proc. n. 2.

SUMMARY: Summary of the 3rd European Conference of Geotechnics, dedicated to the « stability of slopes », which has taken place in Sweden, on September 1954.

The arguments discussed during the single sessions, the visits to some spots where exceptionally important landslides occurred, the latest equipments for geotechnical laboratory and field created by the Swedish Geotechnical Institute, are mentioned.

La diga in blocchi di calcestrutto in costruzione sul fiume Platani (Sicilia) alla "stretta,, di Fanaco.

