

DIGHE DI TERRA, PENDII E SCAVI A CIELO APERTO^(*)

A. CHIARI (**)

SOMMARIO - Vengono passati in rassegna gli argomenti trattati nelle comunicazioni, nella relazione generale e nelle discussioni presentate al V Congresso Internazionale di Geotecnica, Parigi 1961, nella sezione 6.

1 - Premessa

Gli argomenti trattati nelle 40 comunicazioni accettate nella sesta sezione del Congresso di Parigi sono stati dal Relatore Generale TROLLOPE suddivisi nei seguenti gruppi:

- a) Progetto e costruzione di rilevati e dighe di terra;
- b) Scavi a cielo aperto;
- c) Frane di rilevati e di scarpate;
- d) Teoria della stabilità delle scarpate;
- e) Varie.

Come risulta chiaramente da questa classificazione quasi tutti gli argomenti trattati sono di importanza fondamentale nella Geotecnica; un esame approfondito di tutte le memorie ci avrebbe quindi costretto a superare i limiti di questa nota riassuntiva, destinata a fornire a chi non ha il tempo o il modo di farlo direttamente una visione succinta dei principali argomenti in discussione. Abbiamo perciò ritenuto opportuno limitare essenzialmente la nostra esposizione alle note aventi per oggetto argomenti di carattere generale, e come tali di maggiore interesse, riferendo soltanto per brevi cenni sommari di qualche altra nota a carattere particolare.

Suddivideremo il nostro riassunto in tre parti considerando separatamente gli articoli riguardanti teorie ed esperienze aventi carattere di generalità, gli articoli su osservazioni e studi su opere costruite o in progetto, ed infine quelli descrittivi particolari tecniche costruttive.

(*) La presente nota è stata redatta per incarico dell'Associazione Geotecnica Italiana che l'Autore sentitamente ringrazia.

(**) Dr. Ing. Antonio CHIARI della Società "Trentina di Elettricità".

2 - Teorie ed esperienze di carattere generale

2.1 *Metodi per il calcolo di stabilità delle scarpate*

Nell'analisi di stabilità di una scarpata in terra non è prevedibile a priori nè la forma della possibile superficie di rottura, nè la legge di ripartizione delle reazioni su tale superficie.

I diversi metodi di calcolo sono fondati, come è noto, su un certo numero di ipotesi relative alla rottura, con particolare riferimento alla forma della superficie di rottura.

Il metodo svedese delle sezioni, con superficie di rottura cilindrica a direttrice circolare, è quello più spesso adottato in ragione della sua semplicità di concezione e di calcolo; inoltre i risultati cui si perviene con la sua applicazione sono per lo più in accordo con l'esperienza. Tuttavia questo metodo non ha una piena giustificazione teorica, ed i pur soddisfacenti risultati sono ottenuti mediante notevoli semplificazioni: vengono, ad esempio, trascurate le azioni mutue tra le singole striscie in cui si divide per il calcolo la zona soprastante alla possibile superficie di rottura [1].

Per migliorare l'aderenza di questo schema di calcolo alla realtà fisica diversi autori vi hanno per il passato proposto modifiche e perfezionamenti.

Nel suo rapporto ESCARIO [18] sottolinea le discordanze tra talune diverse versioni applicative del metodo delle sezioni. L'A. riporta i valori del coefficiente di sicurezza cui egli è pervenuto applicando i tre seguenti procedimenti:

a) applicando il metodo delle sezioni con la modifica di MAY, cioè senza tenere conto delle forze normali e tangenziali agenti sulle facce verticali delle singole sezioni, ma tenendo conto delle pressioni neutre alla base;

b) computando — oltre le azioni suddette — anche le pressioni neutre agenti sulle superfici laterali;

c) applicando il metodo proposto da BISHOP [2] cioè portando in conto anche le pressioni normali agenti sulle superfici laterali delle sezioni.

I valori del coefficiente di sicurezza cui l'A. è pervenuto sono i seguenti: (nella prima colonna sono riportate le caratteristiche meccaniche, coesione c ed angolo di attrito interno φ)

| | caso a) | caso b) | caso c) |
|-----------------------------|---------|---------|---------|
| $c = 0$ | | | |
| $\text{tg } \varphi = 0,70$ | < 0 | 0,9 | 1,25 |
| $c = 1,0 \text{ t/m}^2$ | | | |
| $\text{tg } \varphi = 0,50$ | 0,50 | 1,0 | 1,28 |

Questi risultati sono sorprendenti, non tanto per il fatto che si pervenga ad un valore addirittura negativo del coefficiente di sicurezza (ciò che potrebbe spiegarsi con i valori assunti per la pressione neutra) quanto per gli scarti notevoli tra i valori ottenuti con i tre diversi procedimenti. Nella nota non sono purtroppo riportati i calcoli nel dettaglio, ed ogni ulteriore commento diviene impossibile.

Anche nel rapporto di RODRIGUEZ [40] il metodo svedese è esaminato in luce critica: lo studio della stabilità viene affrontato a partire dalle equazioni differenziali del KOTTER estese dallo YAKY ai materiali coerenti [3]: si tratta, come è noto, di relazioni che legano la forma della superficie di rottura alla legge di ripartizione delle pressioni su tale superficie.

Integrando queste equazioni, che devono essere soddisfatte se sussiste l'equilibrio, si perviene a condizioni ai limiti: in effetti, si fa osservare, in numerosi casi gli sforzi agenti sulla superficie di scorrimento. Confrontando i risultati cui si perviene per questa via a quelli ricavati con il metodo delle sezioni si riscontrano sensibili differenze. La causa principale di tali discordanze risiede, secondo l'A., nel fatto che applicando il metodo svedese si falsano le condizioni ai limiti: in effetti, si fa osservare, in numerosi casi il meccanismo della rottura di un rilevato ha inizio con la comparsa di fessure superficiali sul ciglio della scarpata, e tali fessure dimostrerebbero la esistenza in quella zona di sforzi di trazione, dei quali non si tiene conto ponendo $\sigma = 0$ sulla superficie superiore della scarpata.

Anche altri Autori preferiscono affrontare il problema della stabilità, anziché graficamente, per mezzo di metodi analitici più complessi.

Nel suo rapporto KOPÁCSY [29] determina analiticamente l'altezza limite di un rilevato in funzione delle sue caratteristiche meccaniche, fisiche e geometriche.

Partendo dalla considerazione di un rilevato di forma qualunque e scrivendo le equazioni vettoriali della risultante e del momento risultante delle forze applicate, l'A. ricerca, applicando il calcolo delle variazioni alla ricerca dei minimi, il sovraccarico cui corrisponde la rottura del rilevato.

Servendosi di uno sviluppo analitico molto laborioso si perviene ad una formula finale che lega l'an-

golo alla base, l'altezza, il peso ed il sovraccarico massimo sul rilevato. Viene inoltre dimostrato analiticamente che la superficie di rottura, se si accetta l'ipotesi della deformazione piana, non può essere che piana o cilindrica con direttrice a spirale logaritmica.

Il regime visco-plastico delle terre è oggetto di un altro studio teorico, quello di STROGANOV [42].

L'equazione assunta come fondamentale è qui la:

$$\tau = (H + \sigma) \text{tg } \varphi + \mu S$$

nella quale è τ la tensione tangenziale, H il termine rappresentativo della coesione, σ la pressione normale, $\text{tg } \varphi$ il coefficiente di attrito interno, μ il coefficiente di viscosità plastica ed S la velocità della deformazione tangenziale. Questa equazione è una modifica di quella dello HENKY [4] che a sua volta riassume i concetti espressi dallo BINGHAM [5] sui materiali visco-plastici.

A partire dalla suddetta equazione delle caratteristiche meccaniche l'A. perviene alle equazioni fondamentali del regime visco-plastico, per mezzo delle quali si possono risolvere numerosi casi di meccanica delle terre.

Senza volere minimamente disconoscere l'importanza di studi teorici come quelli cui si è sopra accennato, analiticamente rigorosi e senza dubbio essenziali per lo sviluppo della materia, non prevediamo che i metodi di calcolo in essi esposti possano incontrare a breve scadenza il favore dei progettisti.

A parte la loro complessità, i metodi rigorosi nel campo della Meccanica delle Terre prestano sempre il fianco ad una obiezione fondamentale, cioè quella che la terra « è ben lungi dall'essere quel materiale ideale da essi voluto » [6].

Riteniamo quindi di potere concludere che allo stato attuale dei fatti il metodo svedese delle sezioni, assunti come parametri le pressioni effettive, resta ancora il più soddisfacente per l'analisi di stabilità delle scarpate. L'interesse che insigni studiosi dimostrano per l'argomento permette tuttavia di prevedere, come ha fatto osservare il Relatore Generale, che teorie più complesse, come ad esempio quelle comportanti la nozione di equilibrio limite in regime visco-plastico, potranno prima o poi darci un metodo altrettanto generale, ma di maggiore rigore teorico.

2.2 Il coefficiente di sicurezza

Nelle verifiche di stabilità basate sull'ipotesi che la superficie di scorrimento sia cilindrica-circolare il cerchio critico è quello cui corrisponde il valore minimo del coefficiente di sicurezza. Tale coefficiente ammette diverse definizioni, nè sarà forse inutile ricordarne qui le più comuni.

Quando si applica il metodo delle sezioni si suole definire il coefficiente di sicurezza come il rapporto del momento delle forze che si oppongono allo scorrimento di una parte della scarpata sulla restante, al momento delle forze che tendono invece a provocare tale scorrimento.

Lo stesso coefficiente può essere definito come il fattore per cui occorre dividere le caratteristiche mec-

caniche c e $\text{tg } \varphi$ della resistenza perché la scarpata sia in equilibrio limite.

Nella applicazione del metodo del circolo di attrito [6] si richiede, ad esempio, la separazione preventiva del termine « *coesione* » e di quello « *angolo di attrito interno* », esprimendosi il fattore di sicurezza separatamente per l'uno e per l'altro termine. Se si suppone quindi che siano c e $\text{tg } \varphi$ le caratteristiche meccaniche della terra, si avranno i due coefficienti definiti come segue:

$$F_c = \frac{c}{c_b} \qquad F_\varphi = \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg } \varphi_b}$$

c_b e φ_b essendo rispettivamente la coesione e l'angolo di attrito interno necessari — lungo una possibile superficie di scorrimento — perché la parte di rilevato al disopra di questa superficie sia in condizioni di equilibrio limite. I due coefficienti non sono, ovviamente, indipendenti e fissando il valore di uno di essi l'applicazione del metodo del circolo di attrito permette di ricavare l'altro.

Il fatto che si adottino definizioni diverse crea un inconveniente quando si vogliono confrontare i risultati ottenuti con l'applicazione di metodi diversi; d'altra parte non si può affermare in linea generale che una definizione sia più accettabile di un'altra.

E' interessante tuttavia notare che in due rapporti presentati al *Congresso*, quello di DE BEER e LOUSBERG [12] e quello di FRÖHLICH [20] si preferisca definire il coefficiente di sicurezza come rapporto di momenti.

Nella sua memoria FRÖHLICH stabilisce un'equazione generale che dà direttamente il valore del coefficiente F di sicurezza, supponendo la superficie di scorrimento cilindrica-circolare ed esaminando diverse condizioni di equilibrio fra le forze esterne e quelle resistenti che si sviluppano lungo la superficie di scorrimento. L'equilibramento di tutte le forze resistenti è ottenuto mediante l'introduzione di una forza addittiva, facendo variare l'intensità della quale si ottiene l'equazione determinatrice di F .

La seconda memoria sull'argomento, quella di DE BEER e LOUSBERG è simile come impostazione alla prima. Gli Autori propongono due definizioni del coefficiente di sicurezza, basate sulle variazioni di sollecitazioni esterne capaci di provocare la rottura del rilevato. Si tratta di coefficienti alla rottura, secondo il concetto che ha assunto crescente importanza nel campo della resistenza dei materiali, e che è già più volte richiamato nella Meccanica delle terre.

La prima delle due definizioni fa riferimento all'accrescimento fittizio dell'intensità della risultante delle forze esterne, senza modifica della sua linea di azione, mentre la seconda si fonda sulla traslazione della stessa risultante parallelamente a se stessa, senza modifica della sua intensità.

Si ha l'impressione, in conclusione, che la definizione del coefficiente di sicurezza come rapporto di momenti sia giudicata attualmente come la più soddisfacente. Non si deve tuttavia — a nostro avviso

— perdere di vista il fatto che, qualunque sia la definizione adottata, è necessario scegliere a priori i valori delle caratteristiche meccaniche da introdurre nei calcoli: tali caratteristiche vengono in genere determinate in base a prove di laboratorio, nelle quali è inevitabile una certa dispersione. L'adottare l'una o l'altra formula del coefficiente di sicurezza è quindi problema secondario rispetto a quello principale, costituito dall'interpretazione accurata dei risultati delle prove di laboratorio per la determinazione dei valori delle caratteristiche meccaniche.

2.3 Stabilità delle scarpate in funzione del tempo

Già nel *Congresso* di Londra del 1957 HENKEL, riferendosi ad alcuni franamenti avvenuti in terreni argillosi, aveva affrontato l'interessante problema delle variazioni delle caratteristiche di tali terreni in funzione del tempo. Questo è stato il principale argomento della seduta dedicata alla 6ª Sezione nel *Congresso* di Parigi.

Come è noto, v'è stata per il passato la tendenza a schematizzare il comportamento dei terreni argillosi ammettendo che la loro resistenza non fosse funzione dei carichi applicati o effettivi, ciò che si esprimeva col porre $\text{tg } \varphi = 0$.

Alcuni studiosi giudicano oggi poco prudente la formulazione di tale ipotesi semplificativa, in quanto essa può condurre a valori del coefficiente di sicurezza, comunque definito, maggiori di quelli effettivi e preferiscono calcolare la stabilità delle scarpate computando le effettive sollecitazioni e tenendo conto del fatto che la coesione può assumere nel tempo valori decrescenti, fino ad annullarsi completamente a lunga scadenza.

Nella discussione alla tribuna lo SKEMPTON ha appunto affermato che la resistenza dei terreni argillosi dipende dal solo angolo di attrito interno φ , mentre la coesione tende ad annullarsi.

Due delle memorie presentate al *Congresso*, quella dello stesso HENKEL [24] e quella di ŠUKLJE e VIDMAR [43], trattano della evoluzione delle caratteristiche dei terreni in funzione del tempo, ed ambedue apportano elementi a sostegno delle tesi dello SKEMPTON.

HENKEL descrive un movimento di slittamento di grandi masse calcaree su sottili strati di argille di alternazione. Il rapporto è di particolare interesse per lo studio analitico della stabilità che vi è svolto. Un fenomeno analogo è quello analizzato da ŠUKLJE e VIDMAR, che descrivono a loro volta uno slittamento catastrofico di circa 20 milioni di m^3 di sedimenti lacustri, verificatosi in Macedonia nel 1956. La coltre di sedimenti lacustri era ivi formata da una zona inferiore di limo e sabbia, da una zona mediana di conglomerati ed infine da un soprastante giacimento di tufo. Lo slittamento, verificatosi in pochi minuti, rappresenta, secondo gli Autori, l'ultima fase di un processo durato centinaia di anni e che ha avuto inizio con la fessurazione dello strato rigido soprastante in conseguenza delle deformazioni disuniformi degli strati di base. Parallelamente la resistenza al

taglio dei terreni costituenti lo stesso strato di base è andata decrescendo fino alla rottura. Anche in questo studio, come già in quello di HENKEL, lo studio della stabilità a lunga scadenza è stato eseguito supponendo nulla la coesione e considerando invece le effettive sollecitazioni agenti.

3 - Rilevati e dighe di terra

Il tema delle prove preliminari sui rilevati formati con materiali a grana grossa è trattato da SOWERS e GORE [41]. Le prove descritte sono quelle effettuate sui rilevati sperimentali approntati prima della costruzione di una diga del tipo misto terrapietrame da erigersi nell'Alabama. Le determinazioni del peso di volume, della permeabilità e della resistenza al taglio — pur rientrando negli schemi usuali — rivestono particolare interesse per le grandi dimensioni adottate in questi saggi. In particolare la prova di taglio è stata effettuata su grande scala con un apparecchio concettualmente identico alla scatola di CASAGRANDE; paragonando il valore dell'angolo di attrito interno (45°) ottenuto con tale sistema a quello ottenuto al triassiale (42°) su una frazione di minore pezzatura dello stesso materiale, gli Autori sostengono che tale incremento è dovuto semplicemente alla presenza dei pezzi di maggiori dimensioni nella prima serie di prove. Tale asserzione non ha trovato il consenso del Relatore Generale, il quale è dell'avviso che, se non vi è differenza nei caratteri mineralogici e/o di forma dei blocchi di maggiori dimensioni, la semplice diversità di pezzatura non può provocare un miglioramento delle qualità meccaniche. Le prove di cantiere, obietta il Relatore, andrebbero condotte con lo stesso grado di precisione di quelle di laboratorio, e con le stesse modalità, prima di trarre le conclusioni di cui si è detto.

WALKER e HARBER [45] descrivono brevemente la diga di Trinity, attualmente in costruzione negli U.S.A., che quando verrà terminata sarà, con i suoi 164 metri, la più alta diga di terra e scogliera finora eretta. Il rapporto descrive lo studio della fondazione e dei materiali da costruzione, ponendo in luce taluni aspetti inconsueti in tali tipi di opere.

GILG e GERBER [22] danno una descrizione degli studi e dei saggi che hanno preceduto la costruzione della diga di Mattmark. La diga, del tipo a scogliera con nucleo di tenuta inclinato, poggerà su una spessa coltre di materiale fluvio glaciale e morenico che ricopre la roccia di base. Tale materiale di copertura, pur dando sufficiente affidamento nei riguardi della compressibilità, richiederà un ingente trattamento di iniezioni per migliorarne la impermeabilità.

AGNÈS e SOEIRO [7] riportano le osservazioni eseguite su di alcune dighe di terra costruite nel Madagascar e fondate su terre micacee più o meno limose sovrastanti a sabbie medie e grosse. Gli AA. riferiscono in particolare sul comportamento delle opere, oltre che durante e dopo la costruzione, anche durante i cicloni del 1959, pervenendo a conclusioni circa il progetto di simili strutture in climi tropicali.

4 - Particolari tecniche costruttive

La stabilizzazione delle terre ottenuta con l'aggiunta di cemento in piccole proporzioni è l'argomento del rapporto di FOLQUE ed altri [39]. Per quanto si tratti di tecniche ancora in fase di laboratorio l'argomento è interessante in vista dei futuri sviluppi.

L'influenza del legante dipende largamente dal tipo di terra da trattare, ma gli AA. sono pervenuti alla conclusione che l'aggiunta di cemento nella misura del 2-5% accresce notevolmente la resistenza al taglio del materiale e che questo incremento è tanto maggiore quanto minore è la percentuale in fine del terreno. E' tuttavia da notare che parallelamente si riscontra una notevole diminuzione delle deformazioni alla rottura, nè è chiara l'influenza che può assumere questo aumento di fragilità.

Una applicazione di stabilizzazione elettro-osmotica è quella descritta da CASAGRANDE [14] che fu uno dei primi propugnatori dell'adozione di questa originale tecnica. Il rapporto descrive un ulteriore esempio del successo di questo dispositivo, applicato nelle condizioni opportune. Si tratta di una sponda sul fiume Little Pic, in Canada, che in seguito ad una frana aveva assunto in una larga fascia la pendenza media di 2,5:1. Dopo avere riferito per esteso degli studi che hanno condotto a preferire il metodo di stabilizzazione elettro-osmotica, l'A. descrive le prove di laboratorio e sul terreno e le modalità di applicazione; dopo il trattamento si è potuto ridurre la scarpa a 1:1.

Sulle applicazioni di un analogo sistema di stabilizzazione, quello ottenuto mediante il congelamento artificiale, trattano nel loro rapporto TSYROVICH e KHAKIMOV [44]. La memoria presenta un particolare interesse perché lo studio non è soltanto descrittivo, ma è approfondito con una esauriente analisi matematica: si perviene alle formule per determinare il tempo di congelazione ed alla valutazione dell'angolo di attrito interno e della coesione, ricavati questi ultimi per mezzo di prove triassiali e monoassiali su campioni congelati.

La stabilizzazione di buona parte delle sponde del serbatoio di Monguelfo è l'argomento della memoria di FINZI e NICCOLAI [19], la cui traduzione in italiano è stata pubblicata nel n. 2, 1961 di « GEOTECNICA ».

Due dei rapporti, quello di HOLM [25] e quello di OTT, BERG ed altri [35], trattano del drenaggio operato a mezzo di pali di sabbia: si tratta di un sistema che ha incontrato negli ultimi anni crescente successo. Mentre nel primo dei due studi si tratta del problema usuale del consolidamento di una scarpata in terreno argilloso, il secondo riferisce sugli studi che hanno preceduto la costruzione di una traversa di derivazione sul fiume Reno. Il terreno di fondazione, e cioè nel caso allo studio l'alveo del fiume, è formato in superficie da un deposito di limo e da un sottostante giacimento alluvionale a permeabilità decrescenti verso il basso. In particolare, proprio al disotto della coltre superficiale limosa, vi è uno strato di grande permeabilità in cui scorre una falda non dipendente dal fiume.

Per quanto fosse prevista una paratia a monte dello sbarramento, la situazione si presentava tale

da richiedere un attento esame della rete idrodinamica dopo la messa in carico della traversa, per prevedere i dispositivi atti ad evitare l'erosione immediatamente a valle dell'opera. Lo studio è stato condotto su modello, utilizzando il metodo reo-elettrico e considerando separatamente l'effetto di un filtro verticale e quello di un filtro orizzontale, ambedue situati sotto la parte a valle della traversa; dal complesso delle osservazioni è risultato che la prima soluzione, pur provocando un leggero incremento delle portate filtranti, conduce a valori nettamente inferiori del gradiente idraulico a valle dell'opera.

Le moderne tecniche per la formazione di palificate e paratie, con perforazione dei relativi pozzi o trincee con le pareti dello scavo sostenute unicamente da fanghi di bentonite, sono ormai universalmente note per i numerosi servizi che hanno reso nella risoluzione di problemi di fondazione spesso ardui.

Due delle memorie, quella di BARBEDETTE e BERRA [10] e quella di CHADEISSON [15] trattano di questo argomento. Le tecniche esposte sono simili e non differiscono, in sostanza, che per il sistema di perforazione che nel primo caso avviene con un attrezzo a rotazione, mentre nel secondo con uno scalpello a percussione.

Il rapporto di AISENSTEIN ed altri [8] tratta dell'impiego di argilla grassa per la formazione di un tappeto impermeabile sul fondo di un serbatoio artificiale in terreni calcarei fessurati. Le prove condotte in merito sia sul rilevato sperimentale che in laboratorio hanno precisato la natura e lo spessore degli strati che è necessario porre sia al disotto che al disopra del tappeto vero e proprio.

Lo strato superiore serve ad evitare la formazione di fessure di ritiro dovute al disseccamento, mentre quello inferiore serve ad impedire le perforazioni che si possono avere quando al disotto del tappeto vi siano dei vuoti.

L'argomento delle iniezioni di miscele ternarie di argilla, cemento e bentonite è trattato nel rapporto di RIVA [38]. Per eseguire le fondazioni di una diga a gravità alleggerita nel Rio Atuel era necessario uno scavo della profondità di ca. 46 m in terreni alluvionali eminentemente permeabili ed in presenza di molta acqua. Il problema è stato risolto erigendo poco più a monte della zona degli scavi una avandiga in pietrame a scogliera alta 14 m: dal coronamento di questa avandiga sono state effettuate le iniezioni di cui si è detto nello strato alluvionale sottostante e fino alla roccia di base. L'A. riferisce che con due file di fori ad interasse di 2 m si è avuta una riduzione media del coefficiente di permeabilità di circa 500 volte, ciò che ha permesso l'esecuzione agevole degli scavi.

Sullo stesso argomento delle iniezioni di miscele ternarie di cemento, limo o argilla e bentonite o calcare finemente macinato, da iniettare in terreni di medio assorbimento per ridurre la permeabilità è la memoria di COEN, GUIDUCCI, MERCOGLIANO e SOLLAZZO [16] pubblicata anch'essa nella versione italiana sul n. 3, 1961 di « GEOTECNICA ».

Bibliografia

- [1] MAY-BRAHTZ - *Proposed methods of calculating the stability of earth dams* (Trans. 2nd Congr. Large Dams vol. 4, 1936).
- [2] BISHOP - *The use of slip circle in stability analysis of slopes* (Proc. Eur. Conf. Stockholm 1954, vol. 1).
- [3] YAKY - *Stability of slopes* (Proc. Eur. Conf. Soil Mech. and Found. Eng. 1936).
- [4] KACHANOV - *Mechanics of plastic media* (Gostekhizdat, 1948).
- [5] REINER - *Ten lectures on theoretical reology* (Gostekhizdat, 1948).
- [6] CESTELLI GUIDI C. - *Meccanica del terreno etc.* (Cap. V°).
- [7] AGNÈS M. et SOEIRO F. A. - *Comportement de barrages en terre construits à Madagascar, et en particulier pendant les cyclones de 1959.*
- [8] AISENSTEIN M. B., DIAMANT E. et SAIDOFF I. - *Fat Clay as a Blanketing Material for Leaky Reservoirs.*
- [9] BALUSCHEFF B. - *Sur la stabilité des remblais en terre.*
- [10] BARBEDETTE R. et BERRA E. - *Procédé d'exécution de tranchées et puits sans soutènement.*
- [11] BAZANT Z. Jr. - *Scale Model Tests of the Dynamical Stability of Saturated Sand.*
- [12] DE BEER E. E. et LOUSBERG E. - *Définition des coefficients de sécurité au glissement de talus à partir des sollicitations provoquant la rupture.*
- [13] BROWZIN B. S. - *Nonsteady-State Flow in Homogeneous Earth Dams after Rapid Drawdown.*
- [14] CASAGRANDE L., LOUGHNEY R. W. and MATICH M. A. - *Electro-Osmotic Stabilization of a High Slope in Loose Saturated Silt.*
- [15] CHADEISSON R. - *Parois continues moulées dans le sol.*
- [16] COEN L., GUIDUCCI M. F., MERCOGLIANO F., SOLLAZZO et Direction des Constructions de la Société Romaine d'Electricité - *Quelques essais d'injection avec des colis ternaires.*
- [17] DOMJÁN J. - *Piping of Soils Near Dams.*
- [18] ESCARIO V. - *Errors Arising from the Simplified Method of Slices.*
- [19] FINZI D. and NICCOLAI C. - *Slope Consolidation of the Banks of the Monguelfo Reservoir, Italy.*
- [20] FRÖHLICH O. K. - *Basic Principles of the Computation of the Resistance of Earth Slopes to Sliding.*
- [21] FUKUOKA M. and TANIGUCHI T. - *Research on Landslides.*
- [22] GILG B. et GERBER F. P. - *La digue de Mattmark - Essais et études préliminaires.*
- [23] GRANDI A. L., RIVA J. J. C., PRONSATO D. A., BOLOGNESI A. J. and MORETTO O. - *Earth Dams in Argentina.*
- [24] HENKEL D. J. - *Slide Movements on an Inclined Clay Layer in the Avon Gorge in Bristol.*
- [25] HOLM O. S. - *Stabilization of a Quick Clay Slope by Vertical Sand Drains.*
- [26] HUANG WEN-XI - *Investigations on Stability of Saturated Sand Foundations and Slopes against Liquefaction.*
- [27] ISHII Y., KURATA S. and HASEGAWA S. - *Failure of Embankment in Kinkai Bay.*

(*) L'elenco segue l'ordine secondo il quale le memorie compaiono negli Atti del Congresso.

- [28] KASHEF A. - *A Semi-Graphical Solution of Artesian Well Problems.*
- [29] KOPÁCSY A. - *Distribution des contraintes à la rupture, forme de la surface de glissement et hauteur théorique des talus.*
- [30] LANE K. S. - *Field Slope Charts for Stability Studies.*
- [31] MACDONALD D., DE RUITER J. and KENNEY T. C. - *The Geotechnical Properties of Impervious Fill Materials in Some Canadian Dams.*
- [32] MARS LAND A. - *A Study of a Breach in an Earthen Embankment Caused by Uplift Pressures.*
- [33] MAYER A. et HABIB P. - *Étude de la stabilité de deux crassiers d'usines métallurgiques.*
- [34] NONVEILLER E. and ANAGNOSTI P. - *Stresses and Deformations in Cores of Rockfill Dams.*
- [35] OTT J. C., BERG T. et CHAPPUIS R. - *Protection du barrage de Reichenau contre les érosions souterraines et les sous-pressions au moyen d'un rideau de drains filtrants verticaux.*
- [36] PATEL V. J. and MAHESHWARI B. L. - *Pore Pressure in Earth Dams.*
- [37] RAO K. L. - *Stability of Slopes in Earth Dams and Foundation Excavations.*
- [38] RIVA O. - *Exécution d'une fouille de 46 mètres de profondeur dans des alluvions, pour la fondation du barrage de Valle Grande.*
- [39] ROCHA M., FOLQUE J. and ESTEVES V. P. - *The Application of Cement Stabilized-Soil in the Construction of Earth Dams.*
- [40] RODRIGUEZ A. R. - *Analysis of Slope Stability.*
- [41] SOWERS G. F. and GORE C. E. - *Large Scale Pre-construction Tests of Embankment Materials for an Earth-Rockfill Dam.*
- [42] STROGANOV A. S. - *Visco-Plastic Flow of Soils.*
- [43] ŠUKLJE L. and VIDMAR S. - *A Landslide Due to Long Term Creep.*
- [44] TSYTOVICH N. A. and KHAKIMOV Kh. - *Ground Freezing Applied to Mining and Construction.*
- [45] WALKER F. C. and HARBER W. G. - *Design of the Trinity Dam, an Earthfill Structure 537 Feet High.*
- [46] WARD W. H. - *Displacements and Strains in Tunnels beneath a Large Excavation in London.*

SOMMAIRE - On examine les communications, le rapport général et les discussions présentées au Cinquième Congrès International de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations, Paris 1961, dans la Section 6 (Barrages en terre, talus et tranchées ouvertes).

SUMMARY - The Author reviews the papers, the general report and the discussions presented at the Fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris 1961, in the Division 6 (Earth Dams, Slopes and Open Excavations).