

### Geologia applicata e Meccanica delle Rocce.

NEIL DUNCAN - *Engineering Geology and Rock Mechanics*. Vol. I e II, pp. 519, Leonard Hill, London, 1959.

L'opera, in due volumi, è il libro di testo del corso biennale tenuto dall'A. presso il Portsmouth College of Technology. Essa tenderebbe ad integrare le nozioni della Geologia pura con quelle quantitative della Meccanica delle rocce ed è destinata soprattutto agli studenti e agli ingegneri civili non specializzati, con lo scopo di sensibilizzarli su problemi geologico-tecnici che si incontrano nello studio delle più importanti opere di ingegneria civile.

Nella prima parte del primo volume si accenna alle proprietà strutturali dei principali minerali costituenti le rocce. Segue una parte dedicata alla origine, natura e classifica delle rocce, corredata dai più comuni criteri di riconoscimento delle stesse. Viene quindi riportata una classifica tecnica delle rocce, basata sui valori di alcune caratteristiche fisiche (peso specifico, porosità, contenuto naturale d'acqua, grado di saturazione, etc.) e sono descritte sommariamente le prove e le modalità sperimentali per la determinazione di tali proprietà.

La prima parte termina con l'esame delle principali caratteristiche fisiche, meccaniche e dinamiche e fornisce, sotto forma di diagrammi, alcune correlazioni tra diverse proprietà per i vari tipi di rocce.

Nella seconda parte del primo volume sono sviluppati gli argomenti relativi alla alterazione delle formazioni rocciose e sono riportati alcuni esempi di situazioni geologiche classiche, ponendo l'accento sull'importanza dello studio geologico nell'impostazione di una qualsiasi campagna di indagini.

Nel secondo volume l'A. tratta di alcuni problemi geologico-tecnici e del comportamento degli ammassi rocciosi nella loro sede. La prima parte è dedicata all'illustrazione di esempi di geologia strutturale, allo studio ed alle

modalità di individuazione di alcune caratteristiche delle formazioni in sede, in vista del loro comportamento fisico, meccanico e dinamico.

Nella seconda parte vengono affrontati, nella generalità e con l'ausilio di schemi classici, problemi di idrogeologia, di carico limite, di stabilità di pendii naturali o artificiali, di impiego di rocce come materiali da costruzione.

Nell'ultima parte vengono esaminati i problemi geologico-tecnici che si presentano nella progettazione delle più importanti opere di ingegneria civile.

L'opera può essere definita un testo di Geologia Applicata. Essa però niente porta di veramente nuovo né dal punto di vista della impostazione generale, né da quello della trattazione dei singoli argomenti. Le rare formule e criteri di calcolo riportati nel volume sono introdotti senza dimostrazioni e giustificazioni e sono generalmente mal collegati al contesto. Positiva la presenza di numerosi diagrammi esemplificativi che pongono in vista la variabilità delle caratteristiche delle rocce e la interdipendenza dei vari fattori di volta in volta esaminati.

La bibliografia consigliata è limitata alla citazione di poche opere ormai classiche e non fa riferimenti alla letteratura più recente comparsa su riviste specializzate.

(Massimo Grisolia)

### Consolidazione di argille stratificate.

LAING BARDEN, N. A. YOUNAN - *Canadian Geotechnical Journal*. Vol. 6. November 1969.

È ben noto che esistono pochi terreni argillosi che possano considerarsi omogenei. Nella maggior parte dei depositi naturali sono infatti presenti stratificazioni o macrostrutture costituenti vie di drenaggio preferenziali, così che lo studio del flusso dell'acqua interstiziale nei processi di consolidazione è generalmente un complesso problema tridimensionale. L'importanza di questo fatto nell'analisi dei processi di conso-

lidazione fu messa in luce già nel 1940 da Terzaghi, che suggerì alcuni metodi empirici per trattare il problema della consolidazione monodimensionale di terreni stratificati.

Nell'estendere la trattazione di Terzaghi al problema del flusso verticale e radiale, ROWE (1959-1968) dimostrò la necessità, per questi terreni, del campionamento continuo e della sperimentazione su grandi campioni, effettivamente rappresentativi delle macrostrutture presenti. I fondamenti teorici necessari per uno studio sistematico della consolidazione delle argille stratificate furono stabiliti da GRAY [1945], HORNE [1964], ROWE [1964], e recentemente estesi da YOUNAN [1968].

Nel presente articolo i risultati di un'indagine sperimentale condotta su argille stratificate preparate artificialmente vengono confrontati con le soluzioni teoricamente esatte del problema e con quelle fornite da alcuni procedimenti approssimati di uso corrente, al fine di stabilire la validità e il grado di approssimazione di questi.

L'articolo è suddiviso in due parti: nella prima viene esaminato il problema monodimensionale del flusso solo verticale e radiale. Per il primo problema oltre alle soluzioni esatte di GRAY [1945] per due strati e di YOUNAN [1968] per più strati, esistono le soluzioni approssimate di TERZAGHI [1940], BARBER [1945], SRIDHARAN e NAGARAJ [1962] e ABSI [1965].

Queste consistono nel mediare opportunamente i coefficienti di consolidazione, eventualmente tenendo conto della posizione relativa dei diversi strati rispetto alle superfici drenanti (Terzaghi), oppure nel trasformare lo spessore dei singoli strati proporzionalmente alla radice quadrata del coefficiente di consolidazione  $c_v$  (Abasi, Sridharan e Nagaraj). L'ultimo gruppo di soluzioni non soddisfa le condizioni al contorno concernenti la continuità del flusso attraverso le superfici di separazione tra gli strati.

L'indagine sperimentale illustrata nell'articolo è stata condotta con due edometri connessi in serie, secondo uno

### Geologia applicata e Meccanica delle Rocce.

NEIL DUNCAN - *Engineering Geology and Rock Mechanics*. Vol. I e II, pp. 519, Leonard Hill, London, 1959.

L'opera, in due volumi, è il libro di testo del corso biennale tenuto dall'A. presso il Portsmouth College of Technology. Essa tenderebbe ad integrare le nozioni della Geologia pura con quelle quantitative della Meccanica delle rocce ed è destinata soprattutto agli studenti e agli ingegneri civili non specializzati, con lo scopo di sensibilizzarli su problemi geologico-tecnici che si incontrano nello studio delle più importanti opere di ingegneria civile.

Nella prima parte del primo volume si accenna alle proprietà strutturali dei principali minerali costituenti le rocce. Segue una parte dedicata alla origine, natura e classifica delle rocce, corredata dai più comuni criteri di riconoscimento delle stesse. Viene quindi riportata una classifica tecnica delle rocce, basata sui valori di alcune caratteristiche fisiche (peso specifico, porosità, contenuto naturale d'acqua, grado di saturazione, etc.) e sono descritte sommariamente le prove e le modalità sperimentali per la determinazione di tali proprietà.

La prima parte termina con l'esame delle principali caratteristiche fisiche, meccaniche e dinamiche e fornisce, sotto forma di diagrammi, alcune correlazioni tra diverse proprietà per i vari tipi di rocce.

Nella seconda parte del primo volume sono sviluppati gli argomenti relativi alla alterazione delle formazioni rocciose e sono riportati alcuni esempi di situazioni geologiche classiche, ponendo l'accento sull'importanza dello studio geologico nell'impostazione di una qualsiasi campagna di indagini.

Nel secondo volume l'A. tratta di alcuni problemi geologico-tecnici e del comportamento degli ammassi rocciosi nella loro sede. La prima parte è dedicata all'illustrazione di esempi di geologia strutturale, allo studio ed alle

modalità di individuazione di alcune caratteristiche delle formazioni in sede, in vista del loro comportamento fisico, meccanico e dinamico.

Nella seconda parte vengono affrontati, nella generalità e con l'ausilio di schemi classici, problemi di idrogeologia, di carico limite, di stabilità di pendii naturali o artificiali, di impiego di rocce come materiali da costruzione.

Nell'ultima parte vengono esaminati i problemi geologico-tecnici che si presentano nella progettazione delle più importanti opere di ingegneria civile.

L'opera può essere definita un testo di Geologia Applicata. Essa però niente porta di veramente nuovo né dal punto di vista della impostazione generale, né da quello della trattazione dei singoli argomenti. Le rare formule e criteri di calcolo riportati nel volume sono introdotti senza dimostrazioni e giustificazioni e sono generalmente mal collegati al contesto. Positiva la presenza di numerosi diagrammi esemplificativi che pongono in vista la variabilità delle caratteristiche delle rocce e la interdipendenza dei vari fattori di volta in volta esaminati.

La bibliografia consigliata è limitata alla citazione di poche opere ormai classiche e non fa riferimenti alla letteratura più recente comparsa su riviste specializzate.

(Massimo Grisolia)

### Consolidazione di argille stratificate.

LAING BARDEN, N. A. YOUNAN - *Canadian Geotechnical Journal*. Vol. 6. November 1969.

È ben noto che esistono pochi terreni argillosi che possano considerarsi omogenei. Nella maggior parte dei depositi naturali sono infatti presenti stratificazioni o macrostrutture costituenti vie di drenaggio preferenziali, così che lo studio del flusso dell'acqua interstiziale nei processi di consolidazione è generalmente un complesso problema tridimensionale. L'importanza di questo fatto nell'analisi dei processi di conso-

lidazione fu messa in luce già nel 1940 da Terzaghi, che suggerì alcuni metodi empirici per trattare il problema della consolidazione monodimensionale di terreni stratificati.

Nell'estendere la trattazione di Terzaghi al problema del flusso verticale e radiale, ROWE (1959-1968) dimostrò la necessità, per questi terreni, del campionamento continuo e della sperimentazione su grandi campioni, effettivamente rappresentativi delle macrostrutture presenti. I fondamenti teorici necessari per uno studio sistematico della consolidazione delle argille stratificate furono stabiliti da GRAY [1945], HORNE [1964], ROWE [1964], e recentemente estesi da YOUNAN [1968].

Nel presente articolo i risultati di un'indagine sperimentale condotta su argille stratificate preparate artificialmente vengono confrontati con le soluzioni teoricamente esatte del problema e con quelle fornite da alcuni procedimenti approssimati di uso corrente, al fine di stabilire la validità e il grado di approssimazione di questi.

L'articolo è suddiviso in due parti: nella prima viene esaminato il problema monodimensionale del flusso solo verticale e radiale. Per il primo problema oltre alle soluzioni esatte di GRAY [1945] per due strati e di YOUNAN [1968] per più strati, esistono le soluzioni approssimate di TERZAGHI [1940], BARBER [1945], SRIDHARAN e NAGARAJ [1962] e ABSI [1965].

Queste consistono nel mediare opportunamente i coefficienti di consolidazione, eventualmente tenendo conto della posizione relativa dei diversi strati rispetto alle superfici drenanti (Terzaghi), oppure nel trasformare lo spessore dei singoli strati proporzionalmente alla radice quadrata del coefficiente di consolidazione  $c_v$  (Abasi, Sridharan e Nagaraj). L'ultimo gruppo di soluzioni non soddisfa le condizioni al contorno concernenti la continuità del flusso attraverso le superfici di separazione tra gli strati.

L'indagine sperimentale illustrata nell'articolo è stata condotta con due edometri connessi in serie, secondo uno

schema già impiegato da RAYMOND e CHAN [1965].

I materiali utilizzati per le esperienze sono un caolino, una argilla illitica, denominata Derwent, e una miscela di quest'ultima con bentonite. Gli schemi esaminati comprendono la successione di 2 o 3 strati, variamente disposti rispetto alle superfici drenanti.

Le osservazioni sperimentali confermano pienamente i risultati della soluzione esatta (Gray, Younan) sia per i valori delle pressioni interstiziali al contorno non drenato e al contatto fra più strati [eccetto per un breve tempo all'inizio della consolidazione nel quale, del resto, lo scostamento dei valori sperimentali da quelli calcolati è stato più volte rilevato e variamente interpretato [v. ad es.: BARDEN, 1968; VIGGIANI, 1965], sia per i valori del grado di consolidazione medio, di ciascuno strato e del complesso.

L'applicazione delle soluzioni approssimate conduce, invece, com'era da attendersi, ad errori diversi secondo la disposizione reciproca degli strati.

Ad esempio, prendendo in esame il caso di uno strato di caolino posto a contatto con la superficie drenante e sovrapposto ad uno strato, di metà spessore, di argilla di Derwent miscelata a bentonite, a contatto con una superficie impermeabile, ed essendo i coefficienti di consolidazione dei due strati, rispettivamente  $2,2 \cdot 10^{-3}$  cm<sup>2</sup>/sec e  $2,3 \cdot 10^{-4}$  cm<sup>2</sup>/sec, il fattore tempo  $T_{50}$  corrispondente a un grado di consolidazione medio del complesso, del 50%, calcolato con la soluzione approssimata (trasformazione) è pari a 2,5 volte quello esatto.

Al contrario, nel caso di tre strati sovrapposti, di pari spessore, ponendo il caolino a contatto con la superficie impermeabile, l'argilla di Derwent ( $c_v =$

$= 3,7 \cdot 10^{-4}$  cm<sup>2</sup>/sec) in posizione intermedia, e la miscela Derwent e bentonite a contatto con la superficie drenante, gli stessi fattori tempo  $T_{50}$ , della soluzione approssimata e di quella esatta sono in rapporto 0,6.

Per il secondo problema esaminato, del flusso verticale e radiale, che rappresenta il caso dei dreni in sabbia in terreni stratificati, sono stati confrontati i valori sperimentali ottenuti sia dagli autori che da ROWE [1964] e ROWE e SHIELD [1965], con quelli deducibili analiticamente con una teoria esatta [HORNE, 1964] ed una approssimata [ROWE, 1964], rilevando una perfetta concordanza tra i risultati analitici e quelli sperimentali.

In definitiva è possibile concludere che le soluzioni approssimate del problema della consolidazione di argille stratificate, con il metodo della trasformazione, possono in alcuni casi portare a risultati sensibilmente errati.

Si deve tuttavia tener presente quanto sia limitato, in generale, il grado di approssimazione conseguibile nella soluzione di questi problemi, nei quali la complessità e la disuniformità dei depositi naturali costituiscono l'elemento fondamentale di indeterminazione.

I metodi approssimati forniscono comunque risultati attendibili se applicati correttamente, tenendo conto della mutua posizione degli strati rispetto alle superfici drenanti, e quando le caratteristiche di consolidazione dei diversi terreni non siano troppo dissimili.

(Giovanni Calabresi)

#### BIBLIOGRAFIA

ABSI E. (1965): *Généralisation de la théorie de consolidation de Terzaghi au cas d'une multicouche*. Annales de l'Institut Technique du Batiment

et des Travaux Publics, juillet-août. BARBER E. S. (1945): *Discussion to Gray's paper*. Trans Amer. Soc. Civil Engrs., 110, p. 1345.

GRAY H. (1945): *Simultaneous consolidation of contiguous layers of unlike compressible soils*. Proc. Amer. Soc. Civil Engrs., 71, pp. 954-958.

HORNE M. R. (1964): *The consolidation of a stratified soil with vertical and horizontal drainage*. Intern. J. Mech. Sci. 6, pp. 187-197.

RAYMOND G. P., CHAN H. T. (1965): *The consolidation of multi-layered soils subjected to large load ratios and one-dimensional drainage*. Ontario Dept. Highways, Rept. No. 104.

ROWE P. W. (1959): *Measurement of the coefficient of consolidation of lacustrine clay*. Geotechnique 9, pp. 107-118.

ROWE P. W. (1964): *The calculation of the consolidation rates of laminated, varved or layered clays with particular reference to sand drains*. Geotechnique 14, pp. 321-340.

ROWE P. W. (1968): *The influence of geological features of clay deposits on the design and performance of sand drains*. Proc. Inst. Civil Eng. (London) (March), Paper 7058S, 72 pp.

SRIDHARAN A., NAGARAJ T. S. (1962): *One-dimensional consolidation of layered soils*. J. Inst. Eng. India, 42, No. 11 (July), pp. 616-625.

TERZAGHI K. (1940): *Sampling, testing and averaging*. Proc. Purdue Conf. on Soil Mech. and its application, Sept. 2 to 6, p. 151.

VIGGIANI C. (1965): *Interazione tra terreno e strumento nella misura delle pressioni neutre*. Geotecnica, fasc. 2.

YOUNAN N. A. (1968): *Consolidation of layered clays*. Unpublished Ph. D. thesis, Manchester University, Manchester, England.