

Nuovi metodi di studio delle formazioni rocciose.

B. SCHNEIDER: *Moyens nouveaux de reconnaissance des massifs rocheux* - Annales I.T.B.T.B., juillet-août 1967.

1. Premessa

Attraverso lo studio delle zone di imposta di ventidue dighe di altezza variabile dai 45 ai 200 metri l'Autore si propone di chiarire quali siano i metodi di indagine, tradizionali e nuovi, necessari per definire nelle grandi li-

sforzi, deformazioni, filtrazioni, cicli climatici; l'influenza di ciascuno di questi fattori deve essere studiata con adatti procedimenti sperimentali. Prima di eseguire prove su campioni, però, occorre valutare la rappresentatività di questi ultimi ed a questo scopo è indispensabile l'analisi delle discontinuità della roccia.

Le discontinuità che suddividono una formazione rocciosa in volumi elementari possono essere sia originarie (giunti di sedimentazione) sia il prodotto di deformazioni (scistosità) sia ancora superfici di rottura (fessure, diaclasi, faglie).

permettono di calcolare la dispersione dei risultati.

Le orientazioni della discontinuità, determinate con il classico metodo della direzione e inclinazione, vengono riportate su un diagramma polare. Lo spessore delle maglie e gli altri parametri vengono invece riportati su istogrammi.

L'utilizzazione dei grafici delle discontinuità è molteplice; in primo luogo essi possono essere utilizzati per porre in relazione le caratteristiche della formazione in esame con quelle di altre formazioni già note; in secondo luogo essi permettono di paragonare l'orien-

TABELLA I

Tipo di discontinuità	Spessore	Caratteristiche			Mezzi di esame
Microdiscontinuità	< 5 μ	forte coesione			microscopio
Fessure	< 0,01 mm	coesione ridotta	ripartizione ed orientazione casuali	ridotta estensione superficie spesso ondulata	affioramenti
Giunti	< 1 mm	assenza di coesione	ripartizione ed orientazione sistematiche	superfici piane, assenza di tracce di movimento: estensione ridotta	affioramenti
Tagli	piccoli spessori	assenza di coesione	ripartizione ed orientazione sistematiche	tracce di movimento (striature, miloniti, superfici speculari) estensione media	affioramenti
Faglie	notevoli spessori	assenza di coesione		grandi rigetti riempimenti importanti	foto aeree, affioramenti

nee il comportamento di una formazione rocciosa nei riguardi della costruzione di un'opera di ingegneria.

Il rilievo geologico di superficie con gli usuali metodi di indagine costituisce il primo, insostituibile passo per un inquadramento generale del problema. Il rilievo geologico però, per quanto accurato non può fornire alcuna indicazione circa il comportamento della roccia sotto l'azione di fattori quali

Nella tabella I viene riportata una classifica delle discontinuità proposta dall'A. e basata sulla loro orientazione media nello spazio, sull'estensione, sulla larghezza delle maglie, sullo spessore ed eventualmente sul materiale di riempimento.

Nello studio delle discontinuità è opportuno procedere con metodi statistici che, oltre ad annullare l'influenza dell'interpretazione dell'osservatore,

tazione delle discontinuità con la direzione della spinta della diga sulla roccia o del peso di un volume di roccia, e così via.

2. Prove su campioni

Le prove su campioni descritte dall'A. furono eseguite su circa mille provini provenienti dalle formazioni rocciose relative a 10 dighe per determi-

TABELLA II

Aspetto della colorazione su una sezione sottile di 5×5 cm	Permeabilità cm/sec	Variatione della permeabilità con la deformazione	Porosità approssimata %
Assenza di colorazione	$< 10^{-8}$	trascurabile	$< 0,5$
Impregnazioni massicce uniformi senza linee o sacche particolari	10^{-4}	trascurabile	15
Impregnazioni medie uniformi senza linee o sacche particolari	10^{-6}	trascurabile	10
Rare impregnazioni senza linee o sacche	10^{-8}	trascurabile	qualche %
Rare sacche colorate provenienti dall'impregnazione di fessure molto cementate o dai minerali di alterazione delle miche nel caso di rocce foliettate	10^{-6}	notevole	< 1
Numerose impregnazioni di minerali allineati alterati o di numerose fessure non completamente cementate da ossidi o ben cementate da minerali d'alterazione	10^{-5}	molto notevole	
Da 1 a 3 linee colorate continue seguenti fessure di qualche micron non riempite	$10^{-7} \div 10^{-8}$ (nel senso delle microdiscontinuità)	notevole	< 1
Da 1 a 3 linee colorate continue provenienti dalla colorazione di fessure da 5 a 10 micron non riempite	10^{-6} (nel senso delle microdiscontinuità)	molto notevole	< 1
Da 5 a 10 linee di qualche micron, continue, più o meno intersecantesi, non riempite	$10^{-4} \div 10^{-8}$	eccezionale	qualche %
Più di 10 linee colorate, di qualche micron, senza riempimento, intersecantesi tra loro	$10^{-3} \div 10^{-4}$	eccezionale	> 6

nare la resistenza a rottura per compressione semplice e la resistenza a trazione mediante prove brasiliane, in funzione del contenuto di acqua dei campioni e del tempo di immersione.

La resistenza a rottura diminuisce all'aumentare del grado di saturazione e del tempo di immersione; l'evoluzione è più o meno rapida e sembra continuare anche oltre il campo esplorato dall'A.

La natura petrografica della matrice rocciosa e l'anisotropia del campione influenzano notevolmente il comportamento dei campioni saturati.

I risultati delle prove indirette di trazione con il metodo brasiliano sono di difficile interpretazione poiché con la saturazione possono insorgere pressioni neutre positive che falsano i risultati.

Le sezioni sottili ricavate da campioni di roccia sono state utilizzate nel passato per lo studio petrografico; di recente però si va diffondendo la loro

applicazione nel campo dell'ingegneria civile.

I campioni da studiare in sezione sottile vengono previamente immersi in un liquido colorato che va a riempire le microfessure. Naturalmente tale liquido va scelto a seconda della natura petrografica della roccia. L'osservazione di una sezione sottile colorata mostra lo stato di coesione reciproca dei cristalli nel caso di una roccia cristallina, o lo stato di cementazione nel caso di alcune rocce sedimentarie.

Lo studio delle sezioni sottili permette di classificare le microdiscontinuità nel modo che segue:

- a) *assenza di microdiscontinuità*:
la sezione è esente da colorazione
- b) *presenza di microdiscontinuità*:
microdiscontinuità filiformi:
— linee intersecantesi in rapporto alla struttura principale della roccia;
— linee seguenti la struttura predominante della roccia;

- linee in tutte le direzioni;
- linee contornanti i cristalli; microdiscontinuità a forma di sacche:
- sacche nel cemento;
- sacche nei cristalli grandi.

Le osservazioni ottiche eseguite sulle sezioni sottili sono state correlate con prove di permeabilità e di porosità sugli stessi campioni (v. tab. II).

Per studiare l'alterabilità delle rocce, l'A. ha adottato un metodo meccanico (carichi e scarichi) ed uno fisico-chimico (immersione in acqua ed essiccazione all'aria).

Sono stati sottoposti a prova campioni cubici di roccia la cui resistenza a rottura variava da 600 a 700 kg/cm².

L'effetto fatica è stato studiato facendo subire ai provini, previa saturazione, cicli di compressione a 50 kg/cm² per due secondi e scarico per due secondi.

L'effetto invecchiamento è stato ot-

tenuto sottoponendo i cubi di roccia ad immersioni in acqua per una settimana e quindi facendoli essiccare all'aria pure per una settimana.

Dopo ciascuna serie di cicli sono state ricavate da ciascun cubo tre sezioni colorate e si è osservato la lunghezza delle microfessure per unità di superficie della sezione stessa.

Sia nel caso dell'invecchiamento che della fatica si è notato un notevole aumento della microfessurazione, ma la velocità di evoluzione è differente; nel caso dell'invecchiamento l'evoluzione è lenta all'inizio e veloce dopo un certo numero di mesi; per la fatica, evoluzione veloce all'inizio e debole dopo un certo tempo (v. fig. 1).

Lo studio delle sezioni sottili colorate sembra aver apportato così un notevole contributo alle correlazioni tra la natura petrografica della roccia ed il suo comportamento.

Anche se allo stato attuale tali correlazioni sono di carattere qualitativo un affinamento delle indagini potrà portare, secondo l'A., a risultati quantitativi.

3. Prove in sito

Le prove in sito possono raggrupparsi in tre categorie:

- A) prove con martinetto;
- B) prove sismiche;
- C) prove speciali.

A) Prove con martinetto

È noto che attraverso le prove di carico su piastra si cerca di risalire ai moduli di deformazione della roccia. La formula comunemente usata è quella di BOUSSINESQ:

$$w = P \frac{1 - \mu}{E} \frac{1}{D}$$

dove

w: cedimento medio della piastra rigida di diametro D

P: carico totale applicato

E: modulo di elasticità del mezzo il cui coefficiente di Poisson è μ .

Questa formula, secondo l'Autore, non è del tutto soddisfacente poichè le deformazioni che si registrano rappresentano la somma delle deformazioni elastiche istantanee e differite, delle deformazioni permanenti istantanee e differite e delle deformazioni brusche aleatorie. La formula di BOUSSINESQ è da

ritenere valida invece solo per mezzi elastici continui

Attraverso l'esame dei diversi cicli di carico e delle relative deformazioni, si osserva che i cicli elementari sono spesso diversi sia al carico che allo scarico; si può per contro tracciare abbastanza facilmente una curva che involuppa tutti i cicli e che spesso ha andamento rettilineo. Si osserva inoltre che la deformazione del ciclo finale, detto ciclo elastico, effettuato a carico ridotto è spesso proporzionale al carico.

In base a tali osservazioni fatte in seguito a numerose prove (circa 200) per le formazioni rocciose relative a 12 dighe l'Autore introduce due moduli (v. fig. 2):

— modulo di elasticità E (inclinazione della retta BB')

— modulo di deformazione globale Γ (inclinazione della retta AA').

Dalle curve sforzi-deformazioni si possono ricavare altri parametri come i coefficienti di deformazione C dati dal rapporto tra l'incremento di deformazione ed il corrispondente incremento del carico.

Si definiscono così:

Cg: coefficiente di deformazione calcolato a partire dalla curva involuppo di tutte le curve elementari dei cicli

C: coefficiente di deformazione elastica relativo alla curva del ciclo finale

Cp: coefficiente di deformazione permanente.

Il rapporto Cg/C che equivale a $\frac{E}{\Gamma}$, mette in luce l'influenza delle discontinuità della roccia in esame; infatti per una roccia priva di discontinuità il rapporto Cg/C sarà prossimo alla unità mentre se sono presenti discontinuità il rapporto predetto è maggiore di 1 ed aumenta con lo spessore delle fessure. Se il rapporto Cg/C è costante per tutte le prove è da ritenere che il volume di roccia esaminato ha un grado di fratturazione costante.

Il valore Cp mette in risalto l'importanza dei fenomeni non elastici. Una roccia perfettamente elastica, prima della rottura, avrà Cp = 0; quanto più i giunti son riempiti da materiali plastici o quanto più estesa è la fessurazione, tanto più alto è il valore di Cp.

Possono dunque verificarsi tre casi:

Cg/C costante e Cp variabile

Gg/C variabile e Cp costante

Cg/C e Cp entrambi variabili.

Nel primo caso la roccia è omogenea nella sua fratturazione ma in qual-

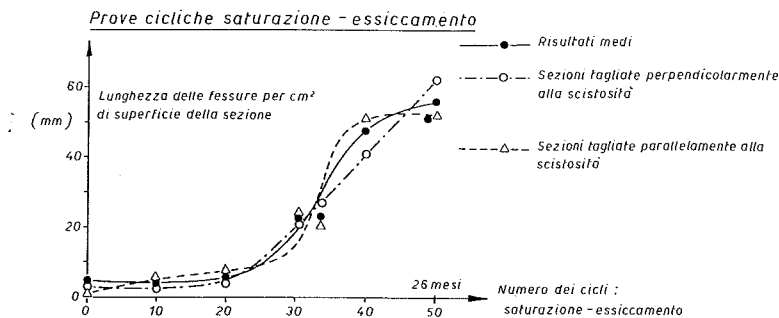
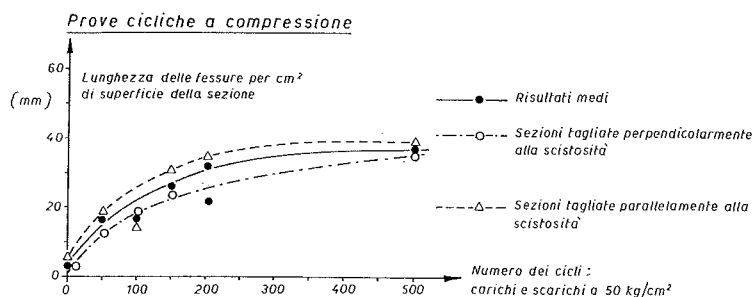


Fig. 1. - Evoluzione della microfessurazione nei gneiss di Malpasset in seguito a prove cicliche a compressione ed a cicli di saturazione-essiccamento.

