

Criteri per la descrizione schematica degli ammassi rocciosi

I.S.R.M. Commission on classification of Rocks and Rock Masses.

Basic geotechnical description of rock masses (BGD). I. J. Rock Mech. Min. Sci. e Geomech. Abstr., Vol. 18, 1981.

Non è raro che nelle memorie e nelle relazioni tecniche, in cui si espongono i risultati di indagini sperimentali per la determinazione delle proprietà meccaniche delle rocce o si analizzano specifici problemi geotecnici relativi ad ammassi rocciosi, la descrizione dei litotipi, delle caratteristiche geologiche o dell'assetto strutturale risultino, per taluni aspetti, carenti.

Può sorgere quindi qualche difficoltà nell'interpretare o nel confrontare i dati acquisiti nel corso degli studi con i risultati riportati nella letteratura tecnica.

Inoltre, nell'attuale indirizzo delle ricerche, i progressi nella conoscenza di determinate tematiche spesso traggono sostanziali vantaggi dalla interdisciplinarietà degli studi. La necessità di favorire lo scambio di notizie tra i tecnici che affrontano, con differenti competenze specifiche e sotto diversi aspetti, i medesimi problemi, induce quindi a sintetizzare i risultati delle ricerche, al fine di istituire banche di dati, che siano significativi per una completa gestione delle informazioni.

In tale ambito, si inserisce il suggerimento, da parte della I.S.R.M., di introdurre, nelle trattazioni relative agli ammassi rocciosi, una Descrizione Geotecnica Schematica (BGD), la cui articolazione è stata messa a punto dalla Commissione internazionale per la classificazione delle rocce e degli ammassi, coordinata dal Prof. M. Rocha, recentemente scomparso.

Con la BGD, che può essere assai utile anche per la compilazione delle stratigrafie o delle carte tematiche, ci si propone di sintetizzare gli aspetti geologici, strutturali e meccanici di un ammasso roccioso, sulla base di valu-

tazioni e di dati acquisiti in sito ed in laboratorio.

Il criterio con il quale sono stati scelti i parametri da introdurre nella BGD, risponde alla duplice esigenza di utilizzare dati facilmente e speditamente determinabili e di delineare un quadro schematico per la previsione di massima del comportamento meccanico dell'ammasso.

Per le formazioni complesse, può essere necessario procedere ad una zonazione, individuando, nell'ambito dell'ammasso, alcune unità con caratteristiche geologiche o geotecniche pressoché uniformi.

Ne deriva che, in presenza di alternanze di vari litotipi, ciascuna zona include volumi di roccia non contigui e che, nel caso di variazioni continue, dovute per esempio ad intensi e diffusi processi di alterazione, la delimitazione delle singole zone implica necessariamente distinzioni arbitrarie.

Una zonazione di massima può essere effettuata sulla base dell'individuazione dei litotipi, della valutazione dell'intensità di alterazione ed infine dell'osservazione del grado di fratturazione del materiale.

La Commissione ha predisposto una scheda tipo per la Descrizione Geotecnica Schematica, in cui sono previste l'indicazione, mediante sigle, dei valori assunti dalle caratteristiche descritte nel seguito e l'introduzione di un'immagine dell'ammasso atta a chiarirne l'eventuale zonazione.

Tra le caratteristiche geologiche, la Commissione suggerisce di indicare il litotipo, la formazione di appartenenza e le condizioni di giacitura, l'intensità dei processi di alterazione.

Per la determinazione del *litotipo* si può far riferimento alla classificazione del Bull. of the Int. Ass. of Eng. Geol. n. 19, Giugno-Luglio '79, illustrata, con alcune lievi modifiche, in Tab. A, mentre *l'intensità dell'alterazione* può essere indicata con i simboli o con la terminologia elencati in Fig. 1, tratta dalla normativa per la descrizione delle discontinuità negli ammassi rocciosi [ERCOLI, 1981].

Per comprendere il comportamento meccanico di un ammasso roccioso, non solo è indispensabile conoscerne la costituzione, ma anche disporre di alcuni elementi che consentano di trat-

teggiane le caratteristiche geometriche salienti.

A tale scopo, la Commissione suggerisce di determinare la distanza tra le discontinuità e lo spessore dei banchi che costituiscono l'ammasso.

Si osserva a questo proposito che l'aspetto d'insieme e la forma dei blocchi derivano, oltre che da questi fattori, anche dal numero e dall'orientazione delle famiglie di discontinuità, e che pertanto sarebbe opportuno introdurre nella BGD anche un diagramma circolare illustrativo dell'assetto strutturale.

Per individuare lo stato di fratturazione, le grandezze cui si può far riferimento sono la *spaziatura*, definita come distanza tra discontinuità parallele, misurata in direzione ortogonale a ciascuna famiglia, oppure la distanza intercorrente tra giunti comunque orientati, misurata lungo una direzione arbitraria.

Tale distanza, nella letteratura tecnica anglosassone è definita « fracture intercept » (F.I.) e viene da molti autori posta in relazione con i valori dell'indice R.Q.D., poiché, come quest'ultima grandezza, anch'essa varia in dipendenza della direzione di misura [PRIEST e HUDSON, 1976].

Il valore della F.I., da assumere nella Descrizione Geotecnica Schematica, è il più basso tra quelli misurati e va indicato, al pari di quello della spaziatura, con le sigle o con la terminologia elencate in Fig. 2.

Come *spessore dei banchi* viene assunto il valore medio, che compete alla distanza delle discontinuità singene-tiche.

Fra queste, per esempio si annoverano: nelle rocce ignee le superfici di dicchi, di filoni o di scorrimento delle colate; nelle rocce metamorfiche le superfici di scistosità, nelle rocce sedimentarie le superfici di strato. Nella Fig. 2 vengono indicati gli intervalli di valori con cui la Commissione suggerisce di classificare tale caratteristica.

Tra i parametri geotecnici essenziali per la caratterizzazione del comportamento meccanico dell'ammasso, la Commissione propone di adottare la resistenza a compressione semplice della roccia e l'angolo di attrito lungo le discontinuità.

AMBIENTE		SEDIMENTARIO											
STRUTTURA		STRATIFICATA											
ORIGINE		DETRITICA					PIROCLASTICA		CHIMICA		ORGANICA		
ROCCIA		sciolta		cementata			sciolta	cementata					
CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI													
DIMENSIONE (mm)	DEFINIZIONE	FORMA		COMPOSIZIONE				FORMA		ROCCE SALINE	ORGANICA		
		arr.	ang.	>50% carbonati	quarzo (Q), feldspati (F), litoidi (L)			arr.	ang.				
200,000	ELOCCHI GHIAIA } grossa } fina	CONGLOMER.	BRECCIA	CALCIRUDITE	ARENARIE QUARZOSE	ARENARIE SUEGROD. VACCHE	ARENARIE S.L.	QUARZARENITI	BOMBE	AGGLOMERATO	BRECCIA VULCANICA	DIAGENETICHE	EVAPORITICHE
20,000									LAPILLI				
2,000	SABBIA } grossa } fina	ARENARIA	CALCARENITE					CENERI	CINERITE	ANIDRITE	RADIOLARITE		
0,200				ARENITI	ARENARIE	CALCARENITE	ARENARIE QUARZOSE			ARENARIE SUEGROD. VACCHE		ARENARIE S.L.	QUARZARENITI
0,060	LUTITI	SILT ARGILLA	SILTITE ARGILLITE	CALCISILTITE CALCILUTITE				ARENARIE QUARZOSE	ARENARIE SUEGROD. VACCHE		ARENARIE S.L.		
0,002					CHERT	SELCE							

AMBIENTE		IGNEO				METAMORFICO	
MEGA-STRUTTURA		MASSICIA				SCISTOSA	
ORIGINE		INTRUSIVA		EFFUSIVA		GRANULITE	GNEISS
STRUTTURA		olocristallina		porfirica amorfa			
COMPOSIZIONE	ACIDA	PEGMATITE GRANITO		RIOLITE	OSSIDIANA	MARMO	MIGMATITE
	INTERMEDIA	DIORITE		ANDESITE	RETINITE	QUARZITE	SCISTO
	BASICA	GABBRO DOLERITE		BASALTO	TACHILITE	ANFIBOLITE	FILLADE
	ULTRABASICA	PIROSSENITE PERIDOTITE SERPENTINITE				CORNUBIANITE	MILONITE

Tab. A - Classificazione dei principali tipi litologici.

SIMBOLO	ROCCIA	MACROSTRUTTURA		DECOLORAZIONE DELLA ROCCIA		ROCCIA DEGRADATA O DISGREGATA		
		intatta	deteriorata	1	2	10 %	50 %	90 %
W ₁	integra	●		●		●		
W ₂	deboimente alterata	●			●	●		
W ₃	mediamente alterata	●				●		
W ₄	molto alterata		●				●	
W ₅	completamente alterata		●					●

Fig. 1. - Classificazione dell'intensità dell'alterazione: (1) la roccia è decolorata solo lungo le superfici di discontinuità, (2) la decolorazione interessa il materiale anche all'interno dei blocchi.

S P E S S O R E D E I B A N C H I				
<i>sottilissimi</i>	<i>molto sottili</i>	<i>sottili</i>	<i>potenti</i>	<i>molto potenti</i>
L_5	L_4	L_3	L_2	L_1
F_5	F_4	F_3	F_2	F_1
<i>molto vicine</i>	<i>vicine</i>	<i>distanti</i>	<i>molto distanti</i>	<i>lontane</i>
SPA Z I A T U R A D I S C O N T I N U I T A` o I N D I C E " F I "				

Fig. 2. - Classificazione dello spessore dei banchi, della spaziatura e dell'indice « fracture intercept ».

I valori di tali grandezze, utili per l'applicazione dei vari criteri di resistenza al taglio lungo le discontinuità, possono essere misurati con prove in sito o in laboratorio, oppure valutati in maniera speditiva, con prove realizzabili mediante semplici apparecchiature portatili. In tal caso, però, alla speditezza delle prove si associa necessariamente un'approssimazione non trascurabile.

Ad esempio, la Commissione suggerisce di determinare il valore della *resistenza a compressione semplice*, che viene classificata con la terminologia di Fig. 3, per via diretta con prove di compressione uniassiale o per via indiretta con prove di carico puntuale.

Queste ultime offrono il vantaggio di consentire l'acquisizione di numerosi dati in un breve lasso di tempo, ma non sempre sono sufficientemente significative.

Infatti, il valore della resistenza a compressione semplice, a cui si perviene con le misure indirette, spesso è scarsamente attendibile, per la difficoltà di individuare il più opportuno coefficiente di correlazione tra l'indice di carico puntuale $I_s(50)$ e la σ_r .

In particolare, con la relazione proposta dalla I.S.R.M. [1977]

$$\sigma_r = 24I_s(50)$$

si ottiene, nella maggior parte dei casi, un valore della resistenza a compressione semplice largamente sovrastimato.

Ad esempio, da un programma di prove recentemente svolto presso l'Istituto di Ingegneria Geotecnica e Mineraria dell'Università di Palermo, finalizzato alla determinazione delle caratteristiche meccaniche di calcari dolomitici e di calcareniti tenere, è risultato che i valori di σ_r calcolati applicando la formula poc'anzi citata differiscono dai valori misurati, con prove dirette su campioni di roccia integra, di quantità comprese fra il 200% e il 50%.

In particolare, nei calcari dolomitici si sono misurati valori di σ_r , per la roccia integra, variabili tra 50 ÷ 90 MPa mentre i valori calcolati utilizzando i risultati delle prove di carico puntuale, effettuate anch'esse su roccia integra, variano tra 150 ÷ 170 MPa.

Per le calcareniti tenere, sulle quali si è misurato un valore medio di $\sigma_r=20$

MPa, le prove di carico puntuale conducono a risultati di 30 MPa.

Da tali osservazioni deriva che il coefficiente di correlazione dovrebbe assumere, in entrambi i casi, non solo un valore inferiore, ma anche differente per ciascun tipo litologico.

Allo stato attuale sembra quindi più opportuno assumere, ai fini della BGD, i valori di σ_r derivanti dai risultati delle prove dirette, rimandando l'utilizzazione a tale scopo delle prove di carico puntuale ad una più avanzata fase di sperimentazione, con la quale si analizzino più dettagliatamente le correlazioni tra la resistenza a compressione semplice e l'indice di carico puntuale.

Quest'ultima grandezza, se determinata sistematicamente, può forse contribuire ad una zonazione più spiccatamente geotecnica dell'ammasso. Dalla sperimentazione cui si è accennato poc'anzi, sembra infatti che i risultati delle prove di carico puntuale, raggruppati in funzione del tipo di rottura e della macrostruttura del campione, possano fornire indicazioni sulle percentuali volumetriche di roccia integra, intensamente frantumata o degradata presenti nell'ammasso (Fig. 4).

Per classificare, secondo la terminologia di Fig. 5, la *resistenza al taglio delle discontinuità*, la Commissione suggerisce di assumere il valore dell'inclinazione φ^* della tangente all'involuppo della resistenza di picco, in corrispondenza del valore di tensione normale $\sigma = 1$ MPa.

Va tuttavia osservato che tale valore φ^* può condurre ad una valutazione in difetto delle caratteristiche di resistenza al taglio delle discontinuità. Tale inconveniente potrebbe essere superato associando, all'inclinazione φ^* , il valore fittizio di coesione intercetta, corrispondente all'intersezione con l'asse delle ordinate della tangente sopracitata.

S_1	>200	<i>molto alta</i>
S_2	200÷60	<i>alta</i>
S_3	60÷20	<i>media</i>
S_4	20÷6	<i>bassa</i>
S_5	<6	<i>molto bassa</i>

Fig. 3. - Simboli, valori (MPa) e definizioni della resistenza a compressione semplice.

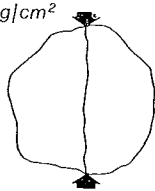
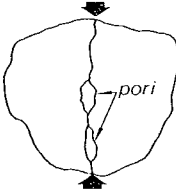
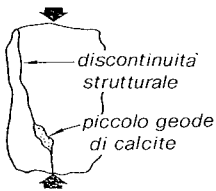

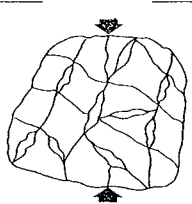
	S C H E M A D E L L A R O T T U R A $I_s(50)$	F R E Q U E N Z A %			
		10	20	30	40
I	70 kg/cm ² 				
II	40 				
III	20 				
IV	18 				
V	7 				

Fig. 4. - Prove di carico puntuale su calcari dolomitici (Formazione Fanusi): tipi di rottura e frequenza di apparizione.

A_1	$>45^\circ$	<i>molto elevato</i>
A_2	$45^\circ-35^\circ$	<i>elevato</i>
A_3	$35^\circ-25^\circ$	<i>medio</i>
A_4	$25^\circ-15^\circ$	<i>scarso</i>
A_5	$<15^\circ$	<i>molto scarso</i>

Fig. 5. - Simboli, valori ($^\circ$) e definizioni dell'angolo φ^* descrittivo della resistenza al taglio lungo le discontinuita'.

Nel caso non siano disponibili i risultati di prove specifiche, la resistenza al taglio può essere stimata sulla base della valutazione della scabrezza

delle superfici di discontinuita' o della natura e dello spessore del materiale di riempimento eventualmente presente.

Per facilitare l'utilizzazione della BGD, è forse opportuno accennare alle modalità di compilazione della relativa scheda, alla quale è stata apportata qualche modifica, sulla scorta di alcune esperienze relative alla descrizione geotecnica di ammassi rocciosi di formazioni della Sicilia.

La scheda, proposta dagli Autori, consta di due settori. Il primo è destinato alla descrizione globale dell'ammasso; nel secondo si specificano, per ciascuna delle caratteristiche, i valori misurati, la media ed il simbolo corrispondente all'intervallo in cui questi ultimi ricadono. A tal proposito si raccomanda di inserire in tali caselle il valore medio delle misure raccolte in ciascuna stazione di rilievo, specificando altresì il numero di determinazioni effettuate.

Si è inoltre constatato che è opportuno corredare la scheda di diagrammi di Schmidt, utili alla determinazione dell'orientamento delle discontinuita' e del numero di famiglie in cui queste si raggruppano.

La distribuzione dei valori dell'indice F.I. o della spaziatura può essere illustrata efficacemente con diagrammi di frequenza cumulata.

Entrambi i tipi di diagrammi consentono di evidenziare i casi in cui l'esigenza di una zonazione sia dettata da sostanziali modifiche dell'assetto strutturale.

Si osserva infine che, nella designazione degli intervalli caratteristici dei parametri considerati, può essere utile l'adozione della simbologia proposta solo nel caso in cui ci si avvalga di procedimenti automatici per la compilazione e la registrazione delle schede, poiché in tal caso è utile un'economia di memoria.

Tuttavia, si ritiene che per il lettore risultino di più immediata comprensione una descrizione in cui le caratteristiche dell'ammasso siano richiamate con una nomenclatura più esplicita.

(Laura Ercoli)

BIBLIOGRAFIA

- ERCOLI L. (1981) - *Metodo normalizzato per la descrizione delle discontinuita' negli ammassi rocciosi* (recensione dell'articolo: I.S.R.M. (1978) - *Suggested method for the quantitative description of discontinuities in rock masses*, apparso in Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol. 15) R.I.G., anno XV, n° 3.
- I.S.R.M. (1977) - *Suggested method for determining the uniaxial compressive strength of rock material*. Document n. 1, marzo.
- PRIEST S. D., HUDSON J. A. (1976) - *Discontinuity spacings in rock*. I. J. Rock. Mech. Min. Sci. e Geomech. Abstr., Vol. 13.