

Raccomandazioni ISRM

Premessa alla traduzione delle metodologie di prova suggerite dall'ISRM per la determinazione della resistenza di trazione di materiali rocciosi

Le metodologie qui riportate si riferiscono alla determinazione della resistenza a trazione di materiali rocciosi, per via diretta e per via indiretta.

La necessità di ricorrere a diverse procedure di laboratorio è legata a due fattori. Il primo riguarda le difficoltà che si incontrano nel realizzare un accoppiamento efficace tra il provino di roccia e le teste di ancoraggio della macchina di prova (per la prova di trazione diretta). È possibile, infatti, che durante la fase di applicazione del carico insorgano delle concentrazioni di tensioni tali da determinare rotture lungo superfici evidentemente anomale, specialmente per rocce ad alta resistenza, ovvero proprio in corrispondenza della zona di immersione del provino. Il secondo è invece dovuto alla facilità di realizzazione della prova di trazione indiretta con il metodo brasiliano, il quale è, in realtà, un metodo di compressione diametrale. Infatti tale procedura non richiede particolari accorgimenti in fase di preparazione dei provini.

Nonostante i fattori sopra descritti possano far propendere per la determinazione indiretta, va comunque sottolineato che questa soffre dello svantaggio di dover passare attraverso una formula teorica, seppur semplice, per il calcolo delle tensioni. Le difformità da condizioni ideali si riflettono allora in differenze nei valori di resistenza determinati con le due metodologie sullo stesso litotipo. Particolare cura va posta poi nel caso di rocce marcatamente anisotrope, al fine di individuare la correlazione tra struttura del materiale e modo di innesco e propagazione delle fratture a rottura.

Per la rilevazione del valore massimo del carico a rottura, in particolare nel metodo brasiliano, oltre ai dispositivi indicati nel testo originale, può essere consigliata l'adozione di una cella di carico asservita ad un acquisitore in grado di memorizzare i valori di picco.

I curatori della traduzione
 ANNA MARIA FERRERO
 CLAUDIO OGGERI

Metodologie di prova suggerite per la determinazione della resistenza a trazione di materiali rocciosi

Prima parte: metodologia di prova suggerita per la determinazione diretta della resistenza a trazione

1. Finalità

Questa metodologia di prova è volta misurare direttamente la resistenza a trazione uniassiale di provini in roccia con geometria regolare. La prova è prevalentemente rivolta alla classificazione e caratterizzazione della roccia intatta.

2. Attrezzatura

(a) Una strumentazione opportuna dovrà essere utilizzata per l'applicazione e la misura del carico uniassiale. L'apparecchiatura dovrà essere tale da poter applicare carichi sufficientemente elevati e con gradienti così come specificato nel capitolo 3. Dovranno essere possibili controlli ad opportuni intervalli di tempo e dovranno essere rispettate le normative nazionali quali "ASTM E4" Verification of Testing Machines (Taratura di macchine di prova) o "British Standard 16160", "Deutsche Normen DIN 51 220 e DIN 51 223, classe 1".

(b) Alle estremità del provino dovranno essere cementati degli ancoraggi di metallo per permettere l'applicazione del carico uniassiale. Gli ancoraggi metallici non dovranno avere diametro inferiore a quello del provino e non superarlo di oltre 2 mm. Gli ancoraggi dovranno avere uno spessore di almeno 15 mm e dovranno avere un buon sistema di trasferimento del carico dalla macchina al provino. Il sistema di trasferimento del carico dovrà essere tale da assicurare la perfetta assialità dello stesso evitando sforzi flessionali o torsionali. La lunghezza del sistema di trasferimento del carico dovrà essere almeno pari a due volte il diametro dell'ancoraggio di metallo^{1*}.

3. Procedura

(a) I provini dovranno essere perfettamente cilindrici con un rapporto altezza diametro pari a 2.5-3 ed un diametro non inferiore alla dimensione NX (circa 54mm) dei carotaggi. Il diametro del provino dovrà essere correlato alla dimensione del più gran-

de grano caratteristico del tipo di roccia in esame con un rapporto di almeno 10:1.

(b) Le estremità del provino dovranno essere in generale lisce e piate². La deviazione delle estremità dalla perpendicolare all'asse del provino dovrebbe essere inferiore a 0.001 rad (circa 3.5 min) o 0.05 rad in 50mm.

(c) Le superfici laterali del provino dovranno essere lisce, scevre da grossolane irregolarità e con uno scostamento massimo rispetto alla verticale di 0.1mm su tutta la lunghezza del provino.

(d) Il diametro del provino dovrà essere misurato con una precisione di 0.1mm facendo una media tra due diametri misurati a metà altezza del provino. Il diametro medio sarà utilizzato per il calcolo dell'area trasversale. L'altezza del provino dovrà essere misurata con una precisione prossima ad 1mm.

(e) I campioni dovranno essere conservati per un tempo non superiore ai 30 giorni, in modo da mantenere il più possibile il contenuto d'acqua naturale in fase di preparazione dei provini. I provini confezionati dovranno essere mantenuti per 5-6 giorni in un ambiente con temperatura controllata intorno ai $20^{\circ} \pm 2^{\circ}C$ un'umidità del $50\% \pm 5\%$ ³. Le condizioni di umidità dovrebbero essere indicate in accordo con le norme riportate nel "Suggested Method for the determination of the water content of rock sample" (Metodologia suggerite per la determinazione del contenuto d'acqua in campioni di roccia, n.d.t.), Metodo 1, Commissione per le prove di laboratorio, Documento No. 2, prima revisione, Dic.1977.

(f) Gli ancoraggi di metallo cementati alle estremità del provino dovranno essere perfettamente allineati con l'asse del provino stesso. Il materiale cementante per ciascun ancoraggio non dovrà superare 1.5 mm di spessore. Quando la cementazione delle piastre sarà sufficiente a superare la resistenza a trazione della roccia, il provino dovrà essere sistemato nella macchina di prova in modo tale da assicurare l'allineamento del carico.

(g) Il carico di trazione sul provino dovrà essere applicato in modo graduale e continuo con un gradiente di carico tale da assicurare il raggiungimento della rottura in 5min; alternativamente il gradiente potrà variare tra 0.5 MPa/s e 1 MPa/s.

(h) Il carico massimo raggiunto dovrà essere registrato con una precisione dell'1%.

(i) Il numero di provini testati per ogni campione dovrà essere determinato in base a considerazio-

* I numeri si riferiscono alle note a fine testo.

ni di ordine pratico ma si suggerisce un minimo di 5 campioni.

4. Calcoli

La resistenza a trazione del provino dovrà essere calcolata dividendo il carico massimo applicato per la sezione originaria del campione stesso.

5. Descrizione dei risultati

- (a) Descrizione litologica della roccia.
- (b) Orientamento della direzione di carico rispetto al piano di anisotropia del campione, (ad esempio: piano di sedimentazione, di foliazione, etc.)
- (c) Origine del campione, includendo: la localizzazione geografica, la profondità ed orientazione, la data del campionamento, l'ambiente e la storia della sua conservazione.
- (d) Il numero di provini sottoposti a prova.
- (e) Il diametro e l'altezza dei provini.
- (f) Il contenuto d'acqua ed il grado di saturazione alla data della prova.
- (g) La durata della prova e/o il gradiente di applicazione del carico.
- (h) La data della prova ed il tipo di macchina utilizzata.
- (i) Modalità di rottura (posizione ed orientamento della superficie di rottura)
- (j) Qualsiasi altra osservazione o dati concernenti le caratteristiche fisiche del materiale come: il peso di volume, la porosità, la permeabilità, citando il metodo di determinazione per ognuno.
- (k) La resistenza a trazione per ogni provino del campione con la precisione di tre cifre dopo la virgola e la resistenza media del campione. L'unità di misura utilizzata per la resistenza dovrà essere il pascal (Pa) o il kilopascal (kPa) o il megapascal (MPa).
- (l) Può essere necessario sottoporre a prova campioni con modalità non conformi a quelle espresse. In questo caso dovranno essere specificatamente indicate.

Note

¹ Secondo le indicazioni dell'*Annual Book of ASTM Standards, Test D2936-71*, uno snodo cilindrico o una catena di collegamento con sufficienti caratteristiche di resistenza dovrebbero essere sufficientemente adatti per questo tipo di applicazioni. Poiché uno snodo cilindrico può ruotare solo nel piano, le parti superiore ed inferiore dovranno essere posizionate con un angolo tale da ridurre la flessione nel provino. Snodi sferici, cavi o dispositivi simili si sono rilevati in genere inefficaci poiché per via della loro tendenza a ruotare ed inflettersi rendono il dispositivo non idoneo a trasmettere una

Seconda parte: metodologia consigliata per la determinazione indiretta della resistenza a trazione con la prova brasiliana.

1. Finalità

Questa metodologia è rivolta alla misurazione della resistenza a trazione monoassiale, in modo indiretto, di provini di roccia opportunamente predisposti attraverso la prova "brasiliana". La validità di questa prova si basa sull'evidenza sperimentale che molti tipi di roccia, sottoposti a stati tensionali biasiali, giungono a rottura per trazione in corrispondenza della loro resistenza a trazione monoassiale allorquando uno sforzo principale risulta essere di trazione e l'altro sforzo principale finito è di compressione, con un modulo non superiore a tre volte il valore dello sforzo principale di trazione.

2. Attrezzatura

(a) Due sedi a ganascia in acciaio per la trasmissione del carico configurate in modo che un campione di roccia a forma di disco ne venga a contatto lungo due superfici diametralmente opposte per un arco di contatto di circa 10° a rottura. L'apparecchiatura consigliata per ottenere quanto descritto è illustrata in Fig. 1. I parametri dimensionali critici dell'apparecchiatura sono il raggio di curvatura delle sedi, la tolleranza e la lunghezza dei pioli di guida per l'accoppiamento delle due sedi curve e la larghezza delle sedi. Queste grandezze assumono i seguenti valori: raggio delle sedi - 1.5 raggio del provino; tolleranza del piolo guida - deve permettere la rotazione relativa di una sede rispetto all'altra di $4 \cdot 10^{-3}$ radianti fuori dal piano dell'apparecchiatura (25 mm di penetrazione del piolo guida con 0.1 mm di tolleranza); larghezza delle sedi - 1.1 spessore del provino. I restanti parametri dimensionali possono essere adeguati conformemente alla Fig. 1. La sede superiore contiene un alloggiamento a calotta sferica opportunamente completato con una semisfera di diametro 25 mm.

(b) Una striscia di nastro adesivo di duplice spessore (0.2-0.4 mm) (nastro di schermatura) con

sollecitazione di trazione diretta pura al provino.

² Nelle prove di trazione diretta, la preparazione delle estremità del provino con riguardo al grado di spianatura e rettificazione non è così determinante come nelle prove di compressione. Le superfici delle basi così come risultano dalla troncatura con un disco diamantato sono pienamente adeguate.

³ È noto come per alcuni materiali (ad es. scisti), è opportuno eseguire prove su campioni con diverse condizioni di contenuto d'acqua, ad esempio, con saturazione o con essiccazione a 105°C. Tali condizioni andranno riportate nella descrizione dei risultati.

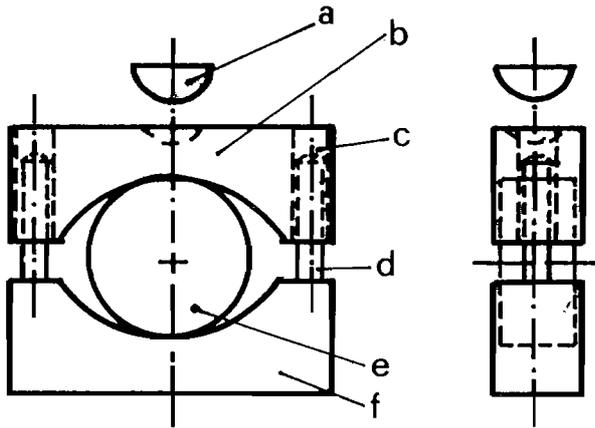


Fig. 1. Attrezzatura per la prova brasiliana. a) Semisfera di trasmissione del carico; b) ganascia superiore; c) foro con tolleranza per il perno; d) perno di guida; e) ganascia inferiore; f) provino.

una larghezza uguale o appena superiore allo spessore del provino.

(c) Una apparecchiatura per la applicazione e la misurazione dei carichi di compressione al provino. Questa dovrà avere sufficiente capacità di carico ed essere in grado di applicare il carico ad una velocità conforme alle specifiche stabilite nel paragrafo 3. Essa andrà tarata a opportuni intervalli di tempo e dovrà presentare i requisiti previsti da norme nazionali in vigore quali quelli delle ASTM Methods E4, Verification of Testing Machines (Taratura di macchine di prova) oppure le British Standard 1610, Grade A oppure le Deutsche Normen DIN 51 220 e DIN 51 223, Klasse 1.

(d) Un adattatore sferico, se già non disponibile, per la traversa della macchina di prova alloggiato solidalmente, in modo che le superfici di carico della macchina siano parallele l'una all'altra.

(e) È preferibile anche se non obbligatorio che la macchina di carico sia asservita ad un diagrammatore su carta per registrare il carico e lo spostamento ed agevolare la misura del carico di rottura.

3. Procedura

(a) I provini per il saggio andranno troncati e preparati utilizzando acqua pulita. Le superfici cilindriche dovranno essere esenti da grossolane incisioni degli utensili e le irregolarità attraversanti lo spessore del provino non dovranno superare 0.025 mm. Le superfici di base dovranno essere lisce a meno di 0.25 mm e rispettare ortogonalità e parallelismi entro 0.25°.

(b) L'orientazione del provino dovrà essere nota e il contenuto d'acqua controllato o misurato e riportato in accordo con il "Metodo consigliato per la determinazione del contenuto d'acqua in un campione di roccia", Metodo 1, Commissione ISRM sul-

le prove di laboratorio, Documento n.2, prima revisione, Dic.1977.

(c) Il diametro del provino non dovrà essere inferiore al carotiere NX, approssimativamente 54 mm, e lo spessore dovrà essere approssimativamente uguale al raggio del provino.

(d) Il provino andrà avviluppato lungo il suo contorno con un velo del nastro di schermatura e alloggiato in modo regolare nell'apparecchiatura di prova in modo che le sedi curve carichino il provino diametralmente, con gli assi di rotazione del provino e dell'apparecchiatura coincidenti.

(e) Il carico sul provino andrà applicato in modo continuo a velocità costante in modo che la frattura nelle rocce più deboli si manifesti entro 15 - 30 s. Una velocità di carico di 200 N/s è consigliabile.

(f) Se la macchina di prova è asservita con un registratore di carico e spostamento, una registrazione andrà condotta durante la prova - in modo che il carico per la frattura di innesco possa essere individuato con esattezza (in alcuni casi il carico continua ad aumentare dopo la prima rottura poiché il provino rotto è ancora in grado di assumere carico). Se un registratore di carico e spostamento non è disponibile sulla macchina di prova, allora andrà posta attenzione a cura dell'operatore per rilevare il carico di rottura primaria. Alla rottura primaria si avrà una breve pausa nel movimento dell'indicatore del carico. Tuttavia, la differenza tra il carico di rottura primaria e il carico ultimo in grado di essere sostenuto è al massimo di circa il 5%.

(g) Il numero di provini per ogni campione andrà determinato in base a considerazioni pratiche, ma in genere sono consigliati normalmente dieci provini.

4. Calcoli

La resistenza a trazione in MPa del provino σ_t , andrà calcolata con la seguente formula:

$$\sigma_t = 0.636 \frac{P}{Dt}$$

dove P è il carico a rottura (N), D il diametro del provino (mm), t è lo spessore del provino misurato al centro (mm).

5. Riassunto dei risultati

(a) Descrizione litologica della roccia.

(b) Orientazione dell'asse del carico rispetto all'anisotropia del provino, ad es. piani di stratificazione, foliazione, etc.

(c) Provenienza del campione, incluso: ubicazione geografica, profondità e orientazione, data e me-

todo di campionamento e storia e ambiente di conservazione.

- (d) Numero dei provini assoggettati a prova.
- (e) Diametro e altezza del provino.
- (f) Contenuto d'acqua e grado di saturazione al momento della prova.
- (g) Durata della prova e velocità di carico.
- (h) Data di prova e tipo della macchina di prova.
- (i) Modo di rottura.
- (j) Ogni altra osservazione o dati fisici disponibili, quali peso specifico, porosità e permeabilità, ci-

tando il metodo di determinazione utilizzato per ciascuno.

- (k) La resistenza a trazione per ciascun provino del campione, espressa con tre cifre significative, insieme al valore medio risultante per il campione.

Bibliografia

- MELLOR M. & HAWKES I. (1971) – *Measurement of tensile strength by diametral compression of discs and annuli*. Engng Geol. 5, pp. 173-225.