

Comportamento meccanico dei materiali rocciosi, fondamentali teorici

Ph.A. CHARLEZ, *Rock Mechanics. Theoretical fundamentals*, Editions Technip, 1991, pp. 333, F. 530.

L'Autore, come egli stesso rivela nella prefazione, si propone di interessare con questo volume un pubblico vario di studenti, ricercatori ed ingegneri 'sul campo', che vogliono richiamare o approfondire le basi teoriche della Meccanica delle Rocce, oppure affrontare per la prima volta questa disciplina secondo l'approccio termodinamico. È da osservare, tuttavia, che l'opera tratta principalmente quegli aspetti della Meccanica delle Rocce che riguardano più da vicino il comportamento delle rocce a grande profondità. Infatti, questo testo rappresenta il primo volume di un'opera più ampia in cui l'Autore si propone di affrontare e discutere i problemi applicativi connessi all'ingegneria del petrolio.

Alla luce di ciò, viene dato grande risalto al comportamento termo-meccanico dei mezzi porosi, asciutti o con fluidi, in condizioni di alte temperature e pressioni.

L'argomento principale del volume viene introdotto in una prima parte dedicata alla descrizione dei concetti di base della classica meccanica del continuo. In modo sintetico vengono descritte le grandezze cinematiche che governano lo stato di deformazione di un solido, secondo la trattazione sia lagrangiana, sia euleriana (cap.1).

L'introduzione dei tensori degli sforzi, definiti anch'essi secondo le due trattazioni, permette di derivare le equazioni di equilibrio (cap.2).

Questa parte introduttiva comprende anche una esposizione della teoria della termodinamica dei materiali solidi; in particolare, da un rapido riassunto dei principi della termodinamica si passa alle leggi fisiche che devono essere rispettate per una corretta definizione delle equazioni costitutive dei materiali (disuguaglianza di Clausius-Duhem). Secondo questo approccio vengono introdotte le equazioni che governano il comportamento elastico e quello dissipativo dei materiali solidi (cap.3)

La seconda parte costituisce la parte essenziale e più interessante del volume: vengono presi in rassegna i principali modelli di com-

portamento proposti per le rocce, dal semplice modello elastico al molto più complesso modello termoporoplastico.

Mentre le equazioni che governano il comportamento elastico sono richiamate sinteticamente (cap.4), un intero capitolo tratta delle condizioni di sforzo piano, con le soluzioni in forma chiusa di alcuni particolari problemi di interesse applicativo (cap.5).

Viene quindi introdotto il concetto di mezzo poroso, definito come un mezzo costituito da un continuo elastico contenente un insieme di cavità (pori e/o microfessure) (cap.6). Altri tre capitoli sono dedicati alla analisi del comportamento termo-meccanico dei mezzi termoporoplastici. A partire dalla esposizione dei principi della termodinamica per mezzi porosi (eventualmente saturi) (cap.7), sono di seguito introdotte le equazioni generali che governano il comportamento di questi mezzi (cap.8). Per determinare alcune delle nuove grandezze che intervengono in questo tipo di modello vengono suggerite una serie di prove da effettuarsi in una cella triassiale non convenzionale (cap.9).

Un ponderoso capitolo viene dedicato allo sviluppo del modello termoporoplastico, il quale porta in conto il comportamento irreversibile dei materiali (cap.10). In questo capitolo vengono descritte in una prima parte le leggi costitutive generali di mezzi sia idealmente plastici, sia con comportamento incrudente. Una seconda parte viene dedicata alla generalizzazione del modello Cam-Clay, recentemente suggerita per le rocce porose. La terza parte del capitolo richiama brevemente il criterio di resistenza di Coulomb.

Infine, viene analizzato il comportamento di una roccia calcarea molto porosa (*chalk*) alla luce del modello di Lade, distinguendo i due differenti comportamenti, sotto carico idrostatico e deviatorico, che contraddistinguono questo tipo di roccia.

L'ultima parte del volume riguarda la discussione di alcune teorie che descrivono il comportamento meccanico di mezzi dissipativi.

Per spiegare il fenomeno della rottura fragile vengono esposte le basi teoriche della meccanica della frattura (cap.11). Segue una descrizione della teoria del danneggiamento, la quale viene analizzata sia da un punto di vista fenomenologico, considerando il compor-

tamento macroscopico del mezzo (modello di Lemaitre), sia attraverso gli effetti microscopici del danneggiamento, sostituendo al mezzo eterogeneo un mezzo equivalente omogeneo (cap.12).

Infine, viene affrontato il fenomeno della rottura macroscopica che si osserva nei provini sottoposti a carico deviatorico (bande di taglio) (cap.13). Vengono descritti tre diversi approcci: quello convenzionale di Coulomb, quello microstrutturale, per cui tale fenomeno deriva dalla coalescenza di microfratture causate dal carico, e infine quello della teoria della biforcazione, secondo la quale la localizzazione della deformazione conduce ad una instabilità macroscopica, ovvero, in termini matematici, ad una mancanza di unicità della soluzione.

L'Autore privilegia decisamente gli sviluppi matematici, piuttosto che la descrizione fenomenologica e le evidenze sperimentali dei fenomeni che descrive. Sembra quindi un po' trascurato l'aspetto didattico, in quanto la pesantezza della matematica non è accompagnata da una sufficiente chiarezza espositiva dei passaggi di commento. Ne risulta un testo non certo adatto come volume di primo approccio a coloro i quali vogliono essere iniziati allo studio della Meccanica delle Rocce, in contrasto con il titolo troppo generale del volume.

Inoltre, l'approccio non convenzionale secondo i principi della termodinamica rende difficile, per il lettore non avvezzo a tale teoria, muoversi tra i capitoli e tralasciare le pagine precedenti; pertanto il volume non può essere utilizzato facilmente come opera di consultazione.

Il testo si colloca quindi senz'altro tra le opere di interesse specifico, ed interesserà quegli studiosi che sono interessati da un punto di vista teorico allo studio di complessi modelli di comportamento e, in particolare, coloro che svolgono la propria attività nel campo della meccanica delle rocce profonde.

È comunque degna di nota l'attenzione rivolta dall'Autore ad alcune recenti linee di ricerca, quali il comportamento dei mezzi dissipativi e il comportamento termo-meccanico dei mezzi porosi, ed appare interessante l'inserimento del modello di Cambridge, rivisto per rispettare le condizioni di alte pressioni e temperature a cui sono sottoposte le rocce profonde.

(Tatiana Rotonda)