

Fondamenti di Meccanica delle Terre

Roberto NOVA

McGraw-Hill, Collana di Istruzione Scientifica,
Serie di Ingegneria Civile, 2002. 373 + XIV pp.
Euro 30

Il panorama dei libri di testo in lingua italiana nel settore dell'Ingegneria Geotecnica si arricchisce di un nuovo e molto significativo elemento: un bel libro di Roberto Nova intitolato *Fondamenti di Meccanica delle Terre* e pubblicato dalla McGraw-Hill Italia.

L'opera è organizzata in sette capitoli.

I primi quattro di essi (Cap. 1: Concetti introduttivi; Cap. 2: Equazioni di campo per un mezzo poroso; Cap. 3: Filtrazione in regime stazionario; Cap. 4: Filtrazione in regime transitorio) sono dedicati alla trattazione meccanica di un continuo a due fasi, lo scheletro solido poroso ed il fluido interstiziale, che occupano la stessa regione dello spazio e interagiscono fra loro.

In questi primi capitoli, quindi, vengono imposte le equazioni di campo che devono essere soddisfatte dal continuo solido e da quello fluido e viene mostrato come, in generale, la determinazione dello stato di tensione e deformazione sia accoppiata a quella del campo di quote piezometriche e di velocità del fluido.

Vengono poi esaminati i casi particolari della filtrazione in condizioni di moto permanente e della consolidazione mono e bi-dimensionale.

Segue un capitolo molto corposo dedicato all'illustrazione del comportamento dei terreni, sulla base dei risultati di esperienze di laboratorio (Cap. 5: Il legame costitutivo: prove e risultati sperimentali), ed un capitolo nel quale i legami costitutivi dei terreni sono invece visti sotto l'aspetto della modellazione matematica (Cap. 6: Il legame costitutivo: modellazione matematica del comportamento sperimentale).

Come è noto, il comportamento tensionale – deformativo dei terreni è non lineare, irreversibile, dipendente dal livello di sollecitazione e dalla storia delle sollecitazioni; il suo studio sperimentale si scontra con notevoli difficoltà, a partire da quella di un campionamento realmente indisturbato. Anche la relativa modellazione matematica presenta perciò notevoli complessità, pur se si rinuncia a mettere in conto l'anisotropia e la dipendenza dal tempo. L'Autore, però, mostra come semplici modelli di tipo elasto-plastico con incrudimento siano in grado di cogliere in modo soddisfacente le principali caratteristiche del comportamento del terreno e

quindi di riprodurre gli andamenti sperimentali osservati nelle prove.

Una peculiarità del libro è lo stretto rapporto che viene mantenuto fra descrizione dei comportamenti e relativa modellazione matematica; questo rappresenta, a giudizio di chi scrive, uno dei caratteri originali e dei maggiori pregi dell'opera.

In un capitolo finale (Cap. 7: Soluzione numerica di problemi al contorno), vengono poi presentati alcuni problemi al contorno che riproducono, in forma semplificata, classici problemi dell'ingegneria geotecnica come la spinta delle terre sulle opere di sostegno, il carico limite delle fondazioni dirette, la stabilità di un fronte di scavo. Le equazioni di campo vengono integrate per via numerica con il metodo degli elementi finiti, ottenendo soluzioni in termini di spostamenti, sforzi, deformazioni, pressioni neutre.

Il vostro recensore ha letto con particolare attenzione la breve postfazione del libro, intitolata: "Dalla Meccanica delle Terre all'Ingegneria Geotecnica". In essa, molto opportunamente, l'Autore mette in guardia dal sottovalutare le difficoltà che si incontrano nella trattazione dei problemi reali di ingegneria geotecnica; difficoltà che non sono tanto quelle del calcolo, ma piuttosto quelle di formulare un adeguato modello geotecnico del sottosuolo.

Una teoria scientifica è caratterizzata dall'occuparsi di enti astratti (angoli, entropie, semispazi elastici); consiste di un piccolo numero di enunciati fondamentali (assiomi, o ipotesi, o principi) e di una struttura deduttiva che consente di derivare da quegli assiomi un gran numero di conseguenze. Tutti i problemi che possono essere formulati nel quadro di una teoria possono allora essere risolti con la dimostrazione e il calcolo; le soluzioni che si ottengono sono esatte e ripetibili.

L'Ingegneria si occupa di cose reali ma usa le teorie scientifiche come modello della realtà, e i risultati che se ne ottengono per agire nella realtà, e cioè progettare. A tal fine deve far uso di relazioni di corrispondenza fra oggetti reali ed enti astratti della teoria (modellazione) e viceversa (progetto). Le relazioni di corrispondenza, a differenza delle teorie scientifiche, non hanno validità generale e

devono continuamente essere verificate con il metodo sperimentale.

Come osserva Nova nella sua postfazione, quanto più completa è una teoria scientifica, quanto più articolato è il modello sul quale essa è basata, tanto minore diventa l'incertezza della relazione di corrispondenza. Ad esempio, se per calcolare il cedimento di una fondazione si fa ricorso alla semplice teoria dell'elasticità, occorrerà scegliere un valore del modulo elastico del terreno che tenga implicitamente conto di una serie di fattori quali il livello di carico, la costituzione del sottosuolo, lo stato tensionale medio nel volume significativo. Grande è dunque il ruolo del giudizio del progettista o, se si vuole, della componente di "arte" del suo mestiere di ingegnere. Se invece si sceglie un legame costitutivo più elaborato, caratterizzato da un maggior numero di parametri, e si modella più realisticamente la costituzione del sottosuolo ricorrendo ad esempio al metodo degli elementi finiti, le relazioni di corrispondenza diventano molto più definite e diminuisce il ruolo del giudizio; la "scienza" acquista un'importanza via via maggiore rispetto all'"arte". Tutti noi lavoriamo a sviluppare un'ingegneria geotecnica nella quale questo processo sia portato sempre più avanti.

Nel libro di Nova si prefigura una pratica basata su relazioni costitutive avanzate ed analisi ad elementi finiti; il vostro vecchio recensore è abituato ad un armamentario molto più convenzionale. In entrambi i casi, però, e forse nel secondo ancor più che nel primo, non si può non condividere appieno l'affermazione che: "La conoscenza del comportamento meccanico del terreno e dell'impianto teorico della Meccanica delle Terre è un prerequisito essenziale, qualunque tipo di strategia si scelga di adottare".

L'apparizione di questo libro era nell'aria da qualche tempo, e il vostro recensore lo attendeva con curiosità, ma anche con qualche preoccupazione. La fama di inflessibile teorico del prof. Nova, infatti, faceva temere un trattato ponderoso e forse un po' astruso che avrebbe potuto rivelarsi di lettura difficile e faticosa per un vecchio ed antiquato ingegnere.

Queste preoccupazioni sono state completamente dissipate dalla lettura. In realtà, si tratta di un'opera che, senza venire a compromessi sul piano del rigore, è chiara, efficace ed avvincente. Ricordo una pubblicità di cosmetici che diceva: "se vuoi avere una faccia acqua e sapone, non usare né acqua, né sapone". La semplicità e la chiarezza del libro non sono certo casuali, ma rappresentano il risultato di un buon lavoro di scelta del materiale e di organizzazione della presentazione.

Qualcosa di dotto e di difficile, però, è rimasto. Il libro si apre con due versi tratti dal grande poema scientifico di Lucrezio, messi lì in latino e senza traduzione, quasi cosa ovvia per qualsiasi lettore non totalmente analfabeta. Per risparmiare ai lettori lo sforzo che è costato a me decodificare il difficile latino di Lucrezio, li riporto nella bella traduzione di Luca Canali:

"Ma, come ho dimostrato, la natura del mondo non è interamente solida, poiché vi si mescola il vuoto..." (*De Rerum Natura*, V - 364).

Non resisto alla tentazione di usare anch'io Lucrezio (mi scuso con il lettore, ma è stato Roberto Nova a cominciare!).

"È dolce, quando i venti sconvolgono le distese del vasto mare, guardare da terra il grande travaglio di altri, non perché l'altrui tormento procuri giocondo diletto, bensì perché t'allieta vedere da quali affanni sei immune" (*De Rerum Natura*, II - 1).

Quando un collega si avventura nel difficile mare della scrittura di un libro del tipo di quello qui in esame, si prova una sensazione simile (onestamente, l'altrui tormento giunge perfino a provocare un'ombra di diletto!).

"Ma nulla è più dolce che abitare là in alto i templi sereni del cielo saldamente fondati sulla dottrina dei sapienti, .." (*De Rerum Natura*, II - 7). Se il navigante supera il mare in tempesta e a vele spiegate entra in porto, non si può che gioirne ancora di più, congratularsi per il successo e raccomandare caldamente il libro.

Carlo Viggiani