

Recensioni

Esecuzione ed utilizzo della prova pressiométrica classica tipo Menard

J.L. BRIAUD - *The Pressuremeter*. A.A. Balkema, 1992, 336 pp., £. 63.

L'Autore precisa fin dall'introduzione che il libro vuole essere soprattutto un manuale per l'utilizzo corretto del pressiometro tradizionale (tipo Menard), sia in fase di esecuzione delle prove in sito sia in fase di interpretazione dei risultati ai fini progettuali.

Sei dei sedici capitoli di cui è composto il libro, sono dedicati all'esame dei vari tipi di apparecchiature in commercio, alle procedure di calibrazione e di installazione dello strumento, all'esecuzione della prova vera e propria ed alla restituzione dei risultati. Gli altri capitoli principali riguardano: alcuni cenni sugli aspetti teorici di base per la modellazione matematica della prova pressiométrica (cap.6), la valutazione dello stato tensionale iniziale nel terreno e dei parametri di resistenza e di deformabilità (cap.8), la valutazione della capacità portante e dei cedimenti delle fondazioni superficiali (cap.9), il progetto di fondazioni profonde (pali) con riferimento ai carichi longitudinali e trasversali rispetto all'asse principale (cap.10 e cap.11), i problemi di interazione struttura-terreno nel dimensionamento delle opere di sostegno flessibili (cap.12), il progetto di ancoraggi iniettati in pressione (cap.13), il progetto di pavimentazioni (cap.14). Brevi cenni sono inoltre rivolti (cap.15 e cap.16) alla progettazione di pozzi ed al controllo ed alla verifica dei metodi di miglioramento dei terreni (vibroflottazione, *tamping*, compattazione per strati di riporti, ecc.). Il volume è completato da alcune appendici aventi principalmente lo scopo di esemplificare dal punto di vista applicativo quanto introdotto ed illustrato nel testo principale.

In generale gli aspetti teorici sono sviluppati in modo sintetico e non sempre soddisfacente mentre i dati sperimentali e gli aspetti esecutivi ed applicativi risultano utili ed interessanti.

Passando ad alcuni commenti specifici si può subito rilevare che la trattazione teorica dell'espansione della cavità cilindrica non può essere giudicata sufficiente in quanto vengono solamente considerati modelli costitutivi estremamente semplificati (es. mezzo elastico lineare, elastico lineare-perfettamente plastico con deformazioni a volume costante). Inoltre utilizzando questi modelli di base l'Autore ha la pretesa di giustificare alcuni fattori correttivi empirici normalmente utilizzati nella pro-

gettazione corrente. I risultati di questi approcci semplicistici risultano poco convincenti come nel caso del fattore α di MENARD [1975] per la valutazione dei cedimenti delle fondazioni superficiali (pag.38) i cui valori, dipendenti dal tipo di terreno, vengono attribuiti principalmente ad una anisotropia indotta nel piano orizzontale in fase di espansione della cavità cilindrica per effetto dell'incremento tensionale (carico) in direzione radiale e del decremento tensionale (scarico) in direzione tangenziale. Purtroppo i valori di α consigliati da Menard si giustificano solamente con moduli elastici equivalenti in direzione radiale (condizioni di carico) maggiori rispetto a quelli in direzione tangenziale (condizioni di scarico) tendenza che fino ad oggi risulta assolutamente in contrasto con tutte le evidenze teoriche e sperimentali in ambito geotecnico. L'Autore attribuisce poi questa singolarità alla limitata o nulla resistenza a trazione dei terreni evidenziata, in alcuni casi, dalla formazione di fratture in direzione radiale rispetto alla cavità in espansione. Di fatto con questo procedimento troppo semplicistico si pretenderebbe di modellare un problema di plasticizzazione e/o di propagazione della frattura con un approccio basato sul mezzo elastico lineare continuo ed anisotropo. Sarebbe stato sufficiente e certamente più corretto, a tutto vantaggio della chiarezza per il lettore, dire semplicemente che il fattore correttivo α tiene principalmente in conto effetti quali il rilascio tensionale ed il disturbo arrecato al terreno nella fase di installazione della sonda pressiométrica e fenomeni di plasticizzazione e/o fratturazione nella fase di espansione. Sempre a livello di trattazione teorica dell'espansione della cavità cilindrica si possono notare alcune imprecisioni, per esempio a pag. 38 si legge: «...a limit pressure p_L is reached when the entire soil mass is in the plastic state», anziché quando risulta costante il rapporto tra il raggio della cavità ed il raggio della zona plasticizzata [VESIC, 1972].

A parte la discutibile disquisizione qualitativa sul rapporto tra i moduli elastici equivalenti in compressione ed in estensione per spiegare l'origine del fattore α , abbastanza valida ed aggiornata risulta invece la trattazione generale relativa ai diversi moduli di deformabilità ottenibili dalla prova pressiométrica e ai principali fattori che intervengono nella loro valutazione. Troppo sbrigativo risulta il cenno dell'Autore alla valutazione della tensione orizzontale geostatica (pag. 43), non viene infatti sufficientemente evidenziata la valenza

prevalentemente operativa che caratterizza la tensione orizzontale geostatica σ_{0H} come definita nell'interpretazione della prova pressiométrica classica tipo Menard (punto di flesso iniziale della curva pressiométrica). Così come è impostato l'argomento, si può provocare nel lettore una falsa sensazione di affidabilità dei risultati ottenuti anche se riferiti alla stima della reale tensione orizzontale geostatica σ_{h0} agente in sito, mentre al contrario ci si trova, in quest'ultimo caso, nell'ambito di una problematica ad oggi ancora ampiamente dibattuta e lontana da una soluzione pienamente soddisfacente [SCHNAID e HOULSBY, 1990; MANASSERO, 1991]. Per quanto riguarda la valutazione dei parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate e non drenate dall'interpretazione dei risultati della prova pressiométrica, l'Autore elenca in modo completo i principali metodi disponibili senza però entrare significativamente nel merito delle ipotesi e dei procedimenti risolutivi che li caratterizzano; inoltre non vengono evidenziate le ragioni per le quali l'Autore stesso giudica la prova inaffidabile con particolare riferimento alla valutazione dell'angolo di resistenza al taglio dei terreni incoerenti. Irrilevante risulta essere il paragrafo (pag.67) relativo alla determinazione della resistenza a trazione dei terreni cementati o delle argille "heavily over-consolidated" (per queste ultime è augurabile che l'Autore si voglia riferire alle condizioni non drenate e/o di parziale saturazione, anche se non precisa questo particolare!).

Nell'abbandonare gli aspetti legati principalmente alla modellazione teorica della prova pressiométrica per passare a quelli più strettamente tecnico-applicativi l'Autore trova il suo terreno più congeniale (in senso metaforico). Il capitolo dedicato al progetto delle fondazioni superficiali si sviluppa in modo fluido e bilanciato e fornisce le indicazioni necessarie al progettista geotecnico, correlate da dati esaurienti, chiari ed aggiornati basati anche su esperienze dirette piuttosto ben documentate. Particolarmente utili si rivelano in questo ed altri capitoli dedicati ai procedimenti empirici per la progettazione delle fondazioni e delle opere di sostegno sia i consigli pratici per la corretta esecuzione della prova, sia le valutazioni dell'influenza degli errori più comuni, che si possono commettere durante l'esecuzione della prova stessa, sui risultati dei calcoli. Vengono inoltre forniti elementi e riscontri per la valutazione della qualità delle prove eseguite.

Al progetto ed alla verifica delle fondazioni su pali sono dedicati due dei principali capitoli del libro. Il primo fa riferimento ai carichi verticali o più in generale lungo l'asse principale del palo. Tutti i metodi di calcolo illustrati sono impostati secondo le indicazioni ed i suggerimenti della letteratura francese incluse le procedure per l'utilizzo dei coefficienti di sicurezza parziali (vedi anche EUROCODE 7 [1993]). Le costanti empiriche di correlazione tra i risultati della prova pressiométrica e le grandezze da stimare in fase progettuale (es. pressione limite alla base, attrito lungo il fusto del palo, curve di trasferimento per la valutazione dei cedimenti, ecc.) vengono fornite mediante i grafici e le tabelle più aggiornati [LCPC-CETRA, 1985] integrati in alcuni casi da valutazioni di affidabilità basate su dati sperimentali dello stesso Autore o estratti da altre fonti della letteratura internazionale. E' importante ancora segnalare che vengono presi in considerazione alcuni aspetti di interesse per il progettista geotecnico quali l'effetto di carichi ciclici e della velocità di applicazione dei carichi. Il capitolo dedicato ai pali caricati orizzontalmente presenta qualche sbrodolatura iniziale sulla già ben nota soluzione del problema di interazione palo-terreno con quest'ultimo schematizzato mediante supporti elastici indipendenti alla Winkler, dopo di che la trattazione risulta interessante ed utile per quanto riguarda la determinazione delle curve P-y di reazione del terreno agli spostamenti orizzontali del palo, le valutazioni ed i confronti sperimentali sulla affidabilità dei procedimenti di calcolo, la valutazione degli effetti dei carichi ciclici, della velocità di applicazione dei carichi e, aspetto poco considerato ma non privo di interesse pratico, la presenza di scavi o trincee a pareti verticali in prossimità del palo.

La valutazione della resistenza a trazione degli ancoraggi iniettati in pressione riportata nel libro segue in toto la procedura e le indicazioni del lavoro di BUSTAMANTE e DOIX [1985]. Sono purtroppo stati esclusi dal testo i confronti con i procedimenti di calcolo basati sui dati delle prove penetrometriche dinamiche (SPT) contenuti invece nell'articolo originale. Il progetto delle pavimentazioni seppure presentato in forma sintetica offre una metodologia originale sviluppata dall'Autore e supportata da dati sperimentali di confronto utili per la valutazione dell'attendibilità delle previsioni progettuali. Nulla di particolarmente rilevante può essere segnalato per quanto riguarda i brevi cenni che l'Autore dedica ai metodi di miglioramento dei terreni, ai pozzi realizzati con calcestruzzo espansivo, ai problemi di liquefazione, all'utilizzo del pressiometro in rocce tenere, alla parametrizzazione del terreno per analisi agli elementi finiti ed infine a vantaggi, svantaggi e costi della prova pressiométrica. Sulla utilità degli esempi di calcolo riportati nelle appendici si è già accennato nella parte iniziale di questa nota.

Infine alcuni commenti di carattere generale e riassuntivo. Pur con qualche passaggio piuttosto frammentario, qualche imprecisione negli approcci teorici ed alcuni aspetti trattati in modo piuttosto semplicistico e sbrigativo il libro risulta aggiornato, espone alcuni dati spe-

rimenziali originali, e presenta buoni suggerimenti ed utili indicazioni tecnico-applicative. Inoltre è caratterizzato da una certa immediatezza e facilità di consultazione. Facendo riferimento alla collocazione del testo in esame nell'ambito della letteratura internazionale sull'argomento si può azzardare, seppure con qualche forzatura, la seguente considerazione: se il manuale C.I.R.I.A. di MAIR e WOOD [1987] poteva essere visto, tra le pubblicazioni di un certo respiro dedicate al pressiometro, come la sintesi aggiornata della trattazione base di BAGUELIN *et al.* [1978] con riferimento agli aspetti di modellazione e di interpretazione della prova in termini di parametri fondamentali di base e di stato dei terreni testati, così il volume di Briaud può essere considerato, da un punto di vista complementare, la sintesi aggiornata della suddetta trattazione base con riferimento alle procedure empiriche e/o semiempiriche di progetto ed alla valutazione delle prestazioni delle opere di fondazione direttamente dai risultati della prova pressiométrica senza passare attraverso modellazioni più o meno sofisticate del comportamento del terreno. Tenendo presenti le osservazioni precedenti si può utilmente proporre il volume esaminato a coloro che vogliono o debbono cimentarsi nella progettazione di opere di fondazione e/o di sostegno correnti utilizzando la prova pressiométrica classica tipo Menard.

Mario Manassero

Bibliografia

- BAGUELIN F., JEZEQUEL J.F., SHIELDS D.H. (1978) - *The Pressuremeter and Foundation Engineering*. Trans. Tech. Publications, Clausthal-Zellerfeld, Germany.
- BUSTAMANTE M., DOIX B. (1985) - *Une Méthode pour le Calcul des Tirants et des Micropieux Injectés*. Bull. Liaison Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, n. 140.
- EUROCODE 7 (1993) - *Geotechnical Design, General Rules*. CEN European Committee for Standardization, Working Document, 4th Version.
- LCPC-CETRA (1985) - *Règles de Justification des Fondations sur Pieux a Partir des Resultats des Essais Pressiométriques*. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes, Paris.
- MAIR J.R., WOOD D.M. (1987) - *Pressuremeter Testing. Methods and Interpretation*. Construction Industry Research and Information Association, London, Butterworths.
- MANASSERO M. (1991) - *Calibration Chamber Correlations for Horizontal In-Situ Stress Assessment Using Self-Boring Pressuremeter and Cone Penetration Tests*. Proc. First Int. Symposium on Calibration Chamber Testing (ISOCCT1), Potsdam, NY, pp. 237-248.
- MENARD L. (1975) - *The Menard Pressuremeter: Interpretation and Application of the Pressuremeter Test Results to Foundations Design*. Sols-Soils, n. 26.

SCHNAID F., HOULSBY G.T. (1990) - *Calibration Chamber tests of the Cone-Pressuremeter in Sand*. Proc. Int. Symposium on Pressuremeters. Oxford U.K., T.Telford, London, pp. 263-272.

VESIC A.S. (1972) - *Expansion of Cavities in Infinite Soil Mass*. A.S.C.E. Soil Mechanics and Foundation Engineering Journal, vol. XCVIII, SM3, pp. 265-290.

Gli anni '80 in 10 Rankine Lectures

AA.VV. - *Landmarks in Soil Mechanics*. Thomas Telford, 1992, 440 pp., £ 60.00.

Poter disporre dei testi delle dieci *Rankine Lectures* degli anni '80 in un solo volume, rappresenta certamente una ghiotta occasione per tutti i cultori della geotecnica non abbonati a «Géotechnique». A questa esigenza fa fronte la Thomas Telford che, dopo *Milestones in Soil Mechanics* e *Developments in Soil Mechanics*, che raccolgono le conferenze dedicate a Rankine negli anni '60 e '70, pubblica ora *Landmarks in Soil Mechanics*, che completa la raccolta dei primi trent'anni.

Com'è noto, agli inizi degli anni '60 la British Geotechnical Society decise di commemorare William John Maquorn Rankine con una conferenza annuale da far tenere ad un prestigioso membro della comunità geotecnica internazionale. Si iniziò nel 1961 con Arthur Casagrande, per poi seguire con molti altri eminenti studiosi.

L'importanza della figura di Rankine, il prestigio della società organizzatrice e, anno dopo anno, la notorietà dei conferenzieri, hanno attribuito alla *Rankine Lecture* il carattere di Oscar della Geotecnica. I testi delle conferenze sono stati pubblicati sin dalle prime edizioni sulla rivista «Géotechnique», unitamente alle trascrizioni delle prolusioni e delle proposte dei *vote of thanks* (ovviamente sempre concessi per acclamazione), anch'esse tenute da illustri membri della comunità geotecnica.

Le *Rankine Lectures* hanno da sempre avuto carattere molto diverso a seconda degli oratori. In alcuni casi è stato privilegiato l'aspetto "conferenza", con la presentazione di ampie casistiche o la discussione di questioni generali; in altri si sono trattati argomenti specifici; in altri casi ancora ci si è indirizzati verso uno *state of the art report*.

Nel terzo decennio, appartiene certamente al primo gruppo la conferenza del prof. N.R. Morgenstern che ha trattato un ampio spettro di problemi di ingegneria geotecnica (*creep* di pendii interessati da *permafrost*, estrazione di idrocarburi da sabbie petrolifere con diversi procedimenti, ecc.) riscontrati da Morgenstern nello stato di Alberta in Canada.

Di uguale respiro è la conferenza sulla rottura tenuta dal prof. R.F. Sott, che ha presentato una trattazione molto originale che spazia dall'esame di fenomeni di rottura sulla Luna (carico limite delle scarpe degli astronauti, movimenti franosi, ecc.) all'analisi della rottura in mezzi particellari con approccio micromeccanico.

Nel 1984 è stata la volta del prof. N. Janbu,