



La Facoltà di Geotecnica dell'Università di Stettino

Prove specialistiche sui terreni

La corretta valutazione delle caratteristiche geotecniche di un determinato sottosuolo richiede anche un supporto sperimentale che prevede, ad esempio, l'esecuzione e interpretazione di determinate prove fisiche e meccaniche effettuate sia in sito che in laboratorio. L'affidabilità dei risultati è assicurata sia dall'utilizzo di specifiche apparecchiature a elevato contenuto tecnologico, sia dal supporto di personale altamente qualificato ed esperto, supportato da procedure standardizzate o validate attraverso le attività di ricerca

Nell'ambito di un settore così specifico di sperimentazione com'è quello della valutazione delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo opera il Prof. Zygmunt Meyer D. Sc., preside della Facoltà di Geotecnica dell'Università di Tecnologia della Pomerania Occidentale (*Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny*) di Stettino (Polonia). In questo Centro Universitario di avanguardia il Prof. Meyer interviene nel proporre soluzioni ai problemi geotecnici, nel campo ad esempio della progettazione di opere di fondazione, per varie tipologie di edifici e di infrastrutture, collaborando con società di engineering e imprese specializzate nel settore. Sostanzialmente il Prof. Meyer e il suo staff svolgono attività di consulenza per la solu-

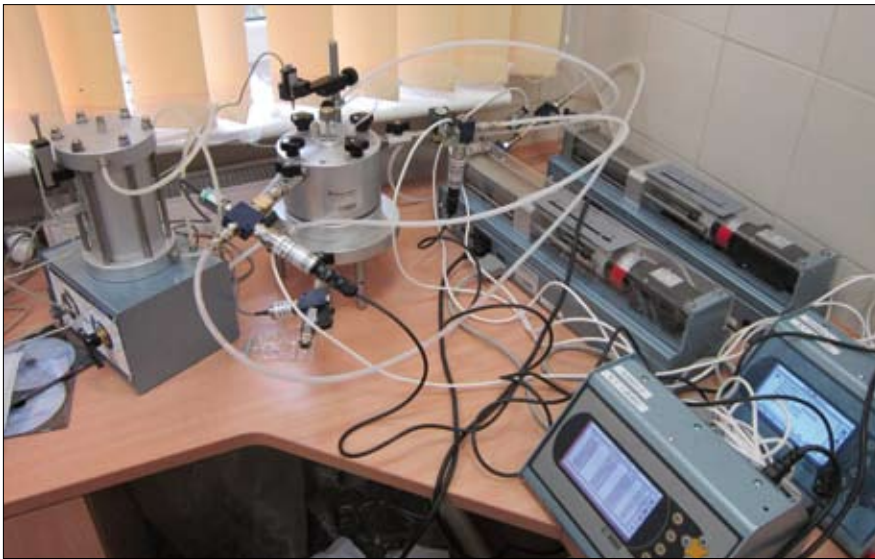


Fig. 1 - Sistema Hydrocon gestito da pompe Hydromatic modello stand-alone

zione di problemi di progettazione geotecnica in situazioni geologiche particolarmente complesse, seguendo l'intero iter progettuale (redazione della documentazione preliminare, della progettazione di massima e della progettazione esecutiva) e collaborando alla direzione lavori in corso d'opera. Interviene altresì nelle situazioni di emergenza che si possono verificare sulle costruzioni e sulle infrastrutture esistenti.

Un Laboratorio dedicato

Una risposta adeguata e precisa all'analisi del comportamento delle opere di fondazione di costruzioni ubicate in siti dove le condizioni geologiche del suolo sono complesse si avvale di sofisticati modelli di calcolo multiparametrici, che richiedono a loro volta la determinazione di parametri geotecnici basati su dati sperimentali (prove in sito e prove di laboratorio): specifiche prove fisiche e specifiche prove meccaniche effettuate su campioni di terreno, sufficientemente rappresentativi e di buona qualità, prelevati dai siti in esame. A tale scopo la Facoltà di Geotecnica dell'Università di Stettino dispone di un'equipe di tecnici e ricercatori – oltre che di un laboratorio adeguatamente attrezzato per la corretta esecuzione di prove - che permette di replicare le diverse condizioni di stato tensionale e deformativo simulate dai modelli di calcolo e di determinarne i parametri rappresentativi e significativi. Lo sviluppo del Laboratorio in termini di personale - ma soprattutto di at-

trezzature - è stato reso possibile ricorrendo a un recente programma di sovvenzione del Ministero della Scienza e dell'Istruzione Superiore (N. 523/FNiTP/3098 del 30.09.2010), all'interno del quale sono state anche acquisite alcune tra le più moderne apparecchiature per l'esecuzione di prove geotecniche in sito e per il prelievo di campioni (prelievo, ad esempio, di campioni indisturbati di diametro corrispondente alle dimensioni dei provini previste dalle normative per le prove in laboratorio).

Il programma di sviluppo

Il settore che ha beneficiato maggiormente di questo programma di svilup-

po è quello che svolge le prove di resistenza meccanica e di caratterizzazione idraulica.

Tra le varie attrezzature è stato acquisito, ad esempio, il Consolidometro Hydrocon (Fig. 1), realizzato da Wykeham Farrance, Divisione Meccanica delle Terre di Controls, che permette di valutare la compressibilità dei terreni attraverso l'applicazione di diverse condizioni di stato tensionale e di drenaggio, con misurazione delle pressioni interstiziali e dei parametri di consolidazione in funzione del tempo. Le prove possono essere eseguite a carichi molto più elevati rispetto alla prova edometrica tradizionale, con misurazioni più precise delle deformazioni e del grado di consolidazione, anche su provini di terreno di grande diametro (fino a 100 mm). Il dispositivo consente la registrazione delle curve di consolidamento e delle curve di compressibilità per parametrizzare le diverse tipologie di sottosuolo, a partire dai parametri standard, previsti dalle Normative Europee, fino ad altri più specifici, richiesti nei modelli di ricerca.

Un altro sistema prodotto da Controls, entrato in esercizio lo scorso anno dopo un periodo di addestramento del personale, è costituito da un'apparecchiatura automatica per prove triassiali statiche CU, CD, UU e a stress path controllato, denominata Autotriax (Fig. 2): questo sistema può gestire in automatico fino a tre



Fig.2 - Sistema Autotriax, costituito da tre presse Trittech 50 e tre celle triassiali

camere triassiali e tre macchine di compressione Tritech 50 da 50 kN, operando in condizioni di carico o di deformazione controllata con velocità infinitamente variabile da 0 a 9,999 mm/minuto.

Per ogni camera triassiale il sensore di misura della forza è costituito da una cella di carico estensimetrica immersa, contenuta cioè all'interno della camera triassiale stessa, e permette di misurare la forza assiale direttamente sul provino, eliminando gli effetti dell'attrito determinati

dal pistone della camera triassiale. Tale strumento, progettato espressamente per quest'applicazione, non risente delle variazioni della pressione idraulica applicata alla camera triassiale e delle derive elettriche che si possono manifestare nel tempo e che andrebbero a invalidare le misure nelle prove a lungo termine.

Le prove possono essere eseguite in totale automazione, con l'applicazione programmata di più fasi successive, per ciascuna delle quali l'operatore pre-definisce

i target di stato deformativo o tensionale che intende realizzare, in base alla situazione progettuale oggetto di indagine.

I dettagli del sistema

Il sistema è stato progettato in modo da condurre fino a tre prove contemporanee e indipendenti su campioni di differente diametro, in funzione delle caratteristiche fisiche dei terreni in esame (da 38 mm, 50 mm, 70 mm, fino a 100 mm e 150 mm), in speciali celle triassiali che permettono di raggiungere e mantenere pressioni fino a 2.000 e 3.500 kPa. Questi sistemi di pressione, che consentono l'applicazione di rampe lineari, sia in carico che in scarico, e il mantenimento di pressioni costanti, sono costituiti da pompe idrauliche modello Hydromatic azionate da stepping motor "on board", gestiti dal sistema Autotriax.

Le prove triassiali vengono realizzate suddividendole in successive fasi, che di volta in volta l'operatore può impostare o modificare in funzione della risposta del provino:

- saturazione, con successivi incrementi di pressione all'esterno e all'interno del provino mantenuti costanti nel tempo, con controllo della variazione di volume e monitoraggio del livello di saturazione raggiunto (misura del parametro B di Skempton);
- consolidamento isotropico con misurazione continua delle variazioni di volume e di pressione interstiziale;
- consolidamento in condizioni K_0 , dove l'applicazione delle pressioni assiali e radiali è controllata in maniera tale da mantenere costante la sezione media del provino; ciò può avvenire mediante misura diretta con sensori immersi a contatto con il provino oppure attraverso la misura del rapporto della variazione di volume e dell'altezza del provino;
- passi a stress path controllato, per i quali le grandezze di controllo e di target possono essere selezionate dall'operatore (rampe in controllo di carico o di deformazione, valori di target in termini di tensione totale orizzontale e verticale, di sollecitazione media, di sollecitazione deviatorica);



Fig.3 - Sistema Dynatriax completo

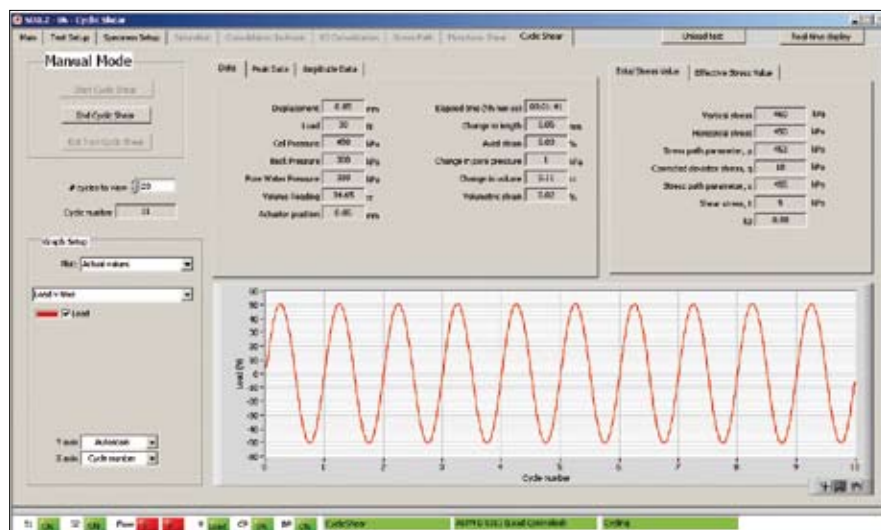


Fig.4 - Software Dynatriax. Esempio di controllo del carico nella fase ciclica

- fase di taglio monotono statico, con o senza drenaggio, simulando stati tensionali di compressione o di estensione.

Il sistema Dynatriax

L'ultima attrezzatura in termini di tempo entrata in funzione presso l'Istituto e sempre Wykeham Farrance-Controls è il Sistema Dynatriax (Fig. 3 e Fig. 4). Si tratta di un sistema che consente una notevole flessibilità nell'uso di un singolo dispositivo per eseguire prove triassiali sostanzialmente diverse: triassiali statiche; triassiali cicliche e dinamiche; triassiali a stress path controllato; prove triassiali su terreni non saturi.

Anche per quest'attrezzatura i programmi prevedono più fasi, pre-impostate dall'operatore, in modo che la prova possa essere portata a termine in modalità automatica.

Nel caso, ad esempio, di prove triassiali dinamiche, è possibile programmare successivi step di prova partendo da fasi preliminari statiche (saturazione e consolidazione), inserire fasi dinamiche e/o cicliche e passare nuovamente a fasi statiche. In tal modo è possibile simulare, ad esempio, gli effetti di un sisma su un determinato terreno e indagare sulla variazione di resistenza al taglio per effetto dell'azione sismica stessa.

Sia per il Sistema Autotriax che per il Sistema Dynatriax i diversi programmi di prova prevedono le procedure indicate dalle normative (ad esempio, ASTM nel caso delle prove dinamiche; ASTM e BS nel caso di prove statiche) oppure procedure personalizzate che il singolo utente può realizzare sia nel caso di prove di routine che in quello di specifici programmi di ricerca.

Il Sistema Dynatriax dispone anche di prove triassiali dinamiche nell'ambito della geotecnica stradale, effettuate in conformità alla norma AASHTO T307-99 per la determinazione del modulo resiliente di terreni compattati, utilizzati appunto nei sottofondi stradali.

Per l'esecuzione delle fasi cicliche è possibile operare sia in controllo di carico che di deformazione, con frequenze operative da 0,01 fino a 10 Hz, impostando diver-



Fig.5 - Sistema ACE edometro automatico

si tipi di forma d'onda ciclica e le condizioni di fine prova (massimo numero di cicli, deformazione massima, parametro A di Skempton, eccetera). È altresì possibile effettuare prove dinamiche, replicando eventi sismici registrati o definiti dall'utente.

Conclusioni

Le varie esperienze sviluppate da questo e da altri centri universitari hanno messo in luce l'importanza di sistemi di alta automazione inseriti nei programmi di ricerca.

Non ultima tra questi sistemi automatici la realizzazione, da parte di Controls, di un sistema automatico di gestione di prove edometriche che permette di ottimizzare i tempi anche in questa prova di apparente semplicità che, in assenza di automazione, richiede notoriamente tempi lunghi.

L'automazione - sistema ACE Edometro automatico Wykeham Farrance (Fig. 5) - è stata realizzata garantendo la precisione di applicazione e mantenimento di gradini di carico in un ampio range: da 5 a 6.400 kPa sui provini tradizionali da

50 mm di diametro. Il sistema mantiene il controllo delle macchine tramite una rete LAN ed è in grado di gestire da una singola unità fino a 10 gruppi di sei edometri ciascuno.

Oltre al controllo del rigonfiamento, che si verifica nel provino per effetto dello scarico tensionale conseguente alle operazioni di prelievo e di campionamento, è possibile automatizzare il passaggio da un gradino di carico al successivo, sia inserendo un limite di tempo, sia indicando una soglia di velocità minima di cedimento.

Al fine di ridurre i tempi di impostazione di ciascuna prova si possono altresì memorizzare diverse tabelle di sequenze di carico/scarico/ricarico, richiamate da archivio e immediatamente operative. Per ciascuna di esse è possibile eseguire in completa automazione fino a un massimo di 99 passi, applicati su ciascuna macchina collegata in rete in maniera indipendente. Anche per quest'attrezzatura le dimensioni dei provini possono variare da 50 fino a 100 mm, in modo da essere utilizzata per diverse tipologie di terreno. ■