



**LA SPERIMENTAZIONE
SULLE TERRE E SULLE ROCCE**

metodi e tecniche d'indagine ingegneristica

L'Ismes ringrazia i professori:

Guido Oberti, Pietro Colombo e Michele Jamiolkowski,

con i collaboratori relattori:

Gualtiero Baldi, Edmondo Carabelli, Andrea Della Torre, Pierre Devin,

Alfredo Lomi, Roberto Pensieri, Giorgio Pezzetti,

Claudio Piga, Enrico Ronzoni, Pier Paolo Rossi, Andrea Zattoni.

Coordinamento editoriale e progetto grafico: Claudio Piga

Proprietà letteraria riservata.

È vietata la riproduzione, anche parziale, dei contenuti di questo volume.

Edizione fuori commercio per conto di: Ismes spa.

Stampa: Ferrari Grafiche, Clusone (BG).

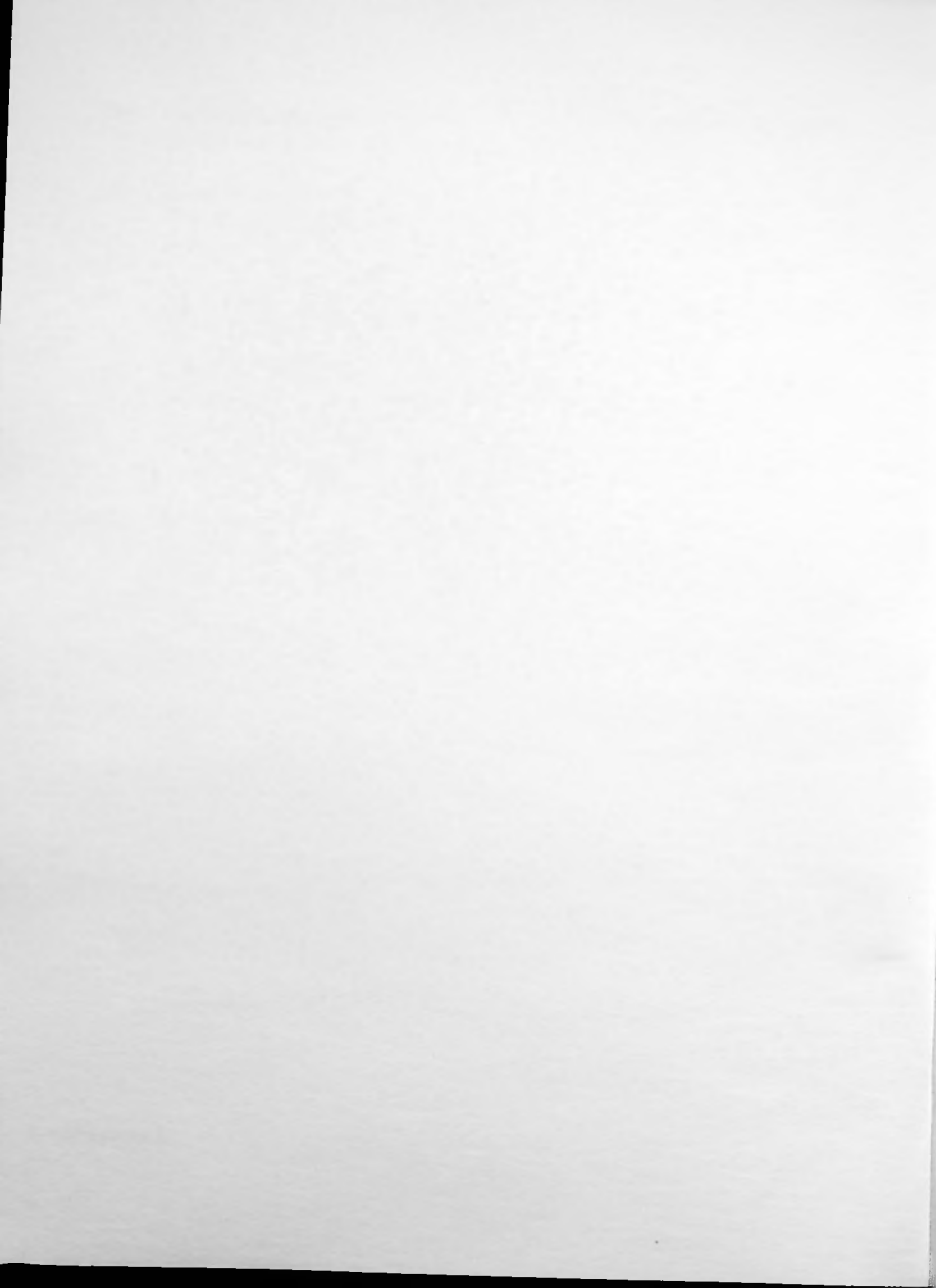
prefazione

Questo manuale è il terzo di una serie di monografie intese a illustrare le attività dell'Ismes nei suoi vari settori. La scelta del nome della collana ne chiarisce l'intendimento, che è quello di fornire un panorama aggiornato delle conoscenze in forma agile e concisa.

I metodi e le tecniche d'indagine qui descritti non solo sono tutti realmente praticabili, ma hanno passato il vaglio di una verifica rigorosa. Vengono infatti riportate le tecniche adottate o messe a punto dall'Ismes, società d'Ingegneria affermatasi internazionalmente per la qualità della sperimentazione e la capacità di rispondere efficacemente alle richieste di innovazione del mondo dell'ingegneria civile.

Alcuni argomenti trattati in questo manuale sono contigui a quelli illustrati nel precedente *La sperimentazione statica delle strutture: metodi e tecniche di indagine*, pubblicato in questa stessa collana, al quale il lettore è invitato a far riferimento in alcune note del testo. Nella maggior parte dei casi tuttavia si è preferito ripetere qualche concetto, o qualche figura, piuttosto che levare comprensibilità e autonomia a un manuale, che per natura deve essere chiaro, agile ed esauriente. Su queste caratteristiche molto, e giustamente, ha insistito il prof. Oberti, che dirige questa collana e che nel passato, per molti anni, ha governato la rotta dell'Ismes fra calcolo e sperimentazione.

In particolare questo manuale è dedicato a quanti,



| | | |
|----------|---|----|
| 1 | INTRODUZIONE | 1 |
| 2 | SONDAGGIO E PRELIEVO DI CAMPIONI | |
| 2.1 | Sonde e attrezzature di perforazione | 7 |
| 2.2 | Diagrafia automatica continua | 9 |
| 3 | PROVE DI LABORATORIO | |
| 3.1 | Prove sulle terre | |
| 3.1.1 | Conservazione dei campioni | 13 |
| 3.1.2 | Estrusione dei campioni e preparazione dei provini | 13 |
| 3.1.3 | Prove di classificazione | 14 |
| 3.1.4 | Prove meccaniche | 15 |
| 3.1.4.1 | Prove di consolidazione monodimensionale (edometri) | 15 |
| 3.1.4.2 | Prove triassiali statiche | 19 |
| 3.1.4.3 | Prova di taglio diretto | 21 |
| 3.1.4.4 | Prova di taglio torsionale drenata | 21 |
| 3.1.4.5 | Prove di taglio piano | 22 |
| 3.1.4.6 | Prove di taglio semplice | 23 |
| 3.1.4.7 | Prove di permeabilità | 24 |
| 3.1.4.8 | Prove di portanza | 24 |
| 3.1.4.9 | Prove triassiali cicliche | 26 |
| 3.1.4.10 | Prove di taglio ciclico | 27 |
| 3.1.4.11 | Prove di colonna risonante | 27 |
| 3.1.4.12 | Prove con cristalli piezoelettrici | 29 |
| 3.2 | Prove sulle rocce | |
| 3.2.1 | Preparazione dei campioni | 31 |
| 3.2.2 | Prove chimico-fisiche | 31 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.2.3 | Prove meccaniche | 32 |
| 3.2.3.1 | Prove di compressione monoassiale | 32 |
| 3.2.3.2 | Prove di compressione triassiale | 32 |
| 3.2.3.3 | Prove di trazione diretta | 33 |
| 3.2.3.4 | Prova brasiliana di trazione indiretta | 33 |
| 3.2.3.5 | Prova di taglio diretto su giunti | 34 |
| 3.2.4 | Prove per la caratterizzazione mineralogico-petrografica e strutturale dei materiali lapidei naturali e dei conglomerati | 35 |
| 4 | PROVE IN SITO | |
| 4.1 | Premessa | 41 |
| 4.2 | Prove indirette non distruttive | |
| 4.2.1 | Prospezioni a grande scala | 43 |
| 4.2.1.1 | Metodo sismico a riflessione ad alta risoluzione | 43 |
| 4.2.2 | Indagini locali | 46 |
| 4.2.3 | Misure di "cross-hole" | 46 |
| 4.2.4 | Misure di carotaggio sonico | 48 |
| 4.2.5 | Tomografia | 50 |
| 4.2.6 | Prove SASW (Spectral Analysis of Surface Waves) | 52 |
| 4.3 | Prove meccaniche sulle terre | |
| 4.3.1 | Prove penetrometriche statiche | 55 |
| 4.3.2 | Prove dilatometriche | 61 |
| 4.3.3 | Prove penetrometriche dinamiche | 61 |
| 4.3.4 | Prove dinamiche continue | 63 |
| 4.3.5 | Prove pressiometriche | 63 |
| 4.3.6 | Prove scissometriche | 64 |
| 4.3.7 | Prove di carico superficiale su piastra | 64 |
| 4.3.8 | Prove di carico in profondità con piastra elicoidale | 65 |
| 4.4 | Prove meccaniche sulle rocce | |
| 4.4.1 | Prove di deformabilità | 67 |
| 4.4.1.1 | Prova di carico su piastra | 67 |
| 4.4.1.2 | Camera idraulica in pressione | 69 |
| 4.4.1.3 | Prova con dilatometro | 70 |
| 4.4.1.4 | Prova con martinetto piatto in parete | 73 |
| 4.4.2 | Misura dello stato di sollecitazione | 73 |
| 4.4.2.1 | Metodo CSIR Doorstopper | 75 |
| 4.4.2.2 | Metodo CSIRO triassiale | 76 |
| 4.4.2.3 | Fratturazione idraulica | 77 |
| 4.4.3 | Determinazione delle caratteristiche di resistenza dell'ammasso roccioso | 78 |
| 4.4.3.1 | Misura della resistenza a compressione | 78 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4.4.3.2 | Determinazione della resistenza al taglio lungo le discontinuità | 79 |
| 4.5 | Prove di permeabilità | |
| 4.5.1 | Prove di permeabilità locale in terreni | 81 |
| 4.5.2 | Prove di permeabilità a grande scala nei terreni | 81 |
| 4.5.3 | Prove di permeabilità su roccia | 83 |
| 4.6 | Prove ambientali | 87 |
| 5 | STRUMENTI E SISTEMI DI MISURA E DI MONITORAGGIO | |
| 5.1 | Premessa | 95 |
| 5.2 | Spostamenti superficiali | |
| 5.2.1 | Estensimetri | 97 |
| 5.2.2 | Sistemi topografici | 99 |
| 5.2.3 | Sistemi di posizionamento satellitare | 100 |
| 5.3 | Spostamenti profondi | |
| 5.3.1 | Estensimetri da foro | 101 |
| 5.3.2 | Inclinometri | 104 |
| 5.3.3 | Sonda estensimetrica ISETH ed estenso-inclinometrica TRIVEC | 106 |
| 5.3.4 | Pendoli rovesci | 108 |
| 5.3.5 | Profilatori | 109 |
| 5.4 | Livelli di falda | 111 |
| 5.5 | Sollecitazioni e forze all'interfaccia terreno struttura | 115 |
| 5.6 | Emissioni acustiche | 117 |
| 6 | PROVE SU MODELLI FISICI | |
| 6.1 | Premessa | 125 |
| 6.2 | Modelli nel campo gravitazionale terrestre | |
| 6.2.1 | Introduzione | 127 |
| 6.2.2 | Modelli di meccanica delle rocce | 127 |
| 6.2.2.1 | Bacini idraulici | 129 |
| 6.2.2.2 | Scavi in sotterraneo | 131 |
| 6.2.2.3 | Pendii istantanei | 132 |
| 6.2.3 | Modelli analogici | 136 |
| 6.3 | Modelli in un campo gravitazionale artificiale | |
| 6.3.1 | La centrifuga geotecnica | 137 |
| 6.3.2 | Leggi di scala in un campo gravitazionale artificiale | 141 |
| 6.3.3 | Campi di applicazione della modellazione in centrifuga | 142 |
| 6.3.3.1 | Scavi in pendii sovraconsolidati | 143 |
| 6.3.3.2 | Cassoni pila per la fondazione di strutture off-shore | 145 |
| 6.3.3.3 | Terre armate | 149 |
| 6.3.3.4 | Propagazione di fratture in dighe a gravità | 150 |
| 6.3.3.5 | Torre di Pisa | 152 |
| 6.3.3.6 | Aree di invasione di valanghe di roccia | 153 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 7. | PROVE SU ELEMENTI IN VERA GRANDEZZA | |
| 7.1 | Premessa | 159 |
| 7.2 | Fondazioni profonde | 161 |
| 7.2.1 | Prove su palo trivellato | 162 |
| 7.2.2 | Prove su una palificata a mare | 163 |
| 7.2.3 | Controlli durante l'esecuzione | 164 |
| 7.3 | Fondazioni dirette | 169 |
| 7.4 | Fondazioni di tipo non convenzionale | 171 |
| 8 | BIBLIOGRAFIA | 179 |

INDEX