



**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).

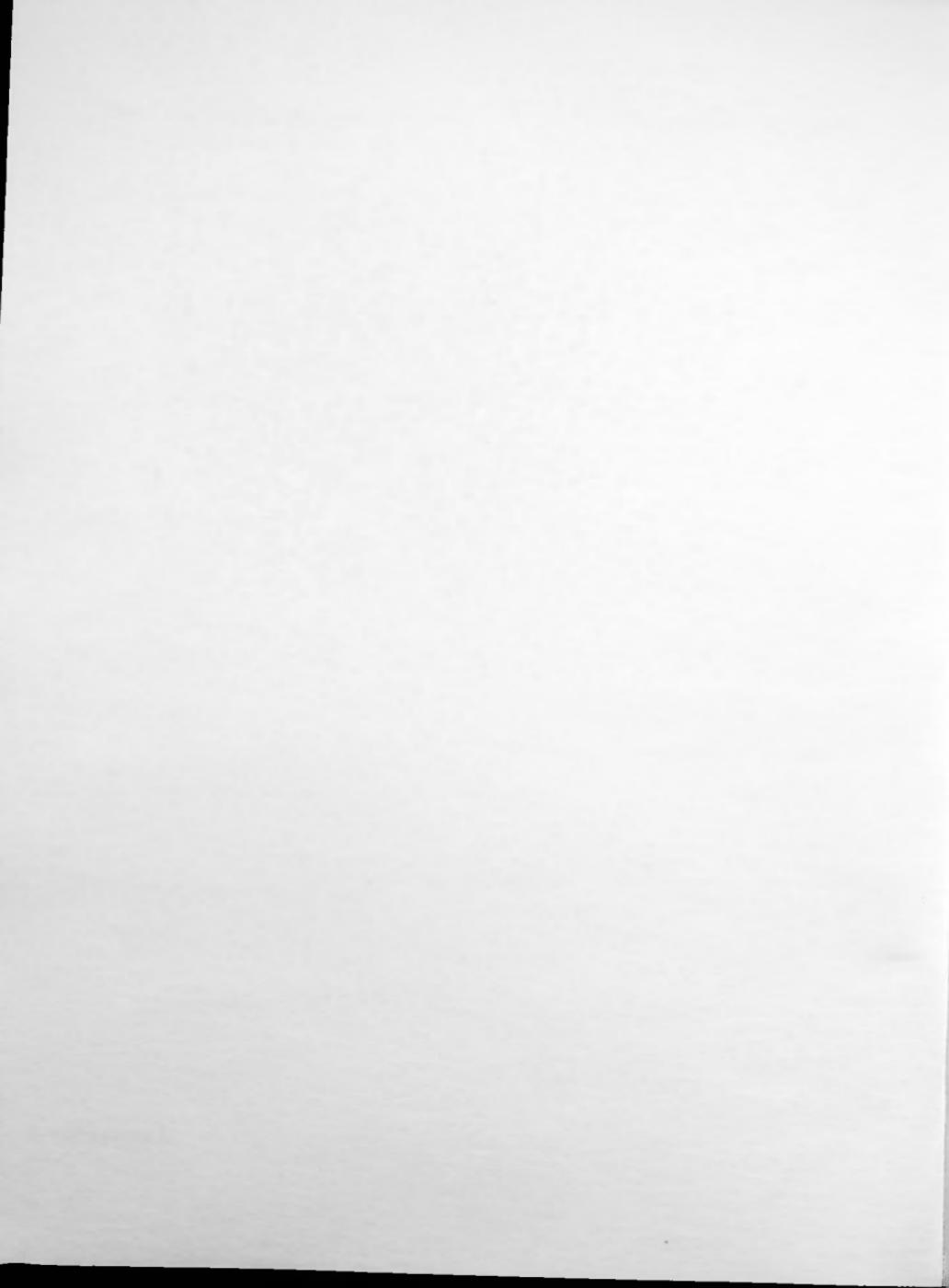
prefazione

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