## Renato Lancellotta Josè Calavera

## **Fondazioni**



### McGraw-Hill Libri Italia srl

## **Indice**

Gli	Autori	XV

Prefazione XVII

Ringraziamenti XXI

Guida all'uso del testo XXIII

# Capitolo 1 Introduzione: requisiti di progetto, indagini, caratteri dei depositi naturali I

1.1	Introduzione 1
1.2	Piano dell'opera 2
1.2.1	Organizzazione del testo 3
1.3	Requisiti di progetto 4
1.4	Le indagini 5
1.4.1	Estensione dell'indagine 6
1.4.2	Profili e sezioni stratigrafiche 7
1.5	Mezzi di indagine 11
1.5.1	Trincee esplorative 12
1.5.2	Sondaggi 12
1.5.3	Sondaggi eseguiti con elica 12
1.5.4	Sondaggi a percussione 14
1.5.5	Sondaggi a rotazione 14
1.5.6	Stabilizzazione del foro 15
1.6	Prelievo di campioni 16
1.6.1	Caratteristiche dei campionatori 16
1.7	La misura della pressione dell'acqua interstiziale
1.7.1	Principi di funzionamento
	e modalità di installazione dei piezometri 20
1.7.2	Tempi di risposta dei piezometri 22

1.7.3	Un esempio di misure sperimentali
	della pressione interstiziale 25
1.8	
1.8.1	Prove penetrometriche dinamiche 30
1.8.2	Prove penetrometriche statiche 31
1.8.3	Prove eseguite con il piezocono 33
1.8.4	Prove dilatometriche 35
1.8.5	Prove scissometriche 35
1.8.6	Prove pressiometriche 36
1.8.7	Prove di carico su piastra 37
1.8.8	Prove cross-hole e down-hole 37
1.9	Caratteri dei depositi naturali 37
1.9.1	Sedimentazione dei granuli argillosi 39
1.9.2	Depositi marini 42
1.9.3	Depositi alluvionali 43
1.9.4	Depositi lacustri e palustri 43
1.9.5	Depositi glaciali 43
1.9.6	Depositi eolici 43
	Bibliografia essenziale 44
dete	olicazione della teoria dell'elasticità: rminazione dello stato di sforzo in un mezzo omogene dotto da carichi applicati alla frontiera 45
-1.A.1	Il problema di Boussinesq 45
-1.A.2	
1.71.2	Limiti dei modeno di semispazio omogeneo 33
Capitol	0 2
	rtamento meccanico delle terre 55
2.1	No.
2.1.1	Natura e composizione dei terrenei 55
	Conseguenze della natura particellare dei terreni 56
2.1.2	Identificazione e classificazione dei terreni 62
2.1.3	Limiti di Atterberg 64
2.1.4	Carta di plasticità di Casagrande 67
2.2	Pressione interstiziale e tensioni efficaci 68
2.2.1	Pressione dell'acqua associata alla capillarità 73
2.3	Storia tensionale 76
2.3.1	Depositi normalconsolidati 76
2.3.2	Depositi preconsolidati 78 Preconsolidazione dovuta a fenomeni viscosi 79
2.3.3	
2.3.4	Terreni sabbiosi 79
2.3.5	Sequenza degli eventi 79
2.4	Rappresentazione dei percorsi tensionali 82

~~2.4.1	Condizioni idrauliche drenate e non drenate 84
2.5	Compressibilità 85
2.5.1	Compressione isotropa 86
~2.5.2	Deformazioni elastiche e deformazioni plastiche 87
2.5.3	Dipendenza della risposta meccanica
	dalle condizioni di stato 88
~+2.5.4	Prove edometriche 89
2.5.5	Compressibilità in sito 92
≥ 2.5.6	Consolidazione secondaria 94
2.6	Resistenza al taglio 94
2.6.1	Prova triassiale 95
-2.6.2	Superficie di snervamento 98
2.6.3	Comportamento stabile, comportamento instabile, stato critico 99
2.6.4	Criteri di normalizzazione dei risultati sperimentali 100
2.6.5	Criterio di rottura di Mohr-Coulomb 101
2.6.6	Resistenza al taglio delle sabbie 105
2.6.7	Determinazione della densità relativa da prove in sito 105
2.6.8	Resistenza al taglio delle argille tenere 108
2.6.9	Condizioni di picco delle argille consistenti 110
2.6.10	Instabilità meccanica delle argille molto consistenti 111
2.7	Resistenza al taglio non drenata 113
2.7.1	Resistenza non drenata da prove in sito 115
2.8	Deformabilità 116
2.8.1	Determinazione in sito del modulo G 118
2.8.2	Modelli di comportamento per le analisi
	nella fase di esercizio 120
	Bibliografia essenziale 120
	NOT Intrinspolyane the literatures in a associate the interpret
Capitol	
	ıra della sicurezza e le basi del dimensionamento
agli	stati limite 123
3.1	La misura della sicurezza 123
3.1.1	Grandezze aleatorie 124
3.1.2	Indice di affidabilità 126
3.1.3	
3.1.4	Interpretazione geometrica dell'indice di affidabilità 130 Gli Eurocodici 131
3.2	Le azioni 134
3.2.1	Valore caratteristico delle azioni 135
3.3	
3.3.1	
3.3.2	
0.0.2	
3.3.3	
0.0.0	semplice armato 142
	armente diffiato 172

3.3.4	Classificazione degli acciai in base alla duttilità 144
3.3.5	Acciai per strutture di calcestruzzo armato
	precompresso 144
3.4	Requisiti di progetto delle strutture di fondazione 147
3.5	Il metodo degli stati limite 148
3.5.1	Basi generali del metodo 148
3.5.2	Definizione di stato limite 149
3.6	Applicazione del metodo degli stati limite 150
3.7	Combinazione delle azioni 153
3.8	Capacità resistente di una sezione di calcestruzzo armate
0.000	allo stato limite ultimo per flessione
	e sforzo assiale 157
3.9	Capacità resistente delle sezioni precompresse 159
3.10	Alcune considerazioni sulla durabilità 159
3.10.1	Meccanismi di aggressione 160
3.10.2	Precauzioni 161
2.10.2	Bibliografia essenziale 163
	Diologiana essenziare 105
Annend	lice 3.A
	nazione semplificata delle azioni agenti
	trutture ordinarie 165
3u 3	duture ordinarie 103
	Stati limite ultimi 165
	Stati limite di esercizio 165
	Stati filline di escicizio 105
Annone	lice 3.B
	i di sicurezza nei confronti di sovraccarichi 167
Margin	i di sicurezza nei comfonti di sovraccaricii 107
	The state of the s
Canital	A CONTRACTOR OF THE PARTY OF TH
Capitol	
	delle terre: applicazioni della teoria
della	plasticità e progetto delle strutture di sostegno 169
4.1	I-t1
4.1	Introduzione 169
4.2	I teoremi della plasticità 170
4.2.1	Teorema del limite superiore 171
4.2.2	Teorema del limite inferiore 173
4.2.3	Meccanismi di collasso 174
4.2.4	Energia dissipata 175
4.3	Discontinuità dello stato di sforzo 177
4.4	Sforzi coniugati in un pendio infinito 180
4.5	Strutture di sostegno e calcolo delle spinte 183
4.5.1	Il calcolo delle spinte: teoria di Rankine 184
4.5.2	La presenza della coesione 186
4.5.3	Analisi di stabilità in condizioni non drenate 187
151	La teoria di Coulomb 187

4.5.6	Influenza dei movimenti della struttura
	sul regime di spinta 192 Spinte indotte da sovraccarichi 192
4.5.7	Spinte indotte da sovraccarichi 192 Influenza dell'acqua sul regime delle spinte
4.6	e interventi di drenaggio 194
4.6.1	Condizioni di equilibrio in presenza di filtrazione 196
4.6.2	Gradiente idraulico critico 199
4.6.3	Equazione del moto stazionario 205
4.6.4	Condizioni al contorno 207
4.7	Le verifiche di sicurezza 211
4.7.1	Analisi di stabilità dei muri a gravità 211
4.7.2	Reazioni del terreno in condizioni di esercizio 213
4.7.3	Distribuzione delle reazioni del terreno nella configurazione di stato limite ultimo 215
4.7.4	Predimensionamento dei muri a gravità 215
4.8	I muri a mensola: abachi di predimensionamento 217
4.8.1	Verifiche di sicurezza e in fase di servizio dei muri a mensola 222
4.8.2	Dimensionamento e verifica degli elementi strutturali 22
4.9	Muri a contrafforti 231
4.9.1	Disposizioni generali 232
4.9.2	Il progetto strutturale 232
4.10	Criteri di dimensionamento e verifica dei diaframmi 239
4.10.1	Analisi dello stato di sollecitazione 243
4.10.2	Aspetti esecutivi 244
4.11	Scavi puntellati 244
4.12	Ulteriori considerazioni sulla misura della sicurezza 247 Bibliografia essenziale 250
Capitol	52 Matte supplement Transfer and St.
	menti, teoria della consolidazione 253
5.1	Introduzione 253
5.2	Capacità portante in condizioni non drenate 253
5.3	Capacità portante in condizioni drenate 261
5.3.1	Valutazione del contributo dovuto al sovraccarico 263
5.3.2	Valutazione del contributo dovuto alla coesione 266
5.3.3	Valutazione del contributo dovuto al peso proprio 268
5.4	Analisi di routine in condizioni drenate 269
5.5	Analisi di routine in condizioni non drenate 271
5.6	Scelta dei parametri di resistenza al taglio 273
5.7	Le strutture nella fase di esercizio 275
5.7.1	Cedimenti delle fondazioni su argille 277
5.7.2	Cedimenti delle fondazioni su sabbie 282
5.7.3	Rotazione di una fondazione rigida 291

4.5.5 Metodo delle caratteristiche 188

5.8	Il decorso dei cedimenti nel tempo 291
5.8.1	Teoria monodimensionale 292
5.9	Consolidazione in presenza di dreni verticali 295
5.9.1	Influenza del rimaneggiamento del terreno
	e della resistenza idraulica del dreno 298
5.9.2	Un esempio di applicazione della tecnica di precarico
	in presenza di dreni 299
5.10	Scavi sotto falda 302
5.10.1	Scavi aperti in terreni coesivi 303
5.10.2	Scavi aperti in terreni non coesivi 310
5.10.3	Dimensionamento del sistema idraulico
	per l'abbassamento della falda 312
	Bibliografia essenziale 315
3 100	TO STATE OF THE PROPERTY OF THE PARTY OF THE
	lice 5.A
Compa	ttazione 316
C 4	0.6
Capitol	ione struttura-terreno 319
interaz	ione struttura-terreno 319
6.1	Introduzione 319
6.2	La formulazione del problema di interazione
0.2	e l'individuazione delle configurazioni limite 319
6.3	La trave su suolo elastico 322
6.3.1	Considerazioni sul modello del terreno 330
6.4	Le fondazioni a graticcio 331
6.5	Le piastre circolari 334
6.5.1	Mezzo elastico di spessore limitato 337
6.5.2	Mezzo eterogeneo 340
6.6	Le piastre rettangolari soggette a carico distribuito 342
6.6.1	Piastre rettangolari caricate lungo il bordo 345
6.7	La piastra di estensione infinita
	soggetta a un carico puntuale 348
	Bibliografia essenziale 350
Capitol	0 7
Le fond	lazioni su pali 351
7.1	Introduzione 351
. 7.2	Carico limite di un palo 353
7.2.1	Pali in terreni coesivi: portata di base 354
7.2.2	Pali in terreni coesivi: portata per attrito laterale 355
7.2.3	Portata di base dei pali infissi in terreni sabbiosi 359
7.2.4	Attrito laterale dei pali infissi in sabbie 362

7.2.5	Portata di base dei pali trivellati 364
7.2.6	Portata per attrito laterale dei pali trivellati 365
7.3	Cedimento di un palo isolato 365
7.3.1	Palo rigido 366
7.3.2	Palo flessibile 367
7.4	Attrito negativo 369
7.5	Comportamento dei pali in gruppo371
7.6	Pali sollecitati da forze ortogonali all'asse 373
7.7	Analisi delle palificate 375
7.8	Orientamenti attuali nel calcolo delle palificate 384
7.9	Micropali 386
	Bibliografia essenziale 392
	o 8 ionamento e verifica delle strutture indazione e aspetti esecutivi 395
	Carried Co. Carried
8.1	Introduzione 395
8.2	Fondazioni nastriformi 395
8.2.1	Diagnosi dei principali meccanismi di rottura 397
8.2.2	Fondazioni rigide 398
8.2.3	Fondazioni flessibili 401
8.3	Criteri di dimensionamento dei plinti isolati 404
8.3.1	Dimensionamento dei plinti rigidi 405
8.3.2	Plinti flessibili 406
8.3.3	Plinti soggetti a carico eccentrico 409
8.3.4	Raccomandazioni esecutive 412
8.3.5	Travi di collegamento dei plinti 412
8.4	Fondazioni a plinto sul perimetro 416
8.4.1 8.4.2	Dimensionamento del plinto zoppo 418
0.4.2	Dimensionamento di un plinto zoppo
8.5	con trave di centramento 419
8.6	Plinti di spigolo 422 Fondazione combinata 425
8.7	
8.8	
8.9	I graticci 432 Le platee 434
8.9.1	
8.9.2	
	Verifica a punzonamento 439
8.10	Fondazioni su pali 439
3.10.1	Pali eseguiti senza asportazione di terreno 439
8.11	Pali eseguiti con asportazione di terreno 440
0.11	Le strutture di collegamento dei pali:
3.11.1	considerazioni preliminari 446
,,11,1	Dimensionamento dei plinti su pali 446 Bibliografia essenziale 452

#### Capitolo 9 Patologia strutturale 455

0 1	T	
9.1	Introduzione	455

- 9.2 Valori di soglia dei cedimenti 455
- 9.3 Cedimenti differenziali dei serbatoi metallici 458
- 9.4 Erosione localizzata intorno alle pile dei ponti 462
- 9.5 Cedimenti prodotti da scavi in superficie 468
- 9.6 Cedimenti indotti da scavi in sotterraneo 469
- 9.7 Stabilità dell'equilibrio 474
- 9.8 Un esempio di particolare interesse: la Cattedrale Metropolitana di Città del Messico 478 Bibliografia essenziale 494

#### Appendice 9.A Schede di identificazione dei danni strutturali in alcuni casi ricorrenti 495

#### Appendice A Richiami di meccanica dei mezzi continui 501

- Premessa 501 Simbologia 502 A.1
- A.2
- A.3 Operazioni tra vettori e tensori 504
- Operazioni differenziali 508 A.4
- Relazioni generali 510 A.5 the above 1800 that ye had to managed by the proof

#### Appendice B Descrizione macroscopica del mezzo poroso e teoria della consolidazione 517

- B.1 Descrizione macroscopica del mezzo poroso 518
- B.1.1 Bilancio di massa 518
- Bilancio della quantità di moto 519 B.1.2
  - B.2 Teoria tridimensionale di Biot 521
  - B.3 Formulazione lagrangiana
    - della consolidazione monodimensionale 523
- **B.4** Struttura dell'equazione della consolidazione 526
- B.4.1 Soluzione dell'equazione della consolidazione 527
  - B.5 Consolidazione in condizioni assialsimmetriche 530

Appendice C Abachi e diagrammi 535 Appendice D Dettagli costruttivi 547

#### Bibliografia generale 583

Meccanica teorica 586

Il mezzo poroso: filtrazione stazionaria
e processi di consolidazione 589

Indagini e prove in sito 591

Studi sperimentali del comportamento meccanico delle terre 594

Scavi, spinta delle terre, opere di sostegno 598

Fondazioni dirette: interazione struttura-terreno, cedimenti
e capacità portante 599

Fondazioni su pali 601

Miglioramento dei terreni 604

Stabilità dei pendii 604

Analisi di affidabilità e aspetti strutturali 605

Opere in vera grandezza, patologia, interventi di rinforzo 606

Indice analitico 609