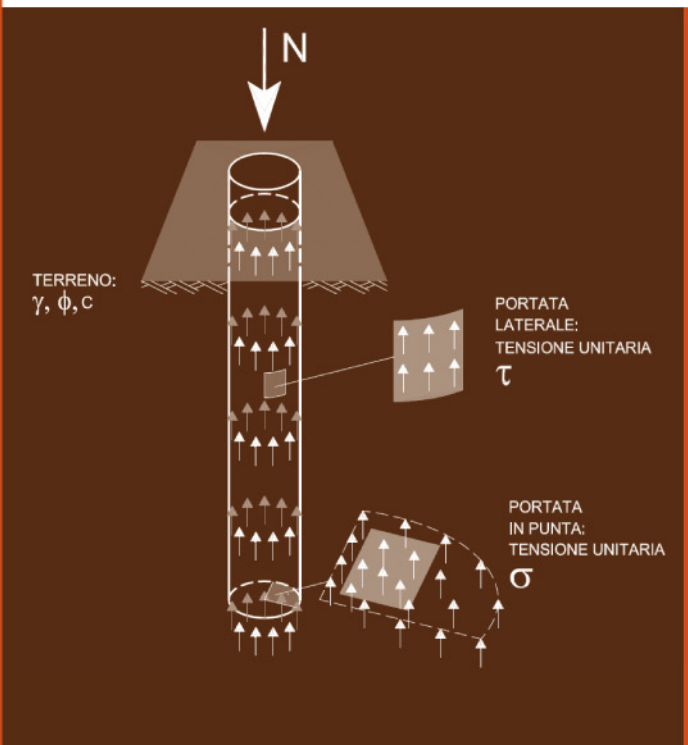
Angelo Silvio Rabuffetti

Manuale di progettazione geotecnica



- ✔ Indagini
- ✔ Laboratorio
- ✔ Fondazioni
- ✔ Spinte delle terre
- ✔ Palificazioni

dei
TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE

Indice

PREFAZIONE 11

1. I SUOLI E LA LORO CLASSIFICAZIONE
1.1. Generalità 13
1.2. Definizioni e caratteristiche dei terreni 14
1.2.1. Suoli a comportamento frizionale (granulari) 14
1.2.2. Suoli a comportamento coesivo (fini) 16
1.2.3. Suoli organici 19
1.2.4. Suoli particolari e comportamenti particolari 19
1.3. Sistemi di classificazione dei suoli 20
1.3.1. Le classificazioni geotecniche e strutturali 20
1.3.2. Il sistema unificato di classificazione di Casagrande 20
1.4. Caratteristiche di permeabilità dei terreni 28

2. LA PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA
2.1. Parametri di stato fisico 31
2.1.1. Pesi di volume, porosità e indice dei vuoti 31
2.1.2. Limiti di Atterberg 34
2.1.3. Valori tipici e classificazioni in base ai parametri di stato fisico 37
2.1.4. Sforzi totali e sforzi efficaci 40
2.2. Parametri di compressibilità 42
2.2.1. Definizioni 42
2.2.2. Altri aspetti riguardanti i parametri di compressibilità 53
2.2.3. Valori tipici dei parametri di compressibilità 55
2.3. Parametri di resistenza a taglio 59
2.3.1. Materiali incoerenti, puramente frizionali 59
2.3.2. Materiali fini coesivi 64
2.3.3. Condizioni drenate e condizioni non drenate 66
2.3.4. Normalconsolidazione e sovraconsolidazione 68
2.3.5. Scelta dei parametri di resistenza delle argille 70
2.3.6. Resistenza a taglio da prove di laboratorio 71
2.3.7. Valori tipici di resistenza a taglio dei terreni 82
2.4. Il processo della consolidazione 85

3. LE INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO
3.1. Ampiezza della campagna geognostica 91

3.2. Sondaggi geognostici 94
3.2.1. Scelta del tipo di sondaggio più idoneo 96
3.2.2. Qualità dei Campioni di terreno. Campioni disturbati e indisturbati . 96
3.2.3. Prove e rilievi comuni all'interno dei fori di sondaggio 101
3.2.4. Prove in campo sui materiali campionati 101
3.2.5. Descrizione dei terreni 102
3.3. Prove penetrometriche dinamiche (SPT) 102
3.3.1. La prova SPT in foro 102
3.3.2. Correlazioni geotecniche riguardanti la prova SPT 106
3.3.3. Le prove dinamiche continue secondo l'EUROCODICE EC7 109
3.4. Prove penetrometriche statiche (CPT) 113
3.4.1. Attrezzature 113
3.4.2. Interpretazione delle prove 117
3.4.3. La determinazione dei cedimenti verticali direttamente dalla prova CPT 124
3.5. Prova con dilatometro piatto (DMT) 125
3.6. Prova scissometrica (Vane test) 128
3.7. Prova di carico su piastra (PLT) 130
3.8. Prove di permeabilità puntuali 136
3.8.1. Prove in terreni porosi tipo Lefranc 136
3.8.2. Prove in roccia fratturata (tipo Lugeon) 139

4. SPINTA DELLE TERRE E SOSTEGNI DI SCAVO
4.1. Spinte attive dei terreni incoerenti 146
4.2. Spinte passive nei terreni incoerenti 154
4.3. La condizione di spinta a riposo k_0 159
4.4. Spinte attive nei terreni coesivi 159
4.5. Spinte passive nei terreni coesivi 161
4.6. Spinte neutre e spinte efficaci 162
4.7. Spinte dovute ai sovraccarichi 163
4.8. Condizioni particolari di spinta delle terre e scavi 165
4.8.1. Compattazione dei terreni a tergo dei muri 165
4.8.2. Scavi puntellati 167
4.8.3. Dislivelli di falda tra monte e valle. Spinte neutre: modelli abituali e re ticoli di flusso 175
4.8.4. Scavi sotto falda. Rischio di sollevamento del fondo scavo per sotto spinta idraulica 178
4.9. Muri paraterre 180
4.9.1. Il dimensionamento strutturale dei muri paraterre 186

4.10. Paratie 188
4.10.1. Le paratie a sbalzo 189
4.10.2. Le paratie ancorate 192
4.10.3. Paratie multiancorate il metodo ICOS della trave equivalente 197

5. LE FONDAZIONI SUPERFICIALI
5.1. Valutazione della capacità portante 201
5.1.1. La risposta ai carichi verticali 203
5.1.2. La risposta ai carichi verticali accompagnati da un'azione flettente . 206
5.1.3. Risposta ai carichi verticali accompagnati da un'azione orizzontale . . 206
5.1.4. Effetto di forma della fondazione 207
5.1.5. Verifica complessiva contro il collasso 208
5.2. Verifica a traslazione sul piano di posa 209
5.3. Cedimenti delle fondazioni 209
5.3.1. Il cedimento immediato 211
5.3.2. Il cedimento di consolidazione 214
5.3.3. La consolidazione secondaria 216
5.4. Decorso dei cedimenti nel tempo 217
5.4.1. Suoli granulari. Cedimenti viscosi 217
5.4.2. Suoli fini. Consolidazione primaria e secondaria 219
5.4.3. Determinazione dei cedimenti uniformi totali e dei differenziali 220
5.5. Il coefficiente di reazione di sottofondo alla Winkler 221

6. PALIFICAZIONI
6.1. Calcolo della capacità portante verticale 232
6.1.1. Pali in sabbia 233
6.1.2. Pali in argilla 236
6.1.3. Correlazioni con prove in sito 238
6.1.4. Formule dinamiche di capacità portante 240
6.1.5. Prove di carico statico sui pali 242
6.2. Calcolo della capacità portante sotto carico orizzontale 251
6.2.1. Pali corti rigidi 255
6.2.2. Pali lunghi flessibili 258
6.2.3. Carico critico euleriano. Ulteriori considerazioni sul dimensionamento dei pali caricati lateralmente 262
6.3. Interferenze e gruppi di pali 268
6.4. Altre problematiche costruttive 271
6.4.1. Pali singoli e gruppi sollecitati a trazione 271
6.4.2. L'attrito negativo 272
6.4.3. Cedimenti verticali dei pali e fondazioni miste 273

7. LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA
7.1. La valutazione della sicurezza allo stato limite ultimo 282
7.1.1. Azioni applicate e tipologie di SLU 283
7.1.2. La parametrizzazione geotecnica nelle verifiche progettuali 285
7.1.3. Le resistenze di progetto 285
7.2 Lo stato limite di esercizio 287
7.3 Applicazioni e verifiche progettuali specifiche 291
7.3.1. Opere di sostegno delle terre 292
7.3.2. Fondazioni superficiali. Stati limite ultimo e di esercizio 294
7.3.3. Palificazioni 295
7.3.4. Gli stati limite UPL e HYD 298

Bibliografia 299

Indice analitico 305

Prefazione

Questo Manuale non si prefigge di trattare la geotecnica, ma la progettazione geotecnica. Il suo scopo è di fornire delle linee-guida per quanto possibile sintetiche e affidabili a chi costruisce fondazioni, a partire dall'acquisizione dei dati fino alle applicazioni pratiche riguardanti la spinta delle terre, le fondazioni dirette e le palificazioni.

Quello del geotecnico è un mestiere versatile, all'incrocio tra le discipline della geologia e dell'ingegneria delle costruzioni nel comune senso di produzione industriale. La varietà dei terreni e delle situazioni in cui si presentano non è codificabile in pochi concetti, come non è prevedibile la complessità dei progetti che comportano un'interazione con i suoli. Non per questo, nell'esperienza, ci si muove in ambiti sconosciuti né tanto meno si incontrano spesso problemi davvero insolubili. Quello che occorre, nella maggior parte dei casi, è un punto di sintesi, una certa visione di insieme.

Il Manuale si articola in tre parti.

La prima riguarda le definizioni fondamentali e l'acquisizione dei dati sui terreni. I Capitoli 1, 2 e 3 si occupano di descrivere la classificazione delle terre, la parametrizzazione dei suoli e l'esecuzione e interpretazione delle campagne in sito. La geotecnica è uno dei campi dell'ingegneria in cui i materiali non sono fabbricati o controllati dall'uomo. Le eccezioni a questa regola sono notoriamente poche. I terreni, le stratigrafie, le condizioni morfologiche e la falda sono dati esterni alla progettazione, variabili indipendenti. Carotaggi, prove in sito e in laboratorio servono a questo scopo: saper programmare, eseguire e controllare i risultati di un'indagine è uno dei compiti critici del geotecnico, così come conoscere e applicare le correlazioni più idonee con i parametri dei suoli.

La seconda parte riguarda il dimensionamento delle fondazioni. I problemi delle spinte delle terre, trattati nel Capitolo 4, le fondazioni dirette (Capitolo 5) e le palificazioni (Capitolo 6) costituiscono le tipiche situazioni di interfaccia con le strutture in elevazione. Conoscere come si progetta una paratia, un elemento di fondazione profonda o una fondazione mista, utilizzando i criteri e i metodi più diffusi, non dovrebbe essere competenza esclusiva del geotecnico. Chi si interfaccia professionalmente con questi aspetti delle costruzioni, che sia un ingegnere, un geologo, un architetto o anche semplicemente un operatore edilizio, dovrebbe avere interesse nel conoscere gli aspetti fondamentali della progettazione.

La terza parte riguarda la progettazione in senso operativo, in quanto gli aspetti teorici devono condurre a qualcosa di pratico, sicuro e correttamente fruibile.

Le normative di settore influiscono sugli approcci che il progettista deve avere con la sua materia, ovvero il progetto. Le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE) costituiscono l'applicazione più moderna di quella che rimane la griglia teorica di sempre. Saper affrontare le nuove situazioni significa potersi interfacciare correttamente con tutti coloro che operano in modo aggiornato e professionale nel nostro settore.

Nella scelta degli argomenti si sono utilizzate le nozioni e gli approcci di base di ogni teoria, ragionevolmente semplificati, comunque largamente utilizzati nella pratica e affidabili. Tutti gli argomenti svolti non contengono volutamente esempi di applicazioni. Sarebbero troppi e comunque sempre parziali. È stata posta particolare attenzione affinché le nozioni fossero chiaramente esposte e utilizzabili. Con l'ausilio di un foglio elettronico o di applicativi come Mathcad o il *freeware* Scilab si possono implementare tutti i calcoli necessari.

La geotecnica, infine, è uno dei campi dell'ingegneria che meglio si prestano ad applicazioni sofisticate, che approfondiscono in termini computazionali gli aspetti dell'interazione plurifase suolo–struttura, come per esempio gli approcci di calcolo agli elementi finiti (FEM) o alle differenze finite (FDM). Ma l'utilizzo di questi approcci comporta nuovi problemi. Chi lavora con i più complessi algoritmi numerici, nei fatti, sa bene che si devono sempre effettuare dei controlli incrociati mediante semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali: lo esige, per prima e in maniera esplicita, la normativa stessa.

Spostando solo di poco il punto di vista, soprattutto nel mondo della *nuova nuvola informatica*, il tecnico non dovrebbe mai perdere la capacità di intuire come si svolgono realmente le cose. Magari con l'aiuto di un buon manuale.

L'autore

Questo manuale ha lo scopo di fornire delle linee-guida, sintetiche e affidabili, a chi costruisce fondazioni, a partire dall'acquisizione dei dati fino alle applicazioni pratiche riguardanti la spinta delle terre, le fondazioni dirette e le palificazioni.

Il materiale proposto è stato raccolto dall'Autore nel corso di una lunga pratica professionale, con particolare riguardo alle soluzioni di tutte le problematiche che il Professionista può incontrare nella progettazione geotecnica.

Il volume è strutturato in tre parti:

la PRIMA PARTE riguarda le definizioni fondamentali e l'acquisizione dei dati sui terreni (classificazione delle terre, parametrizzazione dei suoli, esecuzione ed interpretazione delle campagne in sito)

Un intero capitolo è dedicato alla **definizione ingegneristica dei parametri geotecnici**, con descrizione dei metodi e delle prove (sia in sito, sia di laboratorio) necessari per ottenere adeguati valori di progetto.

La SECONDA PARTE riguarda il dimensionamento delle fondazioni

- **spinte delle terre e sostegni di scavo** (materiali attritivi e materiali coesivi, riempimenti compattati, spinta a riposo, presenza di acqua di falda, muri paraterre, paratie infisse nel terreno a sbalzo o con un ordine di ancoraggi)
- **fondazioni dirette** (capacità portante, cedimenti immediati, cedimenti di consolidazione primaria e secondaria, decorso dei cedimenti nel tempo)
- **palificazioni** (vengono presentati i più noti sistemi di risoluzione per pali in qualsiasi suolo, di varia tipologia costruttiva, caricati verticalmente o orizzontalmente, considerando anche cedimenti, gruppi di pali, fondazioni miste).

Nella TERZA PARTE gli aspetti teorici vengono messi in pratica nella **progettazione** vera e propria, con riferimento alle normative di settore e facendo esplicito riferimento alle nuove norme tecniche per le costruzioni NTC 2008, con indicazione degli approcci necessari per ogni specifico problema.

Testi collegati

Fondazioni superficiali *con CD Rom* di A. S. Rabuffetti

Progetti e calcoli di geotecnica con excel vol. 1 *con CD Rom* di M. Mancina, R. Nori, P. Iasiello

Progetti e calcoli di geotecnica con excel vol. 2 *con CD Rom* di M. Mancina, R. Nori, P. Iasiello

Trattato sul consolidamento e restauro degli edifici in muratura - 2 vol. *con CD Rom* di M. Mariani

Norme tecniche per le costruzioni e circolare esplicativa *con CD Rom*

Geologo: manuale per la professione *con CD Rom* di A. Lagonegro, C. Romano

Tariffa e onorari Ingegneri e Architetti *con CD Rom* di G. Quinci

Prezzi informativi Elaborati Progettuali

PREZZI INFORMATIVI DELL'EDILIZIA materiali e opere compiute:
Urbanizzazione, Infrastrutture, Ambiente *con CD Rom*
Nuove Costruzioni *con CD Rom*

ISBN 978.88.496.0419.1
9 788849 604191

Per informazioni **www.build.it**

€ 48,00