

Maurizio Tanzini

PERFORAZIONI A SCOPO GEOTECNICO E TECNICHE DI CONSOLIDAMENTO

Caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica



INDICE

Introduzione.....	pag.	11
1. Geologia e geomeccanica delle perforazioni		
1.1. Importanza della conoscenza della geologia.....	»	15
1.2. L'interno della Terra.....	»	17
1.3. Le formazioni geologiche.....	»	18
1.4. Divisioni geologiche.....	»	19
1.5. Le rocce.....	»	19
1.5.1. La litologia.....	»	19
1.5.2. Le rocce ignee.....	»	21
1.5.3. Le rocce sedimentarie.....	»	26
1.5.4. Le rocce metamorfiche.....	»	31
1.6. Caratteri dei terreni e delle rocce più comuni e perforazioni.....	»	33
1.6.1. Argille.....	»	33
1.6.2. Sabbie.....	»	35
1.6.3. Argille sabbiose.....	»	35
1.6.4. Marne.....	»	36
1.6.5. Arenarie.....	»	37
1.6.6. Ghiaie.....	»	38
1.6.7. Conglomerati e breccie.....	»	39
1.6.8. Calcari.....	»	39
1.6.9. Dolomie.....	»	40
1.6.10. Trachiti.....	»	40
1.6.11. Serpentiniti.....	»	40
1.6.12. Basalti.....	»	41
1.6.13. Graniti.....	»	41
1.7. Stratigrafia – Tettonica.....	»	41
1.8. Resistenza dei terreni e delle rocce e stabilità delle pareti di una perforazione.....	»	46
1.8.1. La roccia intatta.....	»	46
1.8.2. Classificazione della roccia integra.....	»	47
1.8.3. Lo stato tensionale nell'intorno di una perforazione.....	»	56
2. Fluidi di perforazione		
2.1. Generalità.....	»	63
2.2. Proprietà del fango.....	»	64
2.3. Effetti del fango.....	»	69
2.4. Confezione e correzione del fango.....	»	75
2.5. Fanghi al glicole.....	»	79
3. Perforazioni dei terreni e delle rocce		
3.1. Generalità.....	»	81
3.2. Perforazioni eseguite con elica.....	»	81

3.2.1.	Trivellazioni a mano a rotazione e percussione senza capra	»	82
3.2.2.	Trivellazioni a mano con la capra	»	83
3.2.3.	Perforazioni con trivella	»	86
3.3.	Generalità sui metodi di perforazione meccanica	»	90
3.3.1.	Perforazione	»	90
3.3.2.	Perforazione a secco	»	90
3.3.3.	Perforazione idraulica	»	92
3.4.	Attrezzi e tecnica della perforazione	»	97
3.4.1.	Perforazione a secco	»	97
3.4.2.	Perforazione idraulica	»	102
3.4.3.	Perforazione <i>rotary</i>	»	106
3.4.4.	Perforazione con martello a fondo foro (DTH)	»	111
3.4.5.	Perforazione <i>rotary</i> a vibrazione (o perforazione sonica)	»	117
3.4.6.	Perforazione wire-line	»	118
3.4.7.	Sistemi di perforazione ODEX per DTH	»	120
3.4.8.	Sistema di punte ad anello permanenti Symmetrix per DTH	»	120

4. Scelta del metodo di perforazione

5. Macchine e tecnica della perforazione

5.1.	Cenni introduttivi	»	131
5.2.	Perforazione a secco	»	133
5.3.	Perforazione idraulica a percussione	»	134
5.4.	Perforazione rotativa	»	137
5.5.	Perforazione in galleria ed opere in sotterraneo	»	142

6. Esecuzione delle perforazioni

6.1.	Cenni introduttivi	»	151
6.2.	Corone	»	154
6.2.1.	Corone al widia	»	154
6.3.	Perforazione idraulica	»	164
6.4.	Sondaggi direzionati e perforazioni guidate	»	170
6.5.	Perforazioni sotto falda	»	173
6.6.	Perforazioni per pali e per jet grouting	»	176
6.6.1.	Dal palo trivellato ai pali CFA, CAP e CSP	»	176
6.6.2.	Applicazioni innovative del jet grouting	»	182
6.6.2.1.	Esempio di applicazione di una speciale tecnica di consolidamento con jet grouting per lo scavo di una galleria di grandi dimensioni	»	183
6.6.2.2.	Innovazioni nella tecnica del jet grouting: ETJ (<i>Enhanced Trevi Jet Grouting</i>)	»	188
6.7.	Registrazione dei parametri di perforazione	»	189
6.8.	Descrizione geomeccanica delle carote di sondaggio	»	194

7. Caratteristiche geometriche delle perforazioni

7.1. Generalità.....	» 209
7.2. Misura dell'inclinazione di un foro.....	» 209
7.3. Sistemi moderni e computerizzati per la misura della deviazione e inclinazione di un foro.....	» 212

8. Rivestimenti delle perforazioni**9. Perforazioni e strumentazione**

9.1. Generalità.....	» 231
9.2. Piezometri.....	» 231
9.2.1. Tubi piezometrici.....	» 232
9.2.2. Piezometri idraulici.....	» 233
9.2.3. Piezometri pneumatici.....	» 233
9.2.4. Piezometri elettropneumatici.....	» 234
9.2.5. Piezometri a corda vibrante ed elettrici.....	» 235
9.2.6. Piezometri installati nei sondaggi con completa iniezione del foro...	» 236
9.2.6.1. Premessa.....	» 236
9.2.6.2. Perché utilizzare un riempimento di sabbia.....	» 236
9.2.6.3. Perché utilizzare un convenzionale riempimento di bentonite.....	» 237
9.2.6.4. Inquadramento teorico e risultati sperimentali dimenticati.....	» 238
9.2.6.5. Teoria ignorata.....	» 238
9.2.6.6. Considerazioni fondamentali sulle miscele di acqua, cemento e bentonite.....	» 239
9.2.6.7. Considerazioni sulla resistenza e la deformabilità.....	» 240
9.2.6.8. Installazione di piezometri in fori mediante completa iniezione del foro.....	» 241
9.2.6.9. Installazione di piezometri multipli in fori con iniezione di miscela cemento-bentonite.....	» 243
9.3. Inclinatori.....	» 246
9.3.1. Misure.....	» 248
9.3.2. Elaborazione dei dati.....	» 251
9.3.3. Presentazione dei risultati.....	» 253
9.4. Estensimetri e assestimetri.....	» 253
9.4.1. Estensimetri.....	» 253
9.4.1.1. Estensimetro multibase da foro.....	» 254
9.4.1.2. Estensimetro incrementale.....	» 255
9.4.2. Assestimetri.....	» 259
9.5. Esempi di specifiche di installazione di strumentazione in perforazioni.....	» 260
9.5.1. Piezometro a tubo aperto.....	» 260
9.5.2. Piezometro tipo Casagrande.....	» 262
9.5.3. Piezometro elettrico.....	» 264
9.5.4. Tubo inclinometrico.....	» 266
9.5.5. Catena inclinometrica fissa.....	» 270

9.5.6.	Tubazione per misura estensimetrica incrementale tipo INCREX.....	»	272
9.5.7.	Tubazione per misura estensimetrica incrementale tipo ISETH o estenso-inclinometrica tipo TRIVEC.....	»	275
9.5.8.	Estensimetro ad aste.....	»	278
10. Campionamento dei terreni e delle rocce			
10.1.	Premessa.....	»	281
10.2.	Storia dello stato tensionale durante il campionamento.....	»	281
10.3.	Requisiti di qualità del campione indisturbato.....	»	283
10.4.	Disturbo del terreno provocato dalla perforazione.....	»	285
10.5.	Pulizia del fondo foro.....	»	286
10.6.	Campionatori: generalità.....	»	286
10.7.	Requisiti dei campionatori.....	»	290
10.7.1.	Premesse.....	»	290
10.7.2.	Coefficiente di parete (<i>area ratio</i>).....	»	290
10.7.3.	Coefficiente di ingresso (<i>inside clearance ratio</i>).....	»	291
10.7.4.	Coefficiente di attrito esterno (<i>outside clearance ratio</i>).....	»	291
10.7.5.	Angolo di taglio della scarpa.....	»	292
10.7.6.	Lunghezza del campione.....	»	292
10.7.7.	Diametro del campione.....	»	293
10.8.	Campionatori.....	»	294
10.8.1.	Campionatori aperti.....	»	294
10.8.2.	Campionatori a pistone.....	»	297
10.8.3.	Campionatori in roccia.....	»	300
11. Indagini in foro di sondaggio			
11.1.	Generalità.....	»	313
11.2.	Carotaggi elettrici.....	»	314
11.2.1.	Considerazioni preliminari sulla resistività dei terreni.....	»	314
11.2.2.	Sondaggi elettrici verticali.....	»	316
11.2.3.	<i>Microlog</i>	»	318
11.3.	Carotaggi radioattivi.....	»	320
11.4.	Carotaggi sonici.....	»	322
11.4.1.	Rilievo di carotaggio sonico in perforazioni.....	»	322
11.4.2.	Rilievo di tomografia sonora.....	»	324
11.5.	Prospezioni con sonda televisiva.....	»	326
11.6.	Controllo del diametro della perforazione.....	»	332
11.7.	Rilievi gravimetrici, magnetici ed elettromagnetici.....	»	332
11.8.	Misuratori di portata.....	»	334
11.9.	Determinazione delle caratteristiche idrauliche degli ammassi rocciosi.....	»	337
11.10.	Misura dello stato di sollecitazione originario mediante fratturazione idraulica.....	»	341
11.11.	Determinazione delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso.....	»	343
12. Perforazioni e rinforzo dei terreni e delle rocce			
12.1.	Inquadramento idrogeologico e geomeccanico.....	»	347

12.1.1. Premessa	» 347
12.1.2. Permeabilità dell'ammasso roccioso	» 352
12.1.3. Proprietà idrauliche delle fratture	» 355
12.1.4. Approccio metodologico all'analisi del flusso idraulico in mezzi rocciosi fratturati	» 372
12.1.5. Caratteristiche di permeabilità degli ammassi rocciosi	» 378
12.1.5.1. Prove Lugeon	» 380
12.1.5.2. Prove nei piezometri	» 397
12.1.5.3. Misure a grande scala	» 398
12.1.5.4. Analisi del profilo della falda	» 399
12.1.5.5. Metodi indiretti	» 400
12.1.5.6. Classificazione di Ewert	» 400
12.1.6. Approccio proposto da Barton	» 405
12.2. Interventi di miglioramento del terreno e delle rocce fratturate mediante iniezioni	» 416
12.2.1. Iniezioni nel terreno	» 416
12.2.2. Principi, miscele e tecniche d'iniezione	» 419
12.2.3. Iniezione dei mezzi porosi	» 431
12.2.4. Iniezione per permeazione o impregnazione	» 437
12.2.5. Iniezione di compattazione (<i>compaction grouting</i>)	» 438
12.2.6. Iniezione per microfratturazione	» 439
12.2.7. Iniezione in rocce fratturate	» 440
12.2.7.1. Proprietà della miscela di iniezione	» 445
12.2.7.2. Materiali per iniezione e scelta del rapporto acqua/cemento	» 451
12.2.7.3. Scelta della pressione di iniezione	» 456
12.2.7.4. Andamento e controllo dell'iniezione	» 457
12.3. Gettiniezione (<i>jet grouting</i>)	» 462
12.4. Controlli in corso d'opera	» 469
13. Perforazioni e tunnelling	
13.1. Mini e microtunnelling	» 475
13.2. <i>Raise borer</i>	» 484
13.3. <i>Tunnel Boring Machine</i> (TBM)	» 488
13.3.1. Schemi classificativi	» 489
13.3.2. Scavo meccanizzato con TBM a piena sezione in ammassi rocciosi ..	» 491
13.3.3. Scavo meccanizzato con TBM a piena sezione nei terreni	» 502
13.3.4. Condizioni per lo scavo meccanizzato	» 514
13.3.5. Calcolo della spinta necessaria per l'avanzamento di una tbm scudata ..	» 519
Bibliografia	» 523