

# 目次

序	米倉 亮三
総括 薬液注入の長期耐久性の研究から恒久グラウト本設注入技術への進展	監修者 米倉 亮三 島田 俊介
第三版編集にあたって	編集委員長 末政 直晃
第1章 総論	
1.1 開発の背景と経緯.....	1
1.2 用語の定義.....	3
1.3 本マニュアルの適用範囲.....	6
第2章 薬液注入工法	
2.1 仮設注入と本設注入.....	7
2.2 耐久性を考慮した注入材の種類と特徴と注入工法の組合わせ.....	9
第3章 恒久グラウトと本設注入工法のコンセプト	
3.1 恒久グラウト・本設注入工法の定義と恒久要件.....	14
3.2 恒久グラウト・本設注入工法のコンセプトと本設注入試験センター.....	16
—恒久グラウト・本設注入工法の三大要件と要素技術—	
第4章 恒久グラウト・本設注入工法	
4.1 恒久グラウト注入工法の概要.....	22
4.2 恒久グラウトの種類と特徴.....	23
4.2.1 恒久グラウトの分類.....	23
4.2.2 グラウトの恒久性.....	23
4.2.3 恒久グラウトの特徴.....	24
4.2.4 恒久グラウトの種類と反応機構.....	25
4.2.5 恒久グラウトのゲルタイムと強度.....	26
4.3 活性シリカコロイド「パーマロックシリーズ」.....	27
4.3.1 パーマロック・AT、Hi、ASFの種類と特性.....	27
4.3.2 パーマロック・ASF-IIの種類と特性.....	28
4.3.3 活性複合シリカコロイドの地盤改良効果.....	29
4.4 超微粒子複合シリカ「ハイブリッドシリカシリーズ」.....	32
4.4.1 ハイブリッドシリカの種類と特性.....	32
4.4.2 特徴.....	33
4.4.3 強度特性.....	34
4.4.4 浸透特性.....	35
4.5 恒久グラウト注入工法の種類と特徴.....	36
4.5.1 恒久グラウト注入工法.....	36
4.5.2 グラウトの浸透機構.....	38
(1) 球状浸透.....	38
(2) 柱状浸透.....	38
4.5.3 工法概念.....	39
4.5.4 恒久グラウト注入工法の適用性.....	40
4.5.5 各注入工法の特徴.....	42
(1) 二重管複合注入工法.....	42
(2) 二重管ダブルパッカ工法.....	43

(3) 超多点注入工法.....	44
(4) エキスパッカ工法.....	52
(5) マルチストレーナ工法.....	62
(6) エキスパッカロータスルート工法の概略.....	67
(7) スリーPシステム.....	68
(8) 3D注入システム.....	69
(9) 多連注入システム(ライフライン多連注入工法).....	70

## 第5章 恒久グラウト注入工法による液状化対策工の設計施工と施工管理

5.1 適用例.....	71
5.2 参照基準.....	72
5.3 既往の液状化対策と恒久グラウト注入工法.....	73
5.4 液状化の予測.....	74
5.4.1 液状化の発生メカニズム.....	74
5.4.2 液状化による被害.....	75
5.4.3 液状化の予測および判定.....	78
(1) 港湾の施設の技術上の基準・同解説.....	78
(2) 建築基礎構造設計指針.....	84
5.5 調査・試験について.....	87
5.5.1 設計・施工に関する調査・試験項目の概要.....	87
5.5.2 事前調査.....	88
(1) 原位置調査.....	88
(2) 現地砂の調査.....	88
(3) 室内配合試験.....	89
5.5.3 事後調査.....	90
(1) サンプリング調査.....	90
(2) 原位置調査.....	90
(3) 環境調査.....	91
5.6 設計.....	92
5.6.1 恒久グラウト注入工法の適用性の検討.....	92
(1) 地盤条件.....	92
(2) 施工条件.....	94
5.6.2 作用の検討.....	95
(1) 作用の種類.....	95
(2) 地震作用.....	95
(3) 改良土の主働土圧の取り扱い.....	95
(4) 残留水圧.....	95
5.6.3 設計に用いる強度定数の決定.....	96
(1) 最大せん断応力比 $L_{max}$ の算定.....	96
(2) 液状化強度比 $R$ の設定.....	96
(3) 繰返し三軸試験による設計基準強度の設定方法.....	97
(4) 一軸圧縮試験による設計基準強度の設定方法.....	98
(5) 改良土のせん断強度の設定方法.....	99
5.6.4 改良率の設定.....	101
5.6.5 注入諸元の設定.....	102
(1) 注入率.....	102
(2) 改良径および注入量.....	103
(3) 注入孔間隔および平面配置.....	104
(4) 注入口間隔(ステップ長).....	105
(5) 注入速度および注入圧力.....	106
(6) 注入時間.....	106

(7) 細粒分が多い地盤への対応.....	106
5.6.6 配合設計.....	108
(1) 配合試験フロー.....	108
(2) 室内配合試験.....	109
5.7 改良地盤の設計.....	116
5.7.1 港湾構造物を対象とした設計.....	116
(1) 対象構造物.....	116
(2) 改良率の設定.....	116
(3) 改良深度の設定.....	116
(4) 改良幅の設定.....	116
(5) 本体構造物の検討.....	120
(6) 滑動の検討.....	121
5.7.2 タンク基礎を対象とした設計.....	123
(1) 対象構造物.....	123
(2) 改良率の設定.....	123
(3) 改良深度の設定.....	123
(4) 改良幅の設定.....	124
(5) 改良体の安定検討方法.....	124
5.7.3 直接基礎・土構造物を対象とした設計.....	126
(1) 対象構造物.....	126
(2) 改良率の設定.....	126
(3) 改良深度の設定.....	126
(4) 改良幅の設定.....	126
5.7.4 杭基礎を対象とした設計.....	127
(1) 対象構造物.....	127
(2) 改良率の設定.....	127
(3) 改良深度の決定.....	127
(4) 改良幅の決定.....	127
5.8 一般施工管理.....	129
(1) 動態観測.....	129
(2) 地下水等の水質管理.....	129
(3) 排水管理.....	129
(4) 材料の貯蔵管理.....	129
5.9 品質管理.....	130
5.9.1 サンプルング試料による品質確認.....	131
(1) 試料の採取本数.....	131
(2) 試料の採取位置.....	131
(3) サンプルングと試料の養生.....	131
(4) 一軸圧縮試験.....	131
(5) 三軸試験.....	132
(6) シリカ含有量による改良効果の判定.....	132
5.9.2 原位置調査による品質確認.....	135

## 第6章 懸濁型恒久グラウトを用いた本設・仮設工事の設計

6.1 適用範囲.....	136
6.1.1 改良目的と適用例.....	136
6.1.2 適用地盤.....	136
6.2 恒久グラウトを用いた仮設工事の設計例.....	137
6.2.1 注入工法と注入材料.....	137
(1) 注入材料.....	137
(2) 注入工法.....	137

6.2.2	設計数値の決定	138
6.2.3	注入範囲	138
	(1) 計算による方法	138
	(2) 過去の実績による方法	138
6.2.4	注入量の設定	138
	(1) 注入率の決定	138
	(2) 注入量の計算	139
6.2.5	注入仕様の決定	140
	(1) 注入速度(単位吐出量)	140
	(2) ゲルタイム	140
	(3) 注入孔の配置	140
第7章 恒久グラウトの施工事例		
7.1	恒久グラウトを用いた液状化対策工施工事例	141
7.1.1	恒久グラウト(パーマロック)の施工事例の分類	141
7.1.2	施工事例	141
7.2	恒久グラウトを用いた高強度恒久地盤改良	168
7.2.1	恒久グラウト(ハイブリッドシリカ)の施工事例の分類	168
7.2.2	施工事例	168
付属資料-1 注入材料の長期耐久性について		
1.1	薬液の分類	180
1.2	無定形シリカの特徴	182
1.3	ゲル化のメカニズムとゲル構造	184
1.4	長期耐久性の実証研究	185
1.4.1	ホモゲルからのシリカの溶脱	185
1.4.2	固結砂からのシリカの溶脱	186
1.4.3	ホモゲルの体積変化	186
1.4.4	固結砂の長期強度の経時変化と促進試験	188
1.4.5	浸透水圧下における固結砂の長期止水持続性	192
1.4.6	活性シリカコロイドによる微小間隙止水への利用	193
付属資料-2 活性シリカコロイドによる大深度の岩盤止水		
		196
付属資料-3 恒久グラウト注入工法に関する野外実験		
		198
3.1	大規模野外注入実験による恒久グラウト(活性複合シリカコロイド)を用いた急速浸透注入工法における浸透固結性と経年固結性の実証	198
3.2	大規模野外注入実験による恒久グラウト(超微粒子複合シリカ)を用いた急速浸透注入工法における浸透固結性と経年固結性の実証	201
3.2.1	1997年 第1次野外注入試験	201
3.2.2	1999年 第2次野外注入試験	202
付属資料-4 本設注入試験センター—現場採取土配合設計法と地盤ケイ化評価法—		
		205
4.1	特徴	205
4.2	試験目的	205
4.3	配合試験による施工実績	210
4.4	性能	211
4.5	高強度パーマロック・ASF-Hi	212
付属資料-5 薬液注入による固結土の耐震的性質と活性複合シリカを用いた改良土の液状化強度と改良効果の確認		
		214

5.1	固結土の耐液状化.....	214
5.2	繰返し応力に対する固結土の変形.....	215
5.3	液状化強度.....	216
5.4	大規模野外試験における経年固結土の液状化強度と東日本大震災後の液状化強度の持続性の実証.....	219
付属資料-6 東北地方太平洋沖地震における活性複合シリカコロイドを用いた急速浸透注入工法施工地盤の追跡調査報告.....		221
付属資料-7 環境保全性.....		229
7.1	浸透ゲル化特性による環境保全性.....	229
7.2	水質環境への影響(海水、淡水生物).....	232
7.3	コンクリート構造物への影響.....	233
付属資料-8 現場環境並びに注入材同士の相互作用と耐久性.....		239
8.1	地盤の化学的特性と耐久性.....	239
8.2	懸濁型グラウトと溶液型シリカグラウトのゲルの相性.....	241
8.3	恒久グラウトと他のグラウトとの併用性.....	242
主要文献.....		244
新規技術研究発表会 基調講演.....		248