

### 3. 地盤改良工法

#### 3.1 まえがき

本資料は、前回平成 11 年に体系化を実施した「地盤改良工法技術資料」をリニューアルしたものである。

今回は、平成 11 年 11 月（東京）と平成 12 年 11 月（名古屋）の 2 回、「第 8 回新しい材料・工法・機械講習会 最新の地盤改良工法の現状と設計・施工のポイント」を開催し、会員に成果を還元しているが、その後 10 年が経過している。この間、新たな工法が開発され、また使用実績が少なく、廃止している工法もある。また、昨今、環境保全が注目されていることや、入札方式が総合評価入札方式へ移行されている等、地盤改良工法を選定する上での選定項目が以前より変わってきている。

これらを踏まえ、今回は主に工法選定表のリニューアルを行うこととし、施工会社へのアンケートを実施して成果を取りまとめた。

なお、本資料における地盤改良工法は、原位置において原地盤に改良効果を付与する工法のみを取り扱うものとし、前回の体系化に含んでいた以下の工法は除外することとした。

- ① 構造物の形式変更 押さえ盛土工法  
荷重軽減工法（軽量盛土）  
矢板・各種基礎工法  
その他（遮水壁築造）
- ② 除去置換工法 掘削置換工法  
強制置換工法
- ③ 補強工法 覆土工法（シート・ネット工法）  
表層被覆工法（法枠工法）  
補強土工法（補強盛土工法、地山補強工法）

ただし、今回は過去に体系化された杭工法（平成 6 年）、切土・盛土工法（平成 9 年）、土留め工法（平成 15 年）も合わせてリニューアルするため、上記の工法は、各々他の工法にて体系化されている。

また、現在ではインターネット等を利用して容易に各工法の詳細情報が得られるため、本資料では工法概要の掲載は省略した。その代わりに、各工法の詳細データをまとめた二次選定表（アンケート調査結果：添付 C D R）の中に、問合せ先および URL 等を記載することとした。

## 3.2 アンケート調査

### 3.2.1 調査方針

今回、地盤改良工法の体系化作業を行うにあたり、以下の項目を確認する目的で施工会社へのアンケート調査を実施した。

- ① 平成 11 年以降で新たに開発された地盤改良工法がないか。また実績が無く、廃止された工法はないか。
- ② 従来からある地盤改良工法が改良され、施工能力、工事費等が改善されていないか。
- ③ 環境保全に配慮された工法であるか。
- ④ 特許、NETIS 登録、審査証明取得の有無は。
- ⑤ 施工実績が増加しているか。
- ⑥ その他、適用上の留意点はないか。

### 3.2.2 調査項目

調査項目については、上記の方針のもとに以下の項目を選定した。

- ① 各工法の原理別分類
- ② 地盤改良目的（改良効果）に関する項目
- ③ 地盤条件に関する項目
- ④ 施工条件に関する項目
- ⑤ 改良仕様に関する項目
- ⑥ 環境側面に関する項目
- ⑦ 施工能力・工事費に関する項目
- ⑧ 特許等の有無に関する項目
- ⑨ 開発年度、施工実績に関する項目
- ⑩ その他適用上の留意点
- ⑪ 問合せ先等

### 3.2.3 アンケートの実施

#### (1) アンケートの実施

前回アンケート調査を実施した施工会社を元に、インターネット等の調査により確認できた施工会社を加え、前述の調査項目を網羅したアンケート調査用紙を送付した。送付先数および回答数は以下のとおりである。

送付先：工法数	－185 工法	回答：工法数	－180 工法
施工会社	－ 43 社	施工会社	－ 41 社（回答率 95%）
協会等	－ 55 社	協会等	－ 52 社（回答率 95%）
			（回答なしの 5 工法は問合せ先不明）

また、新工法が 26 工法、廃止された工法が 7 工法あり、最終的に 199 工法のアンケート結果が得られた。

#### (2) アンケート結果の再確認

施工会社等へのアンケート結果である一覧表は、公表する計画であるため、アンケート結果一覧表の整合性向上を図るため、回答してもらった施工会社に以下の内容について整合性の確認を依頼した。

- ①アンケート内容の補充：アンケート調査項目のうち、空欄となっている箇所について補充可能であれば追加記述する。
- ②アンケート内容の確認：工法分類等入力項目の再確認および同種他工法との差異について確認する。

### 3.3 地盤改良工法の分類

#### 3.3.1 地盤改良工法の分類

本テキストでは、地盤改良工法の分類を原理別分類にてまとめることとし、表-3.3.1に示すとおりとした。なお、本分類表は、地盤工学ハンドブック（地盤工学会編）の分類を参考としている。また、前述のとおり本テキストにて取り扱う地盤改良工法は、原位置において原地盤に改良効果を付与する工法のみを取り扱うものとし、表中の置換工法、補強工法、荷重調整工法および実用化されていない工法はアンケートの対象外とした。

(参考) 地盤改良工法と適用土質の概要

土質	有機質土	高塑性粘性土	低塑性粘性土	シルト質土	砂質土	礫質土
置換						
圧密・排水					グラベルドレーン	
締固め						
固化						
注入						
補強						
荷重調整						

(地盤工学会編：地盤工学ハンドブック,p.1202,1999.)

表-3.3.1 地盤改良分類表（原理別分類）

大分類	中分類	小分類	アンケート対象
置換工法	置換工法（掘削置換）		
	強制置換工法（圧入置換）		
	爆破置換工法		
圧密・排水工法	バーチカルドレーン工法	サンドドレーン工法	○
		袋詰めサンドドレーン工法	
		プラスチックボードドレーン工法	
		グラベルドレーン工法	
		その他	
	特殊脱水工法	水平ドレーン工法	
		化学的脱水工法	
		真空圧密工法	
電気浸透工法			
プレローディング工法			
地下水位低下工法			
締固め工法	表層締固め工法		○
	サンドコンパクション パイル工法	陸上施工	
		海上施工	
	振動締固め工法		
	静的締固め工法	陸上施工	
海上施工			
動圧密工法			
固化工法	浅層混合処理工法	原位置固化工法	○
	中層混合処理工法	機械攪拌工法	
		機械攪拌+高圧噴射工法	
	深層混合処理工法	機械攪拌工法	
		機械攪拌+高圧噴射工法	
		高圧噴射工法	
その他			
注入工法	薬液注入工法	多重管注入工法	○
		浸透固化工法	
		その他	
熱・電気処理工法	熱的固結工法	凍結工法	○
		焼結工法	
その他			
補強工法	補強土工法		
	アンカー工法		
	その他		
荷重調整工法	E P S 工法		
	軽量土工法		
	表面被覆工法		
	その他		

### 3.3.2 改良原理による細分類および概説

“表-3.3.1、3.3.2 の地盤改良分類表（原理別分類）”について、細分類および概説を以下に記す。なお、各表において工法名の右欄に工法No.を付しているが、これは 3.4.3 2 次選定表に対応する工法No.としている。

#### 3.3.2.1 圧密・排水工法

##### (1) パーチカルドレーン工法

主に軟弱層が厚く、載荷重のみでは圧密促進が不十分な場合に、載荷重に加え砂あるいは人工の鉛直ドレーンを打設して排水距離を短縮させ、圧密を促進する工法である。

この工法には砂を透水材料に用いたサンドドレーン工法や袋詰サンドドレーン工法と、特殊加工されたプラスチック材やそれらの複合材を使用したプラスチックボードドレーン工法、また透水材として砕石を用いたグラベルドレーン工法およびその他の工法がある。グラベルドレーン工法やその他に挙げた工法は、液状化防止対策としての排水工法、すなわち過剰間隙水圧消散を目的とした工法として主に利用されている。

前回と比較すると、3工法が廃止、10工法が新たに追加されている。

##### (2) 特殊脱水工法

前1項以外の工法であり、水平ドレーンや化学的脱水工法、真空圧密工法などがある。真空圧密工法は、載荷盛土でなく大気圧（減圧）による排水工法である。

特殊脱水工法としては、前回と比較し2工法が廃止、水平ドレーン工法で2工法、真空圧密工法で2工法が新たに追加されている。真空圧密工法は、気密性保持に気密シートを使用する方法と粘性土層を利用する方法とがある。

表-3.3.2 バーチカルドレーン工法

小分類	細分類	工 法 名	工法 No.
サンドドレーン工法		サンドドレーン工法	1
	部分的袋詰め	CFドレーン工法	2
袋詰めサンドドレーン工法		バックドレーン工法	3
	水中施工	水中バックドレーン工法	4
プラスチックボードドレーン工法	標準的タイプ(複合構造材料)	NCBドレーン工法	5
		GTドレーン工法	6
		コルボンドドレーン工法	7
		ジオドレーン工法	8
		キャスルボードドレーン工法	9
		ニューケミカルボード工法	10
	天然繊維材料	ファイバードレーン工法	11
	その他(地表部水平連結)	ネットワークドレーン工法	12
	" (ドレーン位置感知)	CSドレーン工法	13
	" (生分解性材料)	エコPD工法	14
		エコジオドレーン工法	15
ラクトボード工法		16	
" (超軟弱地盤上施工)	PDF工法	17	
" (海上施工)	マリン・プラスチックドレーン工法	18	
グラベルドレーン工法	締固め併用	グラベルドレーン工法	19
		締固め砕石ドレーン工法	20
		HySPEED工法	21
		アクバド工法 (ACPD工法)	22
その他	液状化対策(プラスチックボード)	グリッドドレーン工法	23
	" (十字状ドレーン)	クロスドレーン工法	24
	" (円筒状ドレーン)	スパイラルドレーン工法	25
		ネオドレーン工法	26
	" (マンホール浮上防止)	アースドレーン工法	27
" (鋼製スクリーン管)	小径ドレーン工法	28	

表-3.3.3 特殊脱水工法

小分類	細分類	工 法 名	工法 No.
水平ドレーン工法	排水材(排水シート)	GTフィルター工法	29
		FM工法 (フローティングマット工法)	30
	排水材(バーチカルドレーン材)	ファイバーマット工法	31
	排水材(ドレーン材+有孔管)	アーチ・モール工法	33
	ポンプ併用	ラテラルドレーン工法	32
化学的脱水工法	パイル形成方式	ケミコパイル工法	34
真空圧密工法	気密シート方式	高真空N&H工法 (N&H強制圧密脱水工法)	35
		SPD工法 (サクシオンプラスチックドレーン工法)	36
	粘性土密封方式	真空圧密ドレーン工法	37

### 3.3.2.2 締固め工法

#### (1) 表層締固め工法

地盤の表層に振動機を作用させ、振動効果により締め固める工法である。本工法は、砂質土の浅層部を締め固める工法で他の工法とは適用範囲が異なるため、サンドコンパクションパイル工法・振動締固め工法と併用されることが多い。前回から工法の廃止・追加はない。

表-3.3.4 表層締固め工法

小分類	細分類	工 法 名	工法 No.
		マンモスパイロタンパー工法	38
		ソイルパイロタンピング工法	39

#### (2) サンドコンパクションパイル工法

軟弱地盤中に振動または衝撃により砂を圧入し、直径が大きく圧縮された砂杭を造成して地盤の安定を図る工法である。陸上施工と海上施工に細分類される。前回と比較し、3工法が廃止されている。また、前回サンドコンパクションパイル工法に分類していたSAVEコンポーザー工法は、静的締固め工法に分類した。

表-3.3.5 サンドコンパクションパイル工法

小分類	細分類	工 法 名	工法 No.
陸上施工		パイロコンポーザー工法 (陸上施工)	40
		テラシステム工法	41
		リソイルコンポーザー工法	42
海上施工		パイロコンポーザー工法 (海上施工)	43

#### (3) 振動締固め工法

棒状振動機の貫入と、土砂の投入により地盤の振動水締めを図る工法である。サンドコンパクション工法がケーシングパイプ内から補給材を圧入するのに対し、振動締固め工法では地盤中に打ち込まれた棒状振動機の側面（地表面）から砂、砂利等を補給しながら振動により締め固めるものである。振動締固めに吸水を併用した工法もある。前回と比較し、1工法が新たに追加されている。

表-3.3.6 振動締固め工法

小分類	細分類	工 法 名	工法 No.
		パイロフローテーション工法	44
		パイロロッド工法	45
		SVS工法	46
		DV工法 (ディープパイロ工法)	47
	吸水併用	SIMAR工法	48



#### (4) 静的締固め工法

地盤中にパイル状のものを注入し、その吸水膨張力や注入圧等により地盤を静的に締め固め、安定を図る工法である。パイル状のものとして流動材、砂質土を使用するものに大別される。その他に産業廃棄物の減溶化を目的とした工法も開発されている。

前回と比較すると、新たに 8 工法が追加されている（SAVEコンポーザー工法は、サンドコンパクションパイル工法から移動）。

表－3.3.7 静的締固め工法

小分類	細分類	工 法 名	工法 No.
陸上施工	流動材圧入	コンパクショングラウチング工法	49
		可塑状ゲル圧入工法	50
		SAVE-SP工法	51
	砂質土圧入	SLP工法	52
		SAVEコンポーザー工法	53
		Geo-KONG工法	54
		KS-EGG工法	55
		SDP工法 (静的締固め杭工法)	56
		STEP工法	57
	その他(産廃減容化)	リフューズプレス工法 (RP工法)	58
海上施工		SAVEマリン工法	59

#### (5) 動圧密工法

重錘を地盤に落下させ、繰り返し対象地盤に打撃エネルギーを加えることによって、地盤を締め固める工法である。地盤に挿入した発破の衝撃により地盤を締め固める工法が追加されている。前回から 1 工法が廃止されている。

表－3.3.8 動圧密工法

小分類	細分類	工 法 名	工法 No.
		動圧密工法	60
		衝撃締固め工法 (Shockwave Densification Method)	61

### 3.3.2.3 固化工法

軟弱地盤に固化材を添加し、地盤の土粒子と固化材を一体化（固結）することにより改良する工法である。本工法の原理そのものは古くから知られていたが、近年では幅広い原理に基づく数多くの工法が開発されてきた。本章では、地盤改良工法として現在実用化されている工法とその分類を整理した。

前回の体系化では、大分類で化学的固結工法、中分類を表層混合処理工法、事前混合固化工法、深層混合処理工法、薬液注入工法としていたが、以下のように修正した。

- 事前混合固化工法は、今回の地盤改良工法の定義と異なるため除外した。
- 大分類を2つに分け、固化工法と注入工法とで区別した。
- 固化工法は、施工可能深度ごとに浅層混合処理工法（改良深度が概ね3m以内）、中層混合処理工法（改良深度が概ね10m以内）、深層混合処理工法（改良深度概ね10m以上）に分類した。

前回の体系化と比較し、固化工法全体で37工法増えている。

#### (1) 浅層混合処理工法

超軟弱地盤上での機械施工や盛土施工を可能にするために、軟弱地盤表面のトラフィカビリティー確保を目的とした地盤改良工法である。本テキストでは、改良深度が概ね3m以内の工法を対象とする。

表-3.3.9 浅層混合処理工法

小分類	細分類	工法名	工法 No.
原位置固化工法		ケミコライザー工法	62
		ソイルライマー工法	63
		STB工法	64
		パワーブレンダー工法 (地表散布方式)	65
		パワーブレンダー工法 (集塵装置付地表散布方式)	66
		自走式施工法 (RM工法)	67
		自走式施工法 (BH-RM工法)	68
		自走式施工法 (VM工法)	69
		横行連続式施工法 (FSM工法)	70
		マッドミキサーM-I工法	71
		エスミックスラリー工法	72

#### (2) 中層混合処理工法

所定の深度までの軟弱地盤を、原位置で直接固化材と混合する工法である。前回、表層混合処理工法に分類されていた工法の内、比較的深い層まで改良可能である工法を本分類とした。本テキストでは、改良深度が概ね10m以内の工法を対象とする。

表－3.3.10 中層混合処理工法

小分類	細分類	工 法 名	工法 No.
機械攪拌工法		マッドスタビ工法	73
		自走式施工法 (ARM工法)	74
		自走式施工法 (LVM工法)	75
		長尺横式泥上施工法 (FVM工法)	76
		長尺横式水中施工法 (FAM工法)	77
		マッドミキサーM-Ⅱ工法	78
		SCM工法	79
		ISM工法	80
		WILL工法 (スラリー揺動攪拌工法)	81
		アイマーク工法Ⅱ	82
		VMS工法	83
		STコラム工法	84
		三次元攪拌工法	85
機械攪拌＋高圧噴射工法		パワーブレンダー工法 (スラリー噴射方式)	86
		パワーブレンダー工法 (噴射攪拌方式)	87
		MMB工法	88

### (3) 深層混合処理工法

地表面下深い層まで存在する軟弱地盤を、原位置で直接固化材と混合する工法である。本テキストでは、改良深度が概ね 10m を超える工法を対象とする。

現在まで数多くの工法が開発されており、それらは、固化材の種類、固化材と地盤の攪拌・混合機構、固化材の注入・噴射機構等によりさらに細かく分類される。

近年、本工法は、①幅広い施工条件、②周辺地盤への影響の低減、③新しい固化材の利用、④攪拌・混合効率の向上、⑤環境負荷軽減等に対応して新たな工法が開発されている。

表-3.3.11 深層混合処理工法(1)

小分類	細分類	工 法 名	工法 No.
機械攪拌工法		MR-II C工法	89
		ツイン・ブレードミキシング工法	90
		オープンウイング工法	91
		ダブルミキシング工法	92
		USP工法	93
		MT-CMC工法	94
		エスミコラム工法	95
		スリーエスG工法	96
		ソイルマスター工法 (FD-20工法)	97
		CDM-SSC工法	98
		PROP工法	99
		CI-CMC工法	100
		アスコラム工法	101
		DJM工法	102
		TRD工法	103
		エポコラム工法	104
		NCコラム工法	105
		RASコラム工法	106
		JST工法	107
		CDM-LODIC工法	108
		CDM-コラム工法 (CDM-コラム21工法)	109
		CDM工法(陸上)	110
		CDM工法(海上)	111
		テノコラム工法	112
		KS-B・MIX工法	113
		CDM-Mega工法	114
		CDM-Land4工法	115
		CDM-レムニ2/3工法	116
		CDM-FLOAT工法	117
		DCM-L工法	118
		DCS工法	119
拡縮コラム工法	120		
水平	HEMS工法	121	
その他	MITIS工法CMSシステム (中圧噴射機械攪拌工法)	122	

表-3.3.12 深層混合処理工法(2)

小分類	細分類	工 法 名	工法 No.
機械攪拌+高圧噴射工法	単管	ESJ工法	123
		ESJ-Hi工法	124
		ESJ-L工法	125
		LDis工法	126
		LDis-Dy工法	127
		JMM工法	128
		SJMM工法	129
		SJMM-Dy工法	130
		SDM工法	131
		SDM-Dy工法	132
	WHJ工法	133	
	その他	JACSMAN工法	134
		ブチジェット工法	135
メカジェット工法		136	
AMP工法		137	
高圧噴射工法	単管	CCP工法 (CCP-P工法)	138
		CCP-L工法	139
		CCP-LE工法	140
		CCP-S工法	141
		CCP-SE工法	142
		ESJ-S工法	143
		MM工法 (ミニマックス工法)	144
		SMM工法	145
		エフツインジェット工法	146
	二重管	JSG工法	147
		CJG工法 (コラムジェットグラウト工法)	148
		NJP工法	149
		ジェットボクシング工法 (四角形クロスジェット工法)	150
		パラジェット工法	151
		ジオバスタ工法	152
	三重管	RJP工法	153
		S-RJP工法	154
		D-RJP工法	155
		クロスジェット工法 (X-jet工法)	156
		JEP工法	157
	セパレートジェット工法	158	
	水平	ラテラルジェット工法	159
		MJS工法	160
	その他	マルチジェット工法	161
		GTM工法	162
		クリーンジェット工法	163
スーパージェット工法 (Superjet工法)		164	
MITSI工法QSJシステム (中圧噴射流切削攪拌工法)		165	

### 3.3.2.4 注入工法

薬液を地盤中の所定の箇所に注入し、地盤の止水性または強度を増大させることを目的とする工法である。

薬液注入工法は、多重管注入工法と浸透固化工法があり、浸透固化工法は護岸、タンク基礎地盤等の液状化対策に用いられている。

前回と比較し、多重管注入工法に関しては、9工法が廃止されており、4工法が新たに追加されている。浸透固化工法は、前は浸透固化処理工法のみであったが、今回14工法が新たに追加されている。

表-3.3.13 薬液注入工法

小分類	細分類	工法名	工法 No.		
多重管注入工法	二重管ダブルパッカー方式	ソレタンシュ注入工法	166		
		ダブルストレーナー注入工法	167		
		スリーブ注入工法	168		
		マックスバーム工法	169		
		マルチパッカ工法	170		
		セルフパッカ工法	171		
	その他	カーボロック工法	172		
		ハーモニーグラウト工法 (炭酸水グラウト工法)	173		
		パイモードNABiCS工法	174		
		NS-DPD工法	175		
		ユニパック工法	176		
		マルチライザー工法	177		
		スペースグラウト工法 (SGR工法)	178		
		ニューマックス工法	179		
		ジオパーマ工法	180		
		岩水グラウト工法	181		
		浸透固化工法		浸透固化処理工法	182
				動的注入工法	183
超多点注入工法	184				
マグマアクション工法	185				
マスキングシリカ工法	186				
動的グラウチング工法	187				
エキスパッカ工法	188				
3D-EX工法	189				
エキスパッカーN工法	190				
バルーングラウト工法	191				
自在ボーリング	カーベックス工法			192	
	グランドフレックスモール工法			193	
	コンダクションナビ工法			194	
	シンクロモール工法			195	
			曲がり削孔工法	196	
その他			GCCP工法 (グラベルセメントコンパクションパイル工法)	197	

### 3.3.2.5 熱・電気処理工法

直接地盤に熱的処理を行い、地盤を固化する工法であり、実用化されているものとして地盤を一時的に人工凍結する凍結工法がある。

表-3.3.14 熱的固結工法

小分類	細分類	工 法 名	工法 No.
凍結工法		地盤凍結工法	198
		ICELOCK工法	199

### 3.4 地盤改良工法の選定

#### 3.4.1 選定方法の概要

アンケート調査結果に基づき、1次および2次選定表を作成した。1次選定表は最適な改良原理別分類を、2次選定表では具体的な工法を選定できる内容となっている。各選定表の概要を以下に示す。

#### 3.4.2 1次選定表

改良原理別の1次選定表を表-3.4.1、3.4.2に示す。

本表は、アンケート調査結果に基づき、最適な改良原理分類を選定することを目的として、小委員会が独自に作成したものである。

1次選定表を作成するにあたり、定めたルールならびに特記事項を以下に示す（・作成上のルール、\*特記事項）。

#### 【作成上のルールおよび特記事項】

①共通事項	・各数値は、原則アンケート調査結果の最小値～最大値とする。 ・アンケートの回答が「空欄」「該当なし」「-」の場合は空欄とする。
②改良原理の分類	・改良原理は、表-3.3.1、3.3.2に示す分類とする。
③工法数	*各小分類に該当する工法は、原則としてすべての工法を対象とする（ただし、実績の少ない工法ならびに他の工法と著しく異なる工法は除く）。
④地盤改良の目的	・「○」：適用可能、「△」：適用可能な工法がある、「×」：適用不可
⑤地盤条件	・「○」：施工可能、「△」：施工可能な工法がある、「×」：施工困難
⑥施工条件 改良仕様	*特殊な施工機械を有する工法があるので、詳細なデータが必要な場合には、2次選定表あるいはアンケート調査データ（添付CDR）を参照すること。
⑦環境側面	・「○」：対応できる、「△」：対応できる工法がある、「×」：対応できない
⑧標準施工能力 概算標準工事費	・標準施工能力は、原則として1日あたりの能力に統一する。アンケート調査の結果、時間あたりの能力で回答があった工法は、そのまま記載した。 *施工条件等により異なるので、アンケート調査データ（添付CDR）を参照するか、施工会社へ直接確認すること。
⑨施工実績	・「多」：100件以上、「中」：10～99件、「少」：10件未満と表す。 ・分類内に「多」が一つあれば「多」、「中、少」が混在する場合には「中」、「少」のみの場合には「少」とする。



表-3.4.1 地盤改良工法1次選定表(その1)

改良原理の分類		大分類	圧密・排水工法										締固め工法											
		中分類	パーチカドレーン工法					特殊脱水工法					表層締固め工法	サンドコンパクションパイル工法		振動締固め工法		静的締固め工法			動圧密工法			
		小分類	サンドドレーン工法	袋詰めサンドドレーン工法	プラスチックボードドレーン工法		グラベルドレーン工法	その他	水平ドレーン工法		化学的脱水工法	真空圧密工法	—	陸上施工	海上施工	—		陸上施工		海上施工	—			
		細分類	—	—	標準的タイプ	天然繊維材料	その他	締固め併用	液状化対策	排水材	ポンプ併用	パイル形成方式	—	—	—	—	—	吸水併用	流動材圧入	砂質土圧入	その他(産廃減容化)	—	—	
工法数		2	2	6	1	7	4	6	4	1	1	3	2	4	1	4	1	3	6	1	1	2		
地盤改良の目的	安定対策	せん断変形抑制	×	○	△	○	△	×	△	×	○	○	×	△	△	△	○	○	○	○	△	○		
		すべり抵抗増加	△	○	○	○	△	△	△	○	○	○	○	×	△	○	△	○	○	○	△	○	△	
		土圧調整	×	○	△	○	△	△	△	△	×	○	○	×	△	△	△	△	△	×	×	△	×	
		表層の安定	×	○	○	○	△	△	△	△	○	×	○	△	△	△	△	×	△	△	×	△	△	
	沈下対策	圧密沈下抑制	×	○	△	○	△	△	△	△	○	○	△	×	△	○	△	△	△	△	△	○	△	
		沈下抑制	×	○	△	○	△	△	×	△	×	○	○	△	△	○	△	○	△	○	○	○	○	
		圧密促進	○	—	○	○	△	×	△	△	—	○	○	×	○	○	△	△	○	○	○	○	△	
	液状化対策	液状化防止	×	×	△	×	×	○	△	△	×	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		地下水対策	×	×	△	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	地盤条件	適用土質	砂質土	N値<20	○	△	×	△	○	△	○	×	△	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20~50				△	×	×	△	△	△	△	×	×	×	×	△	△	△	○	△	△	○	△	△	
N値≥50				×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	
粘性土			N値<4	○	○	○	○	○	△	△	△	○	○	×	△	○	×	×	△	○	○	○	○	△
			4~10	△	○	○	○	△	△	△	△	△	△	○	×	△	△	×	×	△	△	○	△	△
			N値≥10	×	△	△	×	×	△	△	△	×	×	△	×	△	×	×	×	△	△	○	×	△
地下水の状態		被圧地下水	0~2m	○	○	△	○	○	△	○	△	×	×	△	×	○	○	○	○	△	×	○	△	
			≥2m	○	○	△	△	△	△	△	△	×	×	△	×	○	○	△	△	△	×	○	△	
		流動地下水	3m/分以上	○	○	△	△	△	△	△	△	×	×	△	×	△	○	△	△	△	×	○	△	
			改良可能深度 (m)	46~48	30~40	40.0	45.0	25~55	7.3~25	10~80		5	45.0	40.0	3.0~5.0	25~50	70.0	18~30	30.0	20~50	20~28	15.0	25.0	20.0
施工条件	最小作業空間	長さ (m)	40.0	30~100	10~20	10.0	8~100	4~35	5~20		50	20.0	4~25	20.0	40.0	150	10~50	10.0	2.5~5.0	20~50	30.0	150	7~40	
		幅 (m)	10.0	20~100	7~10	6.0	8~50	3~20	2~10		50	10.0	3.5~25	20.0	10~30	100	10~30	10.0	2.5~3.0	10~30	20.0	100	2.5~10	
		高さ (m)	25.0	20~40	10~20	10	10~28	6~23	3.5~25		2	22~35	8~20	20.0	25~50	50.0	10~30	30.0	2~5	20~50	22.0	45.0	5.5~35	
改良仕様	改良目標値	改良径 (m)	0.4~0.5	0.12	0.05	0.05	0.1~0.05	0.4~0.5	0.05~0.1	0.2		0.5~0.55		0.5~0.8	1.0~2.0	0.5~0.7	0.4相当	0.4~0.7	0.5~0.7	0.4~1.0	1.0~1.2			
		N値						3~15						10~15	15~25	15~25	10~20	15~25	10~25	10~25	10~20	15~25	10~25	
		qu (kN/m2)						30~200				20~40	100~160											
環境側面に対する記述	リサイクル材	建設発生土	×	×	×	△	△	×	×	○	×	×	×	△	×	△	○	△	△	○	×	○		
		建設汚泥	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	×	×	
		再生材料	×	○	○	○	△	△	△	△	△	×	×	△	○	×	△	○	△	△	○	×	○	
		石炭灰	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	△	△	○	×	○	
		振動の低減	×	×	○	○	△	○	△	○	○	○	○	×	△	×	△	×	○	○	○	○	×	
		騒音の低減	×	×	○	○	△	○	△	○	○	○	○	×	△	×	△	×	○	○	○	○	×	
	標準施工能力	周辺地盤への影響	×	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	×	×	×	△	○	△	△	○	×	×	
		産業廃棄物の抑制	×	×	△	○	△	△	△	○	○	○	△	×	×	×	△	○	△	△	○	×	○	
		水質汚濁の抑制	×	×	○	○	×	△	△	○	○	×	○	×	△	×	△	×	△	△	×	×	△	
		CO2排出量の抑制	×	×	○	○	△	△	△	△	○	○	○	×	×	×	△	○	△	△	○	×	×	
概算標準工事費	環境負荷の低減	×	×	○	○	△	△	△	○	○	○	○	×	△	×	△	○	○	○	○	○	△		
	多 100件以上 中 10~99件 少 10件未満	多	多	多	多	中	多	中	多	中	多	中	中	多	多	多	少	多	多	少	少	多		

表-3.4.2 地盤改良工法1次選定表(その2)

改良原理の分類		大分類	固化工法													注入工法				熱・電機 処理工法	
		中分類	浅層混合 処理工法	中層混合処理工法		深層混合処理工法								薬液注入工法				熱的固結 工法			
		小分類	—	機械攪拌 工法	機械攪拌+ 高圧噴射工法	機械攪拌工法		機械攪拌+ 高圧噴射工法		高圧噴射工法				多重管注入工法		浸透固化工法	その他	凍結工法			
		細分類	—	—	—	—	水平	その他	単管	その他	単管	二重管	三重管	水平	その他	二重管ダブル パッカー方式	—	—	自在 ボーリング	—	—
工法数		11	13	3	32	1	1	11	4	9	6	6	2	5	6	10	10	5	1	2	
地盤改良 の目的	安定対策	せん断変形抑制	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	
		すべり抵抗増加	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	○	
		土圧調整	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	
		表層の安定	○	○	○	○	×	○	×	△	△	○	△	△	△	△	△	×	×	○	
	沈下対策	圧密沈下抑制	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	×	○	
		沈下抑制	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	○	
		圧密促進	×	×	△	×			×	×	×	×	×	×	×	△	△	×		×	
	液状化対策	液状化防止	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		難透水地盤築造	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	
	地下水対策	止水壁築造	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	×	
止水域築造		△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	×		
地盤条件	適用土質	砂質土	N値<20	△	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
			20~50	△	△	△	△	×	△	×	△	△	○	○	○	○	○	○	○	△	
			N値≥50	△	△	×	△	×	×	×	×	△	△	△	△	△	○	△	△	△	
		砂礫	△	△	×	△	×	△	×	△	△	△	△	△	△	○	△	△	△		
		粘性土	N値<4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	△	△	△	△	○
			4~10	△	△	△	×	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	N値≥10		△	△	△	×	×	○	×	×	×	×	△	×	△	△	△	×	×		
	腐植土	○	△	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	×	×		
	ヘドロ	△	△	○	△	○	○	△	○	△	△	△	△	△	×	△	×	×	△		
	地下水の 状態	被圧地下水	0~2m	△	△	△	△	△	○	×	△	△	△	△	△	○	○	○	△	○	
≥2m		△	△	△	△	△	△	△	×	△	△	△	△	△	△	○	○	△			
流動地下水	3m/分以上	△	△	△	△	△	△	×	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×			
施工条件	改良可能深度	(m)	1.2~3	4~10	6~10	11~55	20.0	23.0	30~40	20~45	30~35	20~60	50~60	30~60	23~80	50~100	20~80	20~50	50~100		
	最小作業 空間	長さ	(m)	3~50	5~25	8.0	4.2~50	15.0	10.0	5.0	10~40	3.5~5	3~14	3~5	7.0	3~4	3.0~6.0	1.0~10.0	1.5~3.0		
		幅	(m)	2.5~10	3~10	3.5	2.5~30	15.0	5~50	5.0	5~10	2.5~5	2~7	2~5	3.0	2.0~5.0	3.0~6.0	1.5~4.0	1.5~3.0		
		高さ	(m)	3~10	4~12.6	8.0	6~50	6.0	5~23	5.0	4~25	3.5~55	3~12	3~5	3~5	2.3~19	3.0~8.0	2.0~6.0	1.0~3.0		
機械仕様	接地圧	(N/mm2)	0.004~ 0.045	0.004~ 0.55	0.042	0.005~ 0.281	0.010	0.008~ 0.6	0.008	0.01~ 0.1	0.005~ 0.008	0.010	0.005~ 0.008	0.005~ 0.086	0.01~ 0.06	0.05~ 0.55	0.007~ 0.250		0.050		
改良仕様	改良径	(m)	1~1.4	1~1.4	1.0	0.4~2.6	0.8	0.5~2.3	1.0~1.6	0.6~2.3	0.3~2.3	1~5	2.0~3.8	1.2~2.8	2.0~8.0	1.0~1.5	0.8~1.5	1.0~4.0	1.5~3.2		
	改良目標値	N値																			
		qu	(kN/m2)	100~ 2,000	100~ 18,000	100~ 2000	100~ 15,000	100~ 1000	100~ 3,000	100~ 3000	100~ 3,000	100~ 3,000	100~ 5,000	300~ 3,000	700~ 3,000	500~ 5000	100 ~800	100 ~500	100	100	
k		(cm/s)	1.0×10 <sup>-5</sup>	1.0×10 <sup>-5</sup>		1.0×10 <sup>-5</sup> ~ 1.0×10 <sup>-8</sup>	1.0×10 <sup>-5</sup> ~ 1.0×10 <sup>-7</sup>	1.0×10 <sup>-5</sup>		1.0×10 <sup>-5</sup> ~ 1.0×10 <sup>-7</sup>	1.0×10 <sup>-5</sup> ~ 1.0×10 <sup>-7</sup>	1.0×10 <sup>-6</sup>	1.0×10 <sup>-5</sup> ~ 1.0×10 <sup>-7</sup>	1.0×10 <sup>-6</sup> ~ 1.0×10 <sup>-7</sup>	1.0×10 <sup>-6</sup> ~ 1.0×10 <sup>-5</sup>	1.0×10 <sup>-4</sup> ~ 5.0×10 <sup>-5</sup>	1.0×10 <sup>-4</sup> ~ 5.0×10 <sup>-5</sup>	地山の 1/100	1.0×10 <sup>-4</sup> ~ 1.0×10 <sup>-6</sup>		
環境側面 に対する 記述	振動の低減		○	△	○	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	△	○	×		
	騒音の低減		○	△	○	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○		
	周辺地盤への影響		○	△	○	△	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	×		
	産業廃棄物の抑制		○	△	○	△		○	△	△	×	○	×	×	△	○	○	○	×		
	水質汚濁の抑制		○	△	○	△		○	△	×	△	×	△	△	△	○	○	○	×		
	CO2排出量の抑制		○	△	○	△		○	△	△	△	○	×	×	△	○	△	○	×		
	環境負荷の低減		○	△	○	△		○	△	△	△	○	×	×	○	○	△	○	×		
	リサイクル材	建設発生土		△	△	△	△		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
建設汚泥			△	△	△	×		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
再生材料			△	△	△	×		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
石炭灰			△	△	△	△		×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	△	×		
標準施工能力		40~ 258 m <sup>3</sup> /日	100~ 250 m <sup>3</sup> /日	50 m <sup>3</sup> /h	50~ 1,200 m <sup>3</sup> /日	5~ 10 m <sup>3</sup> /日	16 本/日 (12m)	18~ 430 m <sup>3</sup> /日	40~ 540 m <sup>3</sup> /日	5~ 10 m <sup>3</sup> /日	48~ 100 m <sup>3</sup> /日	10~ 60 m <sup>3</sup> /日	4~ 20 m <sup>3</sup> /日	50~ 200 m <sup>3</sup> /日	2,500~ 3,000 L/日	3,000 L/日	4.8 m <sup>3</sup> /日	50 m/日	140 m/hr		
概算標準工事費		780~ 3,500 円/m <sup>3</sup>	2,513~ 25,000 円/m <sup>3</sup>	1,900~ 3,600 円/m <sup>3</sup>	3,000~ 40,000 円/m <sup>3</sup>	100,000~ 200,000 円/m <sup>3</sup>	60,000 円/本	5,100~ 30,000 円/m	8,700~ 80,000 円/m <sup>3</sup>	75,000~ 90,000 円/m <sup>3</sup>	23,000~ 300,000 円/m <sup>3</sup>	38,000~ 80,000 円/m <sup>3</sup>	120,000~ 210,000 円/m <sup>3</sup>	20,000~ 80,000 円/m <sup>3</sup>	130 円/L	30~ 145 円/L	20~ 100 円/L	30,000 円/m	6,100 円/m		
施工実績		多 100件以上 中 10~99件 少 10件未満	多	多	多	少	多	多	中	多	多	多	中	多	多	多	多	中	少		

### 3.4.3 2次選定表

改良原理別大分類ごとの2次選定表を表-3.4.3～表-3.4.8に示す。

本表は、具体的な工法を選定することを目的として、アンケート調査データをまとめたものである。

2次選定表を作成するにあたり、定めたルールならびに特記事項を以下に示す（・作成上のルール、\*特記事項）。

#### 【作成上のルールおよび特記事項】

①共通事項	<ul style="list-style-type: none"><li>・各データは、原則としてアンケート調査結果をそのまま記載している。</li><li>・「2.2 改良原理による細分類および概説」における工法番号順とする。</li><li>・アンケートの回答が「未記入」「該当しない」「-」の場合は空欄とする。</li><li>* 工法によっては、条件、特記等の記述がある場合があるが、その詳細な内容はアンケート調査データ（添付CDR）を参照すること。</li></ul>
②地盤改良の目的	<ul style="list-style-type: none"><li>・「○」：適用可能、「△」：条件付で適用可能、「×」：適用不可</li></ul>
③地盤条件	<ul style="list-style-type: none"><li>・「○」：施工可能、「△」：条件付で施工可能、「×」：施工困難</li></ul>
④施工条件 改良仕様	<ul style="list-style-type: none"><li>* 特殊な施工機械を有する工法があるので、詳細なデータが必要な場合には、アンケート調査データ（添付CDR）を参照すること。より詳細なデータが必要な場合、施工会社へ直接確認すること。</li><li>* 特殊機械を用いることで、改良可能深度以上の改良が可能な工法もある。</li></ul>
⑤環境側面	<ul style="list-style-type: none"><li>・「○」：対応できる、「△」：対応できる工法がある、「×」：対応できない</li></ul>
⑥標準施工能力 概算標準工事費	<ul style="list-style-type: none"><li>* 施工条件等により異なるので、アンケート調査データ（添付CDR）を参照するか、施工会社へ直接確認すること。</li></ul>
⑦特許等の有無	<ul style="list-style-type: none"><li>・出願中、準備中を含め、取得している工法は「○」が示されている。</li><li>* 詳細なデータが必要な場合には、アンケート調査データ（添付CDR）を参照するか、施工会社へ直接確認すること。</li></ul>
⑧施工実績	<ul style="list-style-type: none"><li>・「多」：100件以上、「中」：10～99件、「少」：10件未満</li></ul>



















### 3.5 選定項目の分析

今回のアンケートで回答があった 199 工法を原理別に分類すると、表-3.5.1 に示す結果となった。本節ではこれらの工法のうち、工法数の多い、「圧密・排水工法」、「締固め工法」、「固化工法」および「注入工法」の 4 種類について分析・検討を行った。

なお分析・検討は 2 次選定表に基づき行い、分析対象項目は以下の項目とした。

- ①施工条件（改良深度）
- ②改良仕様（改良径）
- ③環境側面に対する記述
- ④施工能力
- ⑤概算標準工事費

表-3.5.1 原理別回答工法数

原理別大分類	工法数	割合
圧密・排水工法	37	19%
締固め工法	24	12%
固化工法	104	52%
注入工法	32	16%
熱・電気処理工法	2	1%
合計	199	100%

#### 3.5.1 施工能力および概算標準工事費と工法数に関する分析

圧密・排水工法、締固め工法、固化工法、注入工法の 4 種類に分けて、施工能力および概算標準工事費と工法数について図化・分析を行った。また圧密・排水工法は、バーチカルドレーン工法と特殊脱土工法の 2 工法に細分類化し、締固め工法については、サンドコンパクションパイル工法（SCP）と振動締固め工法と静的締固め工法の 3 工法に細分類化した。

該当項目の回答がない工法や、回答数値の単位が他工法と異なっており標準化（単位の換算が）できなかった工法は分析対象から除外した。

##### (1) 施工能力と工法数の分析

圧密・排水工法については、施工能力を日当りの長さ（m/日）で標準化した。回答に幅のあった工法については中央値を採用した。回答の単位が本/日の場合は改良可能深度（m）を乗じて日当りの長さ（m/日）に換算し、m<sup>3</sup>/日の場合は最大改良面積で除して換算した。

バーチカルドレーン工法、特殊脱土工法ともに 3,000m/日を超える工法もある。

締固め工法については、施工能力を日当りの改良土量（m<sup>3</sup>/日）で表し、回答に幅のあ

った工法については中央値を用いた。ただし、改良径の回答に幅がある場合には最大値を用いた。回答の単位がm/日の場合は最大改良面積（m<sup>2</sup>）を乗じて換算した。全体の約7割の工法が、施工能力41～60m<sup>3</sup>/日の範囲にあり、サンドコンパクションパイル工法と振動締固め工法では、施工能力が80m<sup>3</sup>/日を超える工法もある。

固化工法については、施工能力を施工土量（m<sup>3</sup>/日）で標準化した。回答に幅のあった工法については、最大値で示している。最大施工土量が50m<sup>3</sup>を超え250m<sup>3</sup>/日以下の工法が全体の77%を占めており、500m<sup>3</sup>/日を超える工法は3%程度である。

注入工法については、施工能力を施工土量（注入量）（m<sup>3</sup>/日）で標準化した。1日の最大注入量が2.5 m<sup>3</sup>/日を超え5.0m<sup>3</sup>/日以下に集中しており、全体の71%を占める。

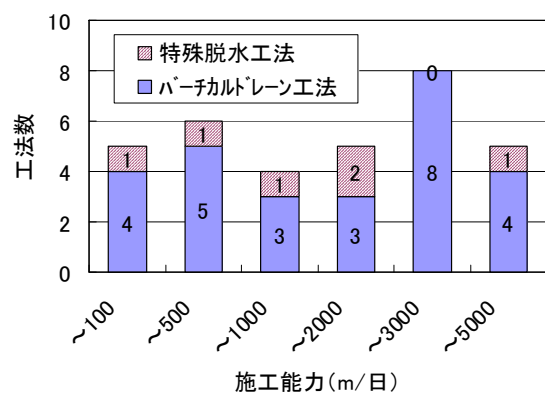


図-3.5.1 圧密・排水工法の施工能力と工法数

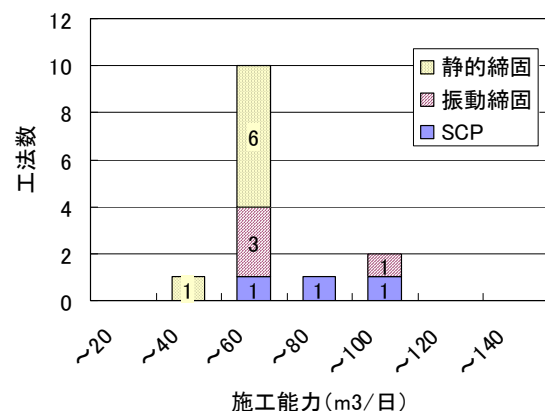


図-3.5.2 締固め工法の施工能力と工法数

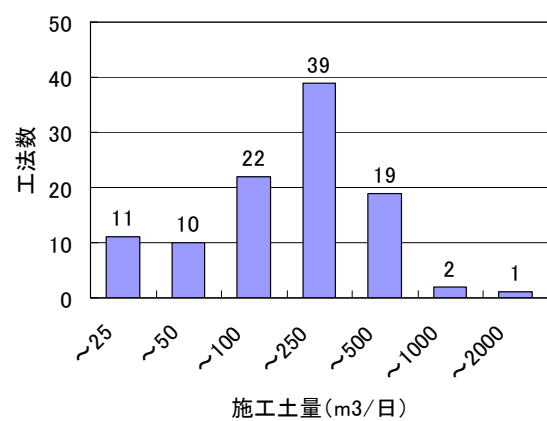


図-3.5.3 固化工法の施工能力と工法数

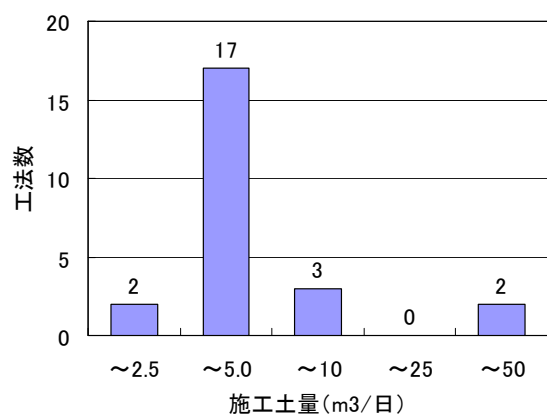


図-3.5.4 注土工法の施工能力と工法数

## (2) 概算標準工事費と工法数の分析

圧密・排水工法については、概算標準工事費を単位長さに対するコスト（円/m）で標準化した。回答に幅のあった工法については中央値を採用した。500円/m以下の工法が最も多く、工事費が高くなるにつれ工法数は減少する傾向にある。また、特殊脱水工法については、ばらつきが大きい。

締固め工法については、概算標準工事費を単位施工土量に対するコスト（円/m<sup>3</sup>）で標準化した。回答に幅のあった工法については、中央値を用いた。ただし、改良径の回答に幅がある場合には最大値を用いた。回答の単位が円/mの場合は改良面積（m<sup>2</sup>）を除いて換算した。サンドコンパクションパイル工法と振動締固め工法は、概算標準工事費が5,001～15,000円/m<sup>3</sup>の範囲内にある。静的締固め工法の概算標準工事費は、10,001～30,000円/m<sup>3</sup>の範囲でばらつきがある。

固化工法については、概算標準工事費を単位施工土量に対するコスト（円/m<sup>3</sup>）で標準化した。回答に幅のあった工法については中央値を用いた。1,000円/m<sup>3</sup>を超え25,000円/m<sup>3</sup>以下の工法が最も多く、全体の72%を占めている。ただし、25,000円/m<sup>3</sup>以上の工法も27%ある。

注入工法については、概算標準工事費を単位注入量に対するコスト（円/m<sup>3</sup>）で標準化した。回答に幅のあった工法については中央値で示している。100,000 円/m<sup>3</sup> 以上の工法が最も多く、全体の 38%を占める。25,000 円/m<sup>3</sup> 超え 50,000 円/m<sup>3</sup> 以下の工法、50,000 円/m<sup>3</sup> を超え 100,000 円/m<sup>3</sup> 以下の工法がそれぞれ 25%ずつ占める。

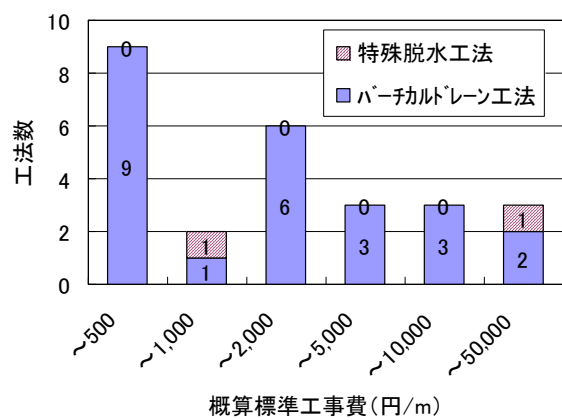


図-3.5.5 圧密・排水工法の概算標準工事費と工法数

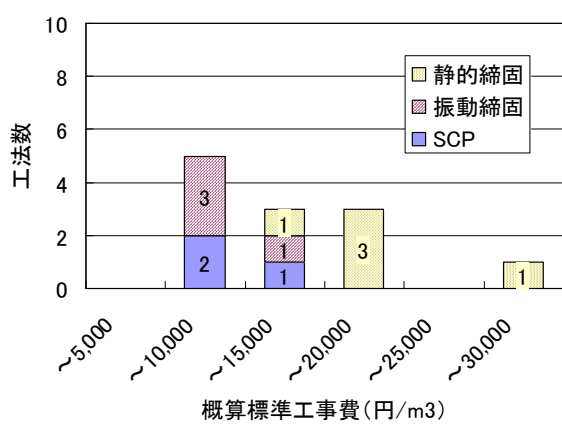


図-3.5.6 締固め工法の概算標準工事費と工法数

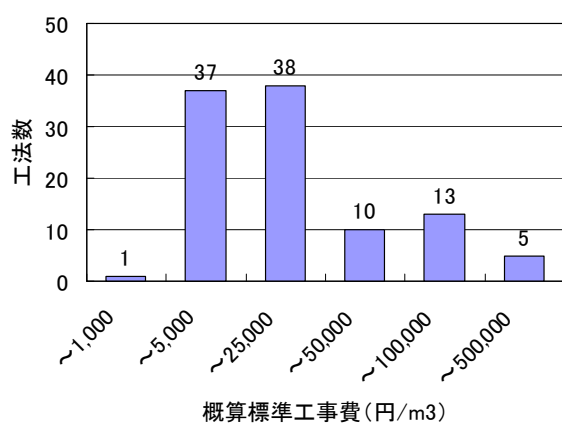


図-3.5.7 固化工法の概算標準工事費と工法数

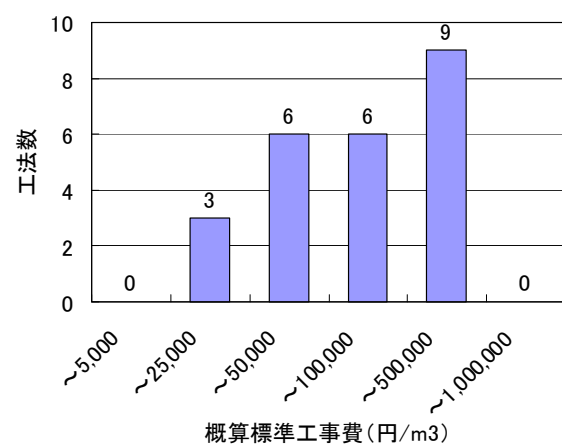


図-3.5.8 注入工法の概算標準工事費と工法数

### 3.5.2 改良仕様と施工能力と工事費の相関に関する分析

改良仕様（改良可能深度または改良面積）と施工能力との関係、改良仕様と概算標準工事費との関係、施工能力と概算標準工事費との関係を散布図に表わして相関を分析した。

該当項目の回答がない工法や、回答数値の単位が他工法と異なっていて標準化（単位の換算が）できなかった工法は分析対象から除外した。また、標準的な工法に比べて施工方法や用途などが著しく異なる工法も分析対象から除外した。

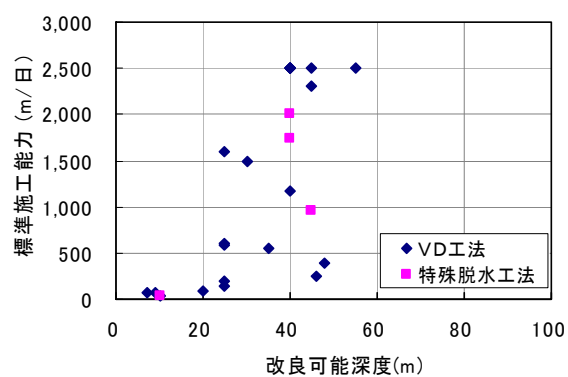
なお、固化工法については、機械攪拌工法（機械）、高圧噴射工法（高圧）、注入工法の3種類に分けて図化・分析した。機械攪拌+高圧噴射工法（機械+高圧）は機械攪拌工法に含めた。

#### (1) 圧密排水工法の分析結果

バーチカルドレーン工法（VD工法）と特殊脱水工法について分析した。

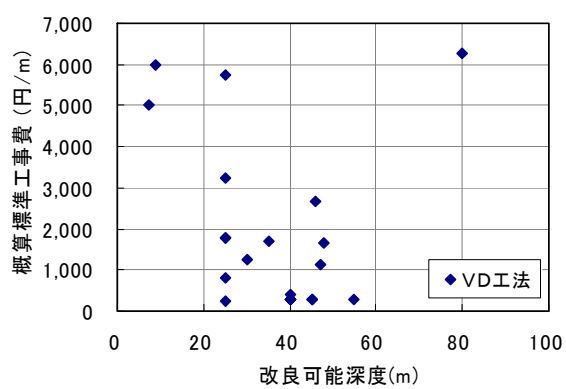
施工能力はm/日で整理した。回答に幅がある工法は中央値を採用した。回答の単位が本/日の場合は本/日×改良可能深度(m)で換算し、m³/日はm³/日÷最大改良面積(m²)で換算した。

工事費は円/mで整理した。回答に幅がある工法は中央値を採用した。



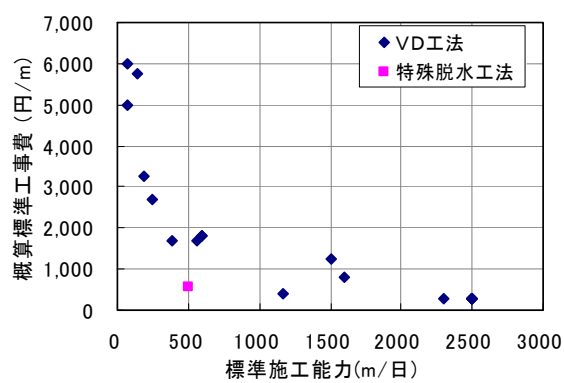
改良可能深度が深いほど、施工能力が高い傾向にある。（除外工法：No.8、10、14~16、18、26、30、31、33、36）

図-3.5.9 改良可能深度と施工能力の相関



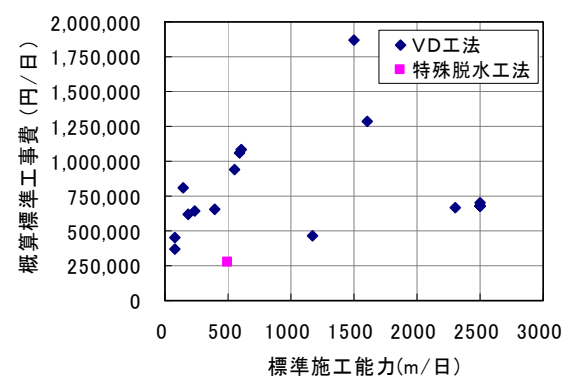
多少のバラツキは見られるが、改良可能深度が深いほど、工事費は安い傾向にある。(除外工法：No.8、10、14～16、18、26～39)

図-3.5.10 改良可能深度と概算標準工事費の相関



施工能力が高いほど、コストが安くなる。(除外工法：No.8、10、14～16、18、26～28、30～37)

図-3.5.11 施工能力と概算標準工事費(¥/m)の相関



日当りの工事費としては、多少のバラツキはみられるが、能力が高いほど高くなる。(除外工法：No.8、10、14～16、18、26、28、30～37)

図-3.5.12 施工能力と概算標準工事費(¥/日)の相関

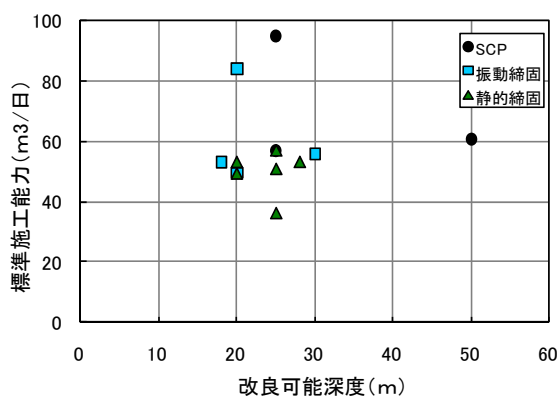
(2) 締固め工法の分析結果

サンドコンパクションパイル工法(SCP)、振動締固め工法(振動締固)、静的締固め工法(静的締固)について分析した。ただし、海上施工(No.18、19)、吸水併用(No.48)、流動材圧入(No.49～51)、および産業廃棄物の減容化が主目的の工法(No.58)は除外した。

施工能力は m<sup>3</sup>/日で整理した。回答に幅がある工法は中央値を採用した。回答の単位が m/日

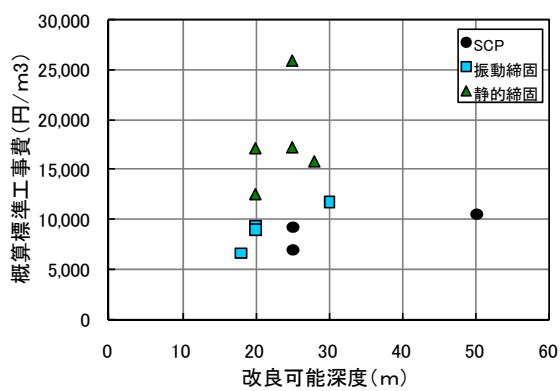
の場合は  $m/日 \times 最大改良面積(m^2)$  で換算した。

工事費は  $円/m^3$  で整理した。回答に幅がある工法は中央値を採用した。回答の単位が  $円/m$  の場合は  $円/m \div 最大改良面積(m^2)$  で換算した。



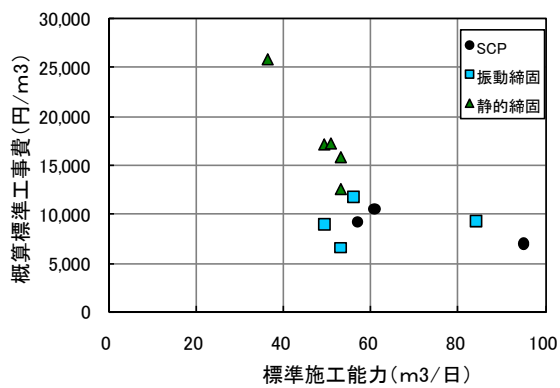
改良可能深度と施工能力の関係は、バラツキが大きく明確な相関は見られない。

図-3.5.13 改良可能深度と施工能力の相関



改良可能深度と施工費の関係は、振動締固め工法では正の相関があるが、その他の工法では明確な相関は見られない。

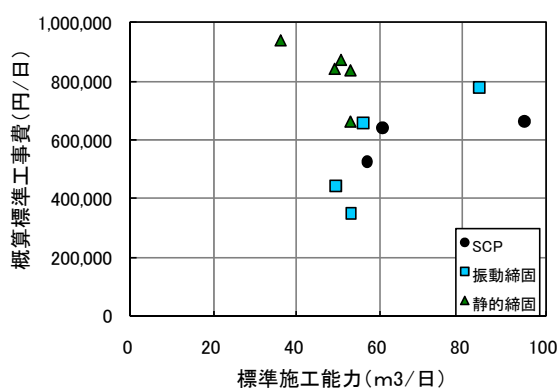
図-3.5.14 改良可能深度と概算標準工事費の相関



全般的には、施工能力が高いほど改良体積当たりの工事費が安くなる傾向がみられるが、工法別にみると、SCP工法と振動締固め工法は概ね工事費が  $10,000 円/m^3$  前後であるのに対し、静的締固め工法では概ね  $12,500 \sim 25,000 円/m^3$  と工法による差が大きい。

図-3.5.15 施工能力と概算標準工事費 ( $円/m^3$ ) の相関





日当たりの工事費と施工能力との間に明確な相関は見られない。SCP 工法では概ね 50 万～65 万円/日程度、振動締固め工法は概ね 35 万～80 万円/日程度、静的締固め工法では概ね 65 万～95 万円/日程度である。

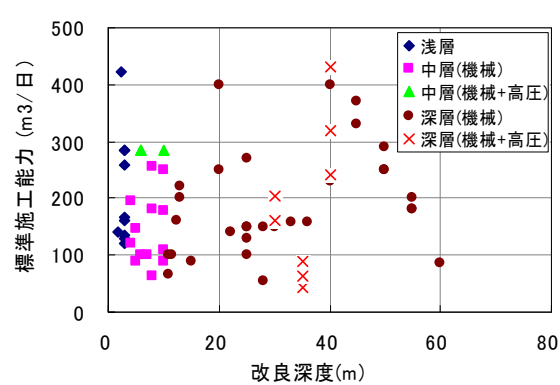
図-3.5.16 施工能力と概算標準工事費(円/日)の相関

### (3) 機械攪拌工法の分析結果

機械攪拌工法は、浅層混合処理工法(浅層)、中層混合処理工法(中層)、深層混合処理工法(深層)に細分類して整理した。

施工能力は  $m^3/日$  で整理した。回答に幅がある工法は最大値を採用した。

工事費は  $円/m^3$  で整理した。回答に幅がある工法は中央値を採用した。



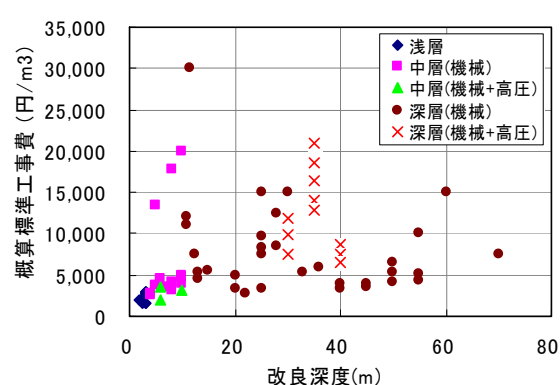
浅層は  $100\sim200m^3/日$  が多いが、それ以上の能力の工法もある。

中層は  $50\sim250m^3/日$  の工法が多いが、高圧噴射併用では  $300m^3/日$  に近くなる。

深層は大きくばらついているが、改良深度が  $40m$  を超えると能力は急激に小さくなる。

深層に高圧噴射併用では、深度は  $25m\sim40m$  の範囲にあるが、能力はばらついている。

図-3.5.17 改良可能深度と施工能力の相関

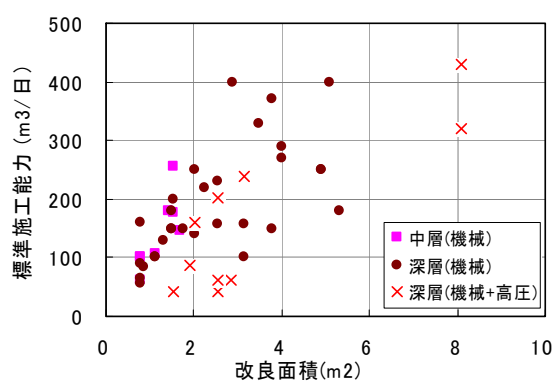


浅層は  $2,500 円/m^3$  に集中している。中層は  $5,000 円/m^3$  に集中しているが、 $10,000 円/m^3$  以上の工法が 3 工法ある (No.80、82、84)。

深層は  $10,000 円/m^3$  以下が大半を占めるが、改良深度による工事費のばらつきは小さい。

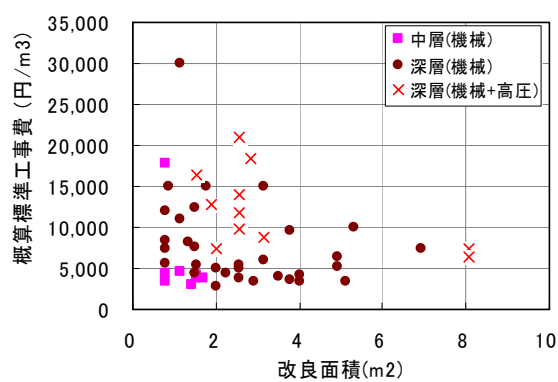
深層に高圧噴射を併用する場合、改良深度は  $25m\sim40m$  の範囲にあるが、工事費はばらついている。

図-3.5.18 改良可能深度と概算標準工事費の相関



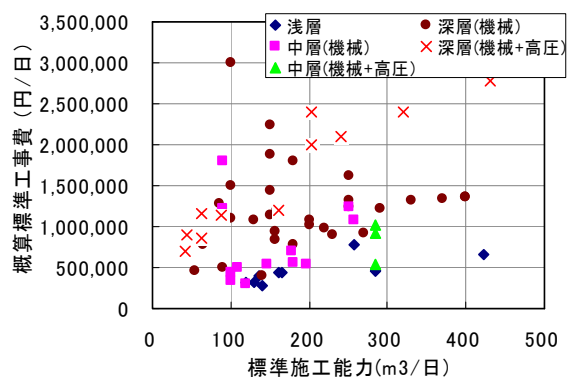
すべての工法で改良面積が大きくなると  
施工能力も大きくなる傾向が見られる。

図-3.5.19 改良面積と施工能力の相関



中層および深層では、例外はあるものの改良  
面積が大きくなっても工事費は大きくなりな  
い。深層に高圧噴射を併用した場合ばらつき  
が大きい。改良面積が 8m<sup>2</sup>を超える場合は  
工事費は抑えられている。

図-3.5.20 改良面積と概算標準工事費の相関

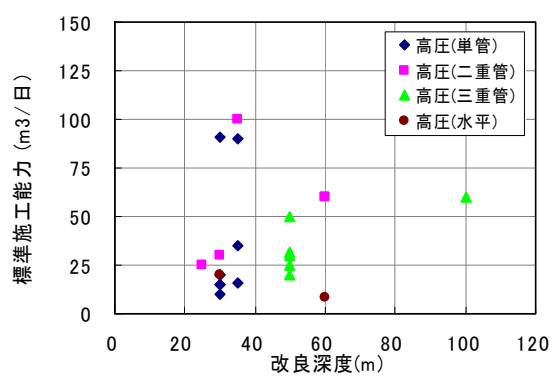


浅層、中層および深層に高圧噴射を併用した  
場合、標準施工能力が大きくなると 1日当た  
りの工事費も大きくなる。深層の機械攪拌の  
場合、ばらつきが大きい。300m<sup>3</sup>/日を超え  
るとあまり変わらない。

図-3.5.21 施工能力と概算標準工事費の相関

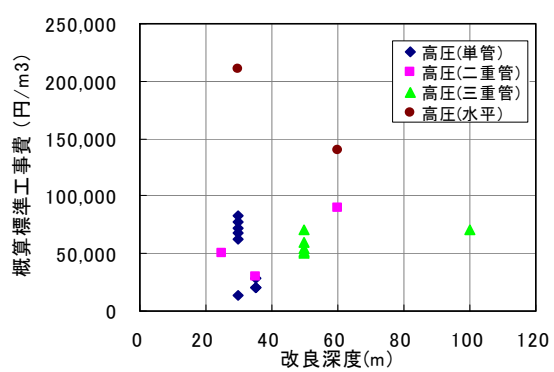
#### (4) 高圧噴射攪拌工法の分析結果

高圧噴射工法は、単管、二重管、三重管、水平に細分類して整理した。  
施工能力は m<sup>3</sup>/日で整理した。回答に幅がある工法は最大値を採用した。  
工事費は円/m<sup>3</sup>で整理した。回答に幅がある工法は中央値を採用した。



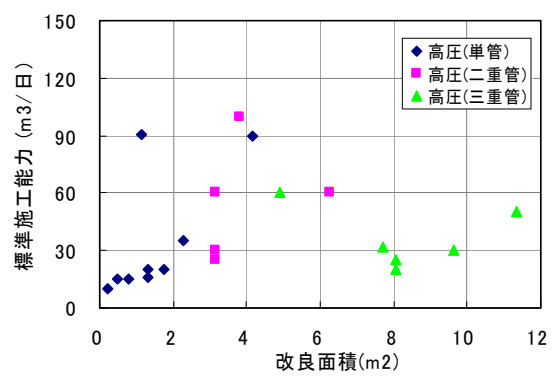
単管、二重管、三重管とも改良深度による施工能力のばらつきは小さい。水平注入は施工能力は鉛直方向の改良に比べて低くなっている。

図-3.5.22 改良可能深度と施工能力の相関



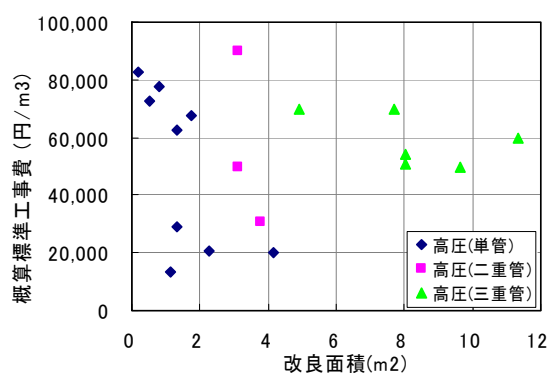
単管、二重管、三重管とも改良深度による工事費の差は小さい。水平注入は工事費が高めとなっている。

図-3.5.23 改良可能深度と概算標準工事費の相関



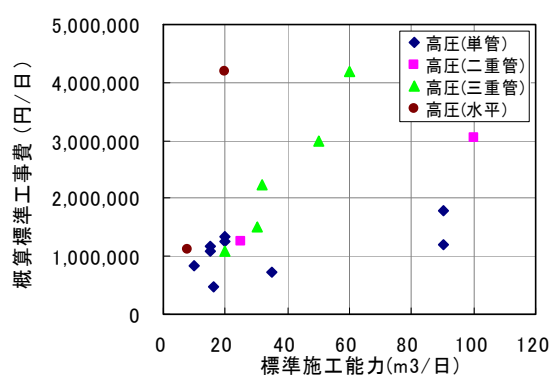
単管の場合、概ね施工能力が 30m³/日が多いが 90m³/日の工法もある。三重管の場合、改良面積が大きくなっても施工能力は大きくなりません。改良面積を大きくするために引き上げ速度を落とすためと推察される。

図-3.5.24 改良面積と施工能力の相関



単管<二重管<三重管で改良面積は多くなる。単管の場合、概ね工事費が 10,000~30,000 円/m<sup>3</sup>と 60,000~85,000 円/m<sup>3</sup>に分かれている。三重管の場合、改良面積にかかわらず工事費は 50,000 円~70,000 円/m<sup>3</sup>の範囲にある。

図-3.5.25 改良面積と概算標準工事費の相関



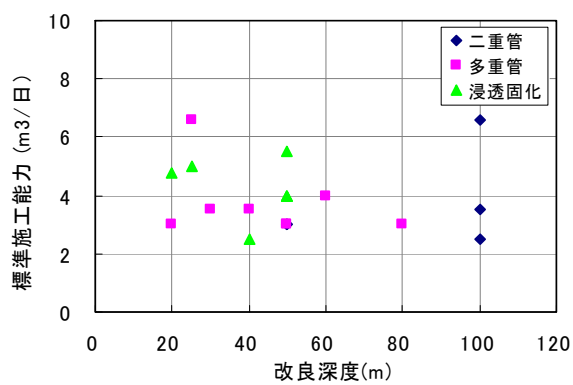
すべての工法において、施工能力が大きくなると 1日当たりの工事費も大きくなる。

図-3.5.26 施工能力と概算標準工事費の相関

(5) 注工法の分析結果

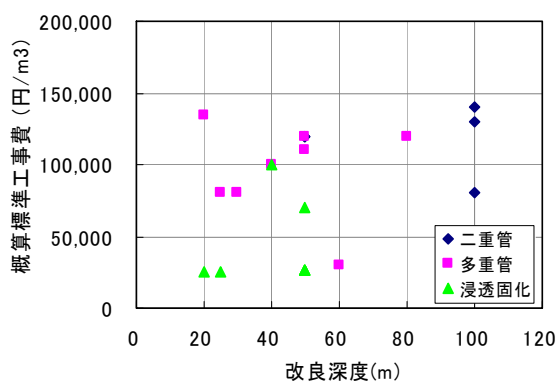
注工法は、二重管ダブルパッカー方式(二重管)と、その他の多重管注工法(多重管)、および浸透固化工法(浸透固化)に細分類して、いずれも注入 m<sup>3</sup>で整理した。

施工能力は m<sup>3</sup>/日で整理した。回答に幅がある工法は最大値を採用した。



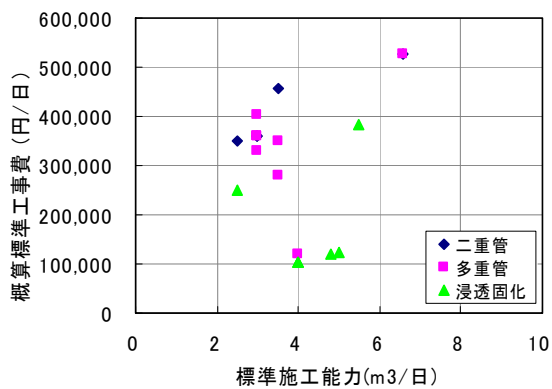
二重管ダブルパッカーは改良深度が大きいが施工能力も工法によりばらついている。多重管の場合、概ね施工能力は深度に関係なく 3~4m<sup>3</sup>/日の範囲にある。浸透固化の場合、深度は 50m 以下であり、施工能力も超多点注入工法を除き 2~5m<sup>3</sup>/日の範囲にある。

図-3.5.27 改良可能深度と施工能力の相関



二重管ダブルパッカー、浸透固化の場合、改良深度と工事費の関係はばらつきがある。多重管の場合、改良深度が深くなると工事費が上昇する傾向が見られる。

図-3.5.28 改良可能深度と概算標準工事費の相関



二重管ダブルパッカー、浸透固化の場合、改良深度と工事費の関係はばらつきがある。多重管の場合、改良深度が深くなると工事費が上昇する傾向が見られる。

図-3.5.29 施工能力と概算標準工事費の相関

### 3.5.3 環境側面に関する分析

今回のアンケートでは、各工法における環境側面に対する対応を確認した。前回の調査では、各工法の環境条件として離隔距離 30m 地点での振動・騒音、発生産業廃棄物量、水質汚濁および周辺地盤への影響を調査したが、今回は環境側面への配慮として以下の項目を追加した。

- ① CO<sub>2</sub> 排出量の抑制
- ② 環境負荷の低減
- ③ 建設発生土、建設汚泥、再生材料、石炭灰等のリサイクル材の利用

アンケートの結果、環境負荷の低減へ対応できると回答した工法が、圧密・排水工法、振動・締固め工法および固化工法では 6 割程度であるのに対し、注入工法では 8 割を越える結果となった。これは、ほとんどの工法において大型重機やバックホウ等の補助機械を使用するのに対し、注入工法は比較的小型の機械で施工可能なためと考えられる。また、過去に注入材による地下水の汚染等も問題になったことから、環境負荷に配慮した工法が多いとも考えられる。

その他の項目については一覧表にまとめて表-3.5.2、表-3.5.3 に示す。

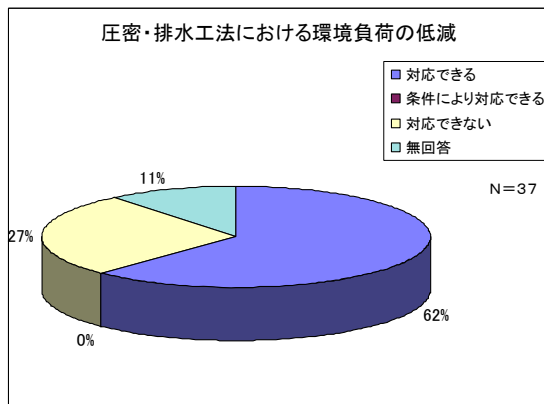


図-3.5.30 圧密排水工法

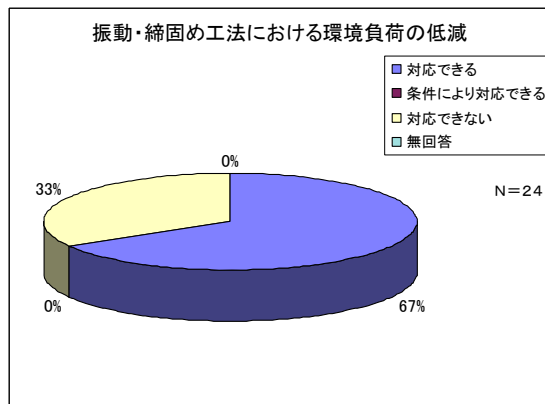


図-3.5.31 振動・締固め工法

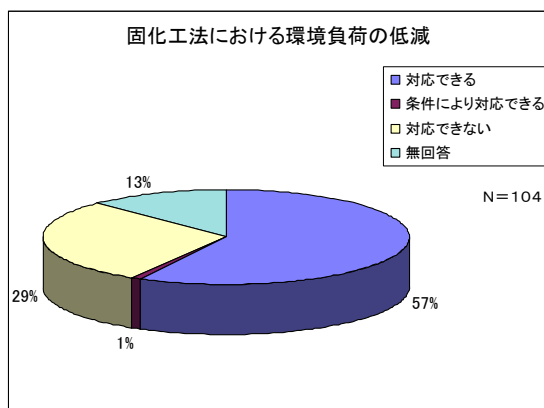


図-3.5.32 固化工法

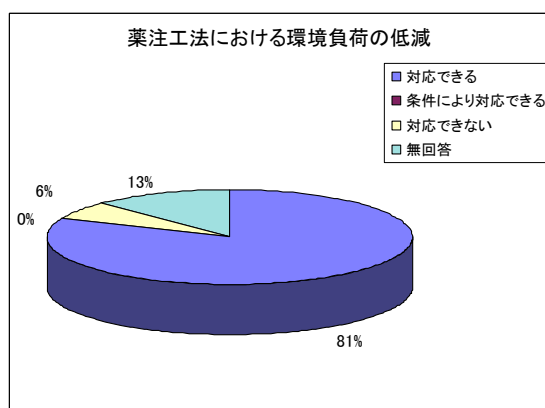


図-3.5.33 注入工法

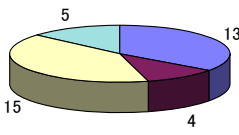
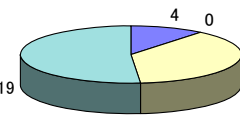
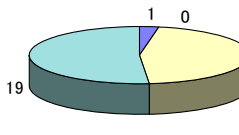
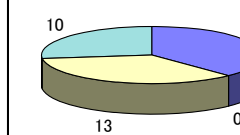
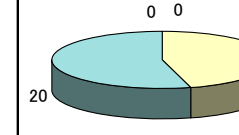
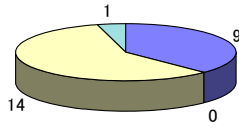
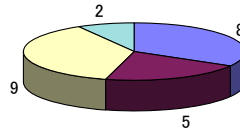
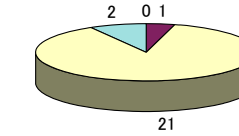
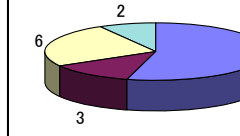
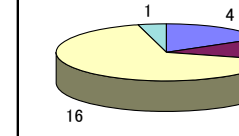
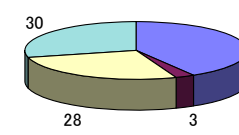
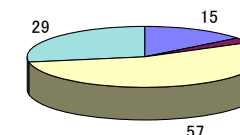
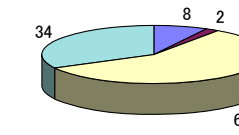
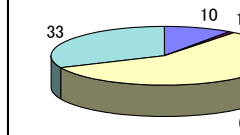
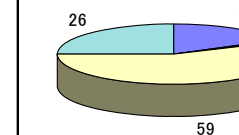
参考文献

- 1) 社団法人土木学会土木施工研究委員会：第8回新しい材料・工法・機械講習会講演概要  
～最新の地盤改良工法の現状と設計施工のポイント～、1999
- 2) 社団法人地盤工学会：地盤工学ハンドブック、1999

表-3.5.2 環境側面への配慮（その1）

	振動の低減	騒音の低減	周辺地盤への影響	水質汚濁の抑制	CO2排出量の抑制
圧密・排水工法					
振動・締固め工法					
固化工法					
注入工法					

表-3.5.3 環境側面への配慮（その2）

	産業廃棄物の抑制	リサイクル材の利用			
		建設発生土	建設汚泥	再生材料	石炭灰
圧密・排水工法					
振動・締め工法					
固化工法					
注入工法	