

I S S N 0 3 8 6 5 8 7 8

土木研究所資料第 4144 号

土 木 研 究 所 資 料

地盤改良技術の施工管理・品質管理 に関する実態調査

平成 21 年 7 月

独立行政法人 土木研究所
技術推進本部 施工技術チーム

Copyright © (2009) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

地盤改良技術の施工管理・品質管理 に関する実態調査

技術推進本部 施工技術チーム 主席研究員 小橋 秀俊
元総括主任研究員 宮武 裕昭*
研究員 堤 祥一
元研究員 井谷 雅司**

*現職 沼津河川国道事務所 事務所長
**現職 沼津河川国道事務所 調査第二課 主任

要 旨

近年、コスト縮減や環境に配慮した社会資本整備等の社会ニーズから、新工法・新技術の普及促進を図る体制整備がなされている。これらの提案された新技術・新工法の評価には、統計的に得られた十分なデータに基づくことが求められる。しかしながら、地盤改良の施工管理・品質管理の実態とその検証方法については、十分に整理・調査された資料が少なく、提案される地盤改良技術の性能を正しく評価することが難しいことが課題となっている。そのため土木研究所では、提案技術を正しく評価するためのバックデータの取得を目的として、平成 18 年度から地盤改良技術の施工管理・品質管理に関する実態調査を行った。

キ ヲ ド：地盤改良，施工管理，品質管理，実態調査

目 次

1. はじめに	(1)
2. 地盤改良技術における品質管理手法の実態調査	(2)
2.1 調査で対象とした地盤改良工法の分類と種類	(2)
2.2 調査方法及び内容	(6)
2.3 調査結果	(7)
3. 地盤改良の施工管理・品質管理に関する実態調査	(23)
3.1 調査方法	(23)
3.2 調査回答数	(26)
3.3 一般事項に関する調査結果	(28)
3.4 施工管理・品質管理に関する調査結果	(33)
3.5 地盤改良の構造諸元に関する調査結果	(43)
3.6 調査結果のまとめ	(50)
【参考資料】	
・ 地盤改良における品質管理手法の実態についての調査票	(55)
・ 各工法の地盤改良強度に関する実態調査 アンケート調査票・回答入力シート	(57)
・ 地盤改良の施工管理・品質管理の検証方法に関する研究 研究報告書	(73)
・ 地盤改良の品質管理の実態調査について 地盤工学会投稿論文（第 44 回地盤工学研究発表会）	(79)

1. はじめに

近年、コスト縮減や環境に配慮した社会資本整備等のニーズから、新工法・新技術の普及促進を図る体制整備がなされている。これらの提案された新技術・新工法の評価には、統計的に得られた十分なデータに基づくことが求められている。しかしながら、地盤改良の施工管理・品質管理の実態とその検証方法については、十分に整理・調査された資料が少なく、提案される地盤改良技術の性能を正しく評価することが難しいことが課題となっている。そのため土木研究所では、提案された技術を正しく評価するためのバックデータの取得を目的として、平成 18 年度から地盤改良技術の施工管理・品質管理に関する実態調査を実施した。

調査は、2 ヶ年に渡って実施し、平成 18 年度では、過去に十分な実績のある地盤改良技術に加え、NETIS、財団法人等の技術審査証明を受けた技術を対象に、各地盤改良技術の概要を整理し、品質管理手法等の実態調査を実施した。また、平成 19 年度では、平成 18 年度の調査で回答が得られた地盤改良技術を対象に、直轄事業などで行われた地盤改良工事での施工管理・品質管理に関する実態調査を実施した。

アンケート調査は、各地盤改良技術を取扱う民間会社や工法事務局（協会）に協力をお願いした。

2. 地盤改良技術における品質管理手法の実態調査

調査の対象とした地盤改良技術は、過去に十分な実績のある地盤改良技術に加え、NETIS、財団法人等の技術審査証明を受けた技術とした。

2.1 調査の対象とした地盤改良工法の分類と種類

地盤改良工法には、深層混合処理工法と浅層混合処理工法があるが、本調査では、表 2 1 に示す。目視ができず品質管理の重要性が高い、深層混合処理工法を対象とした。

なお、浅層混合処理工法に関しては工法紹介に止め、工法には表 2 2 のようなものがある。

(1) 深層混合処理工法

表 2-1 深層混合処理工法一覧表

技術審査証明：技証、国土技術開発賞：国開

整理 番号	技 術 名 称	NETIS 登録番号	分類	事前 審査	技術審査証明等
1	環境地盤改良工法「環境ソイル工法」	CB-000035	固結工		
2	三次元攪拌工法(3DMコラム工法)	CB-000036	固結工		
3	ブチジェット工法	CB-050051-A	固結工		
4	浸透性耐久グラウト材『グラントエース』	CB-060026-A	固結工		
5	KS-B・MIX工法	CG-030026	固結工		
6	FC-DCM工法	CG-040002	固結工		
7	クリーンジェット(C-JET)工法	HR-000004-A	固結工		技証
8	HL-DJM工法	HR-030032-A	固結工		
9	GTM(ジオ・トルネード・ミキシング)工法	HR-040008-A	固結工		
10	DCS工法	KK-040001	固結工		
11	拡縮コラム工法	KK-040030-A	固結工		技証
12	CPM工法(クローバー型深層混合処理工法)	KK-050036	固結工		
13	Superjet(スーパージェット)工法	KK-980026-A	固結工		
14	JST工法	KK-980044	固結工		
15	四角ジェット(SQJ工法)	KK-990035	固結工		
16	セパレートジェット工法	KT-010035-A	固結工		
17	VMS工法	KT-010164-A	固結工		
18	CDM-Mega工法	KT-010216-A	固結工		
19	CDM-Land4工法	KT-010229	固結工		
20	SMM(エス・エム・エム)工法	KT-020006-A	固結工		
21	オープンウイング工法(拡翼式固化処理工法)	KT-020010	固結工		技証
22	STコラム工法	KT-030023	固結工		技証
23	ラテラルジェット工法	KT-030029-A	固結工		
24	JAMPS工法	KT-030037	固結工		
25	SJMM(エス・ジェイ・エム・エム)工法	KT-030041-A	固結工		
26	NJP(エヌ・ジェイ・ピー)工法	KT-040011-V	固結工	有	
27	SCジェット工法	KT-050076-A	固結工		技証
28	CDM-コラム21工法	KT-980093-A	固結工		技証
29	SDM工法	KT-980134-V	固結工	有	
30	LDis(エルディス)工法	KT-980135-V	固結工	有	
31	エボコラム工法(地盤改良工法)	KT-980205-A	固結工		技証
32	TOFT工法	KT-980239	固結工		国開
33	J&C工法	KT-980294	固結工		
34	DeMIC-S工法	KT-980426	固結工		
35	RASコラム工法	KT-980496-A	固結工		
36	拡幅式地盤改良工法(SWING工法)	KT-990066	固結工		
37	PROP(プロップ)	KT-990165-A	固結工		技証
38	テノコラム工法	KT-990238-A	固結工		技証
39	DCM-L工法	KT-990363	固結工		
40	X-jet(クロスジェット)工法	KT-990495	固結工		
41	MITs工法 QSJシステム	QS-000012-A	固結工		
42	MITs工法(CMSシステム)	QS-000013-V	固結工	有	
43	SDW工法	QS-010004	固結工		
44	エフツインジェット工法	QS-040034-A	固結工		
45	CDM-レムニ2/3(ツースリー)工法	QS-050016-A	固結工		
46	HySJET工法(ハイエスジェット工法)	QS-060015-A	固結工		
47	CI-CMC工法	QS-980018-A	固結工		技証
48	CDM工法	QS-980047	固結工		
49	JACSMAN	QS-980153-A	固結工		国開
50	DCM工法	QS-980222	固結工		
51	ダブルミキシング工法	QS-980227-V	固結工	有	
52	ソイルマスタ- 工法	QS-990002	固結工		
53	AMP工法	SK-010013-A	固結工		国開
54	RAS-JET工法	SK-050001-A	固結工		
55	CDM-LODIC工法	TH-980041-A	固結工		
56	エコミキシング工法		固結工		技証
57	UD-HOMET (大深度対応型高精原位置混合攪拌工法)		固結工		技証
58	CDM-FLOAT工法		固結工		

(2) 浅層混合処理工法

表 2-2 浅層混合処理工法一覧表

技術審査証明：技証，国土技術開発賞：国開

整理番号	技 術 名 称	NETIS登録番号	分類	事前審査	技術審査証明等
101	表柱改良工法(3DM工法)	CB-000034	表面安定処理工		
102	軟弱地盤改良工「FTマッドキラー工法」	CB-010011-A	表面安定処理工		
103	サイクルメッシュCM	CB-040039	表面安定処理工		
104	アースドレーン工法	CB-050003-A	バーチカルドレーン工		
105	パワーブレンダー工法(スラリー噴射方式)	CB-980012-A	固結工		
106	パワーブレンダー工法(粉体噴射方式)	CB-980019-A	固結工		
107	パワーブレンダー工法(地表散布方式, 集塵装置付地表散布方式)	CB-980022-A	固結工		
108	SAVEコンポーザー	CB-980039-A	締固め改良工		技証
109	PFS工法	CG-010005	固結工		
110	KS-EGG工法	CG-010009-A	締固め改良工		技証
111	浅層地盤改良技術	CG-020003	固結工		
112	護岸工事用の海砂代替材(Hiビーズ)	CG-020016	バーチカルドレーン工		
113	ファイバードレーン工法	CG-990065	バーチカルドレーン工		技証
114	ファイバーマット工法	CG-990066	脱水工		
115	GCCP(グラベルセメントコンパクションパイル)工法	HK-040022-A	締固め改良工		
116	真空圧密ドレーン工法	HK-060002-A	バーチカルドレーン工		
117	アクパド工法(ACPD工法)	HR-030020-A	締固め改良工		
118	ESR工法	HR-060002-A	固結工		
119	高強度帯状ジオシンセティック パラリンク	HR-990111-A	その他		
120	SEリバーズ (セメント不含有品、一般・汚泥・防塵)シリーズ	KK-010008	その他		技証
121	スタビランカ	KK-050097-V	表面安定処理工	有	
122	SC工法	KK-060024-A	表面安定処理工		
123	水平加压工法(Horizontal Pressurizing Energy industrial method)	KK-060041-A	締固め改良工		
124	リテラ(BZ210・BZ200・BZ120)	KK-980067	固結工		
125	SDP工法	KK-980070-A	締固め改良工		国開
126	セルシート	KK-980090-A	表面安定処理工		
127	ケーパー	KK-980091-A	表面安定処理工		
128	エンドレンフィルター	KK-980092-A	その他		
129	サンドフ	KK-980093-A	表面安定処理工		
130	下層路盤材『ポリナイト』	KK-990011-A	締固め改良工		技証
131	ARM工法	KT-000141-A	表面安定処理工		
132	コンパクショングラウチング デンバーシステム	KT-010005	締固め改良工		
133	脱水促進工法	KT-010071	脱水工		
134	サンドウェーブ(リサイクルガラス造粒砂)	KT-010157-A	締固め改良工		
135	リフューズプレス(RP)工法	KT-030028-A	締固め改良工		
136	乾式ND地盤改良工法	KT-040003	締固め改良工		
137	STEP工法	KT-040054-A	締固め改良工		
138	MR-II C(エム・アールツーシー)工法	KT-040058-A	固結工		
139	エコスクリーンシステム(泥土圧シールド対応)	KT-040064-A	脱水工		
140	ツイン・ブレードミキシング工法	KT-050086-V	固結工	有	
141	マッドスタビ	KT-050108-A	固結工		
142	小径ドレーン工法	KT-060014-A	その他		
143	マッドクリーン (ペーパーラスラッジ系中性土壌固化剤)	KT-060032-A	表面安定処理工		
144	CPR工法	KT-060071-A	固結工		
145	ネットワークドレーン工法	KT-060084-V	バーチカルドレーン工	有	技証
146	環境配慮型高性能自走式土質改良機	KT-060115-A	固結工		
147	PJ-マッドスタビ	KT-980123-A	固結工		
148	節杭砕石ドレーン(グラベルトップ)工法	KT-980234	バーチカルドレーン工		
149	ディーブ・パイプロ工法	KT-980238-A	締固め改良工		
150	ドレーンSP工法	KT-980448	その他		
151	締固め砕石ドレーン工法	KT-980473-A	バーチカルドレーン工		
152	複合ドレーン工法	KT-980474	バーチカルドレーン工		
153	NUP(ナップ)グラベルドレーン工法	KT-980483	バーチカルドレーン工		
154	事前混合処理工法(PREM工法)	KT-980484	固結工		
155	セメント含有量測定装置(セメダス10A)	KT-980633	施工管理		
156	混合装置付バケット	KT-980658	表面安定処理工		技証
157	動圧密工法	KT-980693	締固め改良工		技証
158	水平攪拌地盤改良工法(HEMS工法)	KT-990065	固結工		
159	フィーダ式二軸混練固化処理圧送(アンドロメダ)工法	KT-990081	固結工		
160	N&H強制圧密脱水工法	KT-990246-A	バーチカルドレーン工		

技術審査証明：技証，国土技術開発賞：国開

整理 番号	技 術 名 称	NETIS 登録番号	分類	事前 審査	技術審査証明等
161	Geo-KONG工法	KT-990271-A	締固め改良工		技証
162	ツイスター工法	KT-990355-A	表面安定処理工		技証
163	さざなみ処理工法	QS-020021	表面安定処理工		
164	Q-フラッシュ	QS-030028-A	固結工		
165	中性化固化改良工法	QS-030034-A	固結工		
166	ラクトボード	QS-040003	バーチカルドレーン工		
167	HC複合盛土材	QS-040018-A	置換工		技証
168	スーパースリッドエース	QS-980014	固結工		
169	リソイル工法	QS-980017	締固め改良工		技証
170	ミックスロータ上法	QS-980020-A	表面安定処理工		
171	LIM工法	QS-980023	表面安定処理工		
172	超軟弱土固化処理工法 マッドミキサーM-I 型	QS-980053-V	表面安定処理工	有	
173	超軟弱土固化処理工法 マッドミキサーM-II 型	QS-980054-V	表面安定処理工	有	
174	コラムアプローチ工法	QS-980086	固結工		
175	パウダーミキサー工法	QS-980107	固結工		
176	グラベルドレーン工法(二重管押出し式)	QS-980188	バーチカルドレーン工		
177	アンカレス・マンドレル工法	QS-980220	バーチカルドレーン工		
178	トップベース工法(コマ型基礎工法)	QS-990016-A	表面安定処理工		技証
179	AMP工法	SK-010013-A	固結工		国開
180	スタビミキサー工法	SK-010014	表面安定処理工		
181	SCM工法	SK-020004-A	表面安定処理工		
182	石炭灰固化体による地盤改良	SK-980025	固結工		
183	汚泥改良工法	SK-990021-V	固結工	有	
184	ポーラスドレーン工法	TH-010023	バーチカルドレーン工		
185	アルファ21ータイプG	TH-020034	締固め改良工		
186	SIMAR工法	TH-990039	締固め改良工		技証
187	浚渫土砂処理システム	TH-990072-A	置換工		
188	浚渫土砂の効率的な減容化処理技術	TS-030007-A	脱水工		

2.2 調査方法及び内容

(1) 調査方法

調査は、図 2-1 に示す手順に従って実施した。

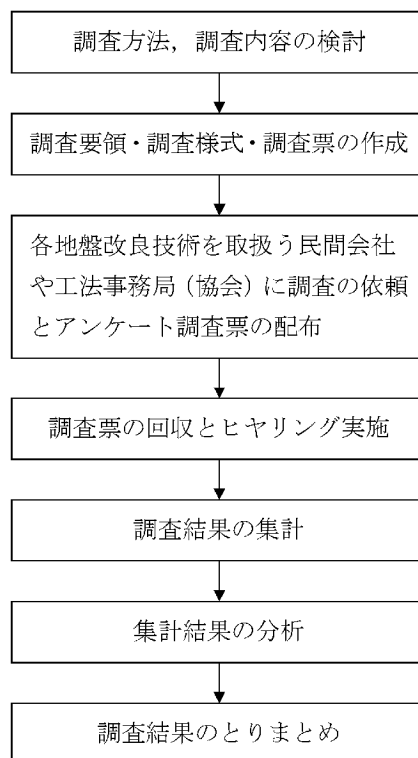


図 2-1 地盤改良技術における品質管理手法の実態調査の手順

(2) 調査内容

調査は、以下に示す内容について実施した。

- 1) 各地盤改良技術（工法）の特長について
 - ① 長所
 - ② 短所
- 2) 品質の確認について
 - ① 改良体（単体）…………… 断面内、深さ方向など
 - ② 改良域（範囲）…………… 箇所数、間隔など
 - ③ 品質確認に用いた改良体の強度：一軸圧縮強度 q_u 、三軸圧縮試験などによる c 、 ϕ 、 γ など。
- 3) 施工実績について
 - ① 道路土工構造物（擁壁、カルバート、補強土壁など）の基礎または基礎地盤として用いた実績。
 - ② 実績がある場合は、選定された理由（コスト、その他特殊な条件など）。
 - ③ この時、使用した設計条件（改良体の設計強度など）及び設計手法（協会等で出版された独自のマニュアルなど）。
 - ④ ①以外で使用した実績。
- 4) 今後、地盤改良が道路土工構造物の基礎及び基礎地盤として、更なる普及を目指すためには何が必要であるかの着眼点。

2.3 調査結果

アンケート調査を実施した深層混合処理工法数は 58 工法で、そのうち有効回答数は 49 工法であった。これらのアンケート調査の回答に基づき実態を整理する。

(1) 各工法の概要と調査結果一覧表

各工法の概要と調査結果を取りまとめた一覧表を表 2 4～表 2 13 に示す。

表 2-4 各深層混合処理工法の概要と調査結果一覧 (1)

深層混合処理工				NETIS登録内容					2-1)	2-2)	3-3)-1	3-3)-2	3-3)-3	3-3)-4	4-1)	4-2)	4-3)	4-4)-1	4-4)-2	4-4)-3	4-5)	4-6)	5
整理番号	技 術 名 称	登録番号	分類	工法の概要	適用箇所	施工実績	地盤の適用範囲	改良範囲	工法の特徴		改良体の強度確認方法				施工実績								今後の着眼点
									長所	短所	確認方法	箇所数	断面位置	深度方向	基礎または基礎地盤として用いた実績	採用理由	改良体の設計強度	許容支持力算出方法	曲げを受ける部材としての評価	構造物体としての検証方法	関連基準類	その他使用実績	
1	環境地盤改良工法「環境ソイル工法」	CB-0909035	固結工	環境ソイル工法は固化材中の土壌汚染物質六価クロム等が溶出ししない改良を可能にし、また既に土壌汚染されてしまった土壌に対しても溶出を防止する事が可能。更に今まで固化が困難だった土質（火山灰・腐植土）の固化も可能。		8																	
2	三次元撚拌工法 (3Dmコラム工法)	CB-0909036	固結工	本工法は土と固化材スラリーを三次元的に強制撚拌する事により飛躍的に撚拌効率を上げ、更に撚削翼をV字型に改良する事により撚削効率も高めた。	・土木、建築構造物の基礎補強 ・掘削孔時における山留め、止水 ・液状化防止 ・円弧すべり防止	352	砂質土 粘性土 シルト 砂礫土 有機質土	N値：最大50 改良深度：最大30m	・ベースマシンは、汎用機械であるバックホウを使用。 ・三次元撚拌装置による良好な改良体の造成が可能。 ・三次元撚拌装置による良好な改良体の造成が可能。 ・施工管理システムによるリアルタイムな施工管理が可能。	・改良長が最大7mである。	・一軸圧縮試験	・1箇所当り3供試体採取。箇所数は、現場条件により異なる。	・改良範囲で対角に端部及び中間	・表層部、中間部、最深部	・対象構造物の支持力増強対策	・他形式及び他工法と比較してコスト減	qu=600～2000（kN/m2）		・日本建築センター編「改訂版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」の第5章 改良地盤の鉛直支持力の検討 に準ずる。	・日本建築センター編「改訂版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」の第5章 改良地盤の鉛直支持力の検討 に準ずる。	・特になし	・特になし	・狭小な現場や不陸な場所でも、安定して施工可能な施工機が必要である。
3	ブジェット工法	CB-0509051-A	固結工	密実性を要求される底盤改良等で、確実なラップ造成が可能な噴射撚拌と拘束施工が可能な機械撚拌を組合せたソイルセメントコラムを造成する工法。	・矢板等既設構造物に密着したソイルセメントコラムの造成 ・止水性を求められる河川の底盤改良 ・深層混合処理工法と同様（支持力増加、すべり対策、土圧制御、横抵抗増加、液状化対策他）	9	・砂質土：N ≤20 ・粘性土：N ≤3（Cu ≤30kN/m2）	・改良深度：15mまで ・改良径：φ1200、φ1000	・機械撚拌と噴射撚拌（交差噴流）を併用するため、既設構造物（鋼矢板等）との密着施工や改良体同士のラップ施工が容易にできる。 ・交差噴流を適用することで改良径が制御でき、地盤に影響されず品質の良い改良体の造成が可能。 ・機動性に優れた小型施工機が適用でき、河床等の狭隘地や既設構造物に近接した施工が可能。	・施工機が小型であるため、比較的硬質な地盤への適用が困難である。	・一軸圧縮試験	・1箇所（全長コア）	・改良範囲で対角に端部及び中間改良体中心から改良体径の1/4離れた付近が多い。必要に応じて、ラップ部で実施。	・3深度（上・中・下）、各深度とも3供試体で確認。	・河床や土留め壁など底盤改良・盛土の沈下対策・すべり対策など	・鋼矢板との密着施工と100%改良が容易にできる。 ・施工時の周辺地盤変位が小さい。 ・狭隘地、空頭制限下での施工が可能。	・砂質土や粘性土に適用する場合の標準値は、qu=200～1000kN/m2 ・有機質土や特殊土については、室内配合試験や試験施工によって設定する。 ・止水を目的とする場合は、事前の室内試験などで確認する必要がある。		・基本的には曲げに対する抵抗は考慮しない		・「陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル」（財）土木研究センター ・「ジェットグラウト工法技術資料」 日本ジェットグラウト協会		
4	浸透性耐久グラウト材『グラントエース』	CB-0609026-A	固結工	・本設の用途に適用できる。 ・優れた砂地盤への浸透性を発揮するため、細粒土分を多少含む細砂であっても浸透注入が可能である。 ・砂に浸透した固結体（サントゲル）は、高圧噴射撚拌工法に匹敵する程の改良強度を発揮する。 ・注入材と砂粒子間に存在する水分とが置き換わるため土粒子の構造を変化させることなく注入され、地盤の隆起・変形がほとんど発生しない。	・立孔の底盤防護、シールド発進側遠部防護など高強度を必要とする仮設地盤改良 ・既存の橋脚、堤防、護岸、道路構造物等の基礎の補強 ・地盤強化ならびに液状化防止などの本設用途で適用される。 ・狭隘な場所や既存構造物の近接部など他の大型重機による地盤改良が不可能な場所 ・近接構造物の変位が許されない道路、軌道、及び建築物の下部の地盤改良 ・立孔工事のような高い強度を必要とする地盤改良	19	砂質土・砂礫土	大きな空隙のある地盤、間隙の大きな礫質土、最粒度含有率15%以上粘性土は不可	・セメント系の本和硬化物と同様な硬化体を形成するため高い耐久性を確保する。 ・低粘土、超微粒子化した懸濁液であり、優れた浸透性が期待できる。 ・安定した高い圧縮強度（3MN/m2以上）を発現する。 ・一般の薬液注入をほぼ同様な設備を使用するため、狭隘な場所でも施工が可能である。	・施工機が小型であるため、比較的硬質な地盤への適用が困難である。	・一軸圧縮試験	・3箇所/現場			・既設ボックスカルバートの基礎の液状化防止、安定化	・カルバート下部への改良が可能 ・カルバートへの影響（隆起・変移）が小さい ・高圧噴射撚拌工法と比較してコスト減	・N値15以上 透水係数1×10-2cm/sec以下					・電線共同溝ボックスカルバートの基礎補強 ・工場建屋の基礎補強	・低強度品（液状化防止用）の開発 ・岩盤注入への応用
5	KS-B・MIX工法	CG-0309026	固結工	・大口径、大断面の施工を可能とした1軸および2軸型のセメント系スラリー機械撚拌式深層混合処理工法 ・撚拌の効率を低下させることなく回転の摩擦抵抗を減らすことのできる撚削翼を装備しているため確実な施工が可能な工法	・市街地での施工 ・近接施工	1	・粘性土C ≤40kN/M2程度 ・砂質地盤範囲の地盤での施工が可能 ・N ≤10	・施工が可能な最大深度（打設長）は25mです ・改良杭径：φ1000～1600mm	・高出力油圧モーターにより大口径での対応φ1.5×2軸、単軸2.0mが可能。 ・支持力、沈下防止、液状化対策などさまざまな用途に適應する。 ・低騒音・低振動工法である。	・施工機械の特性から単軸タイプでL=30.5m、2軸タイプでL=25mの改良長である。	・一軸圧縮試験	・改良体500本未満は3本、500本以上は、250本増える毎に1本追加	・ボーリング採取位置は、改良体中心より1／4 D離れた位置で採取	・改良体の上端より下端まで連続でコアサンプリングし、上中下で強度確認	・道路構造物（擁壁基礎・BOXカルバート）の支持力、沈下防止、液状化対策 ・道路盛土の安定、沈下防止、液状化対策 ・埋設管沈下防止の安定、沈下防止、液状化対策	・同様工法に対して大口径の改良が可能	・砂質土：qu=200～1000kN/m2 ・粘性土：qu=200～1000kN/m2	・「陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル」改訂版 H16.3土木研究センターに準拠	・曲げを受ける部材としての評価は可能（底盤改良時の曲げ引張りなどの検討）	・有限要素解析などによる応力照査	・「道路土工軟弱地盤対策工指針 日本道路協会 1986」	・道路改良 ・道路掘削部基礎改良	・施工深度増大 ・改良径拡大
6	FC-DCM工法	CG-0409002	固結工	深層混合処理工法でセメントと石炭灰を添加したスラリーを用い、スラリーを地盤中で撚拌混合することによって固化し、地盤を改良する工法である。セメント以外に石炭灰力発電所で発生する石炭灰を添加する		3			・石炭灰を使用することによって、品質（強度）のパラツキを抑えることが可能となる。 ・自硬性のあるPFBC灰を用いる場合には、セメント使用量を減らすことが可能である。	・セメントサイロの他に、石炭灰サイロを設置する必要がある。	・一軸圧縮試験	・500本未満は3箇所、500本以上は250本増えるごとに1本追加する。	・ボーリング採取は改良体中心から改良体径の1/4離れた付近とする。	・改良深さ3断面（上・中・下）	・盛土の基礎（石炭積付け部基礎）	・通常工法と比較してセメント量を低減させることが可能となる。 ・改良体強度のパラツキを最小限に抑えることができる。	・qu=400～1000kN/m2	・道路橋示方書Ⅳ下部構造編	・評価は可能と思われる。	・有限要素法による解析	・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版平成16年3月 土木研究センター	・自立山留め壁	

表 2-5 各深層混合処理工法の概要と調査結果一覧(2)

整理番号	技術名称	登録番号	分類	NETIS登録内容					2-1)		2-2)		3-3)-1		3-3)-2		3-3)-3		3-3)-4		4-1)		4-2)		4-3)		4-4)-1		4-4)-2		4-4)-3		4-5)		4-6)		5	今後の着眼点
				工法の概要	適用箇所	施工実績	地盤の適用範囲	改良範囲	工法の特徴								改良体の強度確認方法								施工実績													
									長所	短所	確認方法	箇所数	断面位置	深度方向	基礎または基礎地盤として用いた実績	採用理由	改良体の設計強度	許容支持力算出方法	曲げを受ける部材としての経値	構造物体としての検証方法	関連基準類	その他使用実績																
7	クリーンジェット(C-JET)工法	HR-000004-A	固結工	超高圧水の噴射で地盤を切削し、セメントミルクの超高压噴射攪拌で改良体を造成する地盤改良工法である。工法排泥水に硬化材が極力混入しないよう、泥水と硬化材を分離しセメント廃棄量を低減するとともに改良時間を短縮したジェットグラウト工法である。	・開削工事における底盤改良 ・シールド発進部および到達部の防護 ・その他遮水性、強度改良等を目的とした地盤改良等	43	・砂質土N≤50 ・粘性土N≤5	ボーリングの削孔長に制限はないが、一般的には50m程度	・セメント排出量の低減： 切削用ノズルと造成用ノズルの上下間隔を2mと大きくすることで、排泥水に混入するセメント分を抑制し、セメント排出量を低減。 ・造成時間の短縮： 切削用ノズルおよび造成用ノズルを180度開いた二方向に噴射することで、造成時間を従来工法の1/2程度まで短縮した。 ・排泥水量の低減： 造成時間の短縮から排泥水量を低減 ・コストの削減： 造成工程を短縮できること、排泥水量の低減とセメント廃棄量を低減できることから経済的な施工が可能	・先端装置の長さが2mあるため、地下構造物や地下埋設物の改良ができないことがある。 ・傾斜施工は通常の三重管式超高压噴射攪拌工法と同様に鉛直に施工することが限界である。	一軸圧縮試験	・3箇所	改良範囲全体をバランスよく分割して配置	・1本の改良体について、上、中、下	・道路盛土の安定・沈下対策	・盛土の全幅を低改良率で改良するため、従来の盛土法面部の深層混合＋盛土中央部のバーチカルドレーン工法に比べ、工費低減、工期短縮（圧密放置期間不要）、周辺地盤への影響防止、残留沈下量低減に伴う維持管理費の低減の効果がある。	・設計基準強度qu _{uck} =1500kN/m ² 程度以下（実績ではqu _{uck} =1650kN/m ² が最大）	・設計基準強度qu _{uck} は、qu _{ck} =Fs×(W/a p)で算出する。	・上載荷重を鉛直方向で支持する構造であり、現時点では、曲げ・水平方向の作用力に対して考慮していない。	・盛土の安定に対しては、改良域全体を改良体と無処理部分との複合地盤として考え、円弧すりによって検討する。	・国土交通省「各地方整備局土木工事共通仕様書」 ・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版、平成16年3月、(財)土木研究センター	・耐震性の把握（遠心載荷試験等による）																
8	HIL-DJM工法	HR-030032-A	固結工	建設コスト削減を考慮に入れ、2軸式施工機での低改良率施工を実現するために攪拌軸間隔3mまで可能とするDJM2軸式施工機を開発した。	道路盛土などの安定性確保、沈下低減、周辺地盤への影響防止等。	9	砂質土 シルト 粘性土 有機質土 礫質土	最大改良深度は33m	・盛土の全幅を二軸の施工機械を用いて低改良率で改良することにより、工費低減、工期短縮、周辺地盤への影響防止が図れる。 ・改良材の配合量が多い場合、引上げ速度の低下・施工途中での改良材の補給率に低下する場合がある。	・二軸の大型専用機械（全装備質量90t級）のため、狭隘な場所での施工が困難。 ・改良材の配合量が多い場合、引上げ速度の低下・施工途中での改良材の補給率に低下する場合がある。	一軸圧縮試験	改良体500本未満は3本、500本以上は250本増えることに1本追加。	改良体芯から改良径Dの1/4付近。	・1本の改良体について、上、中、下の3深度。	道路盛土の安定・沈下対策	・盛土の全幅を低改良率で改良するため、従来の盛土法面部の深層混合＋盛土中央部のバーチカルドレーン工法に比べ、工費低減、工期短縮（圧密放置期間不要）、周辺地盤への影響防止、残留沈下量低減に伴う維持管理費の低減の効果がある。	・設計基準強度qu _{uck} =1500kN/m ² 程度以下（実績ではqu _{uck} =1650kN/m ² が最大）	・設計基準強度qu _{uck} は、qu _{ck} =Fs×(W/a p)で算出する。	・上載荷重を鉛直方向で支持する構造であり、現時点では、曲げ・水平方向の作用力に対して考慮していない。	・盛土の安定に対しては、改良域全体を改良体と無処理部分との複合地盤として考え、円弧すりによって検討する。	・国土交通省「各地方整備局土木工事共通仕様書」 ・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版、平成16年3月、(財)土木研究センター	・耐震性の把握（遠心載荷試験等による）																
9	GTM(ジオ・トルネード・ミキシング)工法	HR-040008-A	固結工	・地盤の事前切削とセメントミルクの超高压噴射攪拌により、施工時間を短縮する。 ・削孔性能に優れ、材料ロス・排泥処理量を低減させた。 ・自走式のコンパクトな施工機械により、空洞制限等のある狭隘な場所でも施工できる。 ・削孔性能に優れ、粘性土から砂礫・玉石混じり礫層まで幅広い地盤に適応できる等の特長があります。	支持地盤の造成、掘削山留め工、立坑底盤の安定化、先行地中梁、液状化対策等。	8	・軟弱な粘性土 シルト質土 砂質土 礫質土及び径150mm程度以下の玉石混じり土等。	・最大深度40m。孔曲がりや考慮すれば、施工能率的には50m。斜坑造成の施工も可能である。 ・改良径φ400～2000	・ロングフィードの施工機械の採用により施工速度が速く、幅広い地盤条件に対応できる。 ・ジェット噴流方式（硬化材・空気・清水の組合せ）を選定できるため、材料ロスを削減できる。 ・小口径（40cm）から大口径（200cm）までの改良体の造成が可能。斜坑の施工も可能。 ・芯材補強方式を選定でき、基礎杭や土留め壁などにも適用できる。（S1マイクロパイル工法タイプⅡ）	・排泥処理が必要。施工条件によっては産業廃棄物となる。 ・硬化材1m ³ 当たりのセメント添加量が多く、機械搬送性に比べて材料コストがかかる。	一軸圧縮試験	・1施工場所1箇所程度	使用目的による	・表層、中間層、最底部	・擁壁基礎の沈下・支持力（増強）対策 ・道路構造物（カルバート等）に対する液状化対策 ・建築物の基礎支持杭	・構造物、建築物基礎の支持力増強のため ・他の形式又は工法と比較してコスト減、工期短縮	・砂質土：qu=500～2500 kN/m ² ・粘性土：qu=200～2000 kN/m ²	・道路橋示方書の極限支持力度公式に準ずる。 ・改良率については、構造物30%～78.5%、構造物については、50%～100%と考えています。	・可能（日本建築センターの設計指針により算出）	・道路橋示方書・同解説、平成14年9月10日（財）日本道路協会 ・擁壁工指針 ・平成14年3月4日（財）日本道路協会 ・カルバート工指針 ・平成14年9月6日（財）日本道路協会 ・改訂版「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」平成14年11月30日（財）日本建築センター ・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル、平成16年3月（財）土木研究センター	・円弧すべりの抑止を目的とした改良杭（ブロック体） ・既製杭の水平力低減のための原地盤地耐力増強	・長尺改良体施工時の特殊サンブラーの開発。 ・35m以上の伸縮装置の開発。 ・汚染土壌の浄化工事に使用している径φ2000mmの撈拌翼を地盤改良で実績をつくる。																
10	DCS工法	KK-040001	固結工	より経済的で、均質な改良体の造成。伸縮装置により、ロードケーシングの作業にかかる時間が短く、工期の短縮ができる。	・建物の基礎 ・圧密沈下防止 ・擁壁の基礎 ・盛り土等のすべり防止 ・止水及び山留め壁 ・その他各種構造物基礎	25	・砂質土 粘性土 有機質土など広範囲の土質に適用出来る。	改良径 φ1000mm～φ1600	・相対撈拌機構により、均質な改良体が造成できる。 ・大口徑での施工が可能（φ1.0m～φ1.6m）。硬質な地盤でも均質な改良が可能 ・伸縮装置の採用により、長尺施工の効率、安全性が良い（実績施工長35.5m） ・特殊サンブラーにより施工直後の改良士が採取でき、品質管理に利用できる。	・微小な箇所での施工が困難 ・施工機重量が重いので、作業足場の地耐力の確保が必要	一軸圧縮試験 ・平板載荷試験	・500本に3本、250本増える毎に1本追加	改良範囲に対角に端部及び中間	・深度方向3箇所（表層部、中間部、最深部）、各深度3本試験	・擁壁基礎の沈下・支持力（増強）対策 ・道路構造物（カルバート等）に対する液状化対策 ・建築物の基礎支持杭	・砂質土：qu=500～2500 kN/m ² ・粘性土：qu=200～2000 kN/m ²	・道路橋示方書の極限支持力度公式に準ずる。 ・改良率については、構造物30%～78.5%、構造物については、50%～100%と考えています。	・可能（日本建築センターの設計指針により算出）	・道路橋示方書・同解説、平成14年9月10日（財）日本道路協会 ・擁壁工指針 ・平成14年3月4日（財）日本道路協会 ・カルバート工指針 ・平成14年9月6日（財）日本道路協会 ・改訂版「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」平成14年11月30日（財）日本建築センター ・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル、平成16年3月（財）土木研究センター	・円弧すべりの抑止を目的とした改良杭（ブロック体） ・既製杭の水平力低減のための原地盤地耐力増強	・長尺改良体施工時の特殊サンブラーの開発。 ・35m以上の伸縮装置の開発。 ・汚染土壌の浄化工事に使用している径φ2000mmの撈拌翼を地盤改良で実績をつくる。																	
11	拡張コラム工法	KK-040030-A	固結工	拡張機構と正逆同時回転機構に特徴のある深層金剛処理工法で、特に空掘部がある場合に効果的である。	・空掘部を有する深層改良工事	10	・対象土質： ローム 粘性土 砂質土 礫質土	・最大深度25.0m以内（標準施工） ・改良径φ1000～2000	・空掘部の排土量が従来工法の1/4以下 ・掘削ヘッドと撈拌翼の拡張機能によりコスト削減可能 ・正逆同時回転機能とロードの二重管構造により適用地盤が広い ・拡張コラム集中管理システムにより施工精度が向上 ・拡張コラム径が1,000～2,000mmの大口徑なので工程短縮が可能 ・ベースマンに汎用機を使用しているので、施工条件に応じた機種や台数を自由に選定可能	・改良部の地盤が礫や軽石を多く含む場合は慎重な検討を要する ・上空制限に注意を要する	一軸圧縮試験	・1箇所ずつ3個の供試体を作成し、その平均値で評価する。	改良コラムの中心よりD/4の円周上	・土木： 表層部、中間層、最底部 ・建築： 1mピッチ	・調整池の支持力（増強）対策 ・空掘部が深く、従来工法では排土量が多く発生し、その処理が大きな問題になっていたため、排土量の少ない本工法が採用された。 ・空掘部が深く、従来工法に比べ、コスト的に有利であった。 ・中間層に硬質層があり、施工可能（縮小径）な本工法が採用された。	・砂質土：qu=300～3000KN/m ² ・粘性土：qu=100～1500KN/m ³	・土木は「道路橋示方書Ⅳ下部構造」の極限支持力度公式に準ずる。 ・建築は「建築基礎構造設計指針(建築学会)」の極限支持力度公式に準ずる。	・可能 ・土木は「陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版」の設計手法に準ずる。 ・建築は「改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」の設計手法に準ずる。	・施工実績なし	・道路土工一般弱地盤対策工指針 平成7年4月（財）日本道路協会 ・道路土工一般仮設構造工指針 平成11年4月（財）日本道路協会 ・建築基礎のための地盤改良設計指針案 平成18年11月 日本建築学会	・砂地盤の液状化対策	・今後、現場においてデータ収集を重ね、より信頼性の高い確実な工法を目指す。 ・対応口径の大型化により更なる工期短縮、コスト削減を図る。																

表 2-6 各深層混合処理工法の概要と調査結果一覧 (3)

整理番号	技 術 名 称	登録番号	分類	NETIS登録内容					2-1)		2-2)	3-3)-1	3-3)-2	3-3)-3	3-3)-4	4-1)	4-2)	4-3)	4-4)-1	4-4)-2	4-4)-3	4-5)	4-6)	5
				工法の概要	適用箇所	施工実績	地盤の適用範囲	改良範囲	工法の特徴		改良体の強度確認方法				施工実績									
				【目的】機械攪拌と超高压喷射攪拌の両工法の特性を生かした複合技術により、改良体中心部を機械的な攪拌で補って、排土の発生がなく、安定した大口径中杭の施工を効率的に行うことを目的として開発したものである。【開発背景】従来、市街地において幅広く採用されている高圧喷射攪拌工法は、施工の際に排出される排泥の産業廃棄物処理費に多くの費用を要し高コストである。一方の主要な工法である機械攪拌工法は、排泥排出がなく低コストではあるが以下に示すような課題があった。①攪拌量による機械式攪拌の負入となるため、大きな掘進（トルク）が必要となり処理機が大型化する。②密着施工ができないため、土留矢板への密着や欠損部においては、高圧喷射攪拌工法を併用する必要がある。③改良材と対象土の攪拌は機械的に行われるため、経済的な改良速度では改良材混入量に限界があり、高強度の改良体が施工できない。	○基礎地盤の安定及び沈下防止/・盛土基礎・護岸・堤防の基礎・構造物基礎・建築基礎○液状化防止/・護岸背面・地価構造物・埋設管○掘削時の安定確保/・立坑防護・底盤改良・土留止水強化・掘削法面	1	適用地盤：粘性土c≦50kN/m2砂質土N≦20礫質土・有機質土については検討を要する	・施工深度：25m以内 ・最小空打ち長：1m以上 ・作業条件：プラントまでの距離は100m以内、プラントヤード150m2程度、作業スペース幅3m2×20m以上	・大口径の施工が可能 ・機械攪拌と高圧喷射攪拌の併用により改良体の密着施工が可能 ・排泥の発生がない ・施工機械が比較的小型である（ベースマシンはバックホウ山積0.8m3）	・硬質地盤には対応できない（砂質土N≦20・粘性土N≦5程度まで） ・高圧喷射攪拌工法に比較し狭小な場所での施工が困難	・一軸圧縮試験	・2箇所	・改良範囲均等割りで2箇所（各箇所の杭芯から0.35m及び0.75m地点）	・上部・下部の2試料	基礎または基礎地盤として用いた実績 ・歩道部水道配水管の地盤支持力増強対策 ・地上式調整池の地盤支持力増強対策 ・道路構造物（現場打ち側溝等）の液状化対策	・高圧喷射攪拌工法と比較し排泥の発生がなくコスト減 ・コンパクトな施工機を使用するため高架下の施工が可能 ・他工法と比較してコスト減	・砂質土：qu=145～190kN/m2 ・粘性土：qu=1000kN/m2	・「道路橋示方書IV下部構造物」基礎底面地盤の極限支持力算定式に準ずる（財）日本道路協会	・研究会として独自マニュアルはなし	・研究会として独自マニュアルはなし	・研究会として独自マニュアルはなし	・「陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版」に準ずる（財）土木研究センター		・改良強度のバラツキを低減し信頼性向上を図る
12	CPM工法（クローバー型深層混合処理工法）	KK-050036	固結工																					
13	Super jet（スーパージェット）工法	KK-980026-A	固結工	・地表から直径15cm程度の孔を開けるだけで、地中に直径3.5m（Super jet-Midi）～5m（Super jet）までの大きな固結柱状体を造成する地盤改良技術。	・立坑の底盤改良、先行地中梁 ・シールド発進、到達防護 ・大規模な土留め欠損部 ・液状化防止 ・基礎地盤の強化、安定 ・耐震補強	209	・砂質土地盤でN≦100、粘性土地盤でN≦7までは無条件で適用可能	・Super jetで72m、Super jet-Midiで65mまでの施工実績があり、現状ではこの程度を施工深度の上限と設定。	・超大口径改良体の造成が可能（最大直径5 m） ・産業廃棄物の削減が可能 ・高速度・高品質 ・在来工法に比べて大幅な工期短縮とコストダウンが可能	・在来工法に比べて広いプラントヤードが必要：180～300m2（三重管工法（CJG）：150m2）	・一軸圧縮試験	・3箇所	・ラッポの交点、もしくは改良半径の1/2位置	・上、中、下	・立坑の底盤改良、先行地中梁・シールドの発進・到達防護 ・大規模な土留め欠損部 ・液状化防止、耐震補強 ・基礎地盤の強化、安定	・改良強度 ・工期、コスト	・砂質土：qu=3 MN/m2 ・粘性土：qu=1 MN/m2（腐植土：0.3MN/m2）	・深層混合処理工法（機械攪拌）の設計に準じている。	・本来の杭基礎として、改良体単杭の設計はおこなわれていない。	・擁壁基礎等でブロック式改良を行なう場合、地中の仮想ケーソン基礎として水平力に抵抗する設計を行なう。	・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル、H. 16. 3、（財）土木研究センター ・ジェットグラウト工法（JSG・コラムジェットグラウト）技術資料、日本ジェットグラウト協会	・橋脚基礎、線状構造物（C-Box等）の耐震補強	・排泥（産業廃棄物）の減量化	
14	JST工法	KK-980044	固結工	オーガー式の掘削機にて現地盤を掘削攪拌しセメントスラリーを送り込み現位置にて固化改良させる地盤改良工法の一つである。セメントスラリーに珪ゾーダを混合することによりミルクは瞬時（30秒～1分）に半固体のゲル状態となり凝結時間の短縮を図ることを最大の特長とする。固化材の水セメント比、添加量を調整することにより、改良強度を5～30kg/cm2までの範囲で選択することが可能である。	仮設山留め、地下遮水壁、基礎地盤改良、立坑防護、地下構造物の基礎地盤改良等幅広く適用できる。	23	〔土質条件A〕軟岩○礫質土○砂質土○シルト○粘性土○有機質土○	・標準施工深度28m、施工条件により増減し、ロッド継ぎ足しにより最大40mまで実績がある。 ・改良径はφ800mmから1000mmが標準であるが、φ500～1200までの径は可能である。	・固化液と瞬結材の2液により10～30秒でゲルを形成、その後の水和反応により強度を発現する。 ・改良体のゲルにより、地下水による希釈や固化液の流出が防止できる。 ・改良体のゲルにより、土塊などの混入が防止できる。	・瞬結材の材料コストが高くなる。	・一軸圧縮試験	・500本未満 3箇所 250本増えるごとに1箇所追加	・杭中心と端部の中間	・上・中・下	・擁壁基礎 ・ボックスカルバート基礎	・構造物基礎の支持力増強 ・注入材による地下水汚染防止	砂質土：qu=1000～3000kN/m2 粘性土：qu= 300～1500kN/m2	・建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針（日本建築学会）の「鉛直支持力の検討」に準ずる。	・建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針（日本建築学会）の「水平支持力の検討」に準ずる。		・土木工事施工管理基準（近畿地方整備局）	・土留壁、止水壁 ・立坑底盤改良、下水処理施設等の基礎 ・円弧スベリ防止		
15	四角ジェット（SQJ工法）	KK-990035	固結工	高圧ジェット攪拌工法は既に多数の工法が開発されているが、これらはいずれも円形（円柱状）造形を行うものであった。円形造成では、造成目的や設計形状によっては不要な部分や必要以上のラップ部が多数生じる等無駄が多く、不経済、長工期、大量の排泥、不要な地盤改良による周辺環境への悪影響等の問題が指摘されてきました。本工法は、以上の問題を改善し、コスト削減を計ることで信頼性と利用度の向上を目標としたものです。	①軟弱地盤改良・・・河床地盤改良、建築基礎補強、シールド工路の防護、一般地盤改良補強。 ②液状化対策・・・河川及び海岸堤防、地下構造物、埋設物、家屋、橋梁、軌道、石油タンク ③構造物基礎地盤強化・・・底盤改良、振動防護、基礎補強工事等。 ④土留・止水・・・地中壁による地盤強化補強、立坑防護、底盤改良、止水等。	11	〔土質条件A〕砂質土○シルト○粘性土○有機質土○	〔最大深度〕30（m） ・四角形の造成体及び任意の角度（扇状）の円形造成体。 ・改良効率が良い。 ・噴射方向が限定できる。 ・地盤変状に対する管理装置装着。	・設備が大。 ・四角形の造成の場合、礫等の障害物があった場合施工不能。	・一軸圧縮試験	・特に定めていない	・端部	・特に定めていない	・分岐シャット及び分岐室の構造物の沈下、支持力増強対策	・噴射方向が限定できる。	・砂質土qu=3MN/m ² ・粘性土qu=1MN/m ²	・複合地盤として道路橋示方書IV下部構造物の支持力公式に準ずる。	・場合によって「日本建築学会」建築基礎のための地盤改良設計指針案「日本建築センター」建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針		・道路土工「仮設構造物工指針」平成11年3月（財）日本道路協会	・仮設土留 ・ボーリング、ピーピングの防止 ・振動防止	・狭小箇所での施工対応		
16	セバレートジェット工法	KT-010035-A	固結工	地中に直径2.0m～3.0mの固結体を造成する地盤改良技術。切削は、特殊先端装置の上部ノズルから噴射させる超高压水と圧縮空気によって行い、この際、先端装置上部の揚泥羽根が切削土の地上への排出を促進する。固結体の造成は、下部ノズルから高圧噴射される硬化材で切削土と攪拌し、さらに、下部の抑制羽根が硬化材の排泥への混入を抑制するため、硬化材を有効に用いることがえきる。	・立坑掘削工事 ・シールド。トンネル工事 ・開削工事 ・基礎地盤強化工事	46	土質条件；粘性土砂質土腐植土（有機質土）	最大深度：50（m） ・砂質土：N≦150 ・粘性土：N≦5 ・φ2000mm～3000mm	・工期が短縮される ・排泥量が少ない。 ・硬化材の使用量が少ない。 ・任意に造成径を設定できる。	・地下水位以下での施工ができない。	・一軸圧縮試験	・3箇所	・調査位置：D/4D=直径	・改良体の上、中、下	・本工法の施工実績は仮設目的で採用されており、構造物としての適用例は現在の所ありません。						・シールド発進・到達防護 ・土留め欠損部防護 ・立坑側部・底盤改良、先行地中梁	・一般に機械攪拌工法に比べ高価なためコストダウンの推進 ・施工による排泥（産業廃棄物）の減量化および副産物のリサイクル		

表 2-7 各深層混合処理工法の概要と調査結果一覧(4)

整理番号	技 術 名 称	登録番号	分類	NETIS登録内容					2-1)		2-2)	3-3)-1	3-3)-2	3-3)-3	3-3)-4	4-1)	4-2)	4-3)	4-4)-1	4-4)-2	4-4)-3	4-5)	4-6)	5					
				工法の概要	適用箇所	施工実績	地盤の適用範囲	改良範囲	工法の特徴		改良体の強度確認方法				施工実績								今後の着眼点						
									長所	短所	確認方法	箇所数	断面位置	深度方向	基礎または基礎地盤として用いた実績	採用理由	改良体の設計強度	許容支持力算出方法	曲げを受ける部材としての評価	構造物体としての検証方法	関連基準類	その他使用実績							
17	VMS工法	KT-010164-A	固結工	・軟弱土にセメントなどの固化材を加えながら強制攪拌し、土を固結させて地盤の改良を行うスラリー系深層混合処理工法の一つ。 ・2軸の攪拌翼を使用しているため、2本の改良柱体を同時に施工が可能となる。 ・機械の設置1回で最大幅10mの施工が可能。	・構造物の基礎や盛土のすべり破壊防止箇所 ・沈下の低減等	182	原地盤のN値が概ねN<7		1. 小型・軽量の混合処理機(単軸) 従来の混合処理機に比べ、小型かつ軽量の機種があり、運搬および仮設が大幅に軽減される。とくに、市街地などの狭小地域での施工に適している。 2. 超軟弱地盤上でも安定施工ができる フロート構造の履帯をもつ混合処理機があり、接地圧が小さいので(10～19kPa)、超軟弱地盤上でも足場としての覆工板や覆土がなくても、安定した施工ができる。 また、本体に対し、攪拌装置を横方向に移動できるサイドシフト装置を装備し、本体が定位置のまま最大で14m幅(機種により異なる)の施工ができる。 3. 信頼性の高い施工管理 施工速度やスラリー供給量が連続的に自己記録され、確実かつ容易に施工管理が可能。	1. 杭径は1,000mm、最大改良深さは10mに設定 機動性、または超軟弱地盤への適用性を目標に改良機械を開発。クローラクレーンをベースマシンに用いるCDM工法等と比較すると最大改良深さ等を低く設定。	・一軸圧縮試験	・1箇所	・中央部	・中央部～上部	・カルバート基礎 支持力の増加 ・擁壁基礎 すべり破壊防止 ・擁壁基礎 支持力の増加	・他の形式又は工法と比較してコスト減 ・他の形式又は工法と比較して工期短縮	qu=2,000kN/m ² 以下	・地盤改良マニュアル(セメント協会)に準拠 許容支持力:国土交通省告示第1113号	・曲げを受ける部材としての評価 ・一軸圧縮強さが低く不可能	・構造体としての検証方法	・道路土工—カルバート工指針 平成11年3月(財)日本道路協会 ・道路土工—擁壁工指針 平成11年3月(財)日本道路協会	・擁壁基礎 すべり破壊防止	・品質の安定化を図るための攪拌翼の形状検討。						
18	CDM-Mega工法	KT-010216-A	固結工	深層混合処理工法	・盛土のすべりの対策工事 ・圧密沈下対策工事 ・土工安定工事 ・液状化対策工事 ・構造物基礎工事 ・安定固化工事	15	・日本国内の土質条件(普通、砂質、粘性、ビート、シラス、有機質の各土層)で可能	最大深度φ1.2m×2軸機械は40mまで、φ1.3m×2軸機械は30mまで可能	・従来の二軸機の良さを継承しつつ、改良径を拡大することにより工期が短縮でき、コストも低減することが可能である。 ・砂質土や低塑性の粘性土に対し改良効果が大きく期待出来る。 ・短期間で所要強度が得られるので、工期短縮が見込まれる。		・一軸圧縮試験	・改良体500本未満は3本、500本以上は250本増えるごとに1本追加する。	・D/4以内	・設計値	①ダム ②トンネル ③シールド ④道路 ⑤鉄道 ⑥河川 ⑦埋設函渠 ⑧橋梁 ⑨共同溝 ⑩構造物基礎 ⑪タンク基礎 ⑫護岸 ⑬岸壁 ⑭防波堤 ⑮耐震補強 ⑯止水壁 ⑰土留壁 ⑱調整池基礎	①沈下防止 ②支持力の増大 ③滑り破壊防止 ④側方流動防止 ⑤液状化防止 ⑥抵抗力の増大 ⑦土工の安定、ヒーピング防止 ⑧剛性の増大 以上に適用できる為 ・設計条件である品質、工期、コストを満足させられる為	砂質土: qu=500～3,000 kN/m ² 粘性土: qu=500～2,500 kN/m ²	・上部荷重が改良体に集中すると仮定して着底地盤の許容支持力を計算し確認する。 ・許容支持力の計算方法は、各機関の基準に準拠する。	・曲げを受ける部材としての評価はできない。せん断に対し抵抗するとして評価。 曲げを受ける部材とする場合は、改良体に鋼材を挿入して鋼材と改良体の付着でもたせる考え方もある。	・構造体として適用する場合は、格子式(ラップ施工)や接内ラップ(水平力を受ける方向のみラップ施工)の改良形式が考えられる。	・国土交通省関東地方整備局:土木工事共通仕様書、土木工事施工管理基準、1998 ・財団法人土木研究センター:陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版、平成16年3月		・VE提案の有力な工法となりうる。 ・構造物基礎としての展開検討。 ・単軸φ1600mm以上の施工方式検討						
19	CDM-Land4工法	KT-010229	固結工	・設計法・改良原理などは従来のCDM工法を基本としている。 ・従来の2軸施工から4軸ソウジ施工としたものである。 ・施工能力がアップし、経済性が向上した。 ・4軸を同時に駆動し攪拌させることから、攪拌効率が良く、高品質の改良体が期待できる。	・1) 各種構造物の基礎地盤①基礎地盤の安定性の確保②基礎地盤の沈下低減③基礎地盤の側方流動防止 ・2) 掘削時の安定確保①土留めの変位低減②ヒーピングの防止③掘削のり面の安定確保④止水 ・3) その他①引き込み沈下防止②液状化対策③土圧の低減	3		改良最大深度は25mである。	・4軸同時施工のため改良面積が大きく、工期の短縮ができる。 ・1台の施工機で2軸機2台分の施工が可能になり、コスト削減ができる。 ・4軸が一体となって攪拌混合するため、攪拌効率が高くバラツキも少なく、高品質の改良体造成ができる。 ・継ぎ足し方式の所要時間と比較して1/4～1/6でセット可能から大深度施工の工期短縮ができる。 ・4軸の軸間距離が変更可能。施工は、ブロック施工、接内施工、杭式施工など広い範囲の改良形式に対応できる。		・一軸圧縮試験	・改良体250本未満は3本、250本以上は125本増えるごとに1本追加する	・ボーリング採取位置は改良体中心位置から改良体径の1/2離れた付近で採取する	・改良部の上端から下端まで連続的にサンプリングし、上中下で強度確認を行う。	・構造物の液状化対策及び支持力の増大 ・土留めの先行地中梁及びヒーピング対策	・4軸施工とすることで、施工のハイスピード化、低コスト化が図れるため	砂質土: qu=200 ～1700 kN/m ² 粘性土: qu=200 ～1700 kN/m ²	・「陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版、平成16年3月、土木研究センター」に準拠	・曲げを受ける部材としての評価は可能(底盤改良時の曲げ引張り等の検討)	・有限要素解析などによる応力照査	・「道路土工—軟弱地盤対策工指針」、日本道路協会、1986	・高度制限下での伸縮ロッドを用いた大深度施工							
20	SMM(エス・エム・エム)工法	KT-020006-A	固結工	・超高压ジェット攪拌工法 ・間詰め工(山留め壁～機械掘削) ・河川改修工事に伴う河床および堤体部の改良 ・ヘドロ・腐植土等の特殊軟弱土の固化 ・液状化防止 ・開削工事のヒーピング防止、受働土圧の増加	・護岸工事に伴う地盤改良 ・間詰め工(山留め壁～機械掘削) ・河川改修工事に伴う河床および堤体部の改良 ・ヘドロ・腐植土等の特殊軟弱土の固化 ・液状化防止 ・開削工事のヒーピング防止、受働土圧の増加	274	・粘性土: C ≤50kN/m ² ・砂質土: N ≤20 ・腐植土: C ≤30kN/m ² かつW ≤1000% ・ヘドロ: W ≤400%	・標準深度20m以下(20m以上では施工精度、施工目的等を勘案して検討が必要) ・改良径φ700～1700	・超高压、大吐出量の固化材スラリーを噴射することから、地盤のエネルギーを増大させ大口径の改良体を造成できる。 ・エアを併用しないため、排泥の噴出がなく、水中施工が可能である。 ・施工機械が小型・軽量化で、機動性の高い低騒音、低振動工法である。	・施工深度が20mを超える場合は、施工精度、施工目的等を勘案して検討が必要である。 ・埋設管、構造物の側近での施工(重要埋設物の防護)は、変位が生じる場合があり、検討を要す。 ・空打ち部、改良部にコンクリート残土等の廃棄物、砕石、玉石等の障害がある場合にはあらかじめ除去が必要である。	・一軸圧縮試験	・一般的に、改良体500本未満は3箇所、500本以上は250本増えるごとに1箇所追加する。	・一般的に、改良体中心から改良体径の1/4離れた付近で実施する場合が多い。	・一般的に、上層、中層、下層の3層に分け、それぞれ3供試体を試験する。	・擁壁基礎の沈下・支持力増加対策 ・BOXカルバートの沈下・支持力増加	・構造物の沈下防止・支持力増加が可能であること ・他の工法と比較してコストが低いこと	砂質土: qu=400 ～800kN/m ² 粘性土: qu=300 ～600kN/m ² 腐植土・ヘドロ: qu=150～300kN/m ²	・道路土工 擁壁工指針および道路土工—カルバート工指針に準じて設計を行う。 ・支持力は、道路橋示方書IV下部構造編の支持力方式に準じて行う。 ・改良率は、深層混合処理工法設計・施工マニュアルの設計および改良仕様実績に準じて行う。	・土木構造物では、考慮されない場合が多い。(要検討)	・なし	・道路土工擁壁工指針・道路土工カルバート工指針 平成11年3月(社)日本道路協会 ・道路橋示方書IV下部構造編・同解説 平成14年3月(社)日本道路協会 ・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル 平成16年3月(財)土木研究センター	・盛土・切土の側方流動防止 ・開削工事のヒーピング防止・受働土圧の増加 ・深層混合処理工と山留め壁の間詰め工。	・地層の変化に対応して改良体の径をコントロール ・施工機械の高性能化、自動化、集中管理システムの開発						
21	オープンウイング工法(拡張式固化処理工法)	KT-020010	固結工	①軟弱な地盤に対し、セメントミルクを注入しながら機械的に地盤を改良する技術。②小口径のパイロット削孔(φ200mm)で大口径(最大φ1200mm)の改良体を造成可能とした技術。③道路舗装されている直下の地盤改良施工・地中埋設物の防護を目的とする施工・街中及び近接施工・軟弱地盤の液状化防止施工。	1.軟弱地盤の液状化防止 2.地中埋設物の防護 3.軟弱層の補強 4.表層地滑り防止対策 5.シールドの急曲線部 6.先受工法のための支持地盤の改良 7.振動対策のための地盤改良	5		・最大深度12m(ジョイントをおこなわない場合の深度である。) ・改良径φ1200	・小口径のパイロット削孔(φ200)で大口径の改良体(最大φ1200)が任意の深度で造成可能 ・任意の改良径が選定可能(φ200～1200) ・埋設物下部の施工が可能		・一軸圧縮試験	・500本未満の場合3本、500本以上は250本増える毎に1本追加	・監督員との協議による	・上・中・下の3箇所	・既設の道路構造物、擁壁、ボックスカルバート等(支持力増強) ・道路舗装下、コンクリート構造物(下部地盤支持増強)	・埋設物等により、機械掘削による地盤改良が施工不可 ・小型機械による施工	砂質土: qu=1.5MN/m ² 以下 粘性土: qu=0.5MN/m ² 以下	・国土交通省告示第1113号の支持力算定式に準ずる。	・適用可能(条件に応じて)(算出方法は『道路橋示方書:耐震設計編』または『改良地盤の設計及び品質管理指針』に準ずる)	・擁壁・BOX基礎等においては、構造物の重要度に応じた水平力の検討(曲げ検討)を行う。 (算出方法は『道路橋示方書:耐震設計編』または『改良地盤の設計及び品質管理指針』に準ずる)	・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル(改訂版);(財)土木研究センター ・改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針 ・浅層混合処理工法—(財)日本建築センター		・ジョイント施工による適用深度の拡大						

表 2-8 各深層混合処理工法の概要と調査結果一覧(5)

整理番号	技 術 名 称	登録番号	分類	NETIS登録内容					2-1)	2-2)	3-3)-1	3-3)-2	3-3)-3	3-3)-4	4-1)	4-2)	4-3)	4-4)-1	4-4)-2	4-4)-3	4-5)	4-6)	5
				工法の概要	適用箇所	施工実績	地盤の適用範囲	改良範囲	工法の特徴		改良体の強度確認方法				施工実績								今後の着眼点
									長所	短所	確認方法	箇所数	断面位置	深度方向	基礎または基礎地盤として用いた実績	採用理由	改良体の設計強度	許容支持力算出方法	曲げを受ける部材としての評価	構造物体としての検証方法	関連基準類	その他使用実績	
22	STコラム工法	KT-030023	固結工	・中低層規模の建物および擁壁の軟弱地盤対策として実施するセメント系固化材を用いた深層混合処理工法に関する技術である。本工法の特長として、コラム先端を物質に管理できるシステムを持つ。	・建物・擁壁、防火水槽等の構造物の軟弱地盤対策	135	適用地盤：砂質土 粘性土 ローム	・改良深さ：10m ・改良径φ500～1200															
23	ラテラルジェット工法	KT-030029-A	固結工	高圧噴射攪拌による水平方向への地盤改良工法／地上から施工できない既設構造物の真下の地盤改良、工事に近接する構造物の防護、シールドやトンネル等の坑口防護などが可能。	地盤改良工事 地盤補強工事	2																	
24	JAMPS工法	KT-030037	固結工	地震時の液状化対策と軟弱地盤の沈下・支持力対策という二つの改良目的を同時に達成することが可能で す。また地中に改良体を水平固化盤と鉛直固化壁の形状として造成し、それらを組み合わせて構築することにより部分固化方式を可能にしたことでコストダウンの期待ができる軟弱地盤工法である。	・地中構造物（地下鉄・共同溝等）に対する液状化と沈下・支持力対策 ・道路構造物に対する液状化と沈下・支持力対策 ・スーパー堤防基礎地盤の安定対策	6	貫入深さまでの平均N値が9以上、砂質土で16以上の場合は、補助工法を考慮する。	最大施工深度は45m ・連続施工：液状化対策及び沈下・支持力対策の連続施工ができる。 ・信頼性の高い改良体品質：高圧噴射式攪拌と機械式攪拌を併用することで、先行して造成された改良体に後続する改良体が常に高圧噴射攪拌で接合されるため、設計図面通りに確実に一体化した改良体を造成することができる。 ・コストの低減：高品質な改良体であることから、水平固化盤を有することから、改良率を小さくすることができ、コストの低減が図れる。 ・工期の短縮：一般の機械攪拌工法に比べて、一度に大断面の改良体を造成できるため、工期の短縮ができる。 ・周辺地盤への影響が微小：高圧噴射併用機械攪拌工法のため、周辺地盤に及ぼす影響を少なくできる。	・狭隘な場所での施工は出来ない。	・一軸圧縮試験	・改良体500本未満は3本、250本増える毎に1本追加	・地盤条件に応じて設定	・地盤条件に応じて設定	・道路盛土の沈下、液状化対策	・他の形式または工法に比し、経済性に優る。	qu＝3000 kN/m2	・簡易設計手法の場合…道路橋示方書IV下部構造編に準ずる。 ・FEMによる詳細設計手法の場合…JAMP S工法設計マニュアルに準ずる。	・曲げ引張り破壊による応力再配分を考慮した非線形FEM解析により評価可能。	・非線形FEM解析により改良体を構造物として扱い評価、設計。	・JAMP S工法設計マニュアル ・JAMP S工法施工マニュアル			
25	SJMM(エス・ジェイ・エム・エム)工法	KT-030041-A	固結工	・高速施工の超高圧噴射攪拌工 ・改良体外周部が、高圧ジェット噴流による攪拌のため、基礎杭や山留め壁等への密着施工、改良体相互のラップ施工が容易 ・超高圧大容量ポンプの効果により、大幅な工期の短縮、経済性が高まる。	・河川改修工事に伴う河床および堤体部の改良 ・海岸等の護岸工事に伴う地盤改良 ・ヘドロ、腐植土等の特殊軟弱土の固化 ・液状化防止 ・開削工事のヒービング防止、受働土圧の増加	218	・粘性土C≦70kN/m2 ・砂質土N≦20 ・腐植土W≦1000%ヘドロW≦400%	・標準深度20m以下が基礎	・超高圧、大吐出量の固化材スラリーを噴射することから、地盤のエネルギーを増大させ大口径の改良体を造成できる。 ・大口径で均一な改良体を造成するため、特殊ロッドヘッドの開発により、施工本数が減少した。 ・エアを併用しないため、排泥の噴出がなく、水中施工が可能である。	・施工深度が20mを超える場合は、施工精度、施工目的等を勘案して検討が必要である。 ・埋設管、構造物の側近での施工（重要埋設物の防護）は、変位が生じるため、適用できない。 ・空打ち部、改良部にコンクリート残土等の廃棄物、碎石、玉石等の障害がある場合にはあらかじめ除去が必要である。	・一軸圧縮試験	・一般的に、改良体500本未満は3箇所。500本以上は250本増えるごとに1箇所追加する。	・一般的に、改良体中心から改良体径の1／4離れた付近で実施する場合が多い。	・一般的に、上層、中層、下層の3層に分け、それぞれ3供試体を試験する。	・擁壁基礎の沈下・支持力増加対策 ・BOXカルバートの沈下・支持力増加	・構造物の沈下防止・支持力増加が可能であること ・他の工法と比較してコストが低いこと	砂質土：qu＝400～800kN/m ² 粘性土：qu＝300～600kN/m ² 腐植土・ヘドロ：qu＝150～300kN/m ²	・道路土工 擁壁工指針および道路土工 カルバート指針に準じて設計を行う。 ・支持力は、道路橋示方書IV下部構造編の支持方式に準じて行う。 ・改良率は、深層混合処理工法設計・施工マニュアルの設計および改良仕様実績に準じて行う。	・土木構造物ではない場合が多い。（要検討）	・なし	・道路土工擁壁工指針・道路土工カルバート指針 平成11年3月（社）日本道路協会 ・道路橋示方書IV下部構造編・同解説 平成14年3月（社）日本道路協会 ・陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 平成16年3月（財）土木研究センター	・盛土・切土の側方流動防止 ・開削工事のヒービング防止・受働土圧の増加 ・深層混合処理工と山留め壁の間詰め工。	・地層の変化に対応して改良体の径をコントロール ・施工機械の高性能化
26	NJP(エヌ・ジェイ・ピー)工法	KT-040011-V	固結工	・空気連行型超高圧噴射攪拌地盤改良工法 ・NJP工法は、特殊攪拌翼先端より、圧縮空気を連行させた固化材スラリーを超高圧噴射させることによって原土と攪拌混合し、均一な円柱状の改良体を造成する。 ・施工スピードが高速で大口径の改良体造成、発生土量の低減、地盤変位を抑制可能とした地盤改良工法。	・ヒービング、ボイリング防止 ・山留め壁等の変形防止に伴う先行地中梁およびバトリレス構造等の造成 ・立坑部における切羽部の強化と安定 ・受働土圧の増加 ・すべり防止 ・液状化防止対策	23	・砂質土N≦30 ・粘性土Cu≦50 kN/m2	・標準深度20以下（20m以上では施工精度、施工目的等を勘案して検討が必要）	・特殊攪拌翼先端より、圧縮空気を連行させた固化材スラリーを超高圧噴射させることによって原土と攪拌混合し、均一な改良体を造成する。 ・施工スピードが高速で大口径の改良体造成、発生土量の低減、地盤変位の抑制可能とした。 ・発生土を安定的かつ確実に排出させ、施工時の地盤変位を抑制可能である。	・施工深度が20mを超える場合は、施工精度、施工目的等を勘案して検討が必要である。 ・中間層に玉石・レキ層・硬質層がある場合には、その適用には十分な留意が必要である。 ・空打ち部、改良部にコンクリート残土等の廃棄物、碎石、玉石等の障害がある場合にはあらかじめ除去が必要である。	・一軸圧縮試験	・一般的に、改良体500本未満は3箇所。500本以上は250本増えるごとに1箇所追加する。	・一般的に、改良体中心から改良体径の1／4離れた付近で実施する場合が多い。	・一般的に、上層、中層、下層の3層に分け、それぞれ3供試体を試験する。	・擁壁基礎の沈下・支持力増加対策 ・BOXカルバートの沈下・支持力増加	・構造物の沈下防止・支持力増加が可能であること ・他の工法と比較してコストが低いこと	砂質土：qu＝2000kN/m ² 粘性土：qu＝700kN/m ² 有機質土：qu＝200kN/m ²	・道路土工 擁壁工指針および道路土工 カルバート指針に準じて設計を行う。 ・支持力は、道路橋示方書IV下部構造編の支持方式に準じて行う。 ・改良率は、深層混合処理工法設計・施工マニュアルの設計および改良仕様実績に準じて行う。	・土木構造物ではない場合が多い。（要検討）	・なし	・道路土工擁壁工指針・道路土工カルバート指針 平成11年3月（社）日本道路協会 ・道路橋示方書IV下部構造編・同解説 平成14年3月（社）日本道路協会 ・陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 平成16年3月（財）土木研究センター	・盛土・切土の側方流動防止 ・開削工事のヒービング防止・受働土圧の増加 ・深層混合処理工と山留め壁の間詰め工。	・地層の変化に対応した改良径のコントロール ・施工機械の高性能化
27	SCジェット工法	KT-050076-A	固結工	四重管ロッドを使用した高圧噴射攪拌杭工法。 従来では固化材の排泥への混入が防げなかったが、四重管による施工で固化材の排泥への混入を防ぎ、改良域での100%有効活用を可能にした。	・道路工事 ・河川工事 ・鉄道工事 ・護岸工事	0	・砂質土N≦30→有効径3.5m ・砂質土N≦100→有効径3.0～2.5m ・粘性土N≦1 ・有効径3.5m ・粘性土N≦5→有効径3.0～2.5m	改良深度：φ2500～3500	・改良体が早期固化するので、工期の短縮できる。 ・排泥に硬化材（セメントスラリー）の混入を抑えたもので、硬化材のロスがなく、河川や海岸付近でも水質保全が可能。 ・高速施工と排泥量を低減することによるコストの低減を可能にした。	・狭小な場所では施工が困難。	・一軸圧縮試験	・特に規定なし	・改良体と改良体との接点部。（若しくは杭芯れ。）	・改良上部、中間部、改良下部	・運河内、橋脚基礎締切部の底盤改良。	・掘削底盤部の補強。 ・土留めの変更防止。	砂質土：qu＝3.0MN/m ³ 粘性土：qu＝1.0MN/m ²				・既存地下LNGタンク基礎の液状化防止。 ・開削底盤部の盤ぶくれ防止。 ・推進掘削の坑口防護。	・車上プラントでの対応。 ・杭径の更なる大径化。	

表 2-9 各深層混合処理工法の概要と調査結果一覧(6)

整理 番号	技 術 名 称	登録番号	分類	NETIS登録内容					2-1)	2-2)	3-3)-1	3-3)-2	3-3)-3	3-3)-4	4-1)	4-2)	4-3)	4-4)-1	4-4)-2	4-4)-3	4-5)	4-6)	5	
				工法の概要	適用箇所	施工実績	地盤の適用範囲	改良範囲	工法の特徴					施工実績										
									改良体の強度確認方法					施工実績										
									長所	短所	確認方法	箇所数	断面位置	深度方向										今後の着眼点
28	CDM-コラム21工法	KT-980093-A	固結工	現位置で軟弱な粘性土や、ゆるい砂地盤中にセメントスラリーを注入し軟弱地盤と混合・攪拌固化することで地盤を安定させる地盤改良工法である。	構造物、道路、鉄道、護岸、橋台基礎および山留め、止水および山留、液状化防止、ヒービング防止等に適用できる。タンク鉄塔等の基礎、橋台基礎及び山留め、鉄道の基礎	22	軟弱地盤、砂質土、粘性土、シルト、有機質土、粒径5cm以下の砂礫層	最大施工深度は40m、Φ1500	・大口径での対応が可能 ・改良m3が大きいと安価に施工できる ・改良体の品質が良い	・狭小な箇所での施工が困難 ・攪拌装置台数が4と少ない ・改良m3が少ないと割高		・一軸圧縮試験	・3箇所	・改良範囲で対角に端部及び中間	・表層部、中間部、最深部	・補強盛土の沈下・支持力（増強）対策	・構造物基礎の支持力増強のため ・他工法と比較して、コスト減・高品質の改良体が得られる	砂質土：600KN/m ² ～ 粘性土：600KN/m ² ～ 有機質土：qu=100～300KN/m ²	・補強盛土工設計指針に準ずる。			・建築物のための、改良地盤の設計及び品質管理指針 ・陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル	・近接施工への対応 ・ベースマシンの小型化 ・攪拌時間の短縮 ・一層のコスト削減	
29	SDM工法	KT-980134-V	固結工	・高速低変位深層混合処理工法 ・軟弱地盤を機械攪拌と超高压噴射攪拌を併用し、大口径の改良体を高速で造成する。 ・改良と同時に固化材混入量の見合う排土を行い、地盤変位を抑制する低変位深層混合処理工法。 ・改良体外周部は、超高压ジェット噴流による攪拌混合のため、基礎杭、山留め壁との密着施工、改良体相互のラップ施工等一体化が図れる。	・盛土、切り土のすべり、沈下防止 ・構造物の支持力増強、沈下防止 ・液状化防止 ・開削工事のヒービング防止、受働土圧の増加 ・既設および新設に基礎杭m山留め壁、自立式護岸の横方向地盤反力の増加	103	砂質土：N≦20 粘性土：粘着力C≦50kN/m ²	・施工深度 標準25m以下	・軟弱地盤を機械攪拌と超高压噴射攪拌を併用し、大口径の改良体を高速で造成する。 ・改良と同時に固化材混入量に見合う排土を行い、地盤変位を抑制する低変位深層混合処理工法。 ・改良体外周部は、超高压ジェット噴流による攪拌混合のため、基礎杭・山留め壁との密着施工、改良体相互のラップ施工等一体化が図れる。	・地中に混入する固化材スラリー量によって排出土量を制御し地盤変位を抑制することが可能だが、施工条件によっては、変位量が変化するため、変位測定（動態観測）が必要である。 ・空打ち部、改良部にコンクリート残土等の廃棄物、碎石、玉石等の障害がある場合にはあらかじめ除去が必要である。	・一軸圧縮試験	・一般的に、改良体500本未満は3箇所。500本以上は250本増えることに1箇所追加する。	・一般的に、改良体中心から改良体径の1／4離れた付近で実施する場合が多い。	・一般的に、上層、中層、下層の3層に分け、それぞれ3供試体を試験する。	・擁壁基礎の沈下・支持力増加対策 ・B・O・Xカルバートの沈下・支持力増加	・構造物の沈下防止・支持力増加が可能であること ・他の工法と比較してコストが低いこと	砂質土：qu=400～600kN/㎡ 粘性土：qu=300～600kN/㎡ 有機質土：qu=100～300kN/㎡	・道路土工 擁壁工指針および道路土工 カルバート指針に準じて設計を行う。 ・支持力は、道路橋示方書IV下部構造編の支持力方式に準じて行う。 ・改良率は、深層混合処理工法設計・施工マニュアルの設計および改良仕様実績に準じて行う。	・土木構造物では、考慮されていない場合が多い。（要検討）	・なし	・道路土工擁壁工指針・道路土工カルバート指針 平成11年3月（社）日本道路協会 ・道路橋示方書IV下部構造編・同解説 平成14年3月（社）日本道路協会 ・陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 平成16年3月（財）土木研究センター	・盛土・切土の側方流動防止 ・開削工事のヒービング防止・受働土圧の増加 ・深層混合処理工と山留め壁の間詰め工。	・地層の変化に対応した改良径のコントロール ・施工機械の高性能化、自動化	
30	LDIs(エルディス)工法	KT-980135-V	固結工	・高压噴射工法と機械攪拌工法を併用し、改良時に固化材混入スラリー量と同等量の原土を排土することで周辺地盤への変位を抑制する超高压噴射地盤改良工法。 ・エアを併用しないため水中施工が可能である。 ・改良時に原土を地表に排出することにより、地盤へのスラリー供給に伴う堆積増加をできるだけ少なくして周辺地盤への変位低減可能。	・河川改修工事に伴う河床および堤体部の改良 ・盛土及び切り土のすべり防止 ・開削工事のヒービング防止、受働土圧の増加 ・構造物の支持力強化および沈下防止	247	砂質土：N≦20 粘性土：粘着力C≦70kN/m ² 腐植土：含水比W≦100%	●標準的な施工深度20m以下（40m程度までの実績あり）	・改良時に固化材混入スラリー量と同等量の原土を排出することで、周辺地盤への変位を抑制する。 ・エアを併用しないことで排出土にスラリーの混入がほとんどないため、水中施工が可能である。 ・山留め壁、矢板等との密着施工が可能である。 ・施工機械が小型・軽量化で、機動性の高い低騒音、低振動工法である。	・改良体に曲げ応力がかかる構造系に適用できない。 ・斜施工ができない。 ・空打ち部、改良部にコンクリート残土等の廃棄物、碎石、玉石等の障害がある場合にはあらかじめ除去が必要である。	・一軸圧縮試験	・一般的に、改良体500本未満は3箇所。500本以上は250本増えることに1箇所追加する。	・一般的に、改良体中心から改良体径の1／4離れた付近で実施する場合が多い。	・一般的に、上層、中層、下層の3層に分け、それぞれ3供試体を試験する。	・擁壁基礎の沈下・支持力増加対策 ・B・O・Xカルバートの沈下・支持力増加	・構造物の沈下防止・支持力増加が可能であること ・他の工法と比較してコストが低いこと	砂質土：qu=400～800kN/㎡ 粘性土：qu=300～600kN/㎡ 腐植土：qu=150～300kN/㎡	・道路土工 擁壁工指針および道路土工 カルバート指針に準じて設計を行う。 ・支持力は、道路橋示方書IV下部構造編の支持力方式に準じて行う。 ・改良率は、深層混合処理工法設計・施工マニュアルの設計および改良仕様実績に準じて行う。	・土木構造物では、考慮されていない場合が多い。（要検討）	・なし	・道路土工擁壁工指針・道路土工カルバート指針 平成11年3月（社）日本道路協会 ・道路橋示方書IV下部構造編・同解説 平成14年3月（社）日本道路協会 ・陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 平成16年3月（財）土木研究センター	・盛土・切土の側方流動防止 ・開削工事のヒービング防止・受働土圧の増加 ・深層混合処理工と山留め壁の間詰め工。	・地層の変化に対応した改良径のコントロール ・施工機械の高性能化、自動化	
31	エボコラム工法(地盤改良工法)	KT-980205-A	固結工	複合相対攪拌翼を用いて現位置地盤とスラリーの固化材を機械的に攪拌混合し、固化材の化学的反応によりあらゆる地盤に対し所要の強度を持つ改良コラムを築造する深層混合処理工法である。	・建物基礎 ・タンク基礎 ・橋台・橋脚基礎 ・擁壁基礎 ・護岸基礎 ・沈下対策 ・すべり対策 ・液状化対策 ・山留め壁 ・止水壁 ・地中切梁	653	・砂質土：N≦50 ・粘性土：N≦20	φ800～φ2500	・大口径（φ1800～φ2500）まで対応可能 ・既存の既製杭破砕と地盤改良の同時施工が可能 ・複合相対攪拌により高品質な改良体の造成が可能 ・礫・軽石・硬質粘土地盤・岩盤層での施工が可能 ・低速回転施工の為、周辺地盤への変位が少ない	・大口径・硬質地盤の施工では、狭小地での施工が困難	・一軸圧縮試験	・3箇所	・改良範囲で対角に端部及び中間	・表層部・中間部・最深部	・建築物・タンク・カルバートの支持力(増強)対策 ・擁壁・補強土壁・橋台・橋脚の支持力(増強)対策 ・護岸・岸壁・防波堤の支持力(増強)対策	・他工法と比較してコスト減 ・他工法と比較して工期短減 ・他工法と比較して品質向上 ・他工法では、施工不能な地盤であるため(硬質地盤) ・周辺地盤への影響を少なくするため(軌道近接施工)	qu=50 k N/m ² ～2,000kN/m ²	・道路橋示方書IV下部構造編の極限支持力度式に準ずる。 ・その他は、陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル等に準ずる。	・可能。（改訂版「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」に準ずる。（(財)日本建築センター））	・特になし。	・道路土工・擁壁工指針 平成12年12月（財）日本道路協会	・盛土・構造物基礎等の沈下、すべり、液状化、側方変位対策（複合地盤的用途） ・山留め壁、止水壁、地中切梁（仮設的用途）	・建替え工事等において既存の既製杭等については、現在撤去工が実施され、その後に基礎工が行われている。エボコラム工法では、それを同時に施工が可能であるため、コスト削減・工期短縮が可能である。しかし、実績がまだ少ない為、今後より多くの現場への適用が必要である。	
32	TOFT工法	KT-980239	固結工	液状化対象地盤を格子状の固化改良することにより、固化地盤で囲まれた砂地盤のせん断変形を抑制し、過剰間隙水圧の発生を防止する。	・新設構造物の他、既設の盛土や掘削道路なども施工可能である。	30	・砂質土 ・砂質土 ・シルト ・粘性土 ・有機質土	「最大深度」20 (m)	・液状化対象地盤を格子状に固化改良することにより、固化地盤で囲まれた砂地盤のせん断変形を抑制し、過剰間隙水圧の発生を防止する。 ・格子状での改良により経済的である。	・隣接する改良体をラップさせる必要がある。	・一軸圧縮試験	・3箇所（500本未満、500本以上は250本増えることに1本ずつ追加）	・ボーリング採取は改良体中心から改良体径の1/4離れた付近とする。	・改良深さ3断面（上・中・下）	・土構造物等の基礎	・液状化対策と支持力確保が可能。	qu=1000～3000KN/m ²	・道路橋示方書IV下部構造編	・液状化対策工法であるが、対応は可能。	・有限要素解析等による照査	・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版 平成16年3月 土木研究センター	・機械攪拌方式2軸機を中心に施工してきたが、条件によっては高圧噴射攪拌方式による施工が有利となる場合がある。		
33	J&C工法	KT-980294	固結工	ジェット水で地盤を切削・地盤を泥澤化、この泥土をトレミー方式によって硬練りグラウトを充填しながら排出・置換し、円柱状の均質な固結体を造成します。さらに、排出された泥土を分級して再利用する新しいタイプの地盤改良工法です。	(1)仮設構造物としての適用（地盤強化、止水、防護、その他） (2)構造物としての適用（支持力強化、土圧低減、湧水、水圧低減、その他）	1	砂質土○ シルト○ 粘性土○	「最大深度」20 (m)			・一軸圧縮試験													
34	DeMIC-S工法	KT-980426	固結工	本工法は、垂直攪拌装置を従来の深層混合処理機の取り付け、これを回転することにより改良体を長方形として軟弱地盤を壁状に、あるいはブロック状に連続改良する工法である	・地中梁 ・擁壁基礎 ・杭の側面拘束 ・山留壁等	5	砂質土○ シルト○ 粘性土○ 有機質土○	「最大深度」30 (m)			・一軸圧縮試験													

表 2-10 各深層混合処理工法の概要と調査結果一覧(7)

NETIS登録内容				2-1)		2-2)		3-3)-1		3-3)-2		3-3)-3		3-3)-4		4-1)		4-2)		4-3)		4-4)-1		4-4)-2		4-4)-3		4-5)		4-6)		5	
整理番号	技 術 名 称	登録番号	分類	工法の概要	適用箇所	施工実績	地盤の適用範囲	改良範囲	工法の特徴				改良体の強度確認方法								施工実績										今後の着眼点		
									長所	短所	確認方法	箇所数	断面位置	深度方向	基礎または基礎地盤として用いた実績	採用理由	改良体の設計強度	許容支持力算出方法	曲げを受ける部材としての評価	構造物体としての検証方法	関連基準類	その他使用実績											
35	RASコラム工法	KT-980496-A	固結工	軟弱地盤中にセメントスラリーを吐出させ、地盤を強化する技術。正逆回転機構を有する装置を用い、スラリー状のセメント系固化材と原地盤とを混合攪拌することにより、品質の高い改良体を作成する深層混合処理工法である。	道路盛土等の滑り破壊防止 圧密沈下防止 液状化防止 タンク基礎 建築基礎 各種構造物基礎に適用可能。	125	砂質土N≦50 粘性土N≦20	深度50m以下。	・大口径改良により、効率的な施工が可能 ・正逆回転機構による、攪拌効率の向上 ・先端ヘッド形状が硬質地盤対応のため広範囲の土質に適用可能	・大型重機を使用するため、狭小な場所での施工が困難 ・表層地盤が軟弱な場合は、重機足場の改良が必要	・一軸圧縮試験	・500本未満の場合3本、500本以上は250本増える毎に1本追加	・監督員との協議による	・上・中・下の3箇所	・盛土対策（滑り破壊、沈下防止等） ・道路構造物、擁壁、ボックスカルバート等（支持力増強） ・タンク等（支持力増強および液状化対策）	・中間層に硬質地盤が介在する ・大口径改良による工期、工費の削減 ・高強度の改良体が造成可能（2MN/m2の施工実績あり）	砂質土：2.5MN/m2以下 粘性土：2.5MN/m2以下	・国土交通省告示第1113号の支持力算定式に準ずる。	・適用可能（条件に応じて） （算出方法は『道路標示方書；耐震設計編』または『改良地盤の設計及び品質管理指針』に準ずる）	・擁壁・BOX基礎等においては、構造物の重要度に応じた水平力の検討（曲げ検討）を行う。 （算出方法は『道路標示方書；耐震設計編』または『改良地盤の設計及び品質管理指針』に準ずる）	・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル（改訂版）；（財）土木研究センター ・改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針－セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法－；（財）日本建築センター	・自立山留め・変状防止目的（シールド、土留等）	・施工機械の小型化										
36	拡幅式地盤改良工法（SWING工法）	KT-990066	固結工	本工法は、任意の深さでビット本体を回転しながら攪拌翼を開く方式を採用している。この攪拌翼で拡幅削孔を行い、固化材スラリーを地盤中に注入するとともに攪拌を行い、改良体を作成する。		21	砂質土○ シルト○ 粘性土○ 有機質土○	〔最大深度〕40(m)	・大口径改良により、効率的な施工が可能 ・ジェット改良により、先行地中梁等の付着改良が可能 ・拡幅式の攪拌機構により、埋設物下部の改良が可能	・大型重機を使用するため、狭小な場所での施工が困難 ・表層地盤が軟弱な場合は、重機足場の改良が必要 ・標準的な機械攪拌工法に比べて非経済的	・一軸圧縮試験	・500本未満の場合3本、500本以上は250本増える毎に1本追加	・監督員との協議による	・上・中・下の3箇所	・土留立坑、開削の底盤改良 ・土留立坑、開削の先行地中梁 ・護岸、基礎構造物の液状化対策	・先行地中梁のように中間層に未改良部が介在する ・大口径改良による工期の削減	砂質土：1.5MN/m2以下 粘性土：1.2MN/m2以下	・国土交通省告示第1113号の支持力算定式に準ずる。		・格子状改良による液状化対策の場合、構造物の重要度に応じた水平力の検討（曲げ検討）を行う。 （算出方法はTOFT工法設計資料に準ずる）	・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル（改訂版）；（財）土木研究センター ・改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針－セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法－；（財）日本建築センター		・小型機械の検討										
37	PROP（プロップ）	KT-990165-A	固結工	柱状のソイルセメント杭を作成するスラリー系深層混合処理工法。ベースマシンに搭載した回転ロッドの先端部に複数段の攪拌翼を装備した特殊攪拌装置と独特の攪拌仕様によって、吐出したセメントスラリーを地盤中の軟弱土と攪拌混合することで、地中に強度のばらつきを少なくした高品質の柱状のソイルセメント杭を作成するスラリー系深層混合処理工法である。	建築物の直接基礎地盤改良工事、支持力増強や沈下対策地盤改良工事 他。	37	・貫入実績地盤強度は、TYPE－Ⅰで砂質土地盤N＝15～16、粘性土地盤N＝5、TYPE－Ⅱで砂礫層N＝46、ローム層N＝7、TYPE－Ⅲで砂礫層N＝35～45、シルト層N＝50、TYPE－Ⅳで砂礫層N＝27～28、シルト層N＝6である。	・改良深度25mを超える場合は、別途施工方法等の検討が必要である。	・高品質でばらつきの少ない改良体の造成が可能 ・施工規模、改良目的に応じた仕様の機械選定により、経済的な改良地盤を造成可能	・施工機が比較的大きいため、狭小な敷地での施工が困難 ・硬質地盤には適用できない	・一軸圧縮試験	・1建物につき、3～5箇所	・改良体中心からr/2の位置（r：半径）	・全深度を対象に、3供試体/1m Exp. 5m改良の場合、3個/m×5m＝15供試体	・対象建築物の制限はない	・杭基礎で支え深い、中間支持層（N<10程度の砂層など）で支持が可能であったため、傾斜地盤などで、杭基礎で設計すると短杭あるいは異種基礎となるため	砂質土：1000～2000kN/m2 粘土・シルト：700～1200kN/m2 ローム・有機質土：300～1000kN/m2	・日本建築センター編「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」に順ずる	・可能 算出方法：線形弾性地盤反力法、極限平衡法	・建築基準法 ・（財）日本建築センター編「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」 ・（社）日本建築学会編「建築基礎のための地盤改良設計指針案」 ・（社）日本建築学会編「建築工事標準仕様書・同解説 JASS3、4」 ・（社）日本建築学会編「山留め設計施工指針」		・小規模工事への適用											
38	テノコラム工法	KT-990238-A	固結工	軟弱地盤を改良する技術。	・各種構造物の基礎 ・液状化対策 ・圧密沈下防止 ・土留め、山留め ・円弧すべり対策 ・遮水、止水	13535	玉石や岩盤を除くほとんどの地盤に適用可能。	・深度55m ・改良径φ1200mm	・あらゆる土質条件に適用可能である。 ・多様な現場に対応可能である。 ・発生残土が少ない。 ・低騒音、低振動工法である。		・一軸圧縮試験	・1箇所以上	・中心と外縁の中間点	・改良コラム500本当り1本かつ1工区当たりとし、採取箇所は深度3mm以深かつ各土層毎	①基礎改良 ②擁壁基礎改良 ③土留め ④沈下対策 ⑤液状化対策 ⑥円弧滑り対策 ⑦遮水、止水	・改良地盤の均質化・高強度化・残土低減によるコストメリットが向上するため。	1000kN/m2	・「陸上工事における深層混合処理設計・施工マニュアル改訂版、平成16年3月、土木研究センター」に準拠 ・「道路標示方書・同解説Ⅳ下部構造編、平成14年、道路協会」に準拠 ・「攪拌混合基礎（機械攪拌方式）設計・施工の手引き、財団法人鉄道総合技術研究所」に準拠	・曲げを受ける部材としての評価は可能（底盤改良時の曲げ引張り等の検討）	・有限要素解析などによる応力照査	・「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針－セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法」、日本建築センター・「液状化対策工法設計・施工マニュアル（案）、平成11年3月、建設省土木研究所」	・底盤改良 ・掘削における自立土留め	・大径化による適用範囲の拡大										
39	DCM-L工法	KT-990363	固結工	自然に堆積したり、埋め立てられてきた軟弱粘性土やゆるい砂地盤に現位置でスラリー状のセメントミルク等の安定剤を注入し、これら軟弱地盤と攪拌・混合することで地盤を化学的に固化させ、短期間で地盤を安定化し、急速施工が可能な地盤改良工法です。	DCM-L工法は、その適用範囲は広く、各種構造物の基礎や盛土の斜面安定、沈下防止、液状化対策等としても有効であり、改良対象の土質条件に適した硬化材の配合を決定する事により、目標とする所要強度が確実に得られます。	129	〔土質条件A〕 砂質土○ シルト○ 粘性土○ 有機質土○	施工機械も施工深度に応じて選定でき、最大施工深度はGL+45m	・必要な強度を確保できる。 ・改良品質を高いレベルで確保できる。 ・さまざまな用途に適用が可能である。		・一軸圧縮試験	・500本未満は3箇所、500本以上は250本増えるごとに1本追加する。	・ボーリング採取は改良体中心から改良体径の1/4離れた付近とする。	・改良深さ3断面（上・中・下）	・擁壁基礎、ボックスカルバート基礎など、盛土安定・沈下対策	・施工可能深度が大きく、施工速度も速い。	qu＝400～3000kN/m2	・道路標示方書Ⅳ下部構造編	・評価は可能と思われる。	・有限要素解析等による照査	・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版、平成16年3月土木研究センター												
40	X-jet（クロスジェット）工法	KT-990495	固結工	・地表面から直径15cmの孔を目標深度まで開けるだけで地中に直径2.5mの固結柱状を作成できる地盤改良技術。	・立坑の底盤改良、先行地中梁 ・シールド発達・到達防護工 ・中規模の土留め欠損部 ・液状化防止 ・基礎地盤の強化・安定 ・耐震補強	132	・粘性土へ砂礫～砂質土地盤で未固結地盤が対象となる。	・施工深度については、50≦N≦100の砂質土地盤で削孔長はH＝60mまで施工実績があり、この程度を上限と設定。	・従来のジェットグラウト工法は、地盤の硬軟に左右され、一定径の改良体の造成は不可能であった。X-jet工法は交差噴流技術（2本の超高压ジェット噴流をある所定の角度で交差させる）を導入することにより、噴流を衝突させてストッパー（流体型枠）にすることで、一定径の改良体の造成を可能とした。 ・トータルパワーの倍増による施工速度の飛躍的向上。（工程短縮） ・交差噴流で地盤を繰り返し切削することによる、改良体の品質向上。（特に、腐植土地盤に有効） ・在来工法に比べて大幅な工期短縮とコストダウンが可能。	・一軸圧縮試験	・3箇所	・ラップの交点。もしくは改良半径の1/2位置	・上、中、下	・立坑の底盤改良、先行地中梁・シールドの発達・到達防護 ・中規模な土留め欠損部 ・液状化防止、耐震補強 ・基礎地盤の強化、安定	・改良強度 ・工期、コスト	砂質土：qu＝3MN/m2（低強度型）2MN/m2） 粘性土：qu＝1MN/m2（腐植土：0.3MN/m2）	・深層混合処理工法（機械攪拌）の設計に準じている。 ・深層混合処理工法（機械攪拌）の設計に準じている。	・本来の杭基礎として、改良体単杭の設計はこなわれていない。	・擁壁基礎等でブロック式改良を行なう場合、地中の仮想ケーソン基礎として水平力に抵抗する設計を行なう。	・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル、H.16.3、（財）土木研究センター ・ジェットグラウト工法（JSG・コラムジェットグラウト）技術資料、日本ジェットグラウト協会	・橋脚基礎、線状構造物（C-Box等）の耐震補強	・排泥（産業廃棄物）の減量化											

表 2-11 各深層混合処理工法の概要と調査結果一覧 (8)

整理番号	技 術 名 称	登録番号	分類	NETIS登録内容					2-1)	2-2)	3-3)-1	3-3)-2	3-3)-3	3-3)-4	4-1)	4-2)	4-3)	4-4)-1	4-4)-2	4-4)-3	4-5)	4-6)	5
				工法の概要	適用箇所	施工実績	地盤の適用範囲	改良範囲	工法の特徴		改良体の強度確認方法				施工実績								今後の着眼点
									長所	短所	確認方法	箇所数	断面位置	深度方向	基礎または基礎地盤として用いた実績	採用理由	改良体の設計強度	許容支持力算出方法	曲げを受ける部材としての評価	構造物体としての検証方法	関連基準類	その他使用実績	
41	MITSE工法 QSJシステム	QS-000012-A	固結工	軟弱地盤の改良工事において、改良部分の深い位置に障害物（捨石・木杭・コンクリートガラ等）が存在している場合でも、特殊高圧ポンプを使用することで障害物を容易に削孔することが出来、さらに障害物を巻き込んだ改良体を作成することが出来る技術である。	・改良機械の移動幅が狭い箇所（2m～4m） ・盛土、構造物等の基礎 ・盛土、水路等の滑り防止 ・掘削孔時における山留め、止水 ・引き込み沈下防止 ・砂地盤の液状化防止	68	・粘性土qu＝10～50kN/m2以下、砂質土N＝5～15以下 ・施工深度22m以下 ・改良径φ600～1000mm）／改良径φ600～1000mm	・障害物（捨石、コンクリート、松杭等）の削孔が可能で、それらを巻込んだ改良体の造成が可能。 ・珪砂スラリーを噴射することにより造成圧力を低くでき、周辺地盤の変位抑制が可能。 ・改良機は小型軽量で狭小な現場でも施工可能 ・改良径は最大φ1000mmが施工可能 ・最大打設長20m、上空制限下での施工可能 ・リーダー部は倒伏可能でメンテナンス容易	・施工地盤の強度や裸等の障害によって杭径にバラツキがでる。	・一軸圧縮試験	・国土交通省、管理基準（固結工）に準じる	・任意又は発注者との打合せによる。	・国土交通省、管理基準（固結工）に準じる	・河川構造物（護岸、樋管、樋門等）および堤防・道路構造物（ボックスカルバート等）・建築物	・改良対象地盤中に捨石等の障害物が在り、羽根拌での改良が困難な為。	砂質土：100～1000kN/m2 粘性土：100～1000kN/m2	・構造物基礎：道路橋示方書に準拠する。（0.1～0.2mラップを基本とし、上部工規模により最低改良率30%以上） ・沈下抑制杭：道路橋示方書に準拠する。（盛土・土載荷重を支持できる改良率で最低30%以上）	・0.1～0.2mラップのブロック式改良の場合（改良率80%程度以上）、評価は可能である。 ・曲げモーメント/断面係数より曲げ応力を算出し、『曲げ応力<杭の許容引張り力』を検証する。	・自立する仮設土留め：土圧・水圧による水平力・浮き上がりに対して検証する。 ・土留めにおける底盤：改良体底盤に作用する軸力・浮き上がり・曲げ・せん断に対して検証する。	・土木工事共通仕様書（財）九州建設弘済会 ・土木工事施工管理の手引き（財）九州建設技術管理協会	・土留杭 ・山間地でのテールアルメ基礎 ・砂防ダム基礎 ・先行地中渠	・環境への取り組み（排泥量の抑制）	
42	MITSE工法（CMSシステム）	QS-000013-V	固結工	掘削に伴う地盤のすべり対策・構造物沈下対策・液状化対策等の軟弱地盤固結工法として、小型ベースマシンを基本とする中深層のスラリー中圧噴射と特殊攪拌翼を併用した新しい原位置地盤改良システムの技術である。	・構造物、盛土等の沈下防止対策 ・すべり防止対策 ・土留補強 ・支持力増加対策 ・周辺変位低減対策	126	・粘性土N値10 ・砂質土N値15（改良径φ1000mmの場合） ・最大深度22m（施工実績より） ・改良径は、φ500mm～1600mm	・改良機は小型軽量で狭小な現場でも施工可能 ・改良径は最大φ1600mmが施工可能 ・最大打設長22m、上空制限下での施工可能 ・機械位置から下方及び上方への施工が可能 ・リーダー部は倒伏可能でメンテナンス容易 ・コスト削減が可能	・N値が高い地盤では施工が難しい。 ・多量の礫、玉石が混入している地盤および、木杭・コンクリート等の障害物が残存している地盤では施工が難しい。	・一軸圧縮試験	・国土交通省、管理基準（固結工）に準じる	・任意又は発注者との打合せによる。	・国土交通省、管理基準（固結工）に準じる	・河川構造物（護岸、樋管、樋門等）および堤防・道路構造物（ボックスカルバート等）・建築物	・従来工法よりコスト削減が可能なため。 ・小型軽量機械であるため。 （軟弱なため大型機械での施工が難しい）	砂質土：80～1200kN/m2 粘性土：80～1200kN/m2	・構造物基礎：道路橋示方書に準拠する。（0.1～0.2mラップを基本とし、上部工規模により最低改良率30%以上） ・沈下抑制：道路橋示方書に準拠する。（盛土・土載荷重を支持できる改良率で最低30%以上）	・0.1～0.2mラップのブロック式改良の場合（改良率80%程度以上）、評価は可能である。 ・曲げモーメント/断面係数より曲げ応力を算出し、『曲げ応力<杭の許容引張り力』を検証する。	・自立する仮設土留め：土圧・水圧による水平力・浮き上がりに対して検証する。 ・土留めにおける底盤：改良体底盤に作用する軸力・浮き上がり・曲げ・せん断に対して検証する。	・土木工事共通仕様書（財）九州建設弘済会 ・土木工事施工管理の手引き（財）九州建設技術管理協会	・先行地中渠 ・仮設土留工の変位抑制 ・土留杭 ・段差抑制工	・近接施工への対応 ・環境への取り組み	
43	SDW工法	QS-010004	固結工	本工法は、液性限界を超える高含水比を有する超軟弱地盤を対象とし、改良スラリー状にて供給しながら機械的に混合攪拌し、安定した地盤に改良する工法である。この工法の目的は、海城、河川、湖沼、埋立地などに堆積したヘドロの固化、トラフィカビリティーの改善である。工法分類としては、機械式攪拌工法に属する	海城、河川、湖沼、埋立地などのヘドロの固化	1	○（一軸式改良機） ・N値2までの軟弱地盤○（二軸式改良機） ・N値1までの軟弱地盤	最大深度5m		・一軸圧縮試験													
44	エフツインジェット工法	QS-040034-A	固結工	回転ロッド先端の攪拌翼から、2流線で高圧セメントスラリーを単独またはエア併用で噴射することで、大径のソイルセメントコラムを高速度造成する技術。	開削工の底盤改良や、山留め壁と既設固化体との間詰め。その他、各種構造物の安定・沈下対策や液状化対策など、地盤改良に使用できる。	9	・砂質土N値20程度まで ・粘性土粘着力C＝70kN/m2程度までである。	・最大深度35m ・改良径φ700～1800 ・2流線式セメントスラリー噴射による大径高速施工 ・機動性に優れた小型施工機が適用でき、河床等の狭い地盤や既設構造物に近接した施工が可能。	・施工機が小型であるため、比較的硬質な地盤への適用が困難である。	・一軸圧縮試験	・1箇所（全長コア）	・改良体中心から改良体径の1/4離れた付近が多い。必要に応じて、ラップ部で実施。	・3深度（上・中・下）、各深度とも3供試体で確認。	・土留め壁などの底盤改良 ・盛土の沈下対策 ・すべり対策など	・鋼矢板との密着施工と100%改良が容易にできる。 ・狭い地盤、空間制限下での施工が可能。	・砂質土や粘性土に適用する場合の標準値は、quick＝200～1000kN/m2 ・有機質土や特殊土については、室内配合試験や試験施工によって設定する。	・「陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル」等に準ずる	・基本的には曲げに対する抵抗は考慮しない		・「陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル」（財）土木研究センター ・「ジェットグラウト工法技術資料」 日本ジェットグラウト協会		・さらなる大径、高速化施工	
45	CDM-レムニ2/3（ソースリー）工法	QS-050016-A	固結工	CDM-レムニ2/3工法は、3軸列にした回転軸を用いて施工するのが特徴であり、直径φ1000mm～φ1300mmの攪拌翼が適用可能である。また、セメントスラリーは両端2軸のみからの2軸注入方式で3軸攪拌混合にし、従来の2軸式工法の設備や施工装置をそのまま利用できる。これらにより、従来工法と同レベルの改良品質を確保しながら、工期とコストを大幅に短縮・削減することを可能にしている。	盛土等の滑り破砕防止や圧密沈下防止等、タンク基礎、建築基礎、各種構造物基礎	7	・土質条件（最大N値または粘着力C） (1) 粘性土 φ1000mm：C ≦100 kN/m2 (N ≦10) φ1200mm：C ≦80 kN/m2 (N ≦8) φ1300mm：C ≦60 kN/m2 (N ≦6) (2) 砂質土 φ1000mm：N ≦30 φ1200mm：N ≦25 φ1300mm：N20 ・最大打設長30m ・改良径φ1000、φ1200、φ1300 ・レムニスケート運動と新開発の攪拌補助装置で、両端の2軸注入で3軸攪拌混合を可能とした3軸式深層混合処理工法 ・従来の2軸式工法の設備や施工管理装置をそのまま利用可能である。 ・従来工法と同レベルの改良品質を確保しながら、工期と工費を大幅に短縮・削減できる。 ・支持力、沈下、液状化対策工法などさまざまな用途に適用可能である。	・レムニスケート運動と新開発の攪拌補助装置で、両端の2軸注入で3軸攪拌混合を可能とした3軸式深層混合処理工法 ・従来の2軸式工法の設備や施工管理装置をそのまま利用可能である。 ・従来工法と同レベルの改良品質を確保しながら、工期と工費を大幅に短縮・削減できる。 ・支持力、沈下、液状化対策工法などさまざまな用途に適用可能である。	・一軸圧縮試験	・改良体500本未満は3本、500本以上は250本増えることに1本追加する	・ボーリング採取位置は改良体中心位置から改良体径の1/4離れた付近で採取する	・改良部の上端から下端まで連続的にサンプリングし、上中下で強度確認を行う。	・道路構造物（擁壁基礎・ボックスカルバート）の支持力・沈下・液状化対策 ・道路盛土の安定・沈下・液状化対策	・3軸施工とすることで、施工のハイスピード化、低コスト化が図れるため	砂質土：200～1000 kN/m2 粘性土：200～1000 kN/m2	・「陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル」改訂版、平成16年3月、土木研究センター」に準拠 ・「道路橋示方書・同解説IV下部構造編、平成14年、道路協会」にも準拠	・曲げを受ける部材としての評価は可能（底盤改良時の曲げ引張り等の検討）	・有限要素解析などによる応力照査	・「道路土工軟弱地盤対策工指針」、日本道路協会、1986」				
46	HySJET工法（ハイエスジェット工法）	QS-060015-A	固結工	従来の機械攪拌式相そう混合処理工法では困難とされていた山留め壁との接合部分あるいは改良相互の密着施工について、 ・周辺地盤変位の抑制：スパイラル付攪拌中軸によって、高圧ジェット噴射により地盤中の圧力を解放、スラリー注入時の排出土を強制的に排出、周辺地盤変位を抑制できる。 ・排出土処理費の低減：エアを併用しない高圧ジェット噴射では、発生する排出土は泥土状ではなく地山の状態で排出されるため、排出処理費の低減が図れる。	盛土等の滑り破砕防止や圧密沈下防止等、特に山留め壁と接合部あるいは盤膨れ対策等の改良体相互の密着施工に有効である。	0	・砂質土N ≦20 ・粘性土C ≦50kN/m2 ・改良径 ・砂質土では、N値10以下の場合φ2000mm、N値10～20の場合φ1800mm ・粘性土では、粘着力Cuが30 kN/m2以下の場合φ2000mm、粘着力Cuが30～40 kN/m2以下の場合φ1800mm、粘着力Cuが40～50 kN/m2の場合、プレジェット併用でφ1800	・山留め壁面部の密着施工および改良体相互の密着施工が可能である ・1台の処理機で施工可能なため設備がコンパクトであり、施工量、施工効率、経費性も優れている ・周辺地盤変位を抑制できる ・排出土が地山状態であるため、排出処理費が低減できる	・セメントの種類、添加量は事前に原位置の資料をサンプリングし、室内配合試験を実施して決定する必要がある	・一軸圧縮試験	・改良体500本未満は3本、500本以上は250本増えることに1本追加する	・ボーリング採取位置は改良体中心位置から改良体径の1/4離れた付近で採取する	・一軸圧縮試験は、全深度が望ましいが、一般的には上層、中層、下層で実施する	※現時点での施工実績はありません									

表 2-12 各深層混合処理工法の概要と調査結果一覧 (9)

整理番号	技 術 名 称	登録番号	分類	NETIS登録内容				2-1)		2-2)	3-3)-1	3-3)-2	3-3)-3	3-3)-4	4-1)	4-2)	4-3)	4-4)-1	4-4)-2	4-4)-3	4-5)	4-6)	5
				工法の概要	適用箇所	施工実績	地盤の適用範囲	改良範囲	工法の特徴		改良体の強度確認方法								施工実績				
									長所	短所	確認方法	箇所数	断面位置	深度方向	基礎または基礎地盤として用いた実績	採用理由	改良体の設計強度	許容支持力算出方法	曲げを受ける部材としての経路	構造物体としての検証方法	関連基準類	その他使用実績	
47	C1-CMC工法	QS-980018-A	固結工	攪拌翼を用いセメント系改良材と軟弱土を地盤内の原位置で攪拌混合し、大径ソイルセメントコラムを造成する工法。	粘性土層の沈下抑制、盛土のすべり対策、擁壁の基礎、側方流動防止、掘削法面の安定化、自立土留め壁の造成、液状化対策等、従来の深層混合処理と同等。	60	砂質土 粘性土 腐植土	・改良深度：最大50m（小型施工機は11m） ・改良径φ1600、φ2000	・最大で2軸直径1.6m、単軸直径2.0mの大径高速施工。 ・従来工法（DJM、CDM）に比べ対応N値増加 ・エジェクター吐出（エア－噴射）による排土効果で周辺変位が小さい	・硬質地盤には適用できない	・一軸圧縮試験	・頭部コア：3箇所 ・全長コア：1箇所	・頭部コア：直径D/2の円周上を120°ごとの位置 ・全長コア：直径D/2の円周上で1箇所	・全長コア：表層部、中間部、最深部の3深度	・盛土（沈下対策、すべり対策）、擁壁基礎、橋台基礎（流動化防止）、掘削法面、自立土留壁など（対象建築物の制限はない）	・大径施工による高速化で、コスト削減、工期削減が可能のため ・近接施工等、変位制限が厳しいため	・原則的には200～1000kN/m2 砂質土では～3000kN/m2の場合もあり	・「陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル」（財）土木研究センター ・「海上工事における深層混合処理工法技術マニュアル」（財）沿岸開発技術研究センター	・基本的には曲げに対する抵抗は考慮しない	・「陸上工事における深層混合処理工法技術マニュアル」（財）沿岸開発技術研究センター	・「陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル」（財）土木研究センター ・「海上工事における深層混合処理工法技術マニュアル」（財）土木研究センター	・「陸上工事における深層混合処理工法技術マニュアル」（財）土木研究センター ・「海上工事における深層混合処理工法技術マニュアル」（財）土木研究センター	・サイクルタイムの短縮（さらなる高速施工でも品質を確保できるか確認）
48	CDM工法	QS-980047	固結工	CDM工法は、現位置で軟弱粘性土や、ゆるい砂地盤中にセメントスラリーなどの安定剤を注入し、これら軟弱地盤と攪拌・混合することで地盤を化学的に固化させ、短期間で地盤を安定化し、急速施工が可能な地盤地盤改良工法です。	各種構造物の基礎や盛土の斜面安定、沈下防止、液状化対策等	1611	砂質土○ シルト○ 粘性土○ 有機質土○	〔最大深度〕48(m)	・河口部、内水面などにおいて台船に陸上CDM機を搭載して、潮位管理機能付きシステム管理装置により施工する。 ・従来から実施している2軸式工法の技術を踏襲し、設備や施工管理装置は充実している。 ・高レベルの改良品質を確保し、電子納品にも対応している。 ・狭い運河や河川部などでの施工が可能。従来のベン式オシロ管理に変わって品質出来形がリアルタイムに自動管理できる。		・一軸圧縮試験	・改良体500本未満は3本、500本以上は250本増えるごとに1本追加する	・ボーリング採取位置は改良体中心位置から改良体径の1/4離れた付近で採取する	・改良部の上端から下端まで連続的にサンプリングし、上中下で強度確認を行う。	・河川構造物（橋脚基礎・護岸基礎）の支持力・沈下・液状化対策 ・護岸の安定・沈下・液状化対策 ・護岸・岸壁・橋脚・河川堤防・止水壁・土留め壁などの基礎として台船方式のあらゆる用途に適用可能。	・従来からの工法に比較して、水深のある施工区域で施工可能、施工のハイスピード化、低コスト化が図れる	quck=100～600KN/m2	・「陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版、平成16年3月、土木研究センター」に準拠 ・「道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編、平成14年、道路協会」にも準拠	・可能	・有限要素解析などによる応力照査	・「海上工事における深層混合処理工法技術マニュアル」平成11年4月（財）沿岸技術研究センター	・運河部、河川部で、約50万m3の実績がある。システムは平成18年7月に開発された。	
49	JACSMAN	QS-980153-A	固結工	ベースマシンに搭載した回転ロッドの先端部に複数段装備した攪拌翼部から、低圧吐出と超高压交差噴射流によりセメントスラリーを現地地盤と攪拌混合して、地中にソイルセメント杭を造成する複合攪拌工法である。	開削工の底盤改良や、土留め壁と既設のソイルセメント杭との間詰め改良、既設構造物にソイルセメント杭を密着させた改良に適用できる。その他、支持力増強や沈下抑止、液状化対策などに適用できる。	66	・砂質土地盤でN≦20 粘性土地盤でN≦8（粘着力Cu≦100～200kN/m2）	・最大施工深度は45m（但し、攪拌軸を継いで延長する継打ち施工方法で深度は大きくできる）。	・超大口径改良体の造成が可能（最大直径5m） ・産業廃棄物の削減が可能 ・高速で・高品質な施工方法で比べて大幅な工期短縮とコストダウンが可能	・在来工法に比べて広いプラントヤードが必要：180～300m2（三重管工法（CJG）：150m2）	・一軸圧縮試験	・3箇所	・ラップの交点、もしくはは改良半径の1/2位置	・上、中、下	・立坑の底盤改良、先行地中築・シールドの発進・到達防護 ・大規模な土留め欠損部、液状化防止、耐震補強 ・基礎地盤の強化、安定	・改良強度・工期、コスト	砂質土：qu=3MN/m2 粘性土：qu=1MN/m2（腐植土：0.3MN/m2）	・深層混合処理工法（機械攪拌）の設計に準じている。 ・沈下抑止、鉛直支持力確保を目的とし、複合地盤（杭式、改良率）の設計を行なう。	・本来の杭基礎として、改良体単杭の設計はおこなわれていない。	・擁壁基礎等でブロック式改良を行なう場合、地中の仮想ケーソン基礎として水平力に抵抗する設計を行なう。	・陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル、H. 16.3、（財）土木研究センター ・ジェットグラウト工法（JSG・コラムジェットグラウト）技術資料、日本ジェットグラウト協会	・橋脚基礎、線状構造物（C-Box等）の耐震補強	・排泥（産業廃棄物）の減量化
50	DCM工法	QS-980222	固結工	軟弱層と固化材をそのままの位置で攪拌混合し、科学的に固化安定させて軟弱地盤を改良する工法である。固化材をプラントでスラリー状にし、圧送ポンプで機械先端の攪拌部に送り、対象範囲の土層全般を所定の均一な強度にする一連の技術をシステム化したもので、水上・陸上のいずれの施工も可能である。		114	・N値≦10程度の粘性土	・最大深度40～60m（船種で異なる）			・一軸圧縮試験												
51	ダブルミキシング工法	QS-980227-V	固結工	・本工法はバックホウをベースマシンとした地盤改良機により軟弱地盤中にスラリー状のセメント系固化材を注入しながら所定の深度まで土と固化材を機械的に混合攪拌し良質な改良地盤を形成するものである。	・盛土等の基礎 ・盛土、水路等のすべり破壊防止 ・土木、建築構造物の基礎 ・山留め、止水 ・横方向地盤抵抗値の増加 ・沈下防止、振動伝達抑制 ・橋台背面等の沈下防止 ・砂地盤の液状化防止	389	・砂質土○シルト○粘性土○ 有機質土○ ・中間層の最大N値12 粘性土、シルト、有機質土）、25（砂質土）	・最大深度13m、改良径φ600～1400mm	・正逆回転翼による高品質な改良コラムの造成 ・バックホウがベースマシンの為、小型・軽量で機動性が高い ・少ない振動、騒音、低圧注入による周辺への被害防止 ・大口径（φ1600mm～）施工 ・大深度（13m超～）施工	・N値≧25以上の硬質土の対応は出来ない	・一軸圧縮試験	・改良体500本未満は3本、500本以上は250本増える毎に1本追加 「陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 改訂版」に準ずる	・明確な基準は無く、発注者との協議による	・1本の改良体の上・中・下で各1回 計3回 「陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 改訂版」に準ずる	・道路構造物（カルバート等）に対する沈下防止対策 ・擁壁基礎の沈下、支持力（増強）対策 ・建築物の基礎の支持力（増強）対策	・構造物基礎の支持力増強の為 ・他の形式又は工法と比較してコスト減	粘性土：qu=100～1500KN/m2 砂質土：qu=100～1000KN/m2	・「道路橋示方書Ⅳ下部構造編」極限支持力・許容支持力の公式に準ずる ・他「道路土工軟弱地盤対策工指針」、〔柔構造随門設計施工の手引き〕に準ずる	・部分的に可能。引張部分の引張応力を算出、改良体の引張強度は、圧裂試験にて管理	・土留め壁として、支持・滑動・転倒・曲げ破壊について検討	・「道路橋示方書Ⅳ下部構造編」の「柔構造随門設計施工の手引き」は、「陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル改訂版」・「道路土工軟弱地盤対策工指針」に準ずる	・仮設土留め壁・騒音、振動遮断 ・円弧すべり破壊防止 ・盛り土等の沈下防止、低減	・大口径（φ1600mm～2000mm）施工 ・大深度（13m超～）施工 ・N値≧25以上の硬質土への対応
52	ソイルマスター工法	QS-990002	固結工	当ソイルマスター工法は、トラブル対応の中から考えられた工法で、軟弱な地盤や攪乱された地盤上に静荷（フロート載荷・ウインチ牵引、静水圧攪拌）に対応し、「事業損失の防止、環境への配慮、リサイクル化、工期の短縮、作業の効率化、安全性の確保、コスト削減」を可能とした。		280		・軟弱地盤（N≦5）での施工が可能（φ800～φ1,400） ・陸上機と違いトラフィカビリティの確保を考慮しない。（泥土、浅海面） ・単軸式L＝20m 2軸式L＝13.0mまで可能（条件による） ・フロートタイプであることから、小規模、狭小な箇所では施工可能。	・施工ヤード1,000m2以上必要	・施工ヤード	・一軸圧縮試験	・測点又は、管理基準を適用	・指定場所又は、半径の1/2	・深さ方向に3箇所 全長を半分（1/3づつ）	・仮設土留壁、構造物支持力対策 他	・他形式又は工法比較してコスト減 ・現場条件による制約（トラフィカビリティ）	粘性土 100～1,000kN/m2 砂質土 300～1,500kN/m2	①農林省・土地改良基準 ②道路橋示方書の極限支持力度公式に準ずる。 ③その他各省庁の基準書に準ずる。	①陸上工事における深層混合処理工H16年版 ②日本建築センター 建築物の改良地盤の設計	①陸上工事における深層混合処理工H16年版 ②日本建築センター 建築物の改良地盤の設計	・各省庁及び役所の施工管理基準に準ずる。	・仮設土留工・構造物の基礎・すべり安定	・大口径の施工の確立（φ1600径 単軸又は 2軸）
53	AMP工法	SK-010013-A	固結工	都市土木等において、地盤開削工、構築物新設工等を実施する場合、地盤の止水性、強度特性等の確保が必要となる。AMP工法は、これら地盤の止水性、強度特性等の確保を目的として、本工事施工に先立ち実施する補助工法としての地盤改良工法である。	・盛土等のすべり破壊の防止 ・盛土、構造物、擁壁等の基礎地盤改良 ・開削工事に伴うヒービング ・ボーリングの防止 ・管渠推進工事における、発進到達坑口部の防護 ・立坑背面部の止水、土圧の軽減 ・液状化対策	22	・粘性土：C=0～0.03N/mm2（N値5以下程度） ・砂質土：N＝0～15	・有効改良径：1000mm～1800mm ・改良深度：31.0m	・攪拌能力が高い ・バックホウタイプの専用マシンを使用し、ロッド接続による施工であるため、上空制限のある箇所等大型機械では施工が不可能であった狭所での施工に対処できること。	・地盤改良に伴う排泥が出ない ・障害物 玉石、礫等はあらかじめ除去する必要がある。 ・専用マシンは油圧ユニットが分離型であり、掘付用地が必要。	・一軸圧縮試験	・3箇所		・上中下3深度	・盛土等のすべり破壊の防止 ・開削工事に伴うヒービング、ボーリングの防止 ・盛土、構造物、擁壁等の基礎地盤改良 ・管渠推進工事における、発進・到達坑口部の防護 ・立坑背面部の止水、土圧の軽減	・従来工法と同等の改良強度が得られ、排泥処理費を考慮した従来工法と比較してコスト減。 ・バックホウタイプの専用マシンを使用し、ロッド接続による施工であるため、上空制限のある箇所等 ・大型機械では施工が不可能であった狭所での施工に対処できること。	砂質土：3000KN/m2 粘性土：1000KN/m2	・高圧噴射攪拌（単管・二重管・三重管）工の基準に準ずる	・高圧噴射攪拌（単管・二重管・三重管）工の基準に準ずる	・高圧噴射攪拌（単管・二重管・三重管）工の基準に準ずる	・高圧噴射攪拌（単管・二重管・三重管）工の基準に準ずる	・開削工事に伴うヒービング、ボーリングの防止 ・液状化対策	・砂礫土に対する施工性の解析

表 2-13 各深層混合処理工法の概要と調査結果一覧(10)

整理 番号	技 術 名 称	登録番号	分類	NETIS登録内容					2-1)		2-2)	3-3)-1	3-3)-2	3-3)-3	3-3)-4	4-1)	4-2)	4-3)	4-4)-1	4-4)-2	4-4)-3	4-5)	4-6)	5	
				工法の概要	適用箇所	施工実績	地盤の適用範囲	改良範囲	工法の特徴		改良体の強度確認方法					施工実績									今後の着眼点
									長所	短所	確認方法	箇所数	断面位置	深度方向	基礎または基礎地盤として用いた実績	採用理由	改良体の設計強度	許容支持力算出方法	曲げを受ける部材としての評価	構造物体としての検証方法	関連基準類	その他使用実績			
54	RAS-JET工法	SK-050001-A	固結工	・RAS-JET工法は、正逆に回転攪拌する機械攪拌機能を有し、その攪拌翼先端から、固化材を超高压噴射させることで、より大口径で高品質な改良体を作成できる新技術です。	大断面の開削工事の底盤改良、ポンプ場建設における支持杭および底盤改良、TOFT工法のような液状化対策工事。	8	N値50以下砂質土 粘着力 0.2MN/m2以下の粘性土 砂質土N≦50 粘性土C≦0.2MN/m2	最大深度40m 改良径最大φ4000	・超大口径改良により、効率的な施工が可能 ・ジェット改良により、先行地中梁等の付着改良が可能 ・正逆回転機構による、攪拌効率の向上 ・先端ヘッド形状が硬質地盤対応のため広範囲の土質に適用可能	・大型重機を使用するため、狭小な場所での施工が困難 ・表層地盤が軟弱な場合は、重機足場の改良が必要 ・資機材が煩雑化するため、より広いプラント用地が必要	・一軸圧縮試験	・500本未満の場合3本、500本以上は250本増える毎に1本追加	・監督員との協議による	・上・中・下の3箇所	・土留立坑、開削の底盤改良 ・土留立坑、開削の先行地中梁・護岸、基礎構造物の液状化対策	・中間層に硬質地盤が介在する ・大口径改良による工期、工費の削減	砂質土：2.5MN/m2以下 粘性土：1.5MN/m2以下	・国土交通省告示第1113号の支持力算定式に準ずる。		・格子状改良による液状化対策の場合、構造物の重要度に応じた水平力の検討（曲げ検討）を行う。 （算出方法はTOFT工法設計資料に準ずる）		・陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル（改訂版）；（財）土木研究センター ・改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針―セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法―；（財）日本建築センター		・2軸施工の適用	
55	CDM-LD1C工法	TH 980041-A	固結工	・従来のセメント系固結工法における固化材の供給量などに相当する土を施工過程においてスクリューで強制的に排土することにより、施工時の周辺地盤変位の発生を抑えて、周辺地盤や既設構造物への影響を最小限にした深層混合処理工法である。 ・低振動低騒音工法であるため、都市部での施工が可能である。	・支持力・沈下・液状化対策工法などさまざまな用途に適用が可能である。 ・近接施工が可能	416	・土質条件（最大N値または粘着力C） 粘性土φ1000mm：c＝100kN/m2（N≦10）、φ1200mm：c＝80kN/m2（N≦8）、φ1300mm：c＝60kN/m2（N≦6） 砂質土φ1000mm：N≦30、φ1200mm：N≦25、φ1300mm：N≦20	・最大深度45m ・改良径φ1000mm、φ1200mm、φ1300mm	・固化材供給量に相当する土量を強制的に排土することで地盤変位を低減し、既設構造物への変位を最小限にできる。 ・既設重要構造物の近接施工が可能で、変位吸収孔等を必要としない。 ・支持力、沈下、液状化対策工法などさまざまな用途に適用可能である。 ・低振動低騒音工法である。		・一軸圧縮試験	・改良体500本未満は3本、500本以上は250本増えるごとに1本追加する	・ボーリング採取位置は改良体中心位置から改良体径の1/4離れた付近で採取する	・改良部の上端から下端まで連続的にサンプリングし、上中下で強度確認を行う。	・道路構造物（擁壁基礎・ボックスカルバート）の支持力・沈下・液状化対策 ・道路盛土の安定・沈下・液状化対策 ・埋設管の沈下低減対策	・他工法と比較して、既設構造物に与える変位の影響を低減できるため	砂質土：200～1000kN/m2 粘性土：200～1000kN/m2	・「陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版、平成16年3月、土木研究センター」に準拠 ・「道路橋示方書・同解説IV下部構造編、平成14年、道路協会」にも準拠	・曲げを受ける部材としての評価は可能（底盤改良時の曲げ引張り等の検討）	・有限要素解析などによる応力照査	・「道路土工―軟弱地盤対策工指針―，日本道路協会，1986」	・底盤改良 ・掘削における自立土留め	・単軸施工などの適用拡大		
56	エコミキシング工法		固結工	軟弱地盤対策を目的にスラリー状したセメント系固化材を軟弱地盤に注入し、地盤とセメントフリーを混合攪拌することによって柱状の改良体（ソイルセメントコラム）を築造する深層地盤改良工法である。正逆同時回転機能を備えた特殊攪拌機を用いることにより、粘着力が大きい粘性土地盤でも共回り現象をおこすことなく、セメントスラリーと地盤を攪拌混合できる深層混合改良工法を実現したものである。	・構造物基礎の地盤改良 ・土留の底盤改良 ・盛土のすべり抑止		・粘性土 ・砂質土 ・礫質土	・深度10m ・改良径φ1000			・一軸圧縮試験														
57	UD-HOMET（大深度対応型高精原位置混合攪拌工法）		固結工	地中駆動（Underground Drive）方式を中空モーター（Hollow Motor）で実現した（Execution）新しい技術（Technology）である。従来のSMM工法では、駆動部が常に地上にあるトップドライブ方式であったが、掘削機の掘削駆動を地中駆動方式とすることで、大深度でも確実にトルクが先端まで伝わり、掘削攪拌ができる。さらに、モーター中空部を貫通した固定軸を利用することで、施工中でもリアルタイムに掘削変位を監視できる連続計測により、高精度の掘削が可能となる。							・一軸圧縮試験														
58	CDM-FLOAT工法								・河口部、内水面などにおいて台船に陸上CDM機を搭載して、潮位管理機能付きシステム管理装置により施工する。 ・従来から実施している2軸式工法の技術を踏襲し、設備や施工管理装置は充実している。 ・高レベルの改良品質を確保し、電子納品にも対応している。 ・狭い運河や河川部などでの施工が可能。従来のベンチオシロ管理に変わって品質出来形がリアルタイムに自動管理できる。		・一軸圧縮試験	・改良体500本未満は3本、500本以上は250本増えるごとに1本追加する	・ボーリング採取位置は改良体中心位置から改良体径の1/4離れた付近で採取する	・改良部の上端から下端まで連続的にサンプリングし、上中下で強度確認を行う。	・河川構造物（橋脚基礎・護岸基礎）の支持力・沈下・液状化対策 ・護岸の安定・沈下・液状化対策 ・護岸・岸壁・橋脚・河川堤防・止水壁・土留め壁などの基礎として台船方式のあらゆる用途に適用可能。	・従来からの工法に比較して、水深のある施工区域で施工可能、施工のハイスピード化、低コスト化が図れる	quick=100～600KN/m2	・「陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版、平成16年3月、土木研究センター」に準拠 ・「道路橋示方書・同解説IV下部構造編、平成14年、道路協会」にも準拠		・有限要素解析などによる応力照査	・「海上工事における深層混合処理工法技術マニュアル」平成11年4月（財）沿岸技術研究センター	・運河部、河川部で、約50万m3の実績がある。システムは平成18年7月に開発された。			

(2) 品質確認について

改良体の品質確認方法として以下の項目に着目し、アンケート調査結果からその傾向を分析した。

- ・ 改良範囲における改良体の品質確認の箇所数
- ・ 改良体の断面内での品質確認の位置および箇所数
- ・ 改良体の深度方向での品質確認の位置および箇所数
- ・ 品質確認の試験方法

【改良範囲における改良体の品質確認の箇所数】

1 現場当りでの品質確認の箇所数は、①～③のような要領で実施されており、図 2 2 より、3 箇所数以上が全体の 72%を占めている。

- ① 1～3 箇所
- ② 改良体 500 本未満では 3 箇所，500 本以上は 250 本増える毎に 1 箇所追加する
- ③ 現場条件により決める

品質確認の箇所数	数量	比率
1 箇所	6	12.2%
2 箇所	1	2.0%
3 箇所	9	18.4%
3 箇所+n(1/250 本)	26	53.1%
現場条件による	7	14.3%
合 計	49	

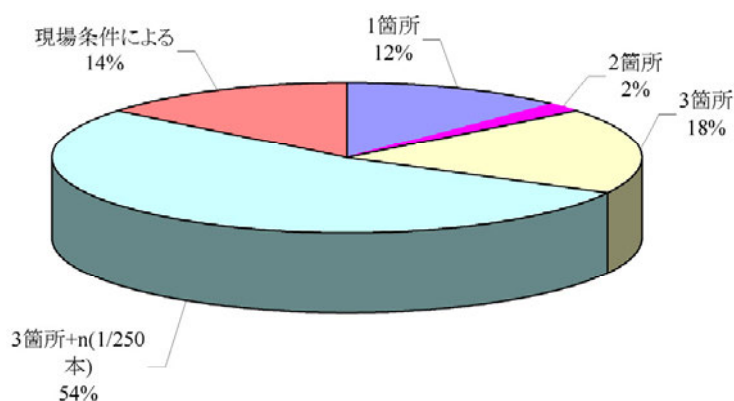


図 2-2 各工法が実施している改良範囲における改良体の品質確認の箇所数

【改良体の断面内での品質確認の位置および箇所数】

改良体の断面内での品質確認の位置および箇所数は、図 2 3 のように分類できる。なお、改良体がラップする地盤改良工法で交点でも調査するケースは、対角端部・中間の場合と同分類とした。

1 現場当りの品質確認の箇所数にもよるが、図 2 4 に示すように、改良体の断面内での品質確認の位置および箇所数は、①と②を合わせると約 68%を占める。

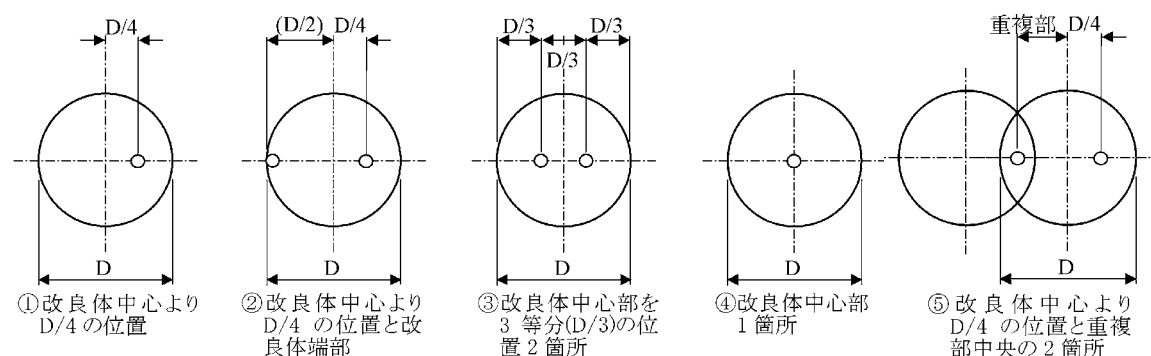


図 2-3 改良体の断面内での品質確認の位置

品質確認の位置	数量	比率
①中心より D/4	27	55.1%
②端部・D/4	6	12.2%
③均等割 2 箇所	5	10.2%
④中心部	1	2.0%
⑤重複部・D/4	2	4.1%
⑥監督員と協議	8	16.3%
合 計	49	

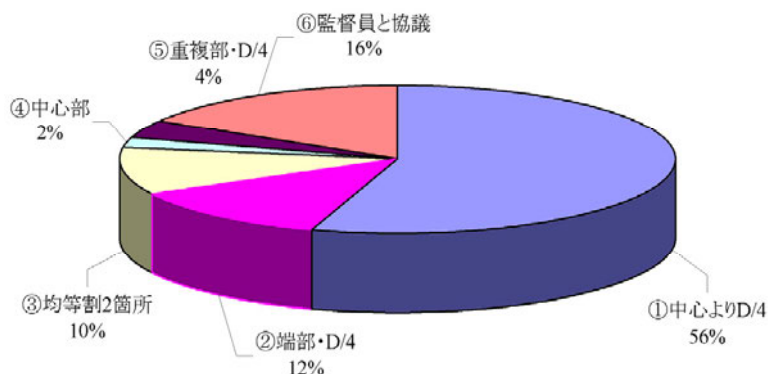


図 2-4 各工法で実施している改良体の断面内での品質確認の位置

【改良体の深度方向での品質確認の位置および箇所数】

図 2 5 に示すような改良体の深度方向の品質確認は、①～③のように実施されており、回答のあった 49 工法の内訳は、以下の通りである。

- ① 「表層部／中間部／最深部」の 3 箇所を標準とする 46 工法
- ② 「表層部／中間部」または「表層部／最深部」の 2 箇所とする 1 工法
- ③ 「地盤条件」による 2 工法

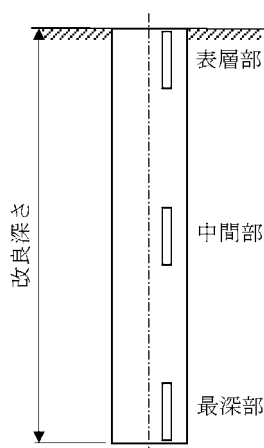


図 2-5 各工法で実施している改良体の深度方向での品質確認の位置

【品質確認の試験方法】

改良体の品質確認の試験方法は、回答のあった 49 工法のうち、48 工法は「一軸圧縮強度試験」を標準としている。また、残り 1 工法では、「平板載荷試験」となっている。

(3) 施工実績について

- 1) 地盤改良を採用した構造物は、調査結果より分類すると以下のようになる。
 - ・ 道路土工構造物（盛土、擁壁、カルバート、補強土壁など）
 - ・ 橋梁構造物（橋台、橋脚など）
 - ・ 河川構造物（護岸工、堤防、調整池、砂防ダムなど）
 - ・ 仮設構造物（止水壁、地中梁など）
 - ・ 地下構造物（立孔など）
 - ・ 建築構造物（タンク基礎など）
 - ・ その他（近接施工の補助工法など）
- 2) 地盤改良を採用した目的は、概ね以下のように分類できる。
 - ・ 基礎地盤の支持力強化
 - ・ 沈下防止対策
 - ・ 液状化対策
 - ・ 止水対策
 - ・ 地盤補強
 - ・ その他
- 3) 地盤改良を採用した目的に対する各工法の選定理由は、概ね以下のように大別できる。
 - コスト
 - ・ セメント量を低減できる
 - ・ 他工法よりコスト減
 - 工法特性
 - ・ 隆起、変位が小さい
 - ・ 改良体強度のバラツキを最小限に抑えられる
 - ・ 改良強度が高い
 - 工期短縮
 - ・ 造成時間を短縮できる
 - 環境への配慮
 - ・ 排泥量が少ない
 - ・ 注入材による地下水汚染防止
 - 施工時の制約
 - ・ 周辺地盤変位が小さい
 - ・ 既設カルバート下面への改良が可能
 - ・ 狭隘地、空間制限下での施工が可能
 - その他

表 2 14 に、地盤改良を採用した目的（特に、基礎または基礎地盤として）別に、対象となる工法と選定理由の関係を示す。

表 2-14 地盤改良を採用した目的と選定理由の関係

対象となる 工法の整理番号	地盤改良を採用した目的	選定理由					
		コスト	工法特性	工期短縮	配環境への	制約工時の	その他
04,05,10,14,17,18,20,21,25,26,29,30,35,29,41,42,45,51,55	BOX カルバートの支持力強化・沈下防止対策	◎	◎	○	△	◎	
02,15,18,19,32,37,48,52	構造物の支持力増強対策	◎	△	○	—	○	
07,10,14,17,20,25,26,29,30,36,38,39,45,47,51	擁壁基礎の安定・沈下防止対策	◎	◎	◎	○	△	
03,05,06,08,24,35,44,45,47,53,55	道路盛土の安定・沈下防止対策	◎	◎	△	△	◎	
31,48	橋台・橋脚の支持力強化・液状化対策	△	△	△	—	△	
13,38,40,49	地盤の液状化防止・耐震補強	○	○	○	△	—	
28,31,58	補強盛土の支持力強化・沈下防止対策	△	△	△	△	—	
18,41,42,48	護岸工の液状化対策	○	—	△	—	○	
07	砂防ダム基礎地盤の地耐力強化	△	—	△	△	—	
10,11,41,42,51	建築物基礎の支持力強化	○	△	△	△	△	
31,35	タンク基礎の支持力強化・液状化対策	△	△	—	—	△	
05,12,55	埋設管の地耐力強化・沈下防止対策	△	△	—	—	△	
11,12,18	調整池の支持力強化対策	○	△	△	△	△	
03,27,38,44,47,54	締切部の底版改良	△	○	△	△	○	
07,13,18,40,49	土留壁欠損部の防護	○	○	○	△	—	
07,13,36,40,49,54	立坑掘削部の底版改良	○	○	◎	△	—	
19,36,53	土留の先行地中梁・ヒービング対策	△	△	△	—	—	

【凡例】◎：適応性が高い，○：適応性がある，△：適応性が低い，—：調査事例に無し

(4) 改良体の改良強度について

改良体の強度確認は、殆ど一軸圧縮強度で実施されているが、土質別に改良強度の適しやすい範囲について比較した。図 2 6 はその結果であり、縦軸は地盤改良の工法数を示し、横軸は一軸圧縮強度を示している。

砂質土では、最大で $qu=3000\text{kN/m}^2$ 程度まで改良することが可能であり、粘性土では平均として $qu=1000\text{kN/m}^2$ 程度まで、期待することができる。一方、腐植土については、サンプリング数が少ないこともあるが、 $qu=1000\text{kN/m}^2$ を下回る強度しか期待できない様子を見ることができる。

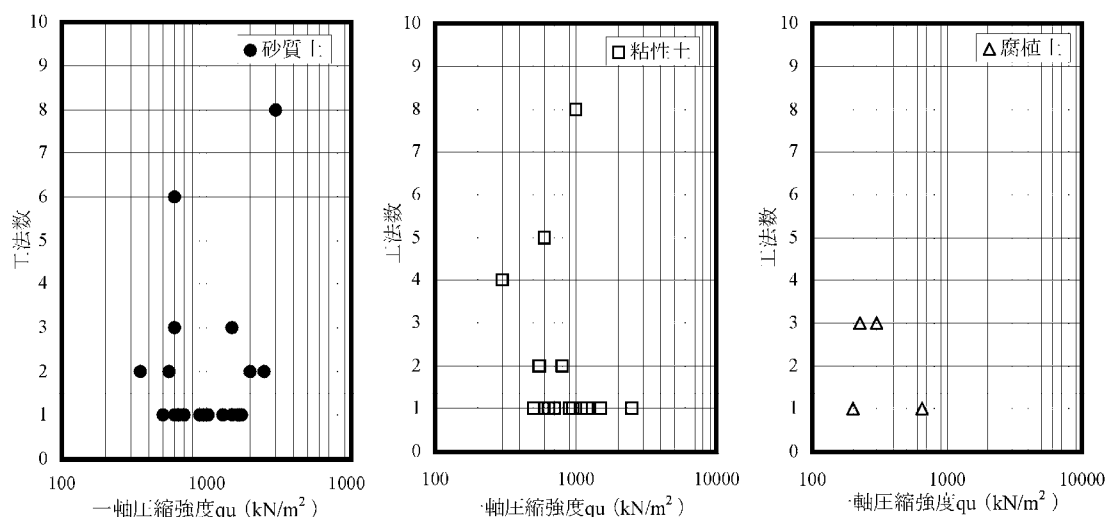


図 2-6 土質別の改良体の強度(一軸圧縮強度)

(5) 改良体の部材(曲げを受ける部材)としての評価について

「曲げを受ける部材としての評価は可能」と回答された工法は 21 工法である。また、「場合によっては評価可能」と回答された工法は 8 工法で、芯材補強など何らかの工夫が必要であると推察される。なお、「評価できない」あるいは「評価していない」との回答は 15 工法である。

「曲げを受ける部材としての評価」の調査結果を表 2 15 に示す。

表 2-15 改良体の部材（曲げを受ける部材）としての評価

① 評価できない(していない)	② 場合によっては評価可能	③ 評価可能
基本的には曲げに対する抵抗は考慮しない	日本建築センター編「改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」の第5章 改良地盤の鉛直支持力の検討に準ずる。	曲げを受ける部材としての評価は可能 (底盤改良時の曲げ引張りなどの検算)
杭基礎構造としての設計事例はない	評価は可能と思われる。	可能 (日本建築センターの設計指針により算出)
上載荷重を鉛直方向で支持する構造であり、現時点では、曲げ・水平方向の作用力に対して考慮していない。	曲げを受ける部材として利用する場合には、芯材補強が必要と考える。	可能 ・土木は「陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル改訂版」の設計手法に準ずる。 ・建築は「改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」の設計手法に準ずる。
研究会として独自マニュアルはなし	建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針(日本建築センター)の「水平支持力の検討」に準ずる。	可能 (日本建築センターの設計指針により算出)
- 本来の杭基礎として、改良体単杭の設計はおこなわれていない。【2例】 - 一軸圧縮強さが低く不可能	場合によっては可能。 「日本建築学会」建築基礎の改良地盤改良設計指針案 「日本建築センター」建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針	- 曲げを受ける部材としての評価は可能 (底盤改良時の曲げ引張り等の検算) - 曲げ引張り破壊による応力再配分を考慮した非線形FEM解析により評価可能。
土木構造物では、考慮されていない場合が多い。【5例】	- 曲げを受ける部材としての評価はできない。せん断に対し抵抗するとして評価。 - 曲げを受ける部材とする場合は、改良体に鋼材を挿入して鋼材と改良体の付着でもたせざる考え方もある。	- 適用可能(条件に応じて) (算出方法は「道路橋示方書;耐震設計編」または「改良地盤の設計及び品質管理指針」に準ずる) - 可能。 (改訂版 建築物の改良地盤の設計及び品質管理指針に準ずる。)(財)日本建築センター)
基本的には曲げに対する抵抗は考慮しない。	評価は可能と思われる。	液状化対策工法であるが、対応は可能。
	部分的に可能 引張部分の引張応力を算出、改良体の引張強度は、圧裂試験にて管理	適用可能(条件に応じて) (算出方法は「道路橋示方書;耐震設計編」または「改良地盤の設計及び品質管理指針」に準ずる)
		可能 算出方法:線形弾性地盤反力法、極限平衡法
		曲げを受ける部材としての評価は可能 (底盤改良時の曲げ引張り等の検算) 【3例】
		・0.1～0.2mラップのブロック式改良の場合(改良率80%程度以上)、評価は可能である。 曲げモーメント/断面係数より曲げ応力を算出し、『曲げ応力<杭の許容引張り力』を検証する。 【2例】
		可能 ①陸上工事における深層混合処理工H16年版 ②日本建築センター 建築物の改良地盤の設計
15工法	8工法	16工法

3. 地盤改良の施工管理・品質管理に関する実態調査

3.1 調査方法

(1) 調査対象

平成18年度のアンケート調査で回答を得た表3-1に示す「深層混合処理工法（技術名称）」を用いた地盤改良工事を対象にした。

調査は、各貴社で取扱う「深層混合処理工法」を用いた地盤改良工事で、道路構造物の基礎または基礎地盤として採用した実績を重点に、竣工年度が若い（出来れば過去5年間）工事を対象とした。なお、上記の工事実績が少ない場合は、道路構造物以外に採用した工事も対象とした。

表3-1 調査対象とする深層混合処理工法（技術名称）一覧

記）着色部は18年度無回答または廃止の工法です。 技術審査証明：技証，国土技術開発賞：国開

整理番号	技術名称	登録番号	分類	事前審査	技術審査証明等
01	環境地盤改良工法「環境ソイル工法」	CB-000035	固結工		
02	三次元攪拌工法(3DM コラム工法)	CB-000036	固結工		
03	ブチジェット工法	CB-050051-A	固結工		
04	浸透性耐久グラウト材『グラントエース』	CB-060026-A	固結工		
05	KS-B・MIX 工法	CG-030026	固結工		
06	PC-DCM 工法	CG-040002	固結工		
07	クリーンジェット(C-JET) 工法	HR-000004-A	固結工		技証
08	HL-DJM 工法	HR-030032-A	固結工		
09	GTM(ジオ・トルネード・ミキシング) 工法	HR-040008-A	固結工		
10	DCS 工法	KK-040001	固結工		
11	拡張コラム工法	KK-040030-A	固結工		技証
12	CPM 工法(クローバー型深層混合処理工法)	KK-050036	固結工		
13	Superjet(スーパージェット) 工法	KK-980026-A	固結工		
14	JST 工法	KK-980044	固結工		
15	四角ジェット(SQJ) 工法	KK-990035	固結工		
16	セパレートジェット工法	KT-010035-A	固結工		
17	VMS 工法	KT-010164-A	固結工		
18	CDM-Mega 工法	KT-010216-A	固結工		
19	CDM-Land4 工法	KT-010229	固結工		
20	SVM(エス・エム・エム) 工法	KT-020006-A	固結工		
21	オープンウイング工法(拡張式固化処理工法)	KT-020010	固結工		技証
22	ST コラム 工法	KT-030023	固結工		技証
23	ラテラルジェット 工法	KT-030029-A	固結工		
24	JAMPS 工法	KT-030037	固結工		
25	SJMM(エス・ジェイ・エム・エム) 工法	KT-030041-A	固結工		
26	NJP(エヌ・ジェイ・ピー) 工法	KT-040011-V	固結工	有	
27	SC ジェット工法	KT-050076-A	固結工		技証
28	CDM-コラム 21 工法	KT-980093-A	固結工		技証
29	SDM 工法	KT-980134-V	固結工	有	
30	LDIs(エルディス) 工法	KT-980135-V	固結工	有	
31	エボコラム 工法(地盤改良 工法)	KT-980205-A	固結工		技証
32	TOJET 工法	KT-980239	固結工		国開
33	J&C 工法	KT-980294	固結工		
34	DeMIC-S 工法	KT-980426	固結工		
35	RAS コラム 工法	KT-980496-A	固結工		
36	拡張式地盤改良工法(SWING 工法)	KT-990066	固結工		
37	PROF(プロップ)	KT-990165-A	固結工		技証
38	テノコラム 工法	KT-990238-A	固結工		技証
39	DCM-L 工法	KT-990363	固結工		
40	X-jet(クロスジェット) 工法	KT-990495	固結工		
41	MTS 工法 QSJ システム	QS-000012-A	固結工		
42	MTS 工法(CMS システム)	QS-000013-V	固結工	有	
43	SDW 工法	QS-010004	固結工		
44	エフツインジェット 工法	QS-040034-A	固結工		
45	CDM-レムニ 2/3(ソースリー) 工法	QS-050016-A	固結工		
46	HySJET 工法(ハイエスジェット 工法)	QS-060015-A	固結工		
47	CI-CMC 工法	QS-980018-A	固結工		技証
48	CDM 工法	QS-980047	固結工		
49	JACSMAN	QS-980153-A	固結工		国開
50	DCM 工法	QS-980222	固結工		
51	ダブルミキシング 工法	QS-980227-V	固結工	有	
52	ソイルマスター 工法	QS-990002	固結工		
53	AMP 工法	SK-010013-A	固結工		国開
54	RAS-JET 工法	SK-050001-A	固結工		
55	CDM-LODIC 工法	TH-980041-A	固結工		

(2) 調査方法

調査は、各地盤改良技術を取扱う民間会社や工法事務局（協会）に依頼し、図 3 1 に示す手順に従って実施した。

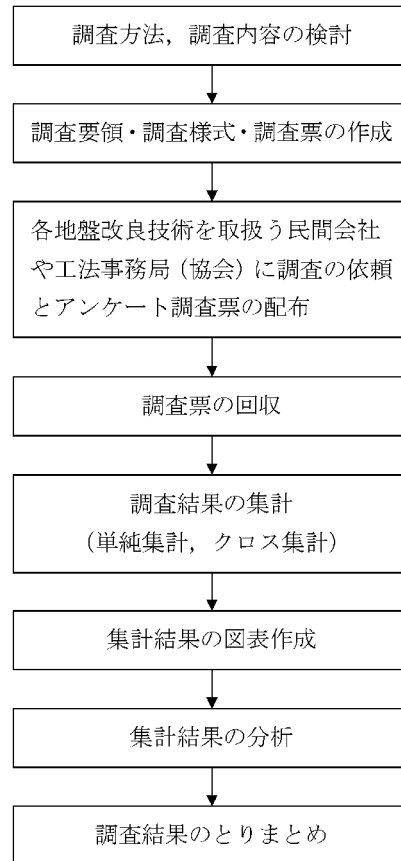


図 3-1 地盤改良の施工管理・品質管理に関する実態調査の手順

なお、調査票は、集計や分析を効率よく作業できるように、Microsoft(R)Excel2000 を用いて作成した。

(3) 調査項目

調査項目は、平成 18 年度に実施した「地盤改良技術の品質管理手法に関する実態把握調査」の調査結果による他、地盤に関するデータ、地盤改良強度に関するデータ、地盤改良規模に関するデータなどから抽出し、調査区分を①一般事項に関する調査、②地盤改良の構造に関する調査、③施工・品質管理に関する調査に分け、それぞれの調査区分に対して下記に示す調査項目及び内容とした。

① 一般事項に関する調査項目

- 【01】 工事発注機関（機関コード一覧表による）
- 【02】 略式工事名
- 【03】 工事場所（機関コード一覧表による）
- 【04】 工事年度（西暦）
- 【05】 工法名（深層混合処理工法一覧表による）
- 【06】 地盤改良を採用した目的（「地盤改良を採用した目的」一覧表による）
- 【07】 地盤改良の対象となった構造物

- ・ 道路土工構造物（盛土，擁壁，カルバート，補強土壁など）
- ・ 橋梁構造物（橋台，橋脚など）
- ・ 河川構造物（護岸工，堤防，調整池，砂防ダムなど）
- ・ 港湾構造物（防波堤，護岸，突堤など）
- ・ 仮設構造物（止水壁，地中梁など）
- ・ 地下構造物（立孔など）
- ・ 建築構造物（タンク基礎など）
- ・ その他（近接施工の補助工法など）

【08】 道路土工構造物と橋梁構造物が対象になった時の構造物形式

- ・ 擁壁，カルバート，補強土壁，盛土，橋台，橋脚

【09】 当該工法を選定した理由（「選定理由」一覧表による）

② 地盤改良の構造に関する調査

【10】 改良形式（改良体の配置からの区分）

【11】 改良範囲（平面形状の寸法，改良深さ，改良径，改良率，改良体の本数）

③ 施工・品質管理に関する調査

【12】 地盤および土質データ（地盤構成，土質定数など）

- ・ 土層構成：盛土，埋土，砂質土，シルト質土，粘性土，有機質土，ロームなど
- ・ 土質定数： N 値，一軸圧縮強さ $qu(\text{kN/m}^2)$ ，湿潤密度 $\rho(\text{kN/m}^3)$

【13】 目標とした設計基準強度（改良強度）

【14】 改良体の品質確認方法（一軸圧縮強度試験，平板載荷試験など）

【15】 改良体の品質確認を実施した本数

【16】 改良体の断面内での品質確認の位置と箇所数（断面内，深度方向）

【17】 改良体の設計対象土層と試験値の改良強度

- ・ 設計対象土層：砂質土，シルト質土，粘性土，有機質土，ローム）
- ・ 試験値の改良強度（一軸圧縮強度など）

【18】 設計方法（構造体としての設計方法）

- ・ 直接基礎
- ・ 剛体基礎（ケーソン基礎）
- ・ 杭基礎
- ・ 改良体を剛体とした地盤反力係数法
- ・ 改良体を弾性体とした地盤反力係数法
- ・ 有限要素法

【19】 適用基準および参考文献等

- ・ 改訂版・建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針
セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法（日本建築センター）
- ・ 各工法の「設計・施工マニュアル」
- ・ セメント系固化材による「地盤改良マニュアル・第3版」（社）セメント協会
- ・ 陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル（土木研究センター）
- ・ その他

3.2 調査回答数

アンケート調査は、平成 18 年度で取りまとめた NETIS 登録 55 工法の内、18 年度に無回答 3 工法、その後廃止された工法 4 工法、その他 1 工法を除く、47 工法をそれぞれ取扱う民間会社や工法事務局（協会）に調査依頼を実施した。

その結果、表 3 2 に示すように「有効回答」が 36 工法、「実績無し」が 5 工法、「無回答」が 6 工法、「廃止」が 4 工法であり、「有効回答」での工事件数は 145 件であった。

表 3 3 に工法ごとの工事件数の内訳を示す。

表 3-2 深層混合処理工法（回答の有無）

整理番号	技 術 名 称	登録番号	回答の有無
01	環境地盤改良工法「環境ソイル工法」	CB-000035	廃止
02	三次元攪拌工法(3DM コラム工法)	CB-000036	無回答
03	ブチジェット工法	CB-050051-A	有
04	浸透性耐久グラウト材『グラントエース』	CB-060026-A	有
05	KS-B・MIX 工法	CG-030026	有
06	FC-DCM 工法	CG-040002	有
07	クリーンジェット(C-JET)工法	HR-000004-A	無回答
08	IIL-DJM 工法	HR-030032-A	有
09	GTM(ジオ・トルネード・ミキシング)工法	IIR-040008-A	有
10	DCS 工法	KK-040001	有
11	拡張コラム工法	KK-040030-A	有
12	CPM 工法(クローバー型深層混合処理工法)	KK-050036	有
13	Superjet(スーパージェット)工法	KK-980026-A	有
14	JST 工法	KK-980044	有
15	四角ジェット(SQJ)工法	KK-990035	有
16	セパレートジェット工法	KT-010035-A	有
17	VMS 工法	KT-010164-A	有
18	CDM-Mega 工法	KT-010216-A	有
19	CDM-Land4 工法	KT-010229	有
20	SMM(エス・エム・エム)工法	KT-020006-A	有
21	オープンウイング工法(拡張式固化処理工法)	KT-020010	回答有・実績無し
22	ST コラム工法	KT-030023	18 年度無回答
23	ラテラルジェット工法	KT-030029-A	18 年度無回答
24	JAMPS 工法	KT-030037	無回答
25	SJMM(エス・ジェイ・エム・エム)工法	KT-030041-A	有
26	NJP(エヌ・ジェイ・ピー)工法	KT-040011-V	有
27	SC ジェット工法	KT-050076-A	廃止
28	CDM-コラム 21 工法	KT-980093-A	有
29	SDM 工法	KT-980134-V	有
30	LDIs(エルディス)工法	KT-980135-V	有
31	エボコラム工法(地盤改良工法)	KT-980205-A	有
32	TOFT 工法	KT-980239	有
33	J&C 工法	KT-980294	18 年度無回答
34	DeMIC-S 工法	KT-980426	廃止
35	RAS コラム工法	KT-980496-A	有
36	拡張式地盤改良工法(SWING 工法)	KT-990066	回答有・実績無し
37	PROP(プロップ)	KT-990165-A	有
38	テノコラム工法	KT-990238-A	有
39	DCM-L 工法	KT-990363	有
40	X-jet(クロスジェット)工法	KT-990495	回答有・実績無し
41	MTS 工法 QSJ システム	QS-000012-A	無回答
42	MTS 工法(CMS システム)	QS-000013-V	無回答
43	SDW 工法	QS-010004	廃止
44	エフツインジェット工法	QS-040034-A	有
45	CDM-レムニ 2/3(ツースリー)工法	QS-050016-A	有
46	HySJET 工法(ハイエスジェット工法)	QS-060015-A	回答有・実績無し
47	CI-CMC 工法	QS-980018-A	有
48	CDM 工法	QS-980047	無回答
49	JACSMAN	QS-980153-A	有
50	DCM 工法	QS-980222	DCM-L 工法と同様
51	ダブルミキシング工法	QS-980227-V	有
52	ソイルマスター工法	QS-990002	有
53	AMP 工法	SK-010013-A	有
54	RAS-JET 工法	SK-050001-A	回答有・実績無し
55	CDM-LODIC 工法	TH-980041-A	有

表 3-3 各工法の工事件数と攪拌方法

整理 番号	工法名（技術名称）	工事 件数	セメントミ ルク攪拌	高圧噴射 攪拌	粉体噴射 攪拌	その他
3	プチジェット工法	2	○	○		
4	浸透性耐久グラウト材『グラントエース』	8		○		
5	KS-B・MIX 工法	1	○			
6	FC-DCM 工法	1				○
8	HL-DJM 工法	10			○	
9	GTM(ジオ・トルネード・ミキシング)工法	1		○		
10	DCS 工法	10	○			
11	拡張コラム工法	5	○			
12	CPM 工法(クローバー型深層混合処理工法)	2	○			
13	Superjet(スーパージェット)工法	1		○		
14	JST 工法	2	○			
15	四角ジェット(SQJ 工法)	2		○		
16	セバレートジェット工法	4		○		
17	VMS 工法	1	○			
18	CDM-Mega 工法	2	○			
19	CDM-Land4 工法	2	○			
20	SMM(エス・エム・エム)工法	5		○		
25	SJMM(エス・ジェイ・エム・エム)工法	5		○		
26	NJP(エヌ・ジェイ・ピー)工法	4		○		
28	CDM-コラム 21 工法	1	○			
29	SDM 工法	5	○			
30	LDIs(エルディス)工法	5		○		
31	エポコラム工法(地盤改良工法)	19	○			
32	TOFT 工法	1	○			
35	RAS コラム工法	1	○			
37	PROP(プロップ)	2	○			
38	テノコラム工法	1	○			
39	DCM-L 工法	1	○			
44	エフツインジェット工法	2		○		
45	CDM-レムニ 2/3(ツースリー)工法	3	○			
47	CI-CMC 工法	6	○			
49	JACSMAN	1		○		
51	ダブルミキシング工法	10	○			
52	ソイルマスター工法	14	○			
53	AMP 工法	2	○	○		
55	CDM-LODIC 工法	3	○			
36	(回答工法数)	(合計)	145	23	13	1

3.3 一般事項に関する調査結果

深層混合処理工法に関する実態を把握するために、工事発注機関、工事場所、採用目的、工法選定理由、地盤改良の対象となった構造物など、一般事項に関する調査を実施し、その結果を図表 3 1～図表 3 9 に示す。

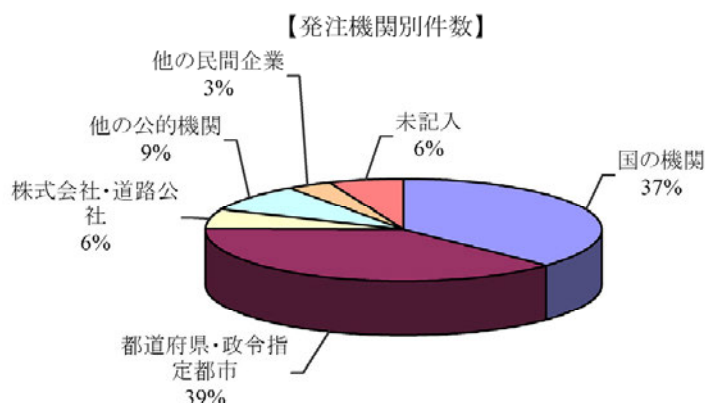
調査結果より下記のように整理することができる。

- 地盤改良工事（深層混合処理）の発注機関は、国、地方自治体で約 8 割を占めており、民間企業や他の公的機関が占める割合は小さい。これより、公共工事として行われることが大半である。（図表 3 1）

【発注機関】 国の機関 37%と都道府県・政令指定都市 38%がほぼ同等で、調査件数の 75%を占めている。

(1) 発注機関別施工件数

工事発注機関	件数	割合
国の機関	54	37%
都道府県・政令指定都市	55	38%
株式会社・道路公社	9	6%
他の公的機関	13	9%
他の民間企業	5	3%
未記入	9	6%
集計データ数	145	100%

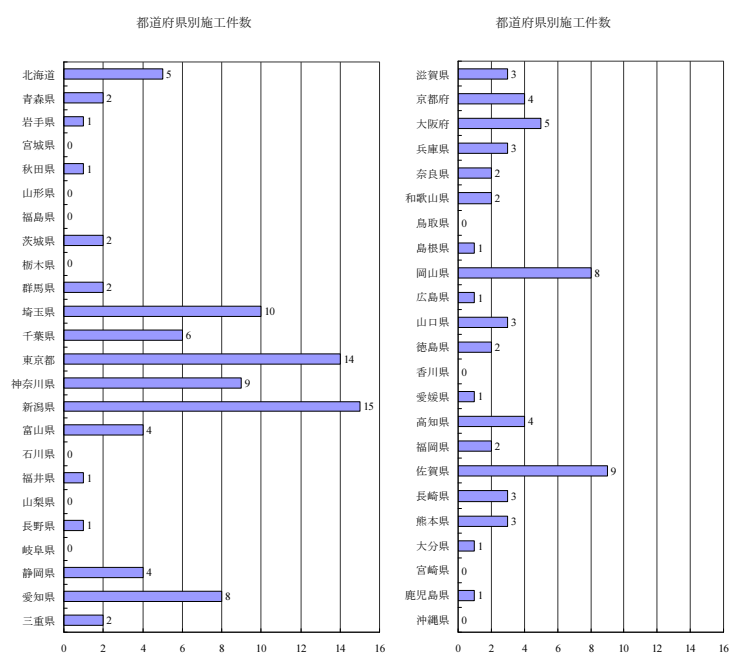


図表 3-1 地盤改良工事の発注機関別の割合

【工事場所】 新潟県 15 件、東京都 14 件、埼玉県 10 件の順になっており、一般的に言われている地盤が弱い地域である。

(4) 都道府県別施工件数

都道府県名	件数	都道府県名	件数
北海道	5	滋賀県	3
青森県	2	京都府	4
岩手県	1	大阪府	5
宮城県	0	兵庫県	3
秋田県	1	奈良県	2
山形県	0	和歌山県	2
福島県	0	鳥取県	0
茨城県	2	島根県	1
栃木県	0	岡山県	8
群馬県	2	広島県	1
埼玉県	10	山口県	3
千葉県	6	徳島県	2
東京都	14	香川県	0
神奈川県	9	愛媛県	1
新潟県	15	高知県	4
富山県	4	福岡県	2
石川県	0	佐賀県	9
福井県	1	長崎県	3
山梨県	0	熊本県	3
長野県	1	大分県	1
岐阜県	0	宮崎県	0
静岡県	4	鹿児島県	1
愛知県	8	沖縄県	0
三重県	2		
合 計		145	

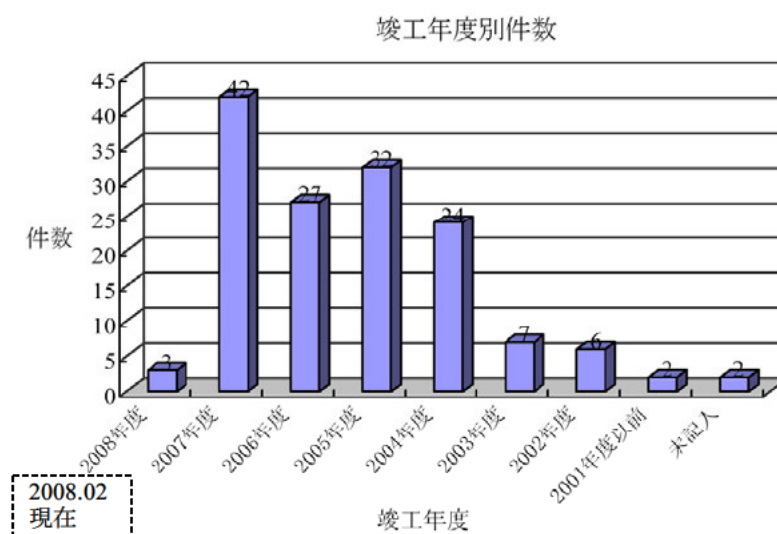


図表 3-2 工事場所

【竣工年度】本調査では、2004年度以降から実績件数の増加傾向が見られる。

(5) 竣工年度別件数

竣工年度	件数
2008年度	3
2007年度	42
2006年度	27
2005年度	32
2004年度	24
2003年度	7
2002年度	6
2001年度以前	2
未記入	2
合 計	145



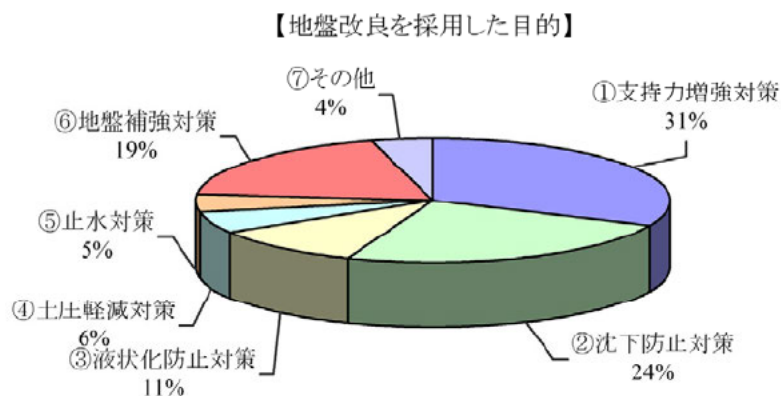
図表 3-3 竣工年度別件数

- 地盤改良工事の採用目的としては、「支持力増強対策」、「沈下防止対策」として採用される割合が約半分を占めており、その他に「地盤の補強」、「液状化防止対策」としての採用が約 3 割ある状況である。また、構造形式との関係は、盛土では沈下防止対策として、擁壁、補強土壁では支持力増強対策として用いられる傾向が強いと言える。（図表 3 4、図表 3 5）

【採用した目的】①支持力増強対策 32%，②沈下防止対策 24%，⑥地盤補強対策 19%の順で採用した目的の 75%を占めている。

(6) 地盤改良を採用した目的

工法の選定理由	件数	割合
①支持力増強対策	75	32%
②沈下防止対策	57	24%
③液状化防止対策	25	11%
④土圧軽減対策	13	6%
⑤止水対策	11	5%
⑥地盤補強対策	45	19%
⑦その他	10	4%
集計データ数	236	100%



図表 3-4 地盤改良を採用した目的

また、構造形式別に地盤改良を採用した目的を示すと図表 3 5 となり、各構造形式とも①支持力増強対策と②沈下防止対策で概ね 50%~75%を占めている。

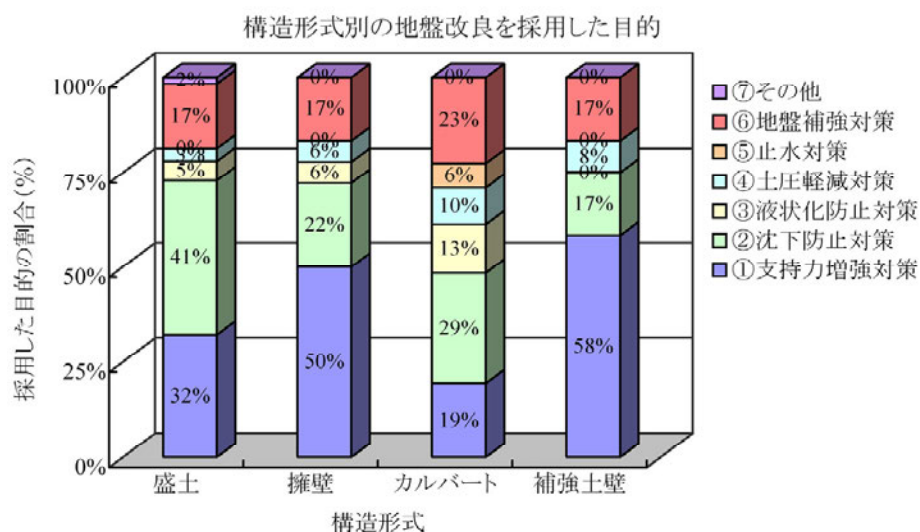
(6) 構造形式別の地盤改良を採用した目的

【件数】

形式\目的	①支持力 増強対策	②沈下防 止対策	③液状化 防止対策	④土圧 軽減対策	⑤止水対策	⑥地盤 補強対策	⑦その他	合計
盛土	19	24	3	2	0	10	1	59
擁壁	9	4	1	1	0	3	0	18
カルバート	6	9	4	3	2	7	0	31
補強土壁	7	2	0	1	0	2	0	12

【割合】

形式\目的	①支持力 増強対策	②沈下防 止対策	③液状化 防止対策	④土圧 軽減対策	⑤止水対策	⑥地盤 補強対策	⑦その他	合計
盛土	32%	41%	5%	3%	0%	17%	2%	100%
擁壁	50%	22%	6%	6%	0%	17%	0%	100%
カルバート	19%	29%	13%	10%	6%	23%	0%	100%
補強土壁	58%	17%	0%	8%	0%	17%	0%	100%



図表 3-5 地盤改良を採用した目的（構造形式別）

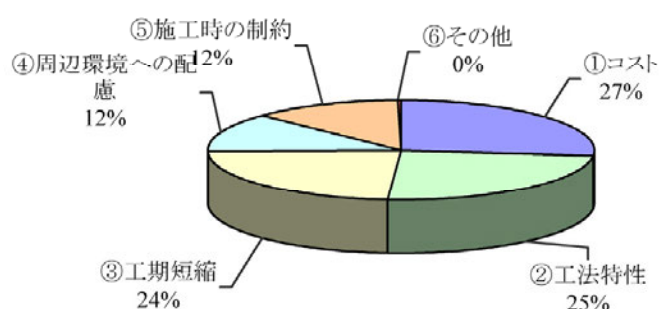
- 地盤改良工事の工法選定理由については、「コスト」、「工法特性」、「工期短縮」が大きな選定理由となっている。構造形式別でみると、盛土と擁壁はコスト削減の観点から、カルバートと補強土壁は工法特性（他に有効な工法がなく、選択の余地がない状況として定義）の観点から選定されていることがわかる。（図表 3 6、図表 3 7）

【工法の選定理由】 ①コスト 27%，②工法特性 25%，③工期短縮 24%が主な選定理由で全体の約 75%を占めている。

(7) 工法の選定理由

工法の選定理由	件数	割合
①コスト	94	27%
②工法特性	87	25%
③工期短縮	84	24%
④周辺環境への配慮	44	12%
⑤施工時の制約	44	12%
⑥その他	1	0%
集計データ数	354	100%

【工法の選定理由】



図表 3-6 工法の選定理由

また、構造形式別に工法の選定理由を示すと図表 3 7 となり、カルバートと補強土壁は「⑤施工時の制約」が選定理由の 20～30%程度占めているのが特徴である。

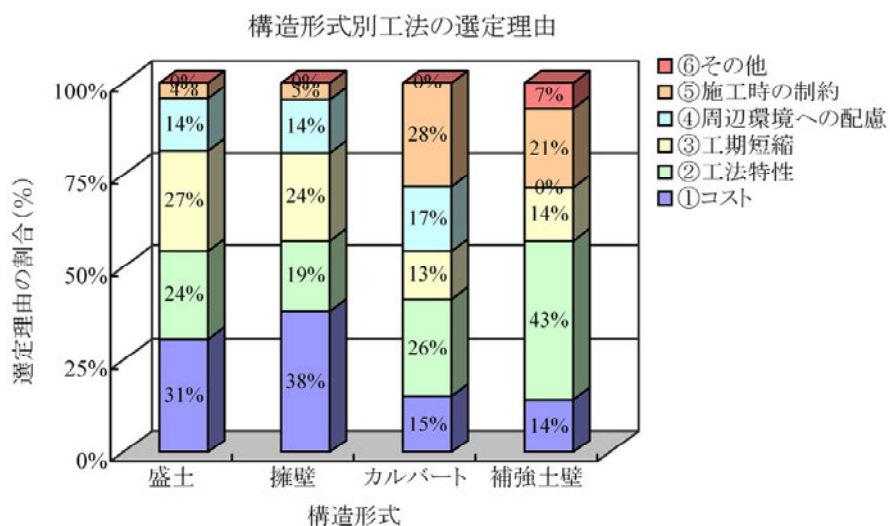
(7) 構造形式別の工法の選定理由

【件数】

理由 形式	①コスト	②工法特性	③工期短縮	④周辺環境 への配慮	⑤施工時の 制約	⑥その他	合計
盛 土	35	27	31	16	5	0	114
擁 壁	8	4	5	3	1	0	21
カルバート	7	12	6	8	13	0	46
補強土壁	2	6	2	0	3	1	14

【割合】

理由 形式	①コスト	②工法特性	③工期短縮	④周辺環境 への配慮	⑤施工時の 制約	⑥その他	合計
盛 土	31%	24%	27%	14%	4%	0%	100%
擁 壁	38%	19%	24%	14%	5%	0%	100%
カルバート	15%	26%	13%	17%	28%	0%	100%
補強土壁	14%	43%	14%	0%	21%	7%	100%



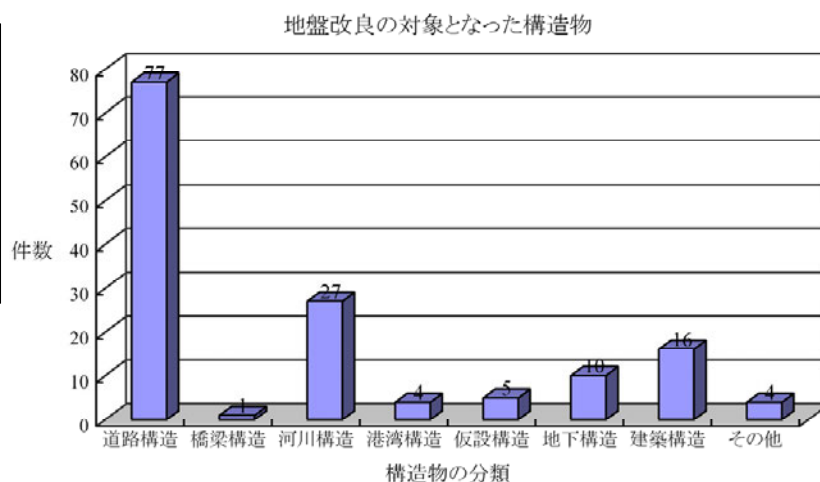
図表 3-7 工法の選定理由（構造形式別）

- 地盤改良の対象となった構造物は、道路土工構造物の基礎または基礎地盤として採用した実績を重点に調査したため、道路構造物、河川構造物への適用が大半であり、港湾、地下構造物、建築などへの適用は少数に留まっている。また、件数分布での評価では、工事規模などが反映されないため、より実態に近い調査が必要になるものと考えられる。（図表 3 8）
- 地盤改良の対象となった道路土工構造物及び橋梁構造物を構造形式別に見ると、盛土が約 6 割、擁壁・カルバートが 3 割強の実績となっている。（図表 3 9）

【地盤改良の対象となった構造物】道路土工構造物 53%，河川構造物 19%と全体の約 70%を占めている。

(8) 地盤改良の対象となった構造物

改良形式	件数	割合
道路土工構造物	77	53%
橋梁構造物	1	1%
河川構造物	27	19%
港湾構造物	4	3%
仮設構造物	5	3%
地下構造物	10	7%
建築構造物	16	11%
その他	4	3%
集計データ数	144	100%



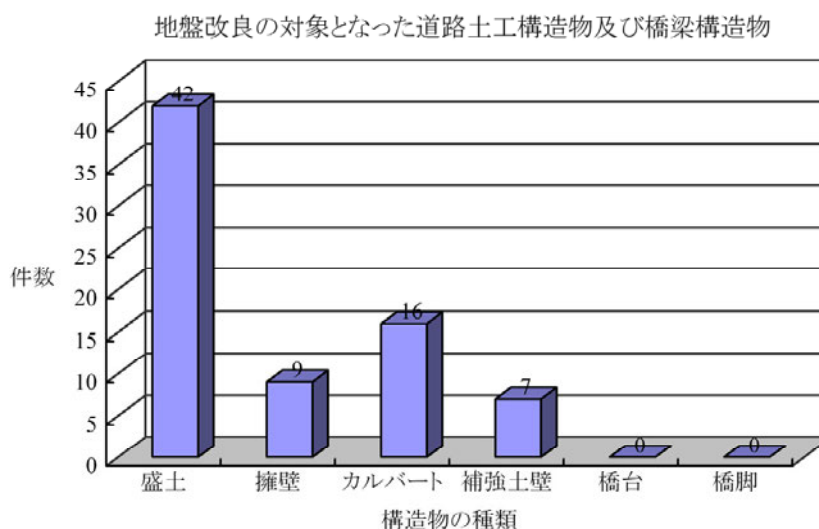
図表 3-8 地盤改良の対象となった構造物

【構造形式】地盤改良の対象となった道路土工構造物及び橋梁構造物を構造形式別に集計した結果、道路土工構造物が 100% 占めており、橋梁構造物の実績はなかった。

(9) 構造形式

(道路土工構造物及び橋梁構造物)

構造形式	件数	割合
盛土	42	57%
擁壁	9	12%
カルバート	16	22%
補強土壁	7	9%
橋台	0	0%
橋脚	0	0%
集計データ数	74	100%



図表 3-9 地盤改良の対象となった道路土工構造物及び橋梁構造物

3.4 施工管理・品質管理に関する調査結果

一般事項に続き、地盤改良の施工管理、品質管理に関する調査を行った。調査項目は大きく4つに分けられ、①対象土質、土質データ（ボーリング試験で得られるN値で評価）、②品質確認方法、品質管理の実施頻度、確認位置、③改良体の設計基準強度と改良強度、④設計方法、参考文献である。

①の調査結果より、下記のように整理することができる。

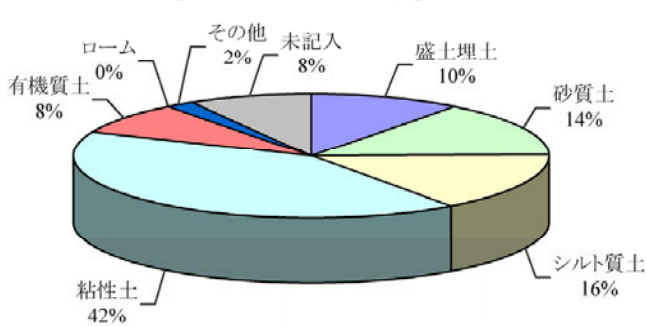
- 改良体の設計で対象とした土質は、粘性土、シルト質土が大半であり、N値2以下の非常に柔らかい地盤を対象としていることが分かる。また、砂質土の場合においても、N値が9～15程度の砂層を扱うことが多いことが分かった。（図表3-10～図表3-12）

【改良体の設計対象土質】改良体の設計で対象とした土質は、「4.粘性土」41%、「3.シルト質土」15%、「2.砂質土」14%、「1.盛土埋土」10%の順になっている。

(49) 改良体の設計対象土質

対象土質	件数	割合
1.盛土埋土	15	10%
2.砂質土	21	14%
3.シルト質土	22	16%
4.粘性土	60	42%
5.有機質土	12	8%
6.ローム	0	0%
7.その他	3	2%
未記入	12	8%
集計データ数	145	100%

【改良体の設計対象土質】

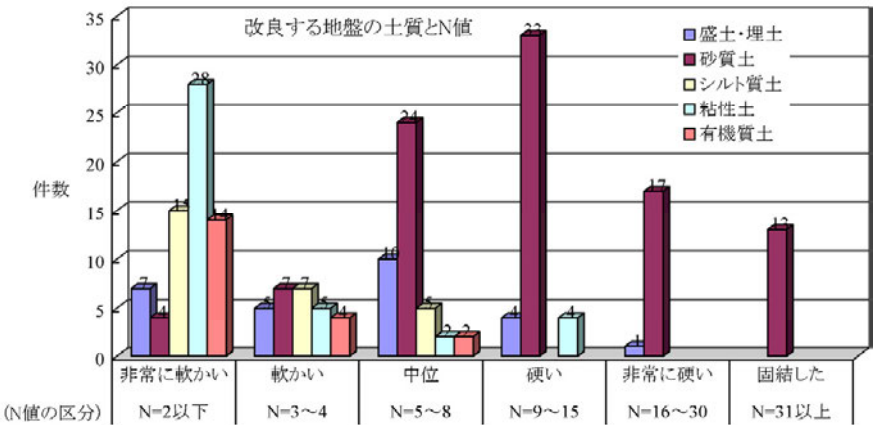


図表 3-10 改良体の設計で対象とした土質

【土質データ：土質とN値】改良する地盤の土質とN値の関係は、図表3-11に示すとおりである。対象土質は、砂質土46%、粘性土18%、盛土・埋土、有機質土がそれぞれ13%となっている。また、概ね85%がN値15以下の土質が対象である。

(19)～(43) 土質調査データ：改良する地盤の土質とN値
土質とN値との関係(N値の区分は粘性系土質を対象とした)

N値土質	N=2以下 非常に軟かい	N=3～4 軟かい	N=5～8 中位	N=9～15 硬い	N=16～30 非常に硬い	N=31以上 固結した	合計	割合
盛土・埋	7	5	10	4	1	0	27	13%
砂質土	4	7	24	33	17	13	98	46%
シルト質	15	7	5	0	0	0	27	13%
粘性土	28	5	2	4	0	0	39	18%
有機質土	14	4	2	0	0	0	20	9%
ローム	0	0	0	1	0	0	1	1%

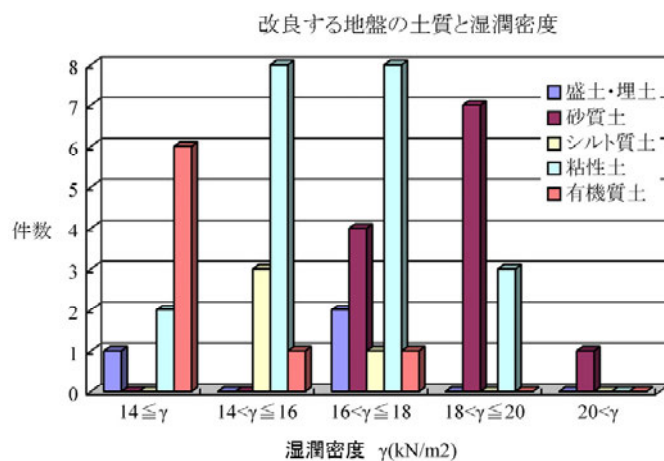


図表 3-11 設計で対象とした土質とN値の関係

【土質データ：土質と湿潤密度】改良する地盤の土質と湿潤密度の関係は、図表 3-12 に示すとおりである。

(19)～(43) 土質調査データ：改良する地盤の土質と湿潤密度

(kN/m ³)	$14 \leq \gamma$	$14 < \gamma \leq 16$	$16 < \gamma \leq 18$	$18 < \gamma \leq 20$	$20 < \gamma$
盛土・埋土	1	0	2	0	0
砂質土	0	0	4	7	1
シルト質土	0	3	1	0	0
粘性土	2	8	8	3	0
有機質土	6	1	1	0	0
ローム	0	0	0	0	0



図表 3-12 改良する地盤の土質と湿潤密度の関係

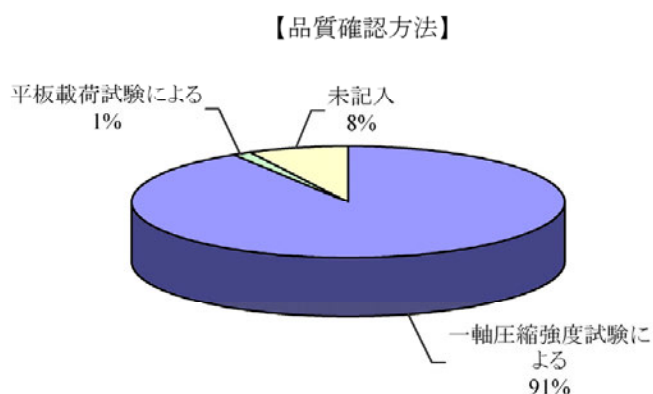
②の調査結果より、下記のように整理することができる。

- 品質確認の方法としては、一軸圧縮試験が殆どであり、一般的な品質管理は、「全体の1～5%の改良体に対して、改良体の中心よりD/4の位置でコア抜きを行い、表層・中間・最深の3箇所以供試体を採取する」方法で行われている実態が把握できた。（図表 3-13～図表 3-16）

【品質確認方法】90%強が一軸圧縮強度試験により品質確認がされている。

(44) 品質確認方法

品質確認方法	件数	割合
1.一軸圧縮強度試験による	132	91%
2.平板载荷試験による	2	1%
未記入	11	8%
集計データ数	145	100%



図表 3-13 品質確認方法

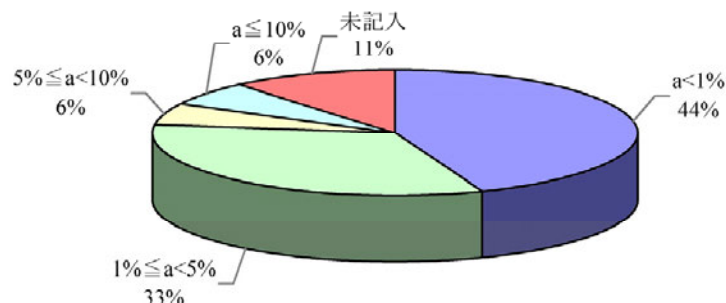
【品質確認を実施した割合】改良体の品質確認を実施した割合 a は、改良体の全本数を品質確認本数で除した値であり、 $a \leq 5\%$ 以下の割合が 77%（「 $a < 1\%$ 」44%、「 $1.0\% \leq a < 5\%$ 」33%）となっている。したがって、改良体の本数で示すと、改良体 100 本に対し 0.5 本～5 本の割合である。

(45) 品質確認を実施した割合

($a = \text{改良体の全本数} / \text{品質確認を実施した本数}$)

割合の区分	件数	割合 a
$a < 1\%$	64	44%
$1\% \leq a < 5\%$	48	33%
$5\% \leq a < 10\%$	8	6%
$a \leq 10\%$	9	6%
未記入	16	11%
集計データ数	145	100%

品質確認を実施した割合 ($a = \text{改良体の全本数} / \text{品質確認本数}$)

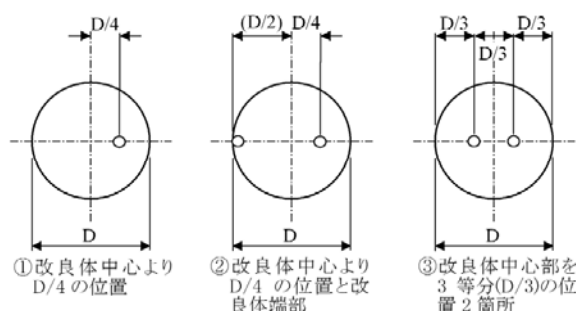


図表 3-14 品質確認を実施した割合

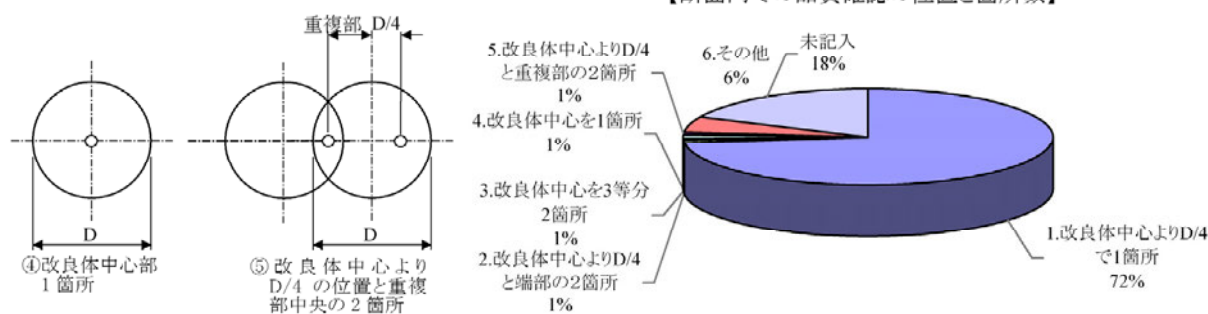
【断面内での品質確認の位置と箇所数】改良体の断面内での品質確認は、「1.改良体中心より $D/4$ の位置で 1 箇所」で 7 割強実施されている。

(46) 断面内での品質確認の位置と箇所数

確認位置と箇所数の項目	件数	割合
1.改良体中心より $D/4$ で 1 箇所	106	73%
2.改良体中心より $D/4$ と端部の 2 箇所	1	1%
3.改良体中心を 3 等分 2 箇所	1	1%
4.改良体中心を 1 箇所	2	1%
5.改良体中心より $D/4$ と重複部の 2 箇所	1	1%
6.その他	8	6%
未記入	26	18%
集計データ数	145	100%



【断面内での品質確認の位置と箇所数】

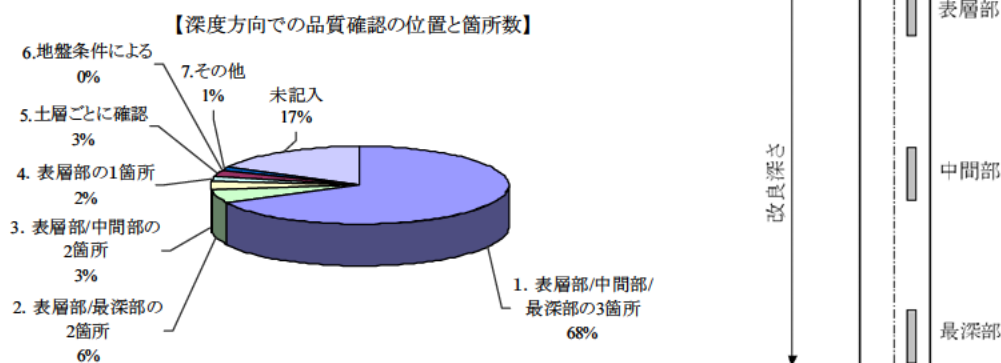


図表 3-15 断面内での品質確認の位置と箇所数の割合

【深度方向での品質確認の位置と箇所数】改良体の深度方向での品質確認は、「表層部/中間部/最深部の 3 箇所」で 68%実施され、2 箇所以上実施されている割合は、「1+2+3+5」を合わせると約 8 割を占めている。

(47) 深度方向での品質確認の位置と箇所数

確認位置と箇所数の項目	件数	割合
1. 表層部/中間部/最深部の 3 箇所	98	68%
2. 表層部/最深部の 2 箇所	8	6%
3. 表層部/中間部の 2 箇所	5	3%
4. 表層部の 1 箇所	3	2%
5. 土層ごとに確認	4	3%
6. 地盤条件による	0	0%
7. その他	2	1%
未記入	25	17%
集計データ数	145	100%



図表 3-16 深度方向での品質確認の位置と箇所数の割合

③改良体の設計基準強度と改良強度の調査結果を図表 3 17～図表 3 23 に示す。これらの結果より、下記のように整理することができる。

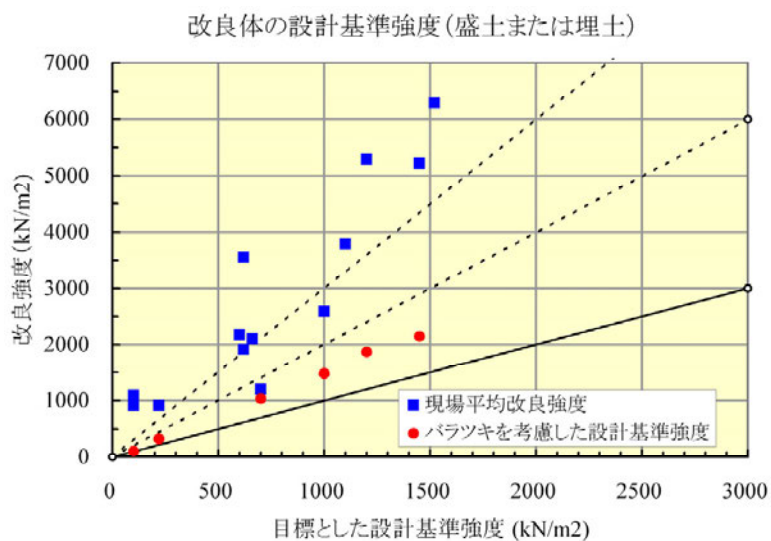
- 設計基準強度と改良強度との差は、砂質土・有機質土においては 3 倍以上、粘性土・シルト質土においては 2～3 倍の差が見られた。これより、実際の施工では改良強度のバラツキを考慮し、セメント混合量の加減を行うが、少なくとも 2～3 倍の強度の安全率を見ており、砂質土・有機質土では、高めの強度が発現している実態を見ることができる。
- 設計基準強度の幅は、砂質土を除いて 1000 k N/m²以下がほとんどであり、粘性土・シルト質土では 500 k N/m²付近に設定されることが多い。

【改良体の設計基準強度】改良体が目標とした設計基準強度に対し、現場での平均改良強度（一軸圧縮強度試験値などの平均値）と改良体の品質のバラツキを考慮した設計基準強度を、改良体の設計で対象とした土質別に図表 3 17～図表 3 21 に示したものである。また、目標とした設計基準強度と現場平均改良強度の関係を図表 3 22、バラツキを考慮した改良体の設計基準強度との関係を図表 3 23 に示している。

○ 設計で対象とした土質が「盛土または埋土」の場合

【盛土または埋土：kN/m²】

目標値	試験値	設計値
661	2100	
620	3560	
600	2170	
1100	3800	
1520	6280	
100	910	100
1450	5220	2148
620	1910	
1200	5290	1867
1000	2590	1480
700	1200	1036
220	910	326
100	1093	

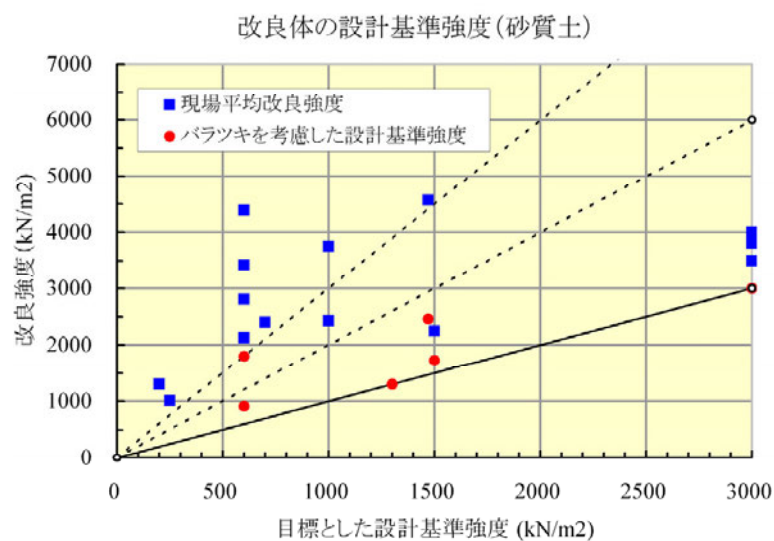


図表 3-17 改良体の設計基準強度(盛土または埋土)

○ 設計で対象とした土質が「砂質土」の場合

【砂質土：kN/m²】

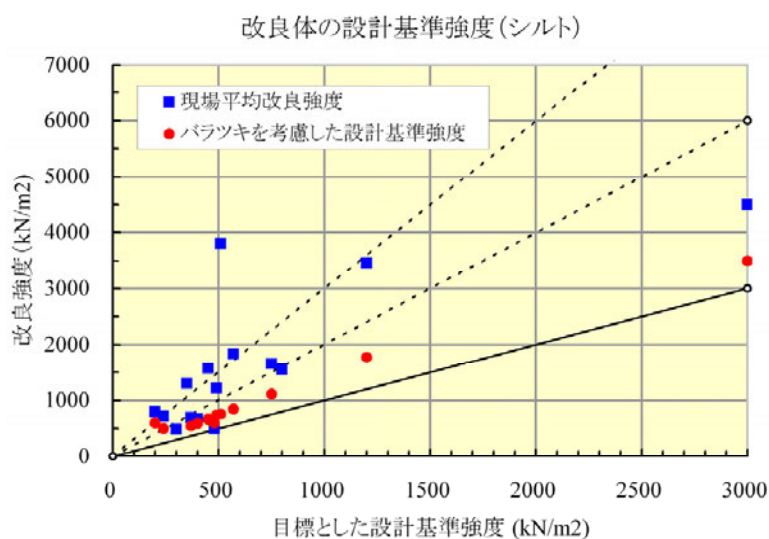
目標値	試験値	設計値
700	2400	
250	1008	
1000	3749	
1500	2246	1730
200	1301	
3000	3800	3000
3000	4000	3000
3000	3500	3000
3000	3800	3000
600	3418	1800
600	4380	911
1470	4564	2460
600	2807	
600	2127	
1000	2429	
1300		1300



図表 3-18 改良体の設計基準強度(砂質土)

○ 設計で対象とした土質が「シルト」の場合

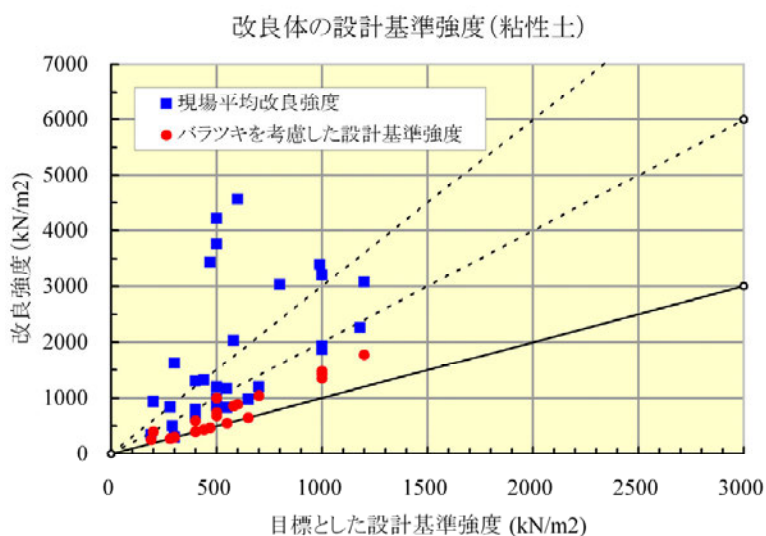
【シルト：kN/m ² 】		
目標値	試験値	設計値
490	1221	735
480	500	600
3000	4500	3500
1200	3460	1776
570	1840	844
750	1650	1110
450	1570	666
370	688	548
510	3805	755
400	672	592
240	500	720
200	600	800
800	1552	
300	485	
350	1298	



図表 3-19 改良体の設計基準強度(シルト)

○ 設計で対象とした土質が「粘性土」の場合

【粘性土：kN/m ² 】		
目標値	試験値	設計値
280	840	280
440	1320	440
990	3393	
1180	2260	
290	500	
500	865	
548	1163	
1000	1933	1350
190	344	256
500	3764	684
1200	3080	1776
600	4560	888
700	1200	1036
400	796	592
500	4220	740
400	663	592
1000	1870	1480
580	2030	858
1000	3200	1429
300	1620	
800	3023	
500	993	
400	1300	400
470	3435	470
550	830	550
650	975	650
300	300	300
500	1200	1000
200	940	400

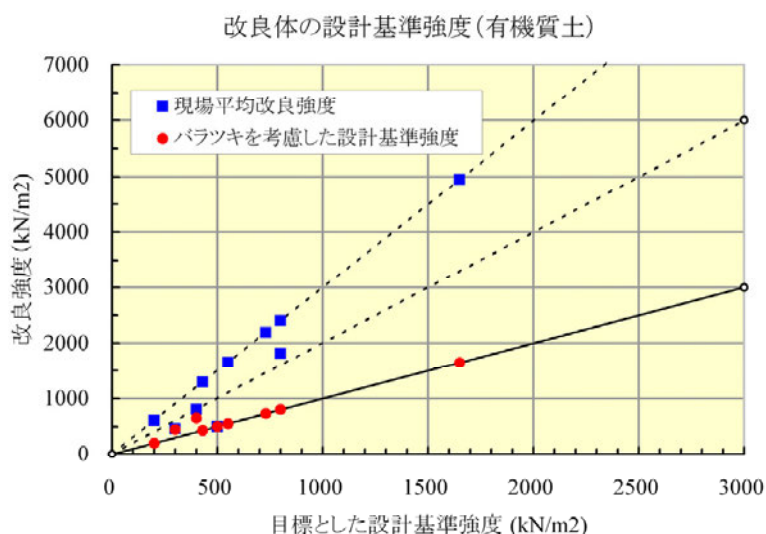


図表 3-20 改良体の設計基準強度(粘性土)

○ 設計で対象とした土質が「有機質土」の場合

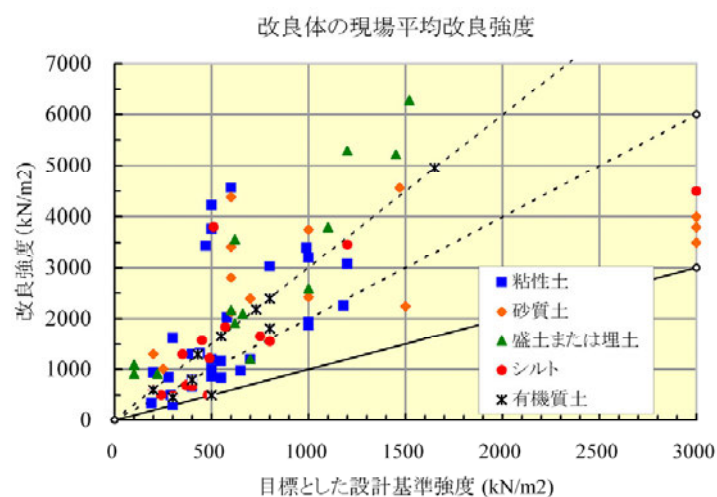
【有機質土：kN/m²】

目標値	試験値	設計値
500	500	500
800	2400	800
550	1650	550
1650	4950	1650
430	1290	430
730	2190	730
800	1813	
200	600	200
200		
400	800	650
400		
300	457	444



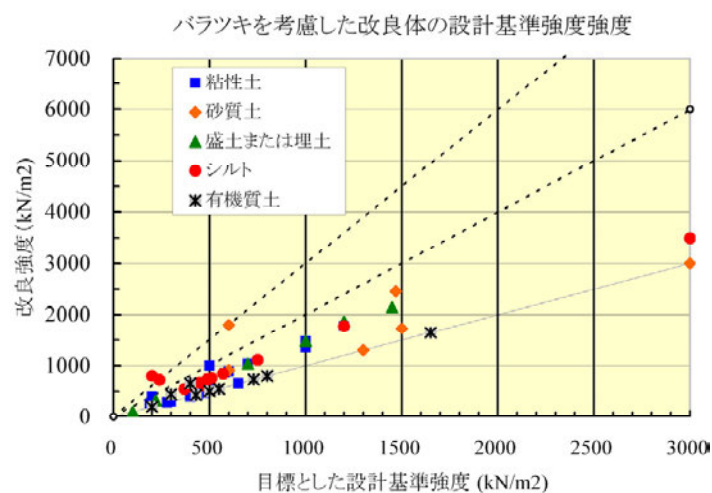
図表 3-21 改良体の設計基準強度(粘性土)

○ 改良体が目標とした設計基準強度と現場平均改良強度の関係



図表 3-22 改良体の現場平均改良強度

○ 改良体が目標とした設計基準強度とバラツキを考慮した設計基準強度との関係



図表 3-23 バラツキを考慮した改良体の設計基準強度

○「①目標とした設計基準強度（目標値）」，「②現場平均改良強度（試験値）」，「③バラツキを考慮した設計基準強度（設計値）」との関係を表すと下表のようになる。

対象土質	②試験値/①目標値	②試験値/①目標値	②試験値/①目標値
盛土・埋土	1.7～5.7 (3.6)	1.0～1.5 (1.4)	1.1～2.8 (2.2)
砂質土	1.2～5.7 (3.4)	1.0～1.7 (1.2)	1.2～1.9 (1.4)
粘性土	1.2～4.0 (2.5)	1.0～2.1 (1.5)	1.1～2.3 (1.6)
シルト	1.5～5.4 (3.2)	1.0～2.0 (1.3)	1.1～3.0 (1.8)
有機質土	1.5～3.0 (2.5)	1.0～1.6 (1.0)	1.0～3.0 (2.1)

記）（ ）内数値は平均値を示す。

【盛土または埋土：kN/m²】

① 目標値	② 試験値	③ 設計値	試験値・設計値に対する割合		
			②/①	③/①	②/③
661	2100		3.177		
620	3560		5.742		
600	2170		3.617		
1100	3800		3.455		
1520	6280		4.132		
100	910	100	9.100	1.000	9.100
1450	5220	2148	3.600	1.481	2.430
620	1910		3.081		
1200	5290	1867	4.408	1.556	2.833
1000	2590	1480	2.590	1.480	1.750
700	1200	1036	1.714	1.480	1.158
220	910	326	4.136	1.480	2.795
100	1093		10.930		

【砂質土：kN/m²】

① 目標値	② 試験値	③ 設計値	試験値・設計値に対する割合		
			②/①	③/①	②/③
700	2400		3.429		
250	1008		4.032		
1000	3749		3.749		
1500	2246	1730	1.497	1.153	1.299
200	1301		6.505		
3000	3800	3000	1.267	1.000	1.267
3000	4000	3000	1.333	1.000	1.333
3000	3500	3000	1.167	1.000	1.167
3000	3800	3000	1.267	1.000	1.267
600	3418	1800	5.697	3.000	1.899
600	4380	911	7.300	1.518	4.808
1470	4564	2460	3.105	1.673	1.855
600	2807		4.678		
600	2127		3.545		
1000	2429		2.429		
1300		1300		1.000	

【シルト：kN/m²】

① 目標値	② 試験値	③ 設計値	試験値・設計値に対する割合		
			②/①	③/①	②/③
490	1221	735	2.492	1.500	1.661
480	600	500	1.250	1.042	1.200
3000	4500	3500	1.500	1.167	1.286
1200	3460	1776	2.883	1.480	1.948
570	1840	844	3.228	1.480	2.181
750	1650	1110	2.200	1.480	1.486
450	1570	666	3.489	1.480	2.357
370	688	548	1.859	1.480	1.256
510	3805	755	7.461	1.480	5.041
400	672	592	1.680	1.480	1.135
240	720	500	3.000	2.083	1.440
200	800	600	4.000	3.000	1.333
800	1552		1.940		
300	485		1.617		
350	1298		3.709		

【粘性土：kN/m²】

① 目標値	② 試験値	③ 設計値	試験値・設計値に対する割合		
			②/①	③/①	②/③
280	840	280	3.000	1.000	3.000
440	1320	440	3.000	1.000	3.000
990	3393		3.427		
1180	2260		1.915		
290	500		1.724		
500	865		1.730		
548	1163		2.122		
1000	1933	1350	1.933	1.350	1.432
190	344	256	1.811	1.347	1.344
500	3764	684	7.528	1.369	5.501
1200	3080	1776	2.567	1.480	1.734
600	4560	888	7.600	1.480	5.135
700	1200	1036	1.714	1.480	1.158
400	796	592	1.990	1.480	1.345
500	4220	740	8.440	1.480	5.703
400	663	592	1.658	1.480	1.120
1000	1870	1480	1.870	1.480	1.264
580	2030	858	3.500	1.480	2.365
1000	3200	1429	3.200	1.429	2.239
300	1620		5.400		
800	3023		3.779		
500	993		1.986		
400	1300	400	3.250	1.000	3.250
470	3435	470	7.309	1.000	7.309
550	830	550	1.509	1.000	1.509
650	975	650	1.500	1.000	1.500
300	300	300	1.000	1.000	1.000
500	1200	1000	2.400	2.000	1.200
200	940	400	4.700	2.000	2.350

【有機質土：kN/m²】

① 目標値	② 試験値	③ 設計値	試験値・設計値に対する割合		
			②/①	③/①	②/③
500	500	500	1.000	1.000	1.000
800	2400	800	3.000	1.000	3.000
550	1650	550	3.000	1.000	3.000
1650	4950	1650	3.000	1.000	3.000
430	1290	430	3.000	1.000	3.000
730	2190	730	3.000	1.000	3.000
800	1813		2.266		
200	600	200	3.000	1.000	3.000
200					
400	800	650	2.000	1.625	1.231
400					
300	457	444	1.523	1.480	1.029

最後に、④設計方法・参考文献に関する調査結果を図表 3 24～図表 3 26 に示す。これらの結果より、下記のように整理することができる。

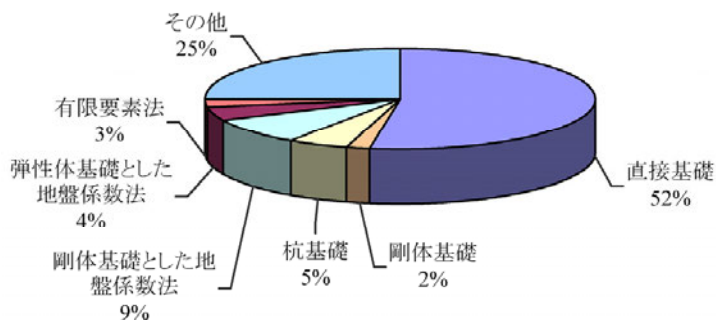
- 設計方法は、直接基礎としての設計が大半であるが、状況により、地盤係数法などの設計方法を使用している事が分かる。

【設計方法（構造体としての設計方法）】改良体の設計方法は、改良形式にもよるが 52%が「直接基礎」として設計されている。

(52) 設計方法(構造体としての設計方法)

設計方法	件数	割合
①直接基礎	61	53%
②剛体基礎	2	2%
③杭基礎	6	5%
④剛体基礎とした地盤反力係数法	10	9%
⑤弾性体基礎とした地盤反力係数法	5	4%
⑥有限要素法	3	3%
⑦その他	29	25%
集計データ数	116	100%

【改良体の設計方法(構造体としての設計方法)】



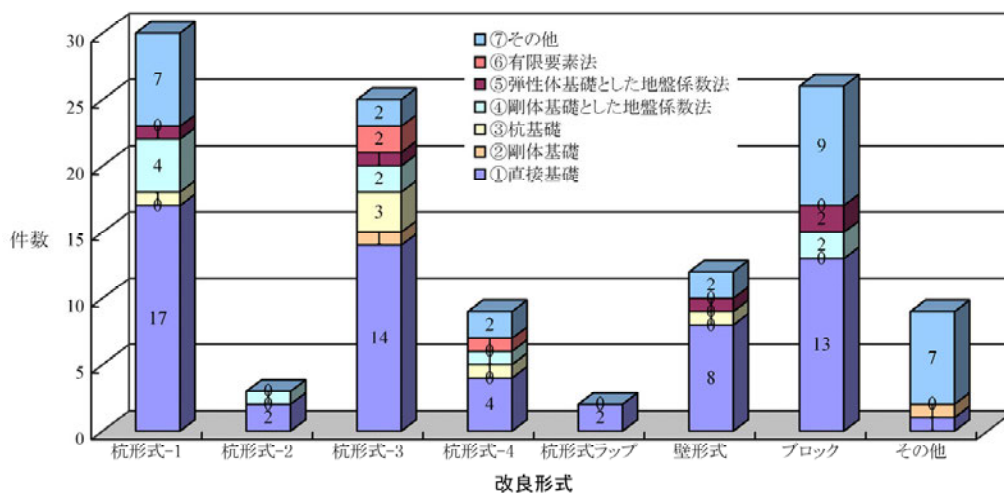
図表 3-24 構造体としての設計方法

○改良形式と設計方法の関係

(52)改良形式と設計方法の関係

設計方法	改良形式 杭形式-1	杭形式 -2	杭形式 -3	杭形式 -4	杭形式 ラップ	壁形式	ブロック	その他	合計
①直接基礎	17	2	14	4	2	8	13	1	61
②剛体基礎	0	0	1	0	0	0	0	1	2
③杭基礎	1	0	3	1	0	1	0	0	6
④剛体基礎とした地盤係数法	4	1	2	1	0	0	2	0	10
⑤弾性体基礎とした地盤係数法	1	0	1	0	0	1	2	0	5
⑥有限要素法	0	0	2	1	0	0	0	0	3
⑦その他	7	0	2	2	0	2	9	7	29
合 計	30	3	25	9	2	12	26	9	116

改良形式と設計方法との関係



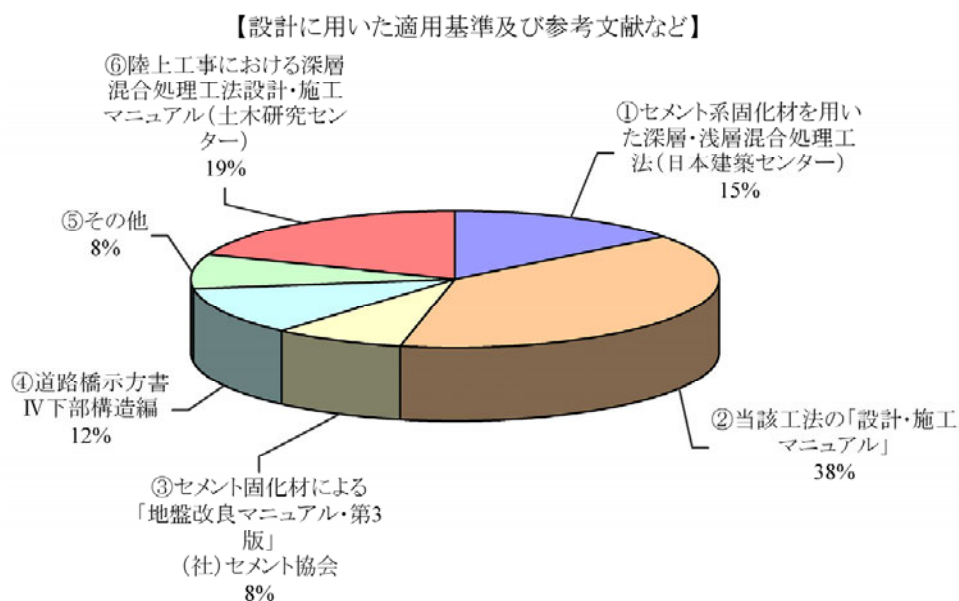
図表 3-25 改良形式と設計方法との関係

- 参考文献については、統一された設計基準がないため、当該工法の設計マニュアルをベースに、他の参考文献が均一に使用されている様子を見ることができる。

【適用基準及び参考文献等】改良体の設計に用いた適用基準は、「②当該工法の設計・施工マニュアル」によるが 38%と最も多く、続いて「⑥陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル（土木研究センター）」19%、「①セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法（日本建築センター）」15%の順になっている。

(53) 改良体の設計に用いた適用基準および参考文献など

適用基準及び参考文献など	件数	割合
①セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法（日本建築センター）	29	15%
②当該工法の「設計・施工マニュアル」	77	38%
③セメント固化材による「地盤改良マニュアル・第3版」（社）セメント協会	16	8%
④道路橋示方書IV下部構造編	23	12%
⑤その他	16	8%
⑥陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル（土木研究センター）	38	19%
合 計	199	100%



図表 3-26 設計に用いた適用基準及び参考文献

3.5 地盤改良の構造諸元に関する調査結果

地盤改良の改良形式と構造諸元（改良体の間隔，改良長，改良径，改良率）に関する調査を実施した。

改良形式については，一般的に施工が可能でかつ使用実績があると考えられる 7 つの形式を選定し，その採用状況の調査を行った。図表 3 27 に改良形式の採用状況を，図表 3 28 に各構造形式に採用した改良形式の状況を示す。

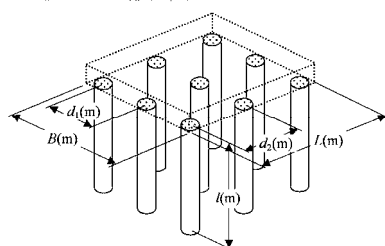
- 改良形式は、杭形式-1，杭形式-3，壁形式，ブロック形式の 4 つに集約され，カルバートではブロック形式が大半であり，盛土では杭形式-1，杭形式-3 が多いことが分かった。これより，盛土においては，低改良率での施工が試みられているが，カルバートや擁壁などにおいては，ブロック形式（非ラップ状を含む）を用い，基礎地盤として使用するケースが多いものと考えられる。

【改良形式】「ブロック形式」28%，「杭形式-1」27%，「杭形式-3」22%の順で，全体の約 80%を占めている。

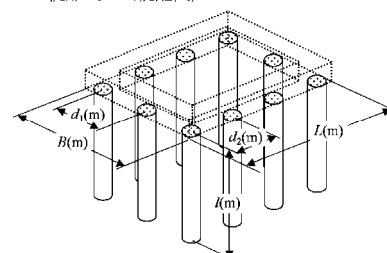
(10) 改良形式

改良形式	件数	割合
杭形式-1	39	27%
杭形式-2	2	1%
杭形式-3	31	22%
杭形式-4	7	5%
杭形式(ラップ)	2	1%
壁形式(ラップ)	11	8%
ブロック形式	40	28%
その他	11	8%
集計データ数	143	100%

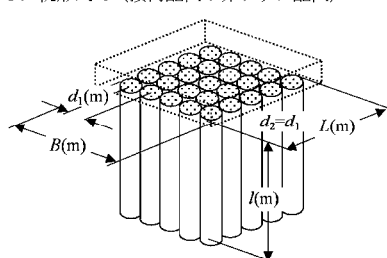
a. 杭形式-1 (杭配置)



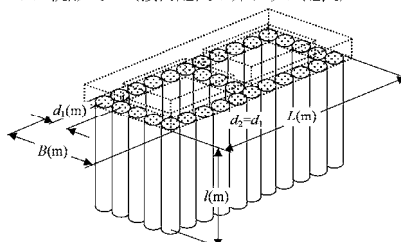
b. 杭形式-2 (杭配置)



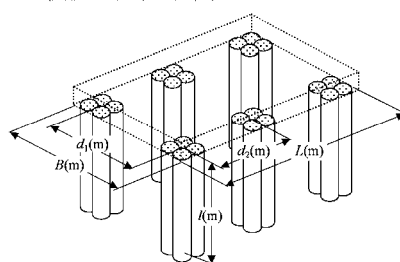
c. 杭形式-3 (接円配置：非ラップ配置)



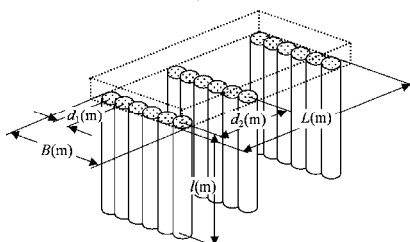
d. 杭形式-4 (接円配置：非ラップ配置)



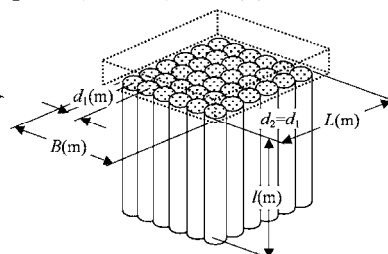
e. 杭形式 (ラップ配置)

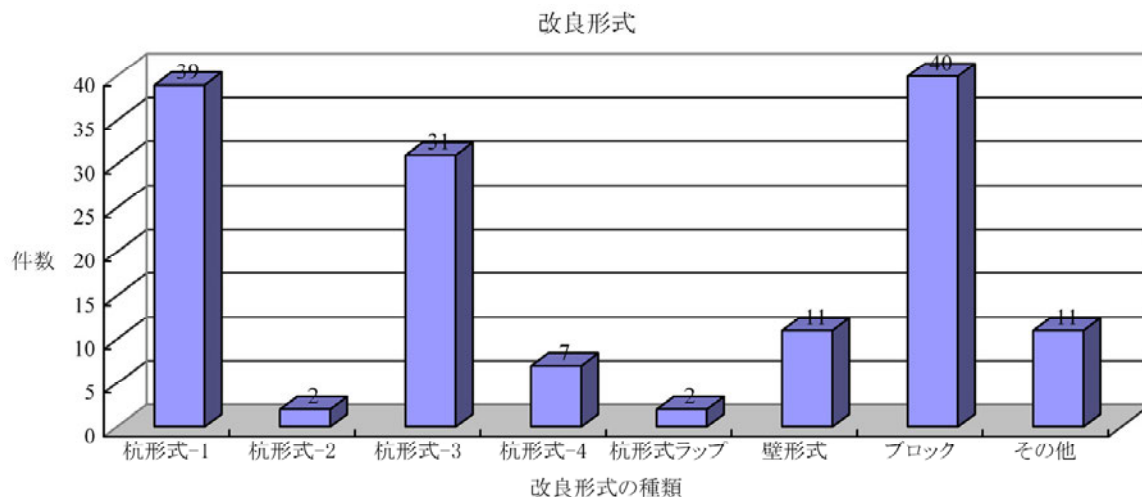


f. 壁形式 (ラップ配置)



g. ブロック形式 (ラップ配置)



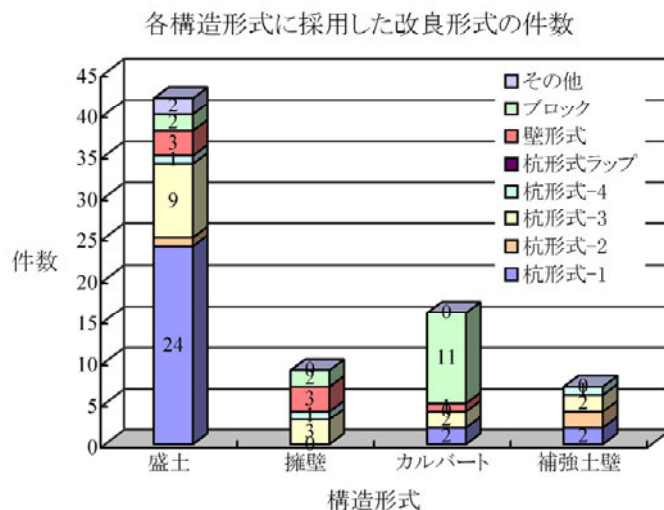


図表 3-27 改良形式の採用状況

○ 各構造形式に採用した改良形式の件数を図表 3 28 に示す。盛土では「杭形式 1」が 50%強採用され、カルバートでは「ブロック形式」の採用が目立っている。

(10) 各構造形式での改良形式

改良形式	盛 土	擁 壁	カルバート	補強土壁	合 計
1.杭形式-1	24	0	2	2	28
2.杭形式-2	1	0	0	2	3
3.杭形式-3	9	3	2	2	16
4.杭形式-4	1	1	0	1	3
5.杭形式(ラップ)	0	0	0	0	0
6.壁形式(ラップ)	3	3	1	0	7
7.ブロック形式	2	2	11	0	15
8.その他	2	0	0	0	2
集計データ数	42	9	16	7	74



図表 3-28 各構造形式に採用した改良形式

構造諸元（改良体の間隔，改良長，改良径，改良率）の調査結果を図表 3 29～図表 3 35 に示す。これらの調査結果より下記のように整理できる。

- 改良体の間隔については，改良径 D の $1.5D$ 以下の間隔を概ね採用されている。また，ラップ配置の改良形式では $0.7D \sim 0.9D$ の間隔を，非ラップ配置の改良形式では間隔を $1.0D$ として 8 割程度採用しているようである。（図表 3 29～図表 3 30）

【改良体の間隔】改良径 D の $1.5D$ 以下の間隔を 8 割程度採用している。ラップ配置の改良形式では $0.7D \sim 0.9D$ ($\rho < 1.0$) の間隔が採用され，非ラップ配置の改良形式では，間隔を $1.0D$ ($1.0 \leq \rho < 1.5$) として概ね 8 割程度採用されている。

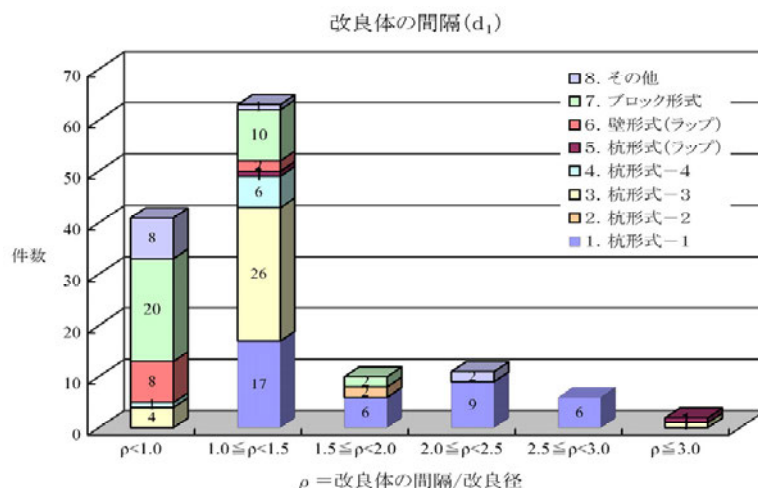
またここでは，各改良形式の相対比較を行うために，改良杭の間隔を単位長さあたりに割り戻した値 ρ を用いて評価を実施した。

（＊改良体の間隔と d_1 （横方向の配置間隔） d_2 （奥行き方向の配置間隔）については【改良形式】(p43)の図を参照のこと。）

(13),(14) 改良体の間隔 ($\rho = d_1/D$)

改良形式	$\rho < 1.0$	$1.0 \leq \rho < 1.5$	$1.5 \leq \rho < 2.0$	$2.0 \leq \rho < 2.5$	$2.5 \leq \rho < 3.0$	$\rho \geq 3.0$	合計
1.杭形式-1	0	17	6	9	6	0	38
2.杭形式-2	0	0	2	0	0	0	2
3.杭形式-3	4	26	0	0	0	1	31
4.杭形式-4	1	6	0	0	0	0	7
5.杭形式(ラップ)	0	1	0	0	0	1	2
6.壁形式(ラップ)	8	2	0	0	0	0	10
7.ブロック形式	20	10	2	0	0	0	32
8.その他	8	1	0	2	0	0	11
集計データ数	41	63	10	11	6	2	133

注) 表中で，ブロック形式で間隔が $\rho \geq 1.0$ (12 件) は，回答を杭形式 3 と混同し，また，杭形式 3 で $\rho < 1.0$ (4 件) は，ブロック形式と混同したものと考えられる。

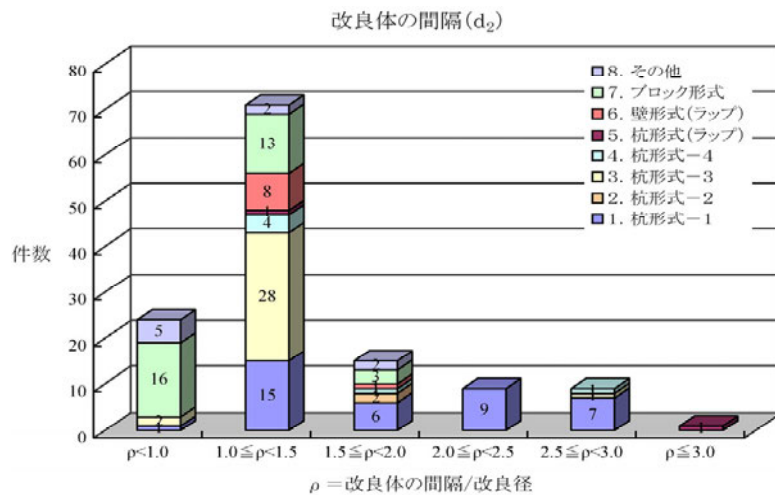


図表 3-29 改良体の間隔(d_1)と改良径の関係($\rho = \text{改良体の間隔} / \text{改良径}$)

(13),(14) 改良体の間隔 ($\rho = d_2/D$)

改良形式	$\rho < 1.0$	$1.0 \leq \rho < 1.5$	$1.5 \leq \rho < 2.0$	$2.0 \leq \rho < 2.5$	$2.5 \leq \rho < 3.0$	$\rho \geq 3.0$	合計
1.杭形式-1	1	15	6	9	7	0	38
2.杭形式-2	0	0	2	0	0	0	2
3.杭形式-3	2	28	0	0	1	0	31
4.杭形式-4	0	4	1	0	1	0	6
5.杭形式(ラップ)	0	1	0	0	0	1	2
6.壁形式(ラップ)	0	8	1	0	0	0	9
7.ブロック形式	16	13	3	0	0	0	32
8.その他	5	2	2	0	0	0	9
集計データ数	24	71	15	9	9	1	129

注) 表中で，ブロック形式で間隔が $\rho \geq 1.0$ (16 件) は，回答を杭形式 3 と混同し，また，杭形式 3 で $\rho < 1.0$ (2 件) は，ブロック形式と混同したものと考えられる。



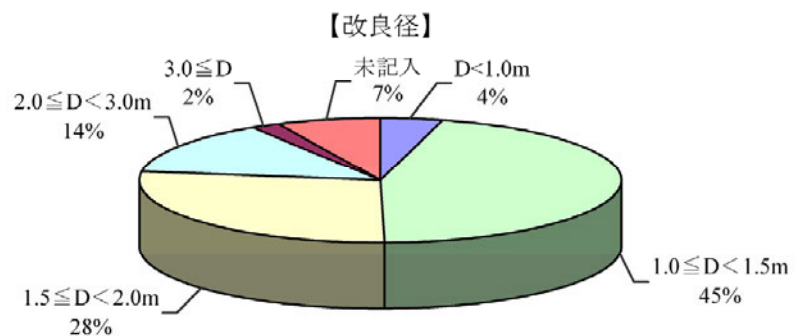
図表 3-30 改良体の間隔(d₂)と改良径の関係(ρ = 改良体の間隔/改良径)

- 改良径については、径 1.0m が標準寸法であることから、1.0～1.5m の割合が約半分を占めている。しかしながら、径が 1.5m～2.0m、2.0～3.0m の改良径の大きいケースも見ることができる。これは、改良径を大きくすると施工本数を減らす効果が得られるため、改良径を大きくする工事が増えているためではないかと考えられる。(図表 3 31)

【改良径】改良径 D は、「1.0≤D<1.5m」45%、「1.5≤D<2.0m」28%、「2.0≤D<3.0m」14%の順であり、D=2.0m 以下が約 75%を占めている。また、改良径の最大はD=3.5m、最小は D=0.6m であった。

(16) 改良径

改良径の区分	件数	割合
D<1.0m	6	4%
1.0≤D<1.5m	66	45%
1.5≤D<2.0m	40	28%
2.0≤D<3.0m	20	14%
3.0≤D	3	2%
未記入	10	7%
集計データ数	145	100%



図表 3-31 改良径

○ 下表に改良径 D が 2.0m 以上の施工件数と工法名（技術名称）を示す。施工件数は全体の約 15%である。

【改良径2.0m以上の件数と工法名】

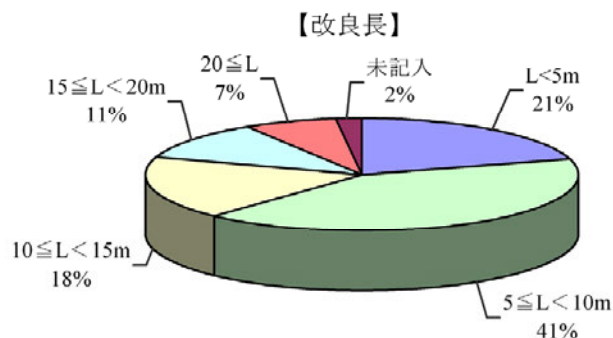
整理番号	改良(m)	技術名称	NETIS登録番号	改良径(m)の適用範囲	
11	2.0	拡張コフム工法	KK 040030 A	1.0～2.0	
12	2.0	CPM工法（クローパー型深層混合処理工法）	KK 050036	1.6～2.0	
13	3.5	Superjet（スーパージェット）工法	KK 980026 A	3.5～5.0	
16	2.6	セバレートジェット工法	KT 010035 A	2.0～3.0	
16	2.2	同上			
16	2.4	同上			
16	2.5	同上			
26	2.0	NJP（エヌ・ジェイ・ピー）工法	KT 040011 V	1.8～2.0	
29	2.0	SDM工法	KT 980134 V	1.8～2.0×3.0～3.7	(2軸)
29	2.0	同上			
31	2.0	エボコラム工法（地盤改良工法）	KT 980205 A	0.8～2.5	
31	2.2	同上			
31	2.2	同上			
31	2.0	同上			
31	2.0	同上			
31	2.0	同上			
31	2.2	同上			
31	2.5	同上			
31	2.2	同上			
31	2.5	同上			
35	2.0	RASコラム工法	KT 980496 A	2.5	
49	3.7	JACSMAN	QS 980153 A	2.3×3.7	(2軸)
実績数	22	(22/145) × 100 15.1%（総件数に対する割合）			

- 改良長については、改良長 5～10m、5m 以下が多く、全体の 6 割を占めることが分かった。10m 以下であれば、他の地盤改良工法（浅層・中層混合処理工法 例：パワーブレンダー工法等）も適用可能な範囲であるため、他の地盤改良工法と競合するケースが多いことが分かった。（図表 3 32～図表 3 33）

【改良長】20m 以下の改良長が約 90% 占め、その内最も実績の多いのは 41% を占めている 5m ≤ L < 10m の範囲である。また、改良長の最大は 34.0m であった。

(15) 改良長

改良長の区分	件数	割合
L < 5m	30	21%
5 ≤ L < 10m	60	41%
10 ≤ L < 15m	26	18%
15 ≤ L < 20m	16	11%
20 ≤ L	10	7%
未記入	3	2%
集計データ数	145	100%

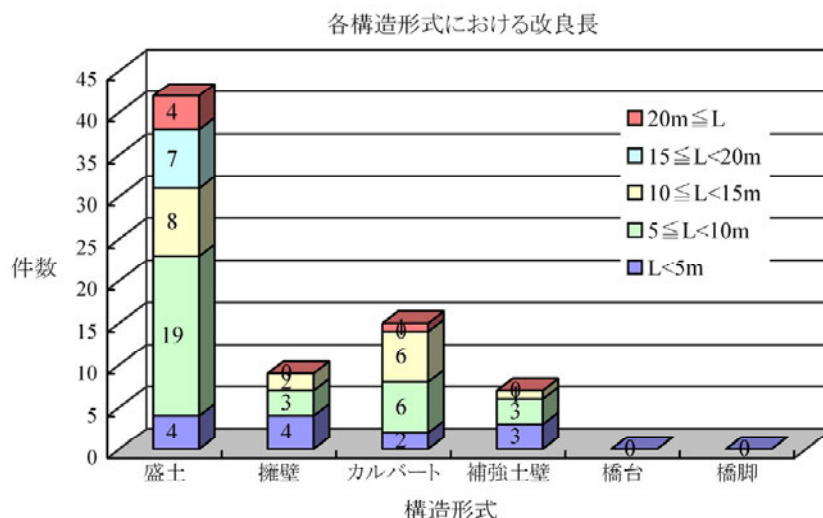


図表 3-32 改良長

○ 改良長を構造形式別にみると図表 3-33 のようになる。盛土では約 5 割が 10m 以下の改良長である。

(15) 改良長：各構造形式における改良長

構造形式	L<5m	5≤L<10m	10≤L<15m	15≤L<20m	20m≤L	合計
盛 土	4	19	8	7	4	42
擁 壁	4	3	2	0	0	9
カルバート	2	6	6	0	1	15
補強土壁	3	3	1	0	0	7
橋 台	0	0	0	0	0	0
橋 脚	0	0	0	0	0	0
集計データ数	13	31	17	7	5	73



図表 3-33 各構造形式での改良長

- 改良率については、60～80%、80%以上の改良率のケースが全体の 6 割を占め、20%以下の低改良率のケースは盛土の一部に留まることが分かった。擁壁及びカルバートでは、60%以上の改良率となっており、今後の技術開発により、改良率を低減できる余地があるものと考えられる。（図表 3-34～図表 3-35）

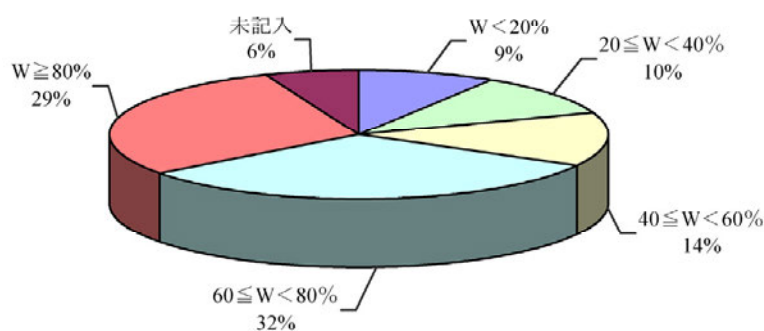
【改良率】改良地盤面積に占める改良体面積の割合（改良率 W）は、「60%≤W<80%」32%、「W≥80%」29%、「40%≤W<60%」14%の順であり、概ね 70%が改良率 W=50%以上である。

(18) 改良率

（改良地盤面積に占める改良体面積の割合）

割合の区分	件数	割合
W<20%	13	9%
20≤W<40%	15	10%
40≤W<60%	20	14%
60≤W<80%	46	32%
W≥80%	42	29%
未記入	9	6%
集計データ数	145	100%

【改良率W(改良地盤面積に占める改良体面積の割合)】

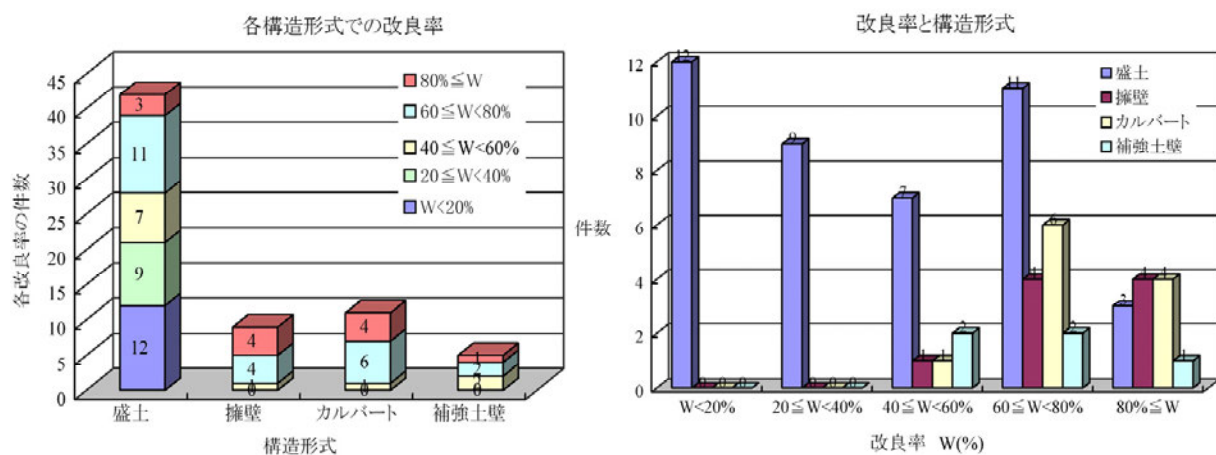


図表 3-34 改良率

○ 改良率を構造形式別にみると図表 3-35 のようになる。擁壁及びカルバートでの改良率は、改良形式にもよるが概ね $W=60\%$ 以上である。

(18) 各構造形式での改良率

構造形式	$W<20\%$	$20\leq W<40\%$	$40\leq W<60\%$	$60\leq W<80\%$	$80\%\leq W$	合計
盛 土	12	9	7	11	3	42
擁 壁	0	0	1	4	4	9
カルバート	0	0	1	6	4	11
補強土壁	0	0	2	2	1	5
集計データ数	12	9	11	23	12	67



図表 3-35 各構造形式での改良率

3.6 調査結果のまとめ

本研究における地盤改良技術の施工管理・品質管理に関する実態調査の結果を下記にまとめる。

- ・地盤改良工事の採用目的と工法選定理由は、構造形式が与える影響が大きいことが分かった。
- ・地盤改良の対象となる土質の分布状況と硬さ（N 値）のバラツキ状況を把握することができた。
- ・一般的な品質管理の流れは、①施工する改良体の本数の 1～5%を対象として、②杭中心から 1/4D 離れた箇所でコア抜きを実施し、③表層・中間・最深の 3 箇所で採取した供試体に対する一軸圧縮試験で確認を行うことが分かった。
- ・設計基準強度と改良強度との差は大きく、粘性土・シルト質土で 2 倍、砂質土・有機質土で 3 倍程になることが分かった。
- ・改良径については、標準の 1.0m 以上の径を有する地盤改良工事が多く、改良率も 60%以上のケースが多いことが分かった。また、低改良率のケースは盛土工事に限定されている実態を把握することができた。
- ・改良長については、10m 以下のものが大半であり、中層地盤改良工法などの他の地盤改良工法と競合する実態を把握できた。
- ・今回の実態調査を踏まえた上で地盤改良を評価する際、下記に示す点に留意する必要があることが分かった。
 - 評価する地盤改良工法の特徴が、構造形式に必要とされる対策に対して適切であるか。
 - 地盤の硬度（N 値）に対して十分な施工能力を有しているか。
 - 一般的な品質管理方法に基づいて、試験データの計測を行っているか。
 - 設計基準強度の設定値と改良強度、対象土質の関係が想定されるバラツキ範囲に納まっているか。
 - 評価する地盤改良工法が、改良長と改良率、構造形式との関係から、構造諸元のどこに位置しているか。

【参考文献】

- 1) 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針
セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法
財団法人日本建築センター 編集・発行 2007.8.01
- 2) セメント系固化材による地盤改良マニュアル第3版
社団法人セメント協会 2003.9.30
- 3) 地盤改良工法便覧 日本材料学会・土質安定材料委員会編
日刊工業新聞社発行 1991.7.31
- 4) 陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル
土木研究センター発行 2004.3

【参 考 資 料】

● 地盤改良における品質管理手法の実態についての調査票（1/2）【18 年度調査】

地盤改良における品質管理手法の実態についての調査										
1	地盤改良工法名									
2	工 法 の 特 徴	1)長所								
		2)短所								
3	品 質 の 確 認	1)地盤の適用範囲	土質	①粘性土	②シルト	③砂質土	④砂礫土	⑤岩	⑥その他()	
			N値							
			補足事項							
		2)改良範囲	土質区分	①粘性土	②シルト	③砂質土	④砂礫土	⑤岩	⑥その他()	
			改良深度							
			改良径							
			改良率							
			改良間隔							
			確認箇所数							
		3)改良体の強度 確認方法	その他							
			確認方法	①一軸圧縮試験		②三軸圧縮試験		③その他()		
			箇所数							
			断面位置							
			深度方向							
		4	施 工 実 績	1)適用対象構造物						
2)採用理由										
3)改良体の設計 強度等	qu=KN/m2等									
4)支持地盤として の設計手法	①許容支持力の算出方法(改良率等の考え方も含む。)									
	②杭基礎構造(曲げを受ける部材)としての評価は可能か?また、その算出方法。									
③その他構造物としての検証方法										

● 地盤改良における品質管理手法の実態についての調査票（2/2）【18 年度調査】

地盤改良における品質管理手法の実態についての調査			
4	施工実績	5)関連する基準類	
		6)その他使用実績	
5	今後の着眼点		
6	問合せ先	会社名	
		担当部署	
		担当者名	
		郵便番号	
		住所	
		電話番号	
		E-mail	
7	発表文献		
8	カタログ / 技術資料等		

● 各工法の地盤改良強度に関する実態調査【19 年度調査】

〈アンケート調査票・回答入力シート〉

- 深層混合処理工法整理番号表
- 工事番号入力表
- 様式－各工法の地盤改良強度に関する実態調査項目

1. データ収集のためのアンケート要領およびアンケート調査票

1.1 アンケート要領（回答及び入力方法）

(1) アンケート調査の対象範囲

18年度で取りまとめた NETIS 登録されている「調査対象とする深層混合処理工法（技術名称）一覧」（下表）を用いた地盤改良工事を対象にします。

調査は、各貴社で扱われている深層混合処理工法を用いた地盤改良工事で、道路構造物の基礎または基礎地盤として採用した実績を重点に、竣工年度が若い（出来れば過去5年間）工事を対象と考えています。なお、上記の工事实績が少ない場合は、道路構造物以外に採用した工事も対象とします。

調査対象とする深層混合処理工法（技術名称）一覧

記）着色部は 18 年度無回答または廃止の工法です。

技術審査証明:技証, 国土技術開発賞:国開

整理番号	技術名称	登録番号	分類	事前審査	技術審査証明等
01	環境地盤改良工法「環境ソイル工法」	CB-000035	固結工		
02	三次元攪拌工法(3DM コラム工法)	CB-000036	固結工		
03	ブチジェット工法	CB-050051-A	固結工		
04	浸透性耐久グラウト材『グラントエース』	CB-060026-A	固結工		
05	KS-B・MIX 工法	CG-030026	固結工		
06	FC-DCM 工法	CG-040002	固結工		
07	グリーンジェット(C-JET)工法	HR-000004-A	固結工		技証
08	HL-DJM 工法	HR-030032-A	固結工		
09	GTM(ジオ・トルネード・ミキシング)工法	HR-040008-A	固結工		
10	DCS 工法	KK-040001	固結工		
11	拡張コラム工法	KK-040030-A	固結工		技証
12	CPM 工法(クローバー型深層混合処理工法)	KK-050036	固結工		
13	Superjet(スーパージェット)工法	KK-980026-A	固結工		
14	JST 工法	KK-980044	固結工		
15	四角ジェット(SQJ 工法)	KK-990035	固結工		
16	セパレートジェット工法	KT-010035-A	固結工		
17	VMS 工法	KT-010164-A	固結工		
18	CDM-Mega 工法	KT-010216-A	固結工		
19	CDM-Land4 工法	KT-010229	固結工		
20	SMM(エス・エム・エム)工法	KT-020006-A	固結工		
21	オープンウイング工法(拡張式固化処理工法)	KT-020010	固結工		技証
22	ST コラム工法	KT-030023	固結工		技証
23	ラテラルジェット工法	KT-030029-A	固結工		
24	JAMPS 工法	KT-030037	固結工		
25	SJMM(エス・ジェイ・エム・エム)工法	KT-030041-A	固結工		
26	NJP(エヌ・ジェイ・ピー)工法	KT-040011-V	固結工	有	
27	SC ジェット工法	KT-050076-A	固結工		技証
28	CDM-コラム 21 工法	KT-980093-A	固結工		技証
29	SDM 工法	KT-980134-V	固結工	有	
30	LDis(エルディス)工法	KT-980135-V	固結工	有	
31	エボコラム工法(地盤改良工法)	KT-980205-A	固結工		技証
32	TOFT 工法	KT-980239	固結工		国開
33	J&C 工法	KT-980294	固結工		
34	DeMIC-S 工法	KT-980426	固結工		
35	RAS コラム工法	KT-980496-A	固結工		
36	拡張式地盤改良工法(SWING 工法)	KT-990066	固結工		
37	PROP(プロップ)	KT-990165-A	固結工		技証
38	テノコラム工法	KT-990238-A	固結工		技証
39	DCM-L 工法	KT-990363	固結工		
40	X-jet(クロスジェット)工法	KT-990495	固結工		
41	MITS 工法 QSJ システム	QS-000012-A	固結工		
42	MITS 工法(CMS システム)	QS-000013-V	固結工	有	
43	SDW 工法	QS-010004	固結工		
44	エフツインジェット工法	QS-040034-A	固結工		
45	CDM-レムニ 2/3(ツースリー)工法	QS-050016-A	固結工		
46	HySJET 工法(ハイエスジェット工法)	QS-060015-A	固結工		
47	CI-CMC 工法	QS-980018-A	固結工		技証
48	CDM 工法	QS-980047	固結工		
49	JACSMAN	QS-980153-A	固結工		国開
50	DCM 工法	QS-980222	固結工		
51	ダブルミキシング工法	QS-980227-V	固結工	有	
52	ソイルマスター工法	QS-990002	固結工		
53	AMP 工法	SK-010013-A	固結工		国開
54	RAS-JET 工法	SK-050001-A	固結工		
55	CDM-IODIC 工法	TH-980041-A	固結工		

(2) アンケート調査の手順

アンケート調査は，【アンケート調査票】を用いて下記の手順にしたがって行ってください。

- ① 貴社で扱われている深層混合処理工法の「整理番号」を，「深層混合処理工法整理番号表」より確認してください。
- ② 「工事番号入力表」シートに，アンケートの対象範囲で抽出した工事名を「略式工事名」欄に記入してください。
- ③ 「工事番号」ごとに，【調査票】「様式—各工法の地盤改良強度に関する実態調査項目」にしたがって，「回答シート.xls」(Excel)に回答をしてください。なお，「回答シート.xls」(Excel)の中には，「回答例」などのシートが入っていますので参考にしてください。
- ④ 回収・返送は，「回答シート.xls」ファイルをメール等をお願いします。また，参考図等は pdf ファイル等にして送付してください。

1.2 アンケート調査票

アンケート調査票は，「深層混合処理工法整理番号表」，「工事番号入力表」，「様式—各工法の地盤改良強度に関する実態調査項目」から構成され，回答は「回答シート.xls」(Excel)に入力する。

(1) 深層混合処理工法整理番号表

技術審査証明:技証, 国土技術開発賞:国開

整理番号	技術名称	登録番号	分類	事前審査	技術審査証明等
01	環境地盤改良工法「環境ソイル工法」	CB 000035	固結工		
02	三次元攪拌工法(3DM コラム工法)	CB 000036	固結工		
03	ブチジェット工法	CB 050051 A	固結工		
04	浸透性耐久グラウト材『グラントエース』	CB 060026 A	固結工		
05	KS B・MIX 工法	CG 030026	固結工		
06	FC DCM 工法	CG 040002	固結工		
07	クリーンジェット(C JET)工法	HR 000004 A	固結工		技証
08	HL DJM 工法	HR 030032 A	固結工		
09	GTM(ジオ・トルネード・ミキシング)工法	HR 040008 A	固結工		
10	DCS 工法	KK 040001	固結工		
11	拡張コラム工法	KK 040030 A	固結工		技証
12	CPM 工法(クローバー型深層混合処理工法)	KK 050036	固結工		
13	Superjet(スーパージェット)工法	KK 980026 A	固結工		
14	JST 工法	KK 980044	固結工		
15	四角ジェット(SQJ 工法)	KK 990035	固結工		
16	セバレートジェット工法	KT 010035 A	固結工		
17	VMS 工法	KT 010164 A	固結工		
18	CDM Mega 工法	KT 010216 A	固結工		
19	CDM Land4 工法	KT 010229	固結工		
20	SMM(エス・エム・エム)工法	KT 020006 A	固結工		
21	オープンウイング工法(拡張式固化処理工法)	KT 020010	固結工		技証
22	ST コラム工法	KT 030023	固結工		技証
23	ラテラルジェット工法	KT 030029 A	固結工		
24	JAMPS 工法	KT 030037	固結工		
25	SJMM(エス・ジェイ・エム・エム)工法	KT 030041 A	固結工		
26	NJP(エヌ・ジェイ・ピー)工法	KT 040011 V	固結工	有	
27	SC ジェット工法	KT 050076 A	固結工		技証
28	CDM コラム 21 工法	KT 980093 A	固結工		技証
29	SDM 工法	KT 980134 V	固結工	有	
30	LDis(エルディス)工法	KT 980135 V	固結工	有	
31	エボコラム工法(地盤改良工法)	KT 980205 A	固結工		技証
32	TOFT 工法	KT 980239	固結工		国開
33	J&C 工法	KT 980294	固結工		
34	DeMIC S 工法	KT 980426	固結工		
35	RAS コラム工法	KT 980496 A	固結工		
36	拡張式地盤改良工法(SWING 工法)	KT 990066	固結工		
37	PROP(プロップ)	KT 990165 A	固結工		技証
38	テノコラム工法	KT 990238 A	固結工		技証
39	DCM L 工法	KT 990363	固結工		
40	X jet(クロスジェット)工法	KT 990495	固結工		
41	MIT S 工法 QSJ システム	QS 000012 A	固結工		
42	MIT S 工法(CMS システム)	QS 000013 V	固結工	有	
43	SDW 工法	QS 010004	固結工		
44	エフツインジェット工法	QS 040034 A	固結工		
45	CDM レムニ 2/3(ツースリー)工法	QS 050016 A	固結工		
46	HySJET 工法(ハイエスジェット工法)	QS 060015 A	固結工		
47	CI CMC 工法	QS 980018 A	固結工		技証
48	CDM 工法	QS 980047	固結工		
49	JACSMAN	QS 980153 A	固結工		国開
50	DCM 工法	QS 980222	固結工		
51	ダブルミキシング工法	QS 980227 V	固結工	有	
52	ソイルマスター工法	QS 990002	固結工		
53	AMP 工法	SK 010013 A	固結工		国開
54	RAS JET 工法	SK 050001 A	固結工		
55	CDM LODIC 工法	TH 980041 A	固結工		

(2) 「工事番号入力表」の作成シート

Microsoft Excel - 回答入力シート

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

MS Pゴシック 11 B U

工事番号入力表

工法整理番号

工法名

会社名

調査担当者

氏名

部署

連絡先

(TEL)

(FAX)

E-mail

番号

略式工事名

001

002

003

004

005

006

007

008

009

010

011

012

013

014

コマンド

(3) 「様式 各工法の地盤改良強度に関する実態調査項目」の [1]～[30]回答シート

Microsoft Excel - 回答入力シート

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

MS Pゴシック 11 B U

様式-各工法の地盤改良強度に関する実態調査項目

項目番号

項目内容

工事番号001

工事番号002

工事番号003

工事番号004

工事番号005

(1) 概観コード

(2) 工法整理番号

(3) 工事番号

(4) 工事場所

(5) 竣工年度

(6) 採用した目的【複】

(7) 工法の選定理由【複】

(8) 地盤改良の対象となった構造物

(9) 構造形式

(10) 改良形式

(11) 改良地盤幅の平面寸法

(12) 改良体の間隔

(13) 改良長

(14) 改良径

(15) 改良体の本数

(16) 改良率

(17) 土質調査データ

(18) 第1層

(19) 土質

(20) 層厚

(21) 平均N値

(22) 一軸圧縮強さ

(23) 浸透強度

(24) 第2層

(25) 土質

(26) 層厚

(27) 平均N値

(28) 一軸圧縮強さ

(29) 浸透強度

(30) 第3層

(31) 土質

(32) 層厚

コマンド

(4) 「様式 各工法の地盤改良強度に関する実態調査項目」の [31]～[53] 回答シート

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
45	(31)			平均N値						
46	(32)			一軸圧縮強度 (kg/cm^2)						
47	(33)			湿潤強度 (kg/cm^2)						
48	(34)		第4層	土質						
49	(35)			層厚 (m)						
50	(36)			平均N値						
51	(37)			一軸圧縮強度 (kg/cm^2)						
52	(38)			湿潤強度 (kg/cm^2)						
53	(39)		第5層	土質						
54	(40)			層厚 (m)						
55	(41)			平均N値						
56	(42)			一軸圧縮強度 (kg/cm^2)						
57	(43)			湿潤強度 (kg/cm^2)						
58	(44)	品質確認方法								
59	(45)	品質確認を実施した本数								
60	(46)	断面内での品質確認の位置と箇所数								
61	(47)	深度方向での品質確認の位置と箇所数								
62	(48)	改良体が目標とした設計基準強度			(kg/cm^2)					
63	(49)	改良体の設計対象土層と改良強度			対象土層					
64	(50)				改良強度 (kg/cm^2)					
65	(51)	改良強度のバラツキを考慮した設計基準強度			(kg/cm^2)					
66	(52)	設計方法(構造物としての設計方法)			①					
67					②					
68					③					
69					④					
70					⑤					
71					⑥					
72					⑦					
73	(53)	適用基準および参考文献など			①					
74					②					
75					③					
76					④					
77					⑤					
78	【記述欄】	(6)採用した目的	◎その他							
79										
80										
81										
82										
83		(7)工法の選定理由	◎その他							
84										
85										
86										
87										
88		(52)適用基準および参考文献など	◎その他							

(5) 「様式 各工法の地盤改良強度に関する実態調査項目」の [記述欄]，[備考欄]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
78	【記述欄】	(6)採用した目的	◎その他									
79												
80												
81												
82												
83		(7)工法の選定理由	◎その他									
84												
85												
86												
87												
88		(52)適用基準および参考文献など	◎その他									
89												
90												
91												
92												
93												
94												
95												
96	【備考欄】	※当該工事に関する一般図(柱状図や改良範囲などが描かれている図面)がありましたら、添付してください。										
97		※ご意見等がありましたら、この欄にお書きください。										
98												
99												
100												
101												
102												
103												
104												
105												
106												
107												
108												
109												
110												
111												
112												
113												
114												
115												
116												
117												
118												
119												
120												
121												
122												

様式－各工法の地盤改良強度に関する実態調査項目

本様式は、一工事につき一枚記入してください（工事番号表に記入した分だけ本様式を記入してください）。

(1) 機関コード（工事発注機関）

下表は、当該地盤改良の施工を実施した機関を示す機関コード一覧表です。この機関コード一覧表にしたがって、所定のコードを記入してください。

機関コード一覧表

機 関	名 称	コード
国土交通省 地方支分部局	東北地方整備局	A01
	関東地方整備局	A02
	北陸地方整備局	A03
	中部地方整備局	A04
	近畿地方整備局	A05
	中国地方整備局	A06
	四国地方整備局	A07
	九州地方整備局	A08
	北海道開発局	A09
	内閣府	A10
都道府県	沖縄総合事務局	A10
	北海道（札幌市を除く）	B01
	青森県	B02
	岩手県	B03
	宮城県（仙台市を除く）	B04
	秋田県	B05
	山形県	B06
	福島県	B07
	茨城県	B08
	栃木県	B09
	群馬県	B10
	埼玉県（さいたま市を除く）	B11
	千葉県（千葉市を除く）	B12
	東京都（区部を含む）	B13
	神奈川県（横浜、川崎市を除く）	B14
	新潟県	B15
	富山県	B16
	石川県	B17
	福井県	B18
	山梨県	B19
	長野県	B20
	岐阜県	B21
	静岡県（静岡市を除く）	B22
	愛知県（名古屋市を除く）	B23
	三重県	B24
	滋賀県	B25
	京都府（京都市を除く）	B26
	大阪府（大阪市を除く）	B27
	兵庫県（神戸市を除く）	B28
	奈良県	B29
	和歌山県	B30
	鳥取県	B31
	島根県	B32
	岡山県	B33
	広島県（広島市を除く）	B34
	山口県	B35
	徳島県	B36
	香川県	B37

	愛媛県	B38
	高知県	B39
	福岡県（福岡、北九州市を除く）	B40
	佐賀県	B41
	長崎県	B42
	熊本県	B43
	大分県	B44
	宮崎県	B45
	鹿児島県	B46
	沖縄県	B47
政令指定都市	札幌市	B51
	仙台市	B52
	千葉市	B53
	さいたま市	B54
	川崎市	B55
	横浜市	B56
	静岡市	B57
	名古屋市	B58
	京都市	B59
	大阪市	B60
株式会社及び 道路公社	神戸市	B61
	広島市	B62
	北九州市	B63
	福岡市	B64
	東日本高速道路(株)	C01
	中日本高速道路(株)	C02
	西日本高速道路(株)	C03
	首都高速道路(株)	C04
	阪神高速道路(株)	C05
	本州四国連絡高速道路(株)	C06
	名古屋高速道路公社	C07
	福岡北九州高速道路公社	C08
	水資源機構	C09

(2) 工法整理番号

この調査票の対象となる工法名を、工法整理番号表より該当する番号を記入してください。

(3) 工事番号

当該工事の番号を記入してください。記入の際には、予め作成した工事番号記入表の番号を記入してください。

(4) 工事場所（県名）

当該工事を実施した場所の県名を（1）で示した機関コード（B01～B47）を用いて記入してください。なお、県境に位置する場合はどちらかの県にしてください。

(5) 竣工年度

当該工事の竣工年度を、下記から選んで番号を記入してください。

- ・2007年度…………… 1
- ・2006年度…………… 2
- ・2005年度…………… 3
- ・2004年度…………… 4
- ・2003年度…………… 5
- ・2002年度…………… 6
- ・2001年度以前…………… 7

(6) 採用した目的 [複]

地盤改良を採用した目的を、下記の項目の中で該当する場合は1を、該当しない場合は0を、それぞれ記入してください。なお、“その他”を選んだ場合は、記述欄にその目的を記述してください。

- ・支持力増強対策…………… ①
- ・沈下防止対策…………… ②
- ・液状化防止対策…………… ③
- ・土圧軽減対策…………… ④
- ・止水対策…………… ⑤
- ・地盤補強対策…………… ⑥
- ・その他…………… ⑦

(7) 工法の選定理由 [複]

本工法を選定した理由を、下記の項目の中で該当する場合は1を、該当しない場合は0を、それぞれ記入してください。なお、“その他”を選んだ場合は、記述欄にその理由を記述してください。

- ・コスト…………… ①
- ・工法特性…………… ②
- ・工期短縮…………… ③
- ・周辺環境への配慮…………… ④
- ・施工時の制約…………… ⑤
- ・その他…………… ⑥

(8) 地盤改良の対象となった構造物

対象となった構造物を下記より選んで記入してください。

- ・道路土工構造物（盛土、擁壁、カルバート、補強土壁など）…………… 1
- ・橋梁構造物（橋台、橋脚など）…………… 2
- ・河川構造物（護岸工、堤防、調整池、砂防ダムなど）…………… 3
- ・港湾構造物（防波堤、護岸、突堤など）…………… 4
- ・仮設構造物（止水壁、地中梁など）…………… 5
- ・地下構造物（立孔など）…………… 6
- ・建築構造物（タンク基礎など）…………… 7
- ・その他（近接施工の補助工法など）…………… 8

(9) 構造形式

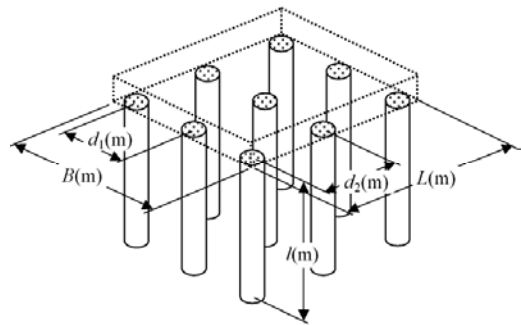
(8)で1または2を選んだ場合は、下記より構造形式を選んで記入してください。なお、該当しない場合は“0”を記入してください。

- ・盛土…………… 1
- ・擁壁…………… 2
- ・カルバート…………… 3
- ・補強土壁…………… 4
- ・橋台…………… 5
- ・橋脚…………… 6

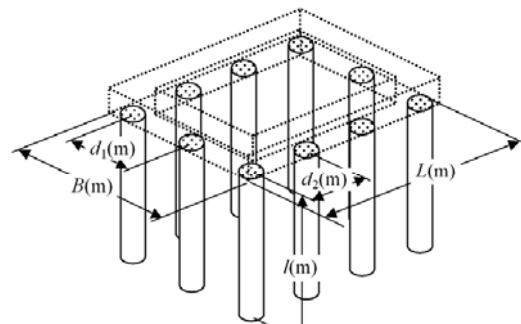
(10) 改良形式

改良形式を下記より選択してください。（図－Aを参照）

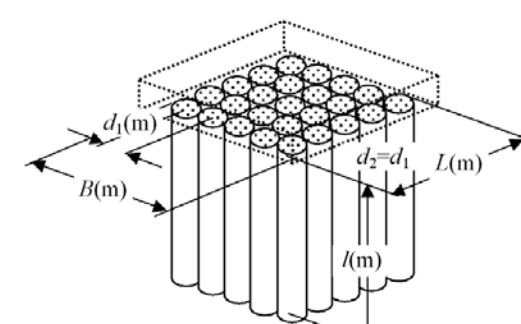
- a. 杭形式 1（杭配置）…………… 1
- b. 杭形式 2（杭配置）…………… 2
- c. 杭形式 3（接円配置：非ラップ配置）…………… 3
- d. 杭形式 4（接円配置：非ラップ配置）…………… 4
- e. 杭形式（ラップ配置）…………… 5
- f. 壁形式（ラップ配置）…………… 6
- g. ブロック形式（ラップ配置）…………… 7
- h. その他…………… 8
- a. 杭形式 1（杭配置）……………



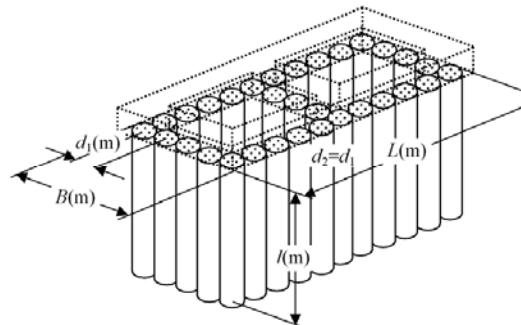
b. 杭形式 2（杭配置）



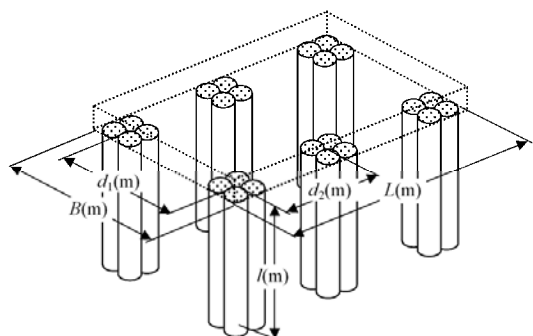
c. 杭形式 3（接円配置：非ラップ配置）



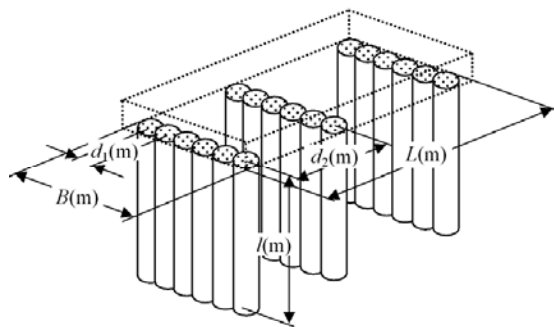
d. 杭形式 4（接円配置：非ラップ配置）



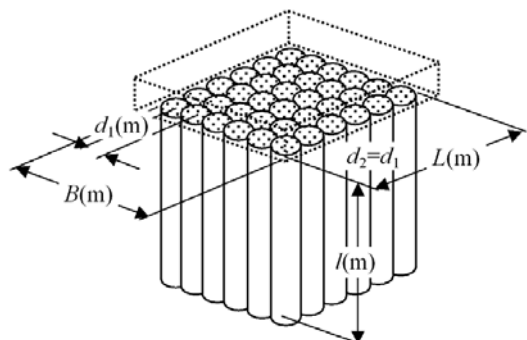
e. 杭形式（ラップ配置）



f. 壁形式（ラップ配置）



g. ブロック形式（ラップ配置）



（図中の点線は、上部構造を示す）

図－A 改良形式

(11) , (12) 改良地盤幅の平面寸法

図－Aにしたがって、改良地盤幅の平面寸法 (B, L) をm単位で小数第1位まで記入してください。

(13) , (14) 改良体の間隔

図－Aにしたがって、改良体の間隔 (D_1, D_2) をm単位で小数第1位まで記入してください。

(15) 改良長

図－Aにしたがって、改良長 l をm単位で小数第1位まで記入してください。なお、改良長が変化している場合は平均値を記入してください。

(16) 改良径

改良径をm単位で小数第1位まで記入してください。

(17) 改良体の本数

改良体の全本数を記入してください。

(18) 改良率

改良率（改良地盤面積に占める改良体面積の割合）を%で記入してください。

(19) ～ (43) 土質調査データ（土質、層厚、平均N値、一軸圧縮強さ、湿潤密度）

地表面から改良範囲までの間を、【例】に示す通り5層までの間でモデル化し、各層の土質、層厚(m)、平均N値、一軸圧縮強さ(kN/m^2)、湿潤密度(kN/m^3)をそれぞれ記入してください。

なお、対象とするボーリングが複数の場合は、何れかの柱状図を代表させてください。

○土質(19), (24), (29), (34), (39)

モデル化した各層の土質を下記の中から選択してください。

- ・盛土または埋土…………… 1
- ・砂質土…………… 2
- ・シルト質土…………… 3
- ・粘性土…………… 4
- ・有機質土…………… 5
- ・ローム…………… 6

○層圧(20), (25), (30), (35), (40)

各層の層厚をm単位で小数第1位まで記入してください。

○平均N値(21), (26), (31), (36), (41)

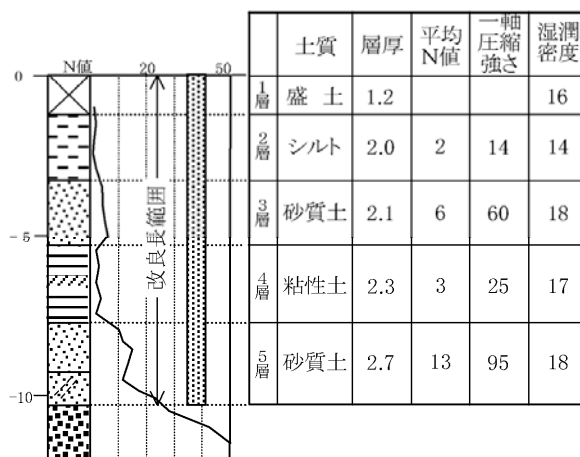
各層の平均N値を整数で記入してください。

○一軸圧縮強さ(22), (27), (32), (37), (42)

各層の一軸圧縮強さ qu を kN/m^2 単位の整数で記入してください。なお、試験値がない場合は“0”を記入してください。

○湿潤密度(23), (28), (33), (38), (43)

各層の湿潤密度 ρ を kN/m^3 単位の整数で記入してください。なお、試験値がない場合は“0”を記入してください。



・第1層	土質	(14)	1
	層厚	(15)	1.2
	平均N値	(16)	0
	一軸圧縮強さ	(17)	0
	湿潤強度	(18)	16
↓			
・第5層	土質	(34)	2
	層厚	(35)	2.7
	平均N値	(36)	13
	一軸圧縮強さ	(37)	95
	湿潤強度	(38)	18

(44) 品質確認方法

改良体の品質確認方法を下記より選んで記入してください。なお、該当しない場合は“0”を記入してください。

- ・一軸圧縮強度試験による…………… 1
- ・平板載荷試験による…………… 2

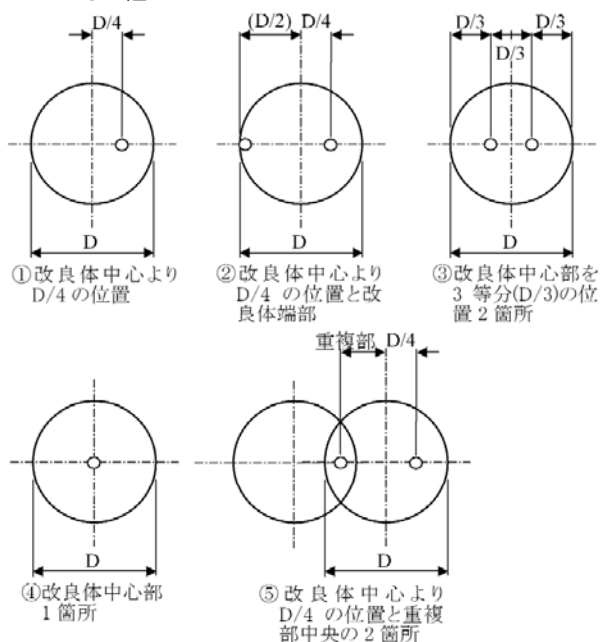
(45) 品質確認を実施した本数

品質確認を実施した改良体の本数を記入してください。

(46) 断面内での品質確認の位置と箇所数

改良体の断面内での品質確認の位置と箇所数を下記より選んで記入してください。（下図を参照）

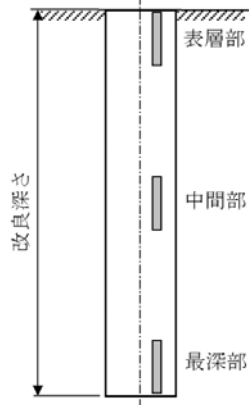
- ・改良体中心より $D/4$ の位置で1箇所…………… 1
- ・改良体中心より $D/4$ の位置と端部の2箇所…………… 2
- ・改良体中心部を3等分の位置で2箇所…………… 3
- ・改良体中心部を1箇所…………… 4
- ・改良体中心より $D/4$ の位置と重複部の2箇所…………… 5
- ・その他…………… 6



(47) 深度方向での品質確認の位置と箇所数

改良体の深度方向での品質確認の位置と箇所数を下記より選んで記入してください。（下図を参照）

- ・「表層部／中間部／最深部」の3箇所…………… 1
- ・「表層部／最深部」の2箇所…………… 2
- ・「表層部／中間部」の2箇所…………… 3
- ・「表層部」の1箇所…………… 4
- ・土層ごとに確認…………… 5
- ・「地盤条件」による…………… 6
- ・その他…………… 7



(48) 改良体の設計基準強度

改良体が目標とした設計基準強度を kN/m^2 単位の整数で記入してください。

(49), (50) 改良体の設計対象土質と現場平均改良強度

改良体の設計で対象とした土質を下記の中から選択してください。また、この土質における改良体の現場平均改良強度（一軸圧縮強度など）を kN/m^2 単位の整数で記入してください。

- ・盛土または埋土…………… 1
- ・砂質土…………… 2
- ・シルト質土…………… 3
- ・粘性土…………… 4
- ・有機質土…………… 5
- ・ローム…………… 6
- ・その他…………… 7

(49) 改良体の設計対象土質

(50) 改良体の現場平均改良強度

(51) 改良強度のバラツキを考慮した設計基準強度

上記(50)改良体の現場平均改良強度より算出したバラツキを考慮した設計基準強度を kN/m^2 単位の整数で記入してください。

(52) 設計方法（構造体としての設計方法） 【複】

当該改良形式で用いた構造体としての設計方法を、下記の中で該当する場合は1を、該当しない場合は0を、それぞれ記入してください。

- ・直接基礎…………… ①
- ・剛体基礎（ケーソン基礎）…………… ②
- ・杭基礎…………… ③
- ・改良体を剛体とした地盤反力係数法…………… ④
- ・改良体を弾性体とした地盤反力係数法…………… ⑤
- ・有限要素法…………… ⑥
- ・その他…………… ⑦

(53) 適用基準および参考文献など

当該改良形式の設計に用いた適用基準および参考文献などを、下記の中で該当する場合は1を、該当しない場合は0を、それぞれ記入してください。

なお，“その他”を選んだ場合は、記述欄に適用された基準などの名称を記述してください。

- ・改訂版・建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針 セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法（日本建築センター）…………… ①
- ・当該工法の「設計・施工マニュアル」…………… ②
- ・セメント系固化材による「地盤改良マニュアル・第3版」（社）セメント協会…………… ③
- ・道路橋示方書IV下部構造編…………… ④
- ・その他…………… ⑤

1.3 アンケート調査票の記入例

工事番号入力表

工法整理番号	10
--------	----

工 法 名	○*○*○工法		
会 社 名	△△△△株式会社		
調査担当者	氏 名	深層 改良	
	部 署	工事第1課	
	連絡先	〒123-0001 ○○県△△市※※町1-2-3 (TEL)123-3456-7890 (FAX)098-7654-3210 E-mail:aa-abcde@ccdd.co.jp	

番号	略 式 工 事 名
001	擁壁基礎地盤改良工事
002	○○▼▼地盤改良工事
003	
004	
005	
006	
007	
008	
009	
010	
011	
012	
013	
014	
015	
016	
017	
018	
019	
020	

様式一各工法の地盤改良強度に関する実態調査項目

項目番号	項 目 内 容	工事番号001	工事番号002	工事番号003	工事番号004	工事番号005	工事番号006	工事番号007	工事番号008
(1)	機関コード (工事発注機関)	B56							
(2)	工法整理番号 (工法整理番号表による)	10							
(3)	工事番号 (工事番号表による)	1							
(4)	工事場所 (業名)	B14							
(5)	竣工年度	1							
(6)	採用した目的【複】								
	①								
	②								
	③								
	④								
	⑤								
	⑥								
(7)	工法の選定理由【複】								
	①								
	②								
	③								
	④								
	⑤								
	⑥								
(8)	地盤改良の対象となった構造物								
(9)	構造形式								
(10)	改良形式								
(11)	改良地盤幅の平面寸法								
(12)		<i>B</i> (m)							
(13)	改良体の間隔	<i>L</i> (m)							
(14)	改良長	<i>d1</i> (m)							
(15)	改良径	<i>d2</i> (m)							
(16)	改良体の本数	<i>D</i> (m)							
(17)	改良率	(%)							
(18)	土質調査データ第1層	土質							
(19)	層厚	(m)							
(20)	平均N値								
(21)	一軸圧縮強さ	(kN/m ²)							
(22)	湿潤強度	(kN/m ²)	160						
(23)	土質		3						
(24)	層厚	(m)	5.0						
(25)	平均N値		2						
(26)	一軸圧縮強さ	(kN/m ²)	700						
(27)	湿潤強度	(kN/m ²)	160						
(28)	土質		2						
(29)	層厚	(m)	1.0						
(30)	平均N値		30						
(31)	一軸圧縮強さ	(kN/m ²)							
(32)	湿潤強度	(kN/m ²)	190						
(33)	土質								
(34)	層厚	(m)							
(35)	平均N値								
(36)	一軸圧縮強さ	(kN/m ²)							
(37)	湿潤強度	(kN/m ²)							
(38)	土質								
(39)	層厚	(m)							
(40)	平均N値								
(41)	一軸圧縮強さ	(kN/m ²)							
(42)	湿潤強度	(kN/m ²)							
(43)	品質確認方法								
(44)	品質確認を実施した本数		1						
(45)	断面内での品質確認の位置と箇所数		3						
(46)	深度方向での品質確認の位置と箇所数		1						
(47)	改良体が目標とした設計基準強度	(kN/m ²)	1300						
(48)	改良体の設計対象土層と改良強対象土層		3						
(49)	平均改良強度	(kN/m ²)	2310						
(50)	改良強度のバラツキを考慮した設計基準強度	(kN/m ²)	1410						
(51)	設計方法(構造物としての設計方		1						
(52)			0						
	②								
	③		1						
	④		0						
	⑤		1						
	⑥		0						
	⑦		0						
(53)	適用基準および参考文献など								
	①		1						
	②		0						
	③		0						
	④		0						
	⑤		1						
	⑥		0						
	⑦		0						
	適用基準および参考文献など								
	①		1						
	②		0						
	③		0						
	④		1						
	⑤		0						
	⑦その他								
【記述欄】	(6)採用した目的								
	(7)工法の選定理由								
	(52)適用基準および参考文献⑥その他								

【アンケート回答事例】

● 工事名：擁壁基礎地盤改良工事

● 発注者：横浜市

● 工事場所：横浜市中区長者町

● 竣工年月：2008 年 3 月

①

②

③

④

⑤

⑥

⑦

⑧

⑨

⑩

⑪

⑫

⑬

⑭

⑮

⑯

⑰

⑱

⑲

⑳

㉑

㉒

㉓

㉔

㉕

㉖

㉗

㉘

㉙

㉚

㉛

㉜

㉝

㉞

㉟

㊱

㊲

㊳

㊴

㊵

㊶

㊷

㊸

㊹

㊺

㊻

㊼

㊽

㊾

㊿

㋀

㋁

㋂

㋃

㋄

㋅

㋆

㋇

㋈

㋉

㋊

㋋

㋌

㋍

㋎

㋏

㋐

㋑

㋒

㋓

㋔

㋕

㋖

㋗

㋘

㋙

㋚

㋛

㋜

㋝

㋞

㋟

㋠

㋡

㋢

㋣

㋤

㋥

㋦

㋧

㋨

㋩

㋪

㋫

㋬

㋭

㋮

㋯

㋰

㋱

㋲

㋳

㋴

㋵

㋶

㋷

㋸

㋹

㋺

㋻

㋼

㋽

㋾

㋿

㌀

㌁

㌂

㌃

㌄

㌅

㌆

㌇

㌈

㌉

㌊

㌋

㌌

㌍

㌎

㌏

㌐

㌑

㌒

㌓

㌔

㌕

㌖

㌗

㌘

㌙

㌚

㌛

㌜

㌝

㌞

㌟

㌠

㌡

㌢

㌣

㌤

㌥

㌦

㌧

㌨

㌩

㌪

㌫

㌬

㌭

㌮

㌯

㌰

㌱

㌲

㌳

㌴

㌵

㌶

㌷

㌸

㌹

㌺

㌻

㌼

㌽

㌾

㌿

㍀

㍁

㍂

㍃

㍄

㍅

㍆

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

㍋

㍌

㍍

㍎

㍇

㍈

㍉

㍊

<

※当該工事に関する一般図(柱状図や改良範囲などが描かれている図面)がありましたら、添付してください。

※ご意見等がありましたら、この欄にお書きください。

地盤改良の施工管理・品質管理の検証手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）
研究期間：平 18～平 20
担当チーム：施工技術チーム
研究担当者：小橋 秀俊、堤 祥一

【要旨】

近年、コスト縮減や環境に配慮した社会資本整備等の社会ニーズから、新工法・新技術の普及促進を図る体制整備がなされている。これらの提案された新技術・新工法の評価には、統計的に得られた十分なデータに基づくことが求められる。しかしながら、地盤改良の施工管理・品質管理の実態とその検証方法については、十分に整理・調査された資料が少なく、提案される地盤改良技術の性能を正しく評価することが難しいことが課題となっている。そのため土木研究所では、提案技術を正しく評価するためのバックデータの取得を目的として、平成 18 年度から地盤改良技術の施工管理・品質管理に関する実態調査を行った。

キーワード： 地盤改良 施工管理 品質管理 実態調査

1. はじめに

近年、コスト縮減や環境に配慮した社会資本整備等の社会ニーズから、新工法・新技術の普及促進を図る体制整備がなされている。これらの提案された新技術・新工法の評価には、統計的に得られた十分なデータに基づくことが求められる。しかしながら、地盤改良の施工・品質管理の実態とその検証方法については、十分に整理・調査された資料が少なく、提案される地盤改良技術の性能を正しく評価することが難しいことが課題となっている。そのため土木研究所では、提案技術を正しく評価するためのバックデータの取得を目的として、平成 18 年度から地盤改良技術の施工管理・品質管理に関する実態調査を行った。

2. 地盤改良の施工管理・品質管理に関する実態調査

本調査では、調査事項を大きく 3 つに分けて実施した。①工事実績や採用目的などの一般事項に関する基礎調査と②地盤改良の施工・品質管理の頻度及び方法と、設計強度の設定方法に関する調査、③地盤改良の改良形式と構造諸元に関する調査である。調査対象の工法には、目視ができず、品質管理の重要性が高い、深層混合処理工法を選択し、使用実績のある 47 工法に対し、取扱う民間会社・工法事務局にアンケート調査を実施し、145 件の地盤改良の工

事データの回答を得た。

表 1 地盤改良の施工・品質管理の調査項目

調査事項	調査項目	備考
一般事項に関する調査	工事実績	工事実績は過去5年間
	発注機関	国、自治体、民間等
	工事場所	都道府県
	採用目的	支持力増強、土圧低減、沈下防止等
	工法選定理由	コスト、工期短縮、施工の制約等
	構造形式	盛土、擁壁、カルバート等
	地盤改良の対象構造物	道路構造物、河川構造物、建築構造物等
施工・品質管理に関する調査	対象土質	砂質土、シルト質土、粘性土等
	土質データ	N値で評価
	品質確認方法	一軸圧縮試験、平板載荷試験等
	品質管理の実施頻度	a(改良体全体数/品質確認本数)で評価
	品質管理の確認位置	杭断面と深度方向の調査位置を調査
	改良体の設計基準強度	設計基準強度と実際の強度を比較
地盤改良の構造に関する調査	用いた設計方法	直接基礎、剛体基礎、杭基礎等
	適用基準及び参考文献	参考とした設計マニュアルの調査
	改良形式	ブロック形式、杭径式、壁式等
	構造諸元	改良径、改良長、改良率、改良体の間隔

* 使用実績を有する深層混合処理工法47工法を調査対象として選定

2. 1 一般事項に関する調査結果

深層混合処理工法に関する実態を把握するために、工事実績や発注機関、採用場所、工法選定理由、対象となる構造物に関する基礎調査を実施した。結果を図 1～4 に示す。

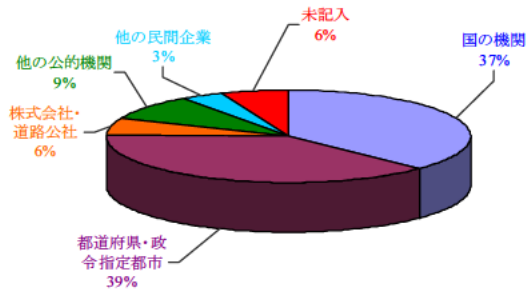


図1 地盤改良工事の発注機関別の割合

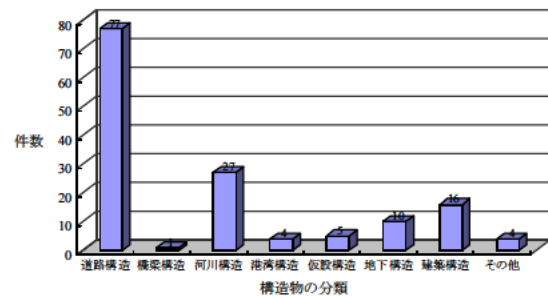


図4 地盤改良の対象となる構造物の割合

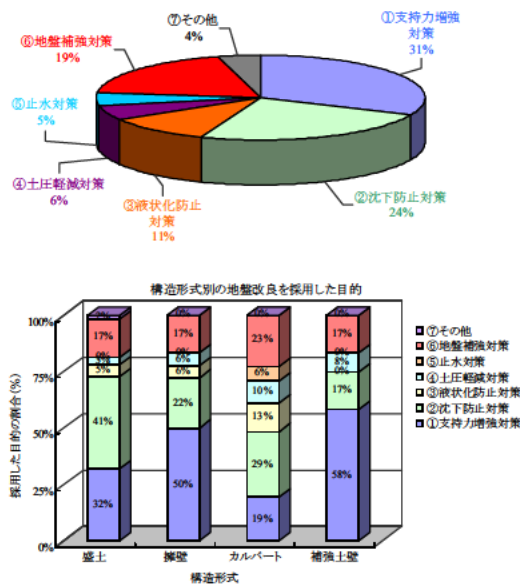


図2 地盤改良工事の採用目的の状況
(上：全体の割合 下：構造形式別)

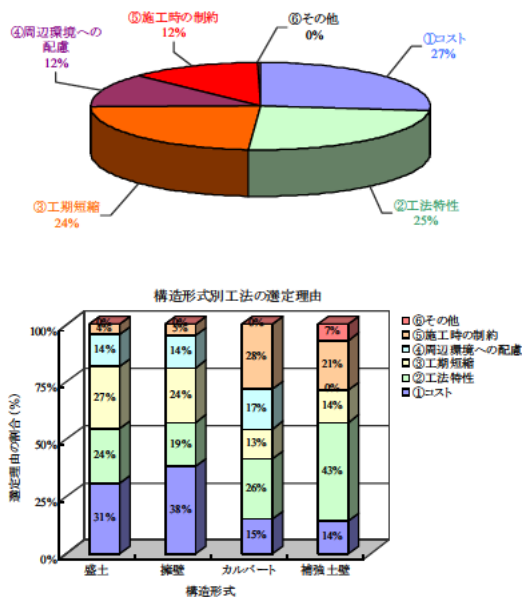


図3 地盤改良工事の工法選定理由の状況
(上：全体の割合 下：構造形式別)

これより、言えることを下記に整理する。

- ・ 地盤改良工事（深層混合処理）の発注機関は、国、地方自治体で約 8 割を占めており、民間企業や他の公的機関が占める割合は小さい。これより、公共工事として行われることが大半である。(図 1)
- ・ 地盤改良工事の採用目的としては、「支持力増強対策」、「沈下防止対策」として採用される割合が約半分を占めており、その他に「地盤の補強」、「液状化防止対策」としての採用が約 3 割ある状況である。また、構造形式との関係は、盛土では沈下防止対策として、擁壁、補強土壁では支持力増強対策として用いられる傾向が強いと言える。(図 2)
- ・ 地盤改良工事の工法選定理由については、「コスト」、「工法特性」、「工期短縮」が大きな選定理由となっている。構造形式別でみると、盛土と擁壁はコスト削減の観点から、カルバートと補強土壁は工法特性（他に有効な工法がなく、選択の余地がない状況として定義）の観点から選定されていることがわかる。(図 3)
- ・ 道路土工構造物の基礎または基礎地盤として採用した実績を重点に調査したため、道路構造物、河川構造物への適用が大半であり、建築、港湾、地下構造物への適用は小数に留まっている。なお、件数分布での評価では、工事規模などが反映されないため、より実態に近い調査が必要になるものと考えられる。(図 4)

2.2 施工管理、品質管理に関する調査結果

続いて、地盤改良の施工管理、品質管理に関する調査を行った。調査項目は大きく 4 つに分けられ、①対象土質、土質データ（ボーリング試験で得られる N 値で評価）、②品質確認方法、品質管理の実施頻

度、確認位置、③改良体の設計基準強度と実際の強度、④設計方法、参考文献である。まず、①の結果を図5～6に示す。

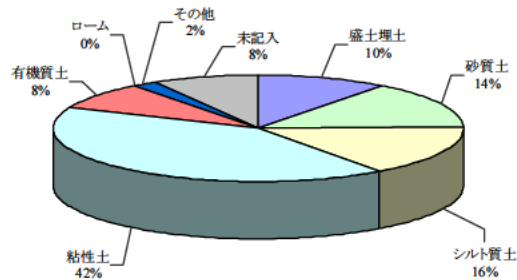


図5 地盤改良の対象土質の割合

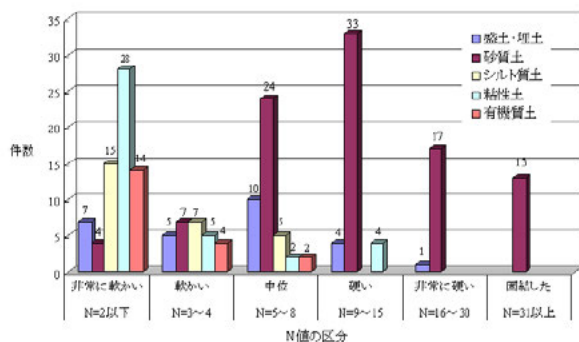


図6 土質データ (N値) の分布状況

これより、対象となる土質は粘性土、シルト質土が大半であり、N値2以下の非常に柔らかい地盤が改良の対象としていることが分かる。また、砂質土の場合においても、N値が9～15程度の砂層を扱うことが多いことが分かった。

次に、②の結果を図7～8に示す。

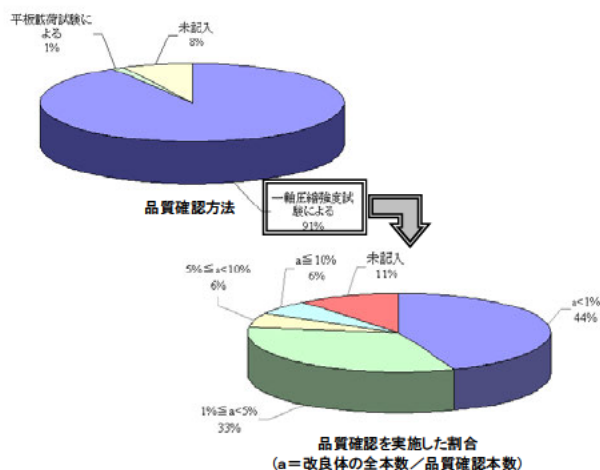


図7 品質確認方法と品質管理の実施頻度の状況

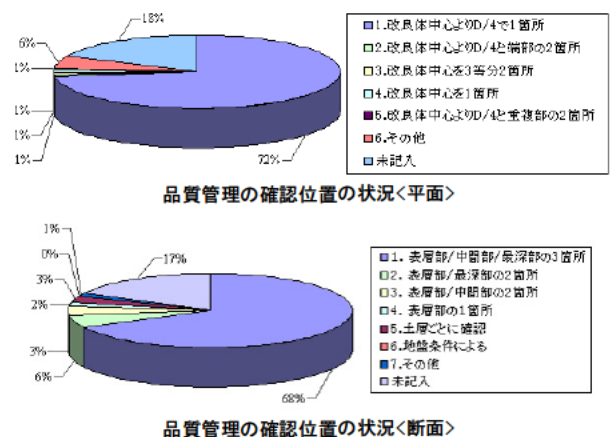
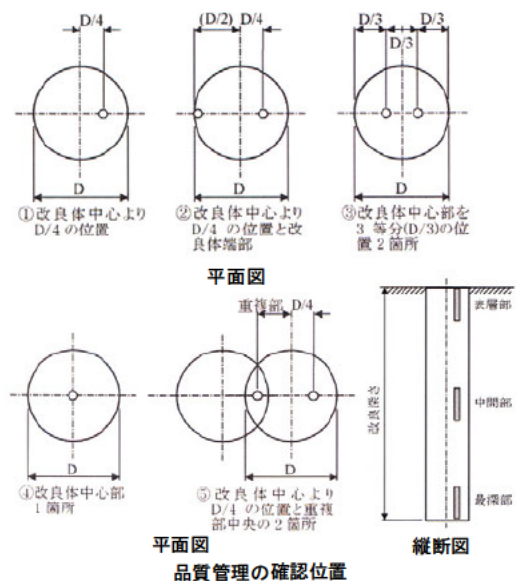


図8 品質管理の確認位置の分布状況

品質確認の方法としては、一軸圧縮試験がほとんどであり、一般的な品質管理は「全体の1～5%の改良体に対して、改良体の中心より1/4Dの所で、コア抜きを行い、表層・中間・最深の3箇所以供試体を採取する」方法で行われている実態を把握できた。

改良体の設計基準強度と改良強度との関係 (③)の結果を図9～12に示す。

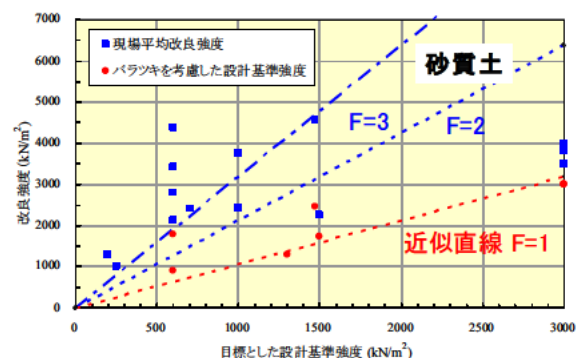


図9 設計基準強度と改良強度 (砂質土)

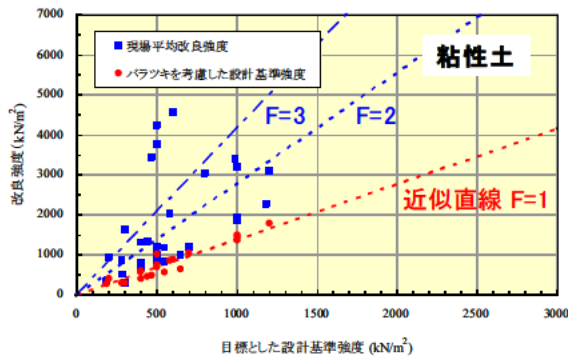


図 10 設計基準強度と改良強度（粘性土）

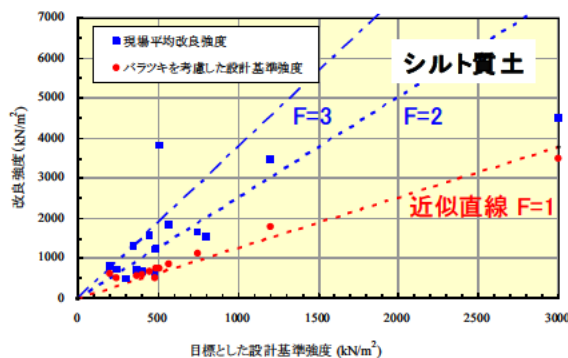


図 11 設計基準強度と改良強度（シルト質土）

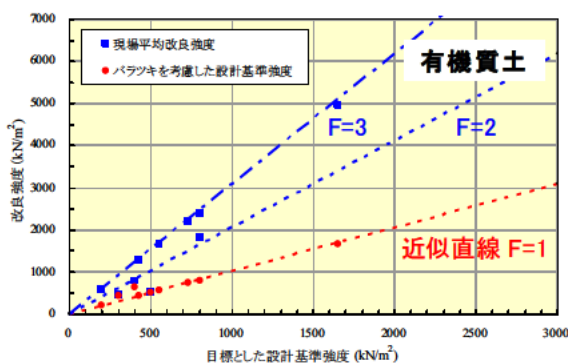


図 12 設計基準強度と改良強度（有機質土）

これらの結果を下記に整理する。

- 設計基準強度と改良強度との差は、砂質土・有機質土においては 3 倍以上、粘性土・シルト質土においては 2～3 倍の差が見られた。これより、実際の施工では改良強度のバラツキを考慮し、セメント混合量の加減を行うが、少なくとも 2～3 倍の強度の安全を見ており、砂質土・有機質土では、高めの強度が発現している実態を見ることができる。
- 設計基準強度の幅は、砂質土を除いて 1000 kN/m² 以下がほとんどであり、粘性土・シルト質土

では 500 kN/m² 付近に設定されることが多い。

- 一軸圧縮強度による強度管理手法では、強度バラツキ幅が非常に大きく、また、改良杭の強度のバラツキが、盛土や周辺地盤の変状と直結していないことから、本来の地盤改良の性能を考える際、動態観測等の評価手法を考慮する必要があるものと考えられる。

最後に設計方法・参考文献に関する調査結果（④）を図 13 に示す。

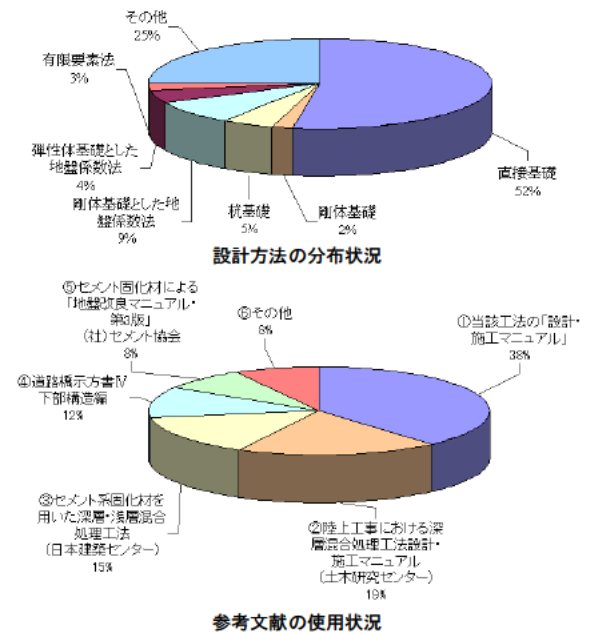


図 13 設計方法・参考文献に関する使用状況

これらの結果を下記に整理する。

- 設計方法は、直接基礎としての設計が大半であるが、状況により、地盤係数法などの設計方法を使用している事が分かる。
- 適用基準及び参考文献については、統一された設計基準がないため、当該工法の設計マニュアルをベースに、他の参考文献が均一に使用されている様子を見ることができる。

2.3 改良形式と構造諸元に関する調査結果

地盤改良の改良形式と構造諸元(改良長、改良径、改良率、改良体の間隔)に関する調査を実施した。

改良形式については、一般的に施工が可能でかつ使用実績があるものと考えられる 7 つの形式を選定し、その使用状況の調査を行った。図 14 に改良形式を、図 15 に使用状況を示す。

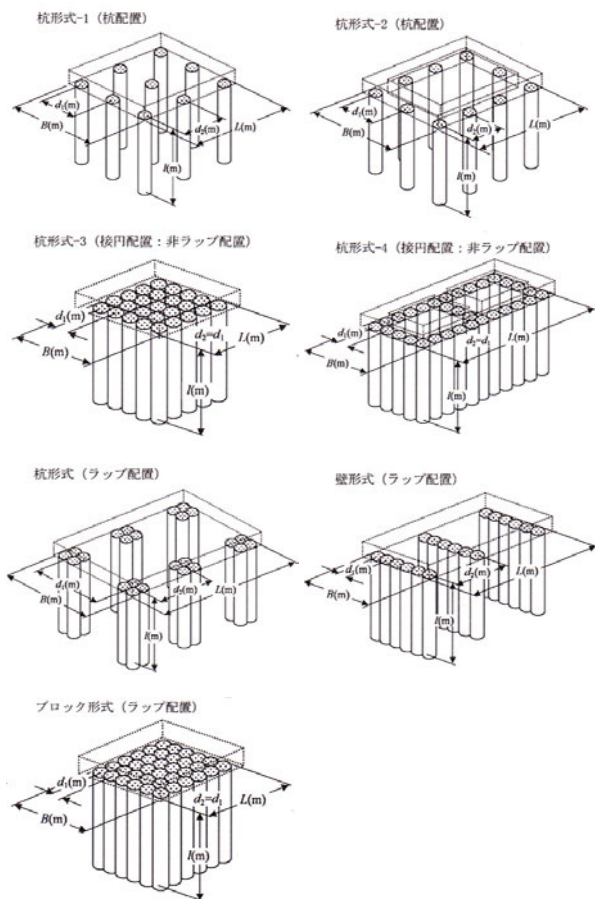


図 14 調査を実施した改良形式

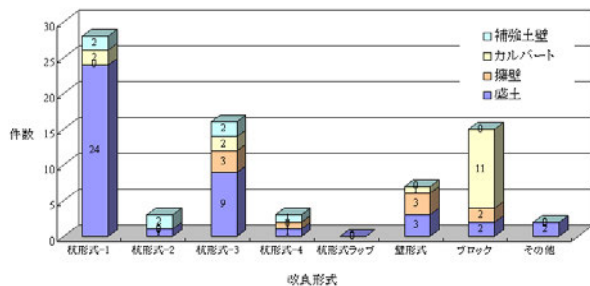


図 15 改良形式の使用状況

調査の結果、改良形式は杭形式-1、3 と壁形式、ブロック形式の 4 つに集約され、カルバートではブロック形式が大半であり、盛土では杭形式-1、3 が多いことが分かった。これより、盛土においては低改良率での施工が試みられているが、カルバートや擁壁などにおいては、ブロック状（非ラップ状含む）にし、基礎地盤として使用するケースが多いものと考えられる。

次に、構造諸元（改良長、改良径、改良率、改良体の間隔）に関する調査結果を図 16～19 に示す。

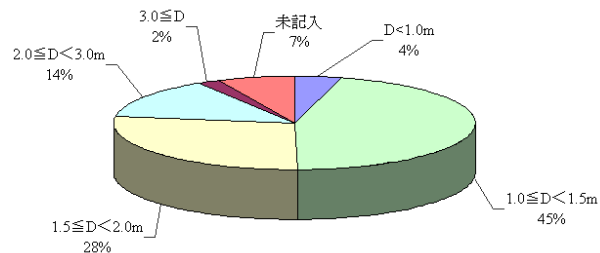


図 16 改良径の分布状況

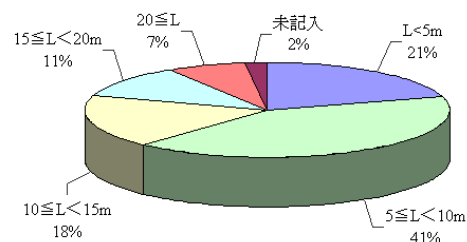
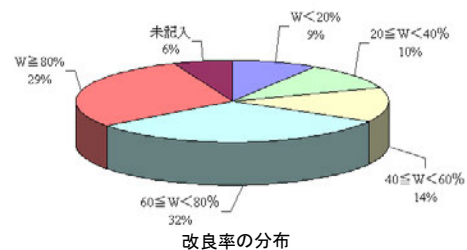
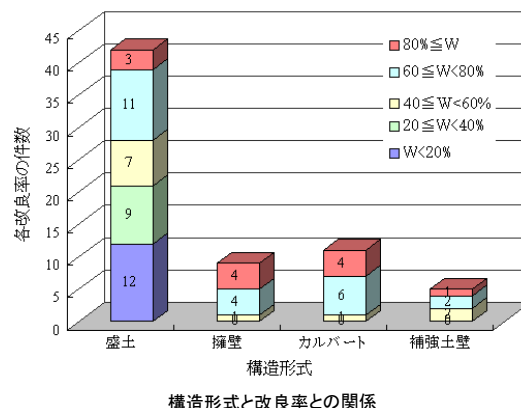


図 17 改良長の分布状況



改良率の分布



構造形式と改良率との関係

図 18 改良率の分布状況と構造形式との関係
(上図：分布状況 下図：構造形式との関係)

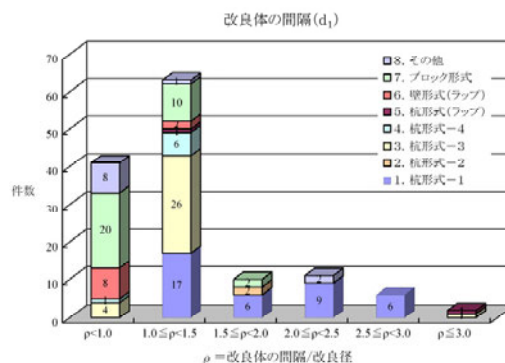


図 19 改良体の間隔と改良径との関係

これらの結果を下記に整理する。

- ・ 改良径については、径 1.0m が標準寸法であることから、1.0～1.5m の割合が約半分を占めている。しかしながら、径が 1.5m～2.0m、2.0～3.0m の改良径の大きいケースも見ることができる。これは、改良径を大きくすると施工本数を減らす効果が得られるため、改良径を大きくする工事が増えているためではないかと考えられる。
- ・ 改良長については、改良長 5～10m、5m 以下が多く、全体の 6 割を占めることが分かった。10m 以下であれば、他の地盤改良工法（中層改良例：パワーブレンダー工法等）も適用可能な範囲であるため、他の地盤改良工法と競合するケースが多いことが分かった。
- ・ 改良率については、60～80%、80%以上の改良率のケースが全体の 6 割を占め、20%以下の低改良率のケースは盛土の一部に留まることが分かった。カルバート及び擁壁では、60%以上の改良率となっており、今後の技術開発により、改良率を低減できる余地があるものと考えられる。
- ・ 改良体の間隔については、改良径 D の 1.5D 以下の間隔を概ね採用されている。また、ラップ配置の改良形式では 0.7D～0.9D の間隔が採用され、非ラップ配置の改良形式では、間隔を 1.0D として 8 割程度採用されている。

3. まとめ

3.1 実態調査結果のまとめ

本研究における地盤改良技術の施工管理・品質管理に関する実態調査の結果を下記にまとめる。

- ・ 地盤改良工事の採用目的と工法選定理由は、構造形式が与える影響が大きいことが分かった。
- ・ 地盤改良の対象となる土質の分布状況と硬さ（N 値）のバラツキ状況を把握できることができた。
- ・ 一般的な品質管理の流れは、①施工する改良体の本数の 1～5%を対象として、②杭中心から 1/4 D 離れた箇所コア抜きを実施し、③表層・中間・最深の 3 箇所採取した供試体に対する一軸圧縮試験で確認を行うことが分かった。
- ・ 設計基準強度と改良強度との差は大きく、粘性土・シルト質土で 2 倍、砂質土・有機質土で 3 倍程になることが分かった。
- ・ 改良径については、標準の 1.0m 以上の径を有する地盤改良工事が多く、改良率も 60%以上のケ

ースが多いことが分かった。また、低改良率のケースは盛土工事に限定されている実態を把握することができた。

- ・ 改良長については、10m 以下のものが大半であり、中層改良などの他の地盤改良工法と競合する実態を把握できた。
- ・ 今回の実態調査を踏まえた上で地盤改良を評価する際、下記に示す点に留意する必要があることが分かった。
 - 評価する地盤改良工法の特徴が、構造形式に必要とされる対策に対して適切であるか。
 - 地盤の硬度（N 値）に対して十分な施工能力を有しているか。
 - 一般的な品質管理方法に基づいて、試験データの計測を行っているか。
 - 設計基準強度の設定値と改良強度、対象土質の関係が想定されるバラツキ範囲に納まっているか。
 - 評価する地盤改良工法が、改良長と改良率、構造形式との関係から、構造諸元のどこに位置しているか。

3.2 研究の総括

今回の実態調査より、地盤改良の品質管理の現状を把握することができた。しかしながら、改良杭の圧縮強度はバラツキが大きく、セメントを多めに混合することが、必ずしも地盤改良全体の性能の向上に直結していないこと。現場の強度不足への対応ができないことから、抜き取りコアによる圧縮強度の施工管理手法には限界があるものと考えられる。

今後は、地盤改良の本来の性能とは何かを考え、盛土後の周辺地盤の動態観測など、全体的な評価指標に基づき、設計、施工管理にフィードバックさせることが求められる。

参考文献・資料

- 1) 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針
セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法
財団法人日本建築センター 編集・発行 2007. 8. 1
- 2) セメント系固化材による地盤改良マニュアル第 3 版
社団法人セメント協会 2003. 9. 30
- 3) 地盤改良工法便覧 日本材料学会・土質安定材料委員会編 日刊工業新聞社発行 1991. 7. 31
- 4) 陸上工事における深層混合処理工法
設計・施工マニュアル 土木研究センター発行 2004. 3

地盤改良の品質管理の実態調査について

独立行政法人土木研究所

正会員 ○堤 祥一

独立行政法人土木研究所

正会員 小橋 秀俊

1. はじめに

近年、コスト縮減や環境に配慮した社会資本整備等の社会ニーズから、新工法・新技術の普及促進を図る体制整備がなされている。これらの提案された新技術・新工法を適切に評価するには、統計的に得られた十分なデータに基づくことが求められる。しかしながら、地盤改良の施工管理・品質管理の実態とその検証方法については、十分に整理・調査された資料が少なく、提案される地盤改良技術を適切に評価することが難しいことが課題となっている。そのため当研究所では、提案技術を正しく評価するためのバックデータの取得を目的として、地盤改良技術の施工管理・品質管理に関する実態調査を行った。

2. 調査の概要

本調査では、調査事項を大きく3つに分けて実施した。①工事実績や採用目的などの一般事項に関する基礎調査と②地盤改良の施工・品質管理の頻度及び方法等に関する調査、③地盤改良の改良形式・改良長と適用範囲に関する調査である。(表1) 調査対象の工法には、目視ができず、品質管理の重要性が高い、深層混合処理工法を選択し、使用実績のある47工法に対し、取扱う民間会社・工務事務局にアンケート調査を実施し、145件の地盤改良の工事データの回答を得た。

3. 調査結果

3-1. 一般事項に関する調査結果

深層混合処理工法に関する実態を把握するために、工事実績や発注機関、採用場所、工法選定理由、対象となる構造物に関する基礎調査を実施した。結果を図1～3に示す。

- 地盤改良工事(深層混合処理)の発注機関は、国、地方自治体で約8割を占めており、民間企業や他の公的機関が占める割合は小さい。これより、公共工事として行われることが大半である。(図1)
- 地盤改良工事の採用目的としては、「支持力増強対策」、「沈下防止対策」として採用される割合が約半分を占めており、その他に「地盤の補強」、「液状化防止対策」としての採用が約3割ある状況である。また、構造形式との関係は、盛土では沈下防止対策として、擁壁、補強土壁では支持力増強対策として用いられる傾向が強いと言える。

(図2)

- 地盤改良工事の工法選定理由について、「コスト」、「工法特性」、「工期短縮」が大きな選定理由となっている。構造形式

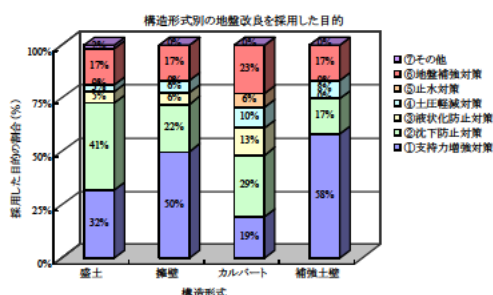


図2 地盤改良工事の採用目的

表1 地盤改良の品質管理の調査項目

調査事項	調査項目	備考
基礎調査	工事実績	工事実績は過去5年間
	発注機関	国、自治体、民間等
	工事場所	都道府県
	採用目的	支持力増強、土圧低減、沈下防止等
	工法選定理由	コスト、工期短縮、施工の制約等
	構造形式	盛土、擁壁、カルバート等
施工・品質管理に関する調査	地盤改良の対象構造物	道路構造物、河川構造物、建築構造物等
	対象土質	砂質土、シルト質土、粘性土等
	土質データ	N値で評価
	品質確認方法	一軸圧縮試験、平板載荷試験等
	品質管理の実施頻度	a(改良体全体数/品質確認本数)で評価
	品質管理の確認位置	杭断面と深度方向の調査位置を調査
地盤改良の構造に関する調査	改良体の設計基準強度	設計基準強度と実際の強度を比較
	用いた設計方法	直接基礎、剛体基礎、杭基礎等
	適用基準及び参考文献	参考とした設計マニュアルの調査
地盤改良の構造に関する調査	改良形式	ブロック形式、杭径式、壁式等
	適用範囲	改良径、改良長、改良率

*使用実績を有する深層混合処理工法47工法を調査対象として選定

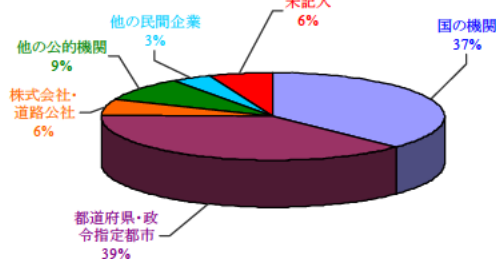


図1 地盤工事の発注機関別の割合

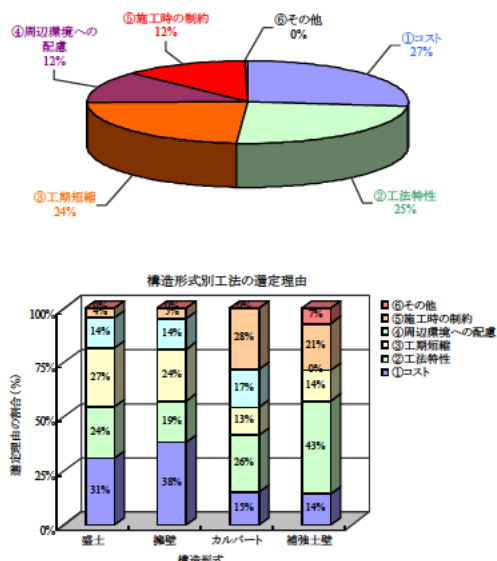


図3 地盤改良工法の工法選定理由

The actual condition survey about quality control in soil improvement work

TSUTSUMI Shoichi, KOHASHI Hidetoshi

別でみると、盛土と擁壁はコスト削減の観点から、カルバートと補強土壁は工法特性（有効な他工法がなく、選択の余地がない状況として定義）の観点から選定されていることがわかる。（図3）

3-2. 施工管理、品質管理に関する調査結果
地盤改良の施工管理、品質管理に関する調査を行った。ここでは調査項目の中から、①対象土質と土質データ（N値）②品質管理の実施頻度、確認位置の結果、について説明を行う。①の結果を図4に示す。

これより、対象となる土質は粘性土、シルト質土が大半であり、N値2以下の非常に柔らかい地盤が改良の対象としていることが分かる。また、砂質土の場合においても、N値が9～15程度の砂層を扱うことが多いことが分かった。

品質管理の頻度と確認位置についても調査を行った。結果、一般的な品質管理は「1～5%の改良杭に対して、改良体の中心より1/4Dの所で、コア抜きを行い、表層・中間・最深の3箇所でもコアを採取し、一軸圧縮試験を実施する」方法が8割以上の現場で行われている実態を把握できた。（図5）

3-3. 地盤改良の構造に関する調査結果

地盤改良の改良形式と改良長、改良径等の適用範囲に関する調査を実施した。調査結果はⅠ改良形式に関する調査とⅡ適用範囲（改良長、改良径、改良率）に分かることができる。

改良形式については、一般的に施工が可能でかつ使用実績があるものと考えられる7つの形式を選定し、その使用状況の調査を行った。図6に改良形式（代表的な4形式のみ）と使用状況を示す。調査の結果、改良形式は杭形式-1、3とブロック形式、壁形式の4つに集約され、カルバートではブロック形式が大半であり、盛土では杭形式-1、3が多いことが分かった。これより、盛土においては低改良率での施工が試みられているが、カルバートや擁壁などにおいては、ブロック状（非ラップ状含む）を行い、基礎地盤として使用するケースが多いものと考えられる。

適用範囲に関する調査結果を図7に示す。改良径について、径1mが標準寸法であるため、1.0～1.5mの割合が約半分を占めているものの、径が1.5m以上の改良径のケースも見ることができる。これは、改良径を大きくすることで、施工本数の減少につながるため、改良径を大きくする工事が増えているためではないかと考えられる。

改良長については、改良長5～10m、5m以下が多く、全体の6割を占めることが分かった。また、改良率については、60～80%、80%以上の改良率のケースが全体の6割を占め、20%以下の低改良率のケースは盛土の一部に留まることが分かった。カルバート、擁壁では、60%以上の改良率が前提となっている実態を把握することができた。

4. まとめ 今回の調査結果を以下にまとめる。

- 地盤改良工事の採用目的や工法選定の実態、一般的な品質管理方法の実態を把握できた。
- 改良径、改良長、改良率と構造形式の関係を把握できた。
- 今回の調査結果より、各地盤改良工法を評価する際のポイントを把握できた。

【参考文献】

- 1) セメント系固化材による地盤改良マニュアル第3版 社団法人セメント協会 2003.9.30
- 2) 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針（財）日本建築センター 編集・発行 2007.8.1

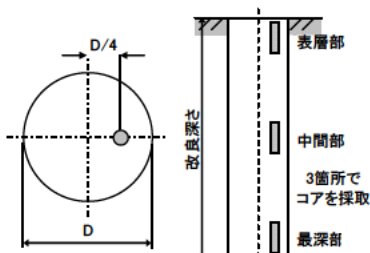


図5 コア抜き検査の箇所

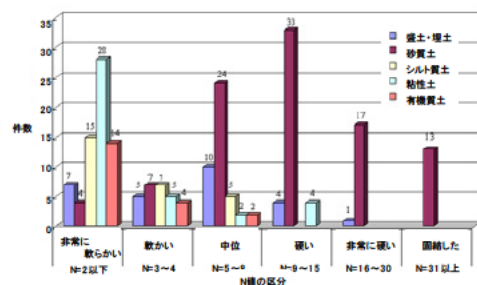
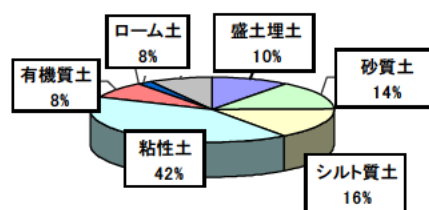


図4 対象土質（上）と土質データ（下）

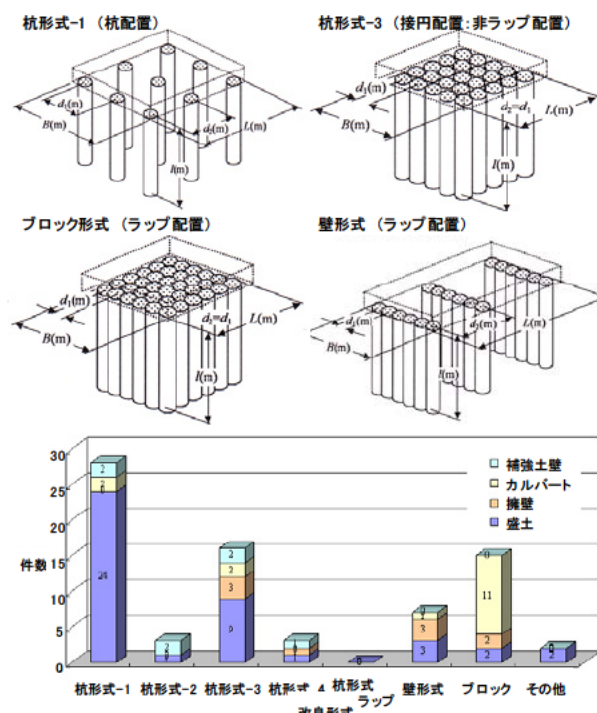


図6 各改良形式とその使用状況

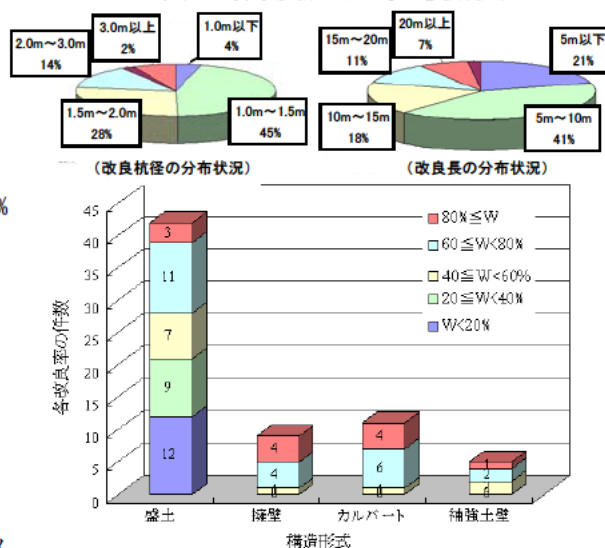


図7 改良径、改良長、改良率の分布状況

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No.4144 September 2009

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所 企画部 業務課
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754