

第2回 浦安市市街地液状化対策事業施工技術検討調査委員会

舞浜三丁目旧河道部地盤改良に関する再試験施工報告書

平成29年11月7日

目 次

第1章 再試験施工	1
1.1 高圧噴射攪拌工の再試験施工概要	
1.2 改良体の仕様と配置	
1.3 再試験施工フローと地盤条件	
1.4 再試験の施工状況	
第2章 品質確認調査	10
2.1 コアボーリング調査概要	
2.2 強度と連続性	
2.3 試験施工中の排泥状況	
第3章 品質調査結果の評価	26
3.1 試験施工と再試験施工結果の比較	
3.2 再試験結果の品質評価	

第 4 章 品質管理	33
4.1 施工時の品質管理	
4.2 施工後の品質管理	
第 5 章 まとめ	34

第1章 再試験施工

1.1 高圧噴射攪拌工の再試験施工概要

第1回施工技術検討調査委員会におけるドレーン等の影響による品質不良対応策を実証する目的で実施する再試験の内容についての検討結果を踏まえ、下記の通り再試験施工を実施した。再試験施工の設計仕様を表1-1に、再試験施工の概要を表1-2に示す。

施工場所：舞浜三丁目18・20・21・23番地先 マイアミクラブ駐車場

試験施工日：平成29年7月25日～9月29日

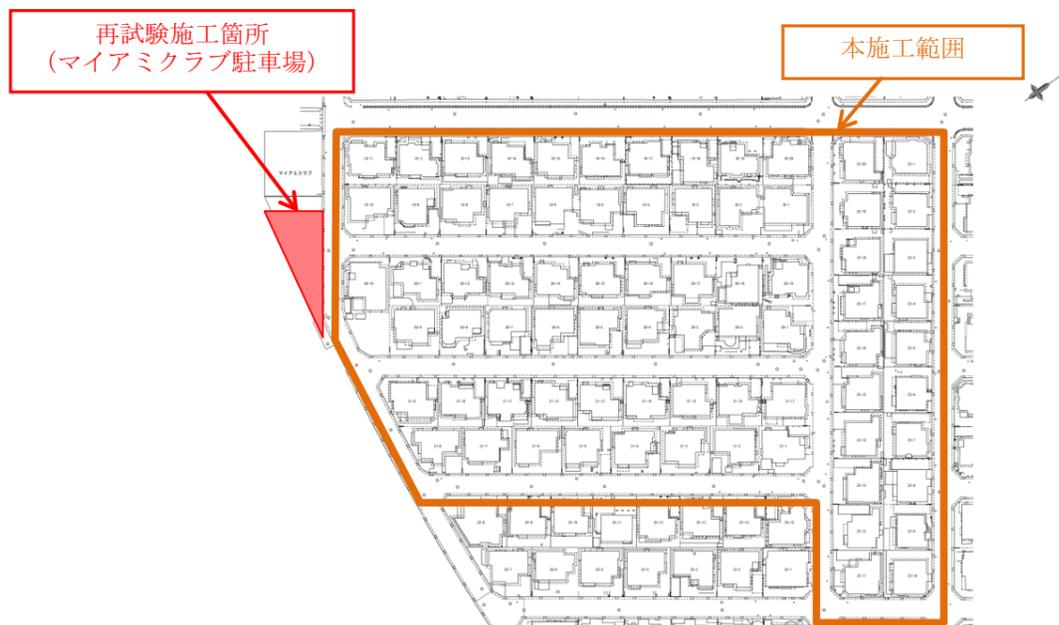


図1-1 再試験施工箇所位置図

表1-1 設計仕様

項目		仕様	本数	施工 No.
工法	形状			
エコタイト	円形	設計径：φ1,500mm、造成長さL=8.5m 設計強度 Fc=1.5N/mm ²	3本	No.1、No.2、No.3
	楕円形 (矩形)	設計径：3,600×1,200mm、造成長さL=8.5m 設計強度 Fc=1.5N/mm ²	4本	No.4、No.5、No.6、No.10
Miny マルチ	円形	設計径：φ1,500mm、造成長さL=8.5m 設計強度 Fc=1.5N/mm ²	3本	No.7、No.8、No.9

表1-2 再試験施工の概要

工法	施工日	試験施工 No.	形状	地盤変状など	施工中に確認された異物	施工手順		
エコタイト	7/25	No.1	円	特に変状なし	ドレーン材	通常※1 +事前削孔 +プレジェット※2 +添加剤 +モニターチェック (施工中引上げ)		
	7/26	No.2		周辺地盤でエア発生 (セメント混じり)	未確認			
	8/30	No.3		特に変状なし	未確認			
	7/28	No.6	楕円	周辺地盤でエア発生(セメント混じり) 地盤隆起	ドレーン材			
	8/24	No.4		地表面にクラック発生 排泥噴出、地盤隆起	ドレーン材			
	8/28	No.5		地表面にクラック発生	ドレーン材			
	9/28、29	No.10		排泥噴出	ドレーン材			
	Miny マルチ	8/8	No.9	円	排泥噴出、ガイド管周囲崩落		ドレーン材	通常※1 +事前削孔 +プレジェット※2 +添加剤 +モニターチェック (施工中引上げ)
		8/10	No.8		特に変状なし		未確認	
		9/4	No.7		排泥噴出、ガイド管周囲崩落		未確認	

※1：通常とは、各工法の標準的な手順を意味する。

※2：造成前にあらかじめ地山を排土する方法で、排泥が高粘性で排出が困難な場合は、清水でジェットを行う。

1.2 改良体の仕様と配置

(1) 再試験施工における改善方針

試験施工の結果、品質不良が発生した要因として下記の5つのシナリオを考え、再試験施工においては、このシナリオに対して効果があると期待される表1-3に示す対策を各工法、改良体形状に対して実施した。

- ① ドレーンのモニター巻き付きによる噴射孔の噴射阻害による切削・攪拌不良、排泥不良
- ② ドレーンの抵抗による噴流阻害による切削・攪拌不良、排泥不良
- ③ 粘着力の高い粘性土（高粘性土）による切削・攪拌不良、排泥不良
- ④ 切削・攪拌不良によって発生した土塊（ダマ）の排泥不良
- ⑤ 粘着力の高い粘性土やプレジェットに対する配合不良

表 1-3 不良要因に対する改善策

大項目	不良シナリオ 具体策	ドレーンのモニター巻き付きによる噴射阻害	ドレーンの抵抗による噴流阻害	高粘性土による切削攪拌不良による土塊(ダマ)発生	土塊(ダマ)の排泥不良	高粘性土やプレジェットに対する配合不良
エネルギー向上	流量増加		○	○	○	
	引上げ速度低下			○	○	
	噴射圧増加		○	○	○	
切削能力向上	引上げステップ高縮小			○		
	複数回施工			○	○	
排泥能力向上	プレジェットの工夫・切削力向上・濃度のコントロール			○	○	○
	流量増加		○	○	○	
	回転数増加		○	○		
	エア一量増加				○ (隆起等に注意)	
	ガイド管径拡大				○ (埋設干渉注意)	
	添加剤の工夫				○	○
攪拌能力向上	流量増加		○	○	○	
	回転数増加		○	○		
	噴射圧増加		○	○	○	
ロッド周辺のドレーン撤去	・巻き取りやすいロッド先端形状採用 ・ロッド引上げ時確認撤去	○				
配合設計見直し	固化材量			○		○
	添加材				○	○

(2) 再試験施工の対策仕様

第1回委員会においては、表1-4、表1-5、表1-6の左側に仕様を提案したが、委員会後の新たな知見により若干の修正を加え各表の右側の仕様とした（修正箇所は赤字）。

Miny マルチ工法においてはすべてのケースで固化材料を増加させるとともに回転数を8rpmから20rpmに増加させており、配合をセメント混合の多いものにするるとともに回転数を上げて攪拌能力を高めている。エコタイト工法においては、円形A、Bで排泥能力を高める方法としてプレジェット流量と添加剤量のどちらが有効に作用するかを比較することとし、結果的に排泥能力が高く地表面影響が少ない添加剤を重視し、ガイド管周辺を崩壊させやすいプレジェット流量を減らしている。また、ドレーン巻き付き対策として円形C、追加で実施した楕円形Dでは揺動式を採用し、ドレーンの巻き付きリスクを低減することとしている。

① 円形改良体の対策仕様

表 1-4 Miny マルチ工法の仕様

項目	試験施工 (既往)	円形(φ1,500)					
		計画 (第1回委員会報告)			実施 (第2回委員会報告)		
		A	B	C	A	B	C
		No.9	No.8	No.7	No.9	No.8	No.7
		-	-	-	8/8造成	8/10造成	9/4造成
削孔径	142mm	142mm	142mm	142mm	142mm	142mm	142mm
プレジェット	噴射量	100L/min	100L/min	100L/min	100L/min	120L/min	120L/min
	引上時間	3min/m	2min/m	2min/m	2min/m	2min/m	2min/m
ドレーン材の確認	有	有	有	有	有	有	有
プレジェット2回目	適宜	適宜	適宜	適宜	適宜	適宜	適宜
造成	噴射量	100L/min	100L/min	100L/min	100L/min	100L/min	100L/min
	引上時間(1回目)	5min/m	5min/m	10min/m	20min/m	5min/m	10min/m
	引上時間(2回目)	無	5min/m	10min/m	無	5min/m	10min/m
	回転数	8rpm	8rpm	8rpm	8rpm	20rpm	20rpm
	圧力	35MPa	35MPa	35MPa	35MPa	40MPa	40MPa
	エア一量	1~3m ³ /min	2m ³ /min以上				
	造成回数	1回	2回	2回	1回	2回	2回
配合等	配合	99%	99%	99%	99%	99%	99%
	添加剤	有	有(変更)	有(変更)	有(変更)	有(変更)	有(変更)
	単位固化材量 (試験施工との比)	1.0	-	-	-	1.7	2.6

表 1-5 エコタイト工法の仕様

項目	試験施工 (既往)	円形(φ1,500)					
		計画 (第1回委員会報告)			実施 (第2回委員会報告)		
		A	B	C	A	B	C
		No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
		-	-	-	7/25造成	7/26造成	8/30造成
削孔径	90mm	142mm	142mm	142mm	142mm	142mm	142mm
プレジェット	噴射量	100L/min	100L/min	140L/min	140L/min	50~140L/min	140L/min
	引上時間	3min/m	2min/m	2min/m	2min/m	2min/m	2min/m
ドレーン材の確認	有	有	有	有	有	有	有
プレジェット2回目	適宜	適宜	適宜	適宜	適宜	適宜	適宜
造成	噴射量	100L/min	100L/min	140L/min	140L/min	140L/min	140L/min
	引上時間 (1回目)	5min/m	5min/m	4min/m	4min/m	4min/m	4min/m
	引上時間 (2回目)	無	4min/m	2min/m	4min/m	2min/m	4min/m
	回転数	8rpm	20rpm以上	20rpm以上	20rpm以上	20rpm以上	20rpm以上
	圧力	21MPa	28MPa	28MPa	28MPa	28MPa	28MPa
	エア一量	1~3.3m ³ /min	2m ³ /min以上				
	造成回数	1回	2回	2回	2回	2回	2回 ※揺動式
配合等	配合	99%	89%	89%	89%	89%	89%
	添加剤	有	有	有	有	無	有
	単位固化材量 (試験施工との比)	1.0	1.8	1.7	2.1	1.7	2.1

② 楕円形改良体の対策仕様

表 1-6 エコタイト工法の仕様

項目	試験施工 (既往)	楕円形(3,600×1,200)						
		計画 (第1回委員会報告)			実施 (第2回委員会報告)			
		A	B	C	A	B	C	D
		No.6	No.4	No.5	No.6	No.4	No.5	No.10
		-	-	-	7/28造成	8/24造成	8/28造成	9/28造成
削孔径	90mm	142mm	142mm	142mm	142mm	142mm	142mm	142mm
プレジェット	噴射量	180L/min	180L/min	180L/min	180L/min	50~180L/min	50~180L/min	50~180L/min
	引上時間	4.2min/m	4.2min/m	4.2min/m	4.2min/m	4.4min/m	4.4min/m	4.4min/m
ドレーン材の確認	有	有	有	有	有	有	有	有
プレジェット2回目	適宜	適宜	適宜	適宜	適宜	適宜	適宜	適宜
造成	噴射量	180L/min	180L/min	180L/min	180L/min	180L/min	180L/min	180L/min
	引上時間 (1回目)	8.5min/m	8.5min/m	8.5min/m	8.5min/m	8.9min/m	13.3min/m	13.3min/m
	引上時間 (2回目)	無	4.3min/m	8.5min/m	8.5min/m	4.4min/m	6.6min/m	6.6min/m
	回転数	4.7rpm	4.7rpm	4.7rpm	4.7rpm	4.5rpm	3.0rpm	3.0rpm
	圧力	28MPa	28MPa	28MPa	28MPa	28MPa	28MPa	28MPa
	エア一量	1~3.3m ³ /min	2m ³ /min以上					
	造成回数	1回	2回	2回	3回 ※	2回	2回	2回
配合等	配合	99%	89%	89%	89%	89%	89%	89%
	添加剤	有	有	有	有	有	有	有
	単位固化材量 (試験施工との比)	1.0	1.4	1.7	2.3	1.5	1.9	1.9

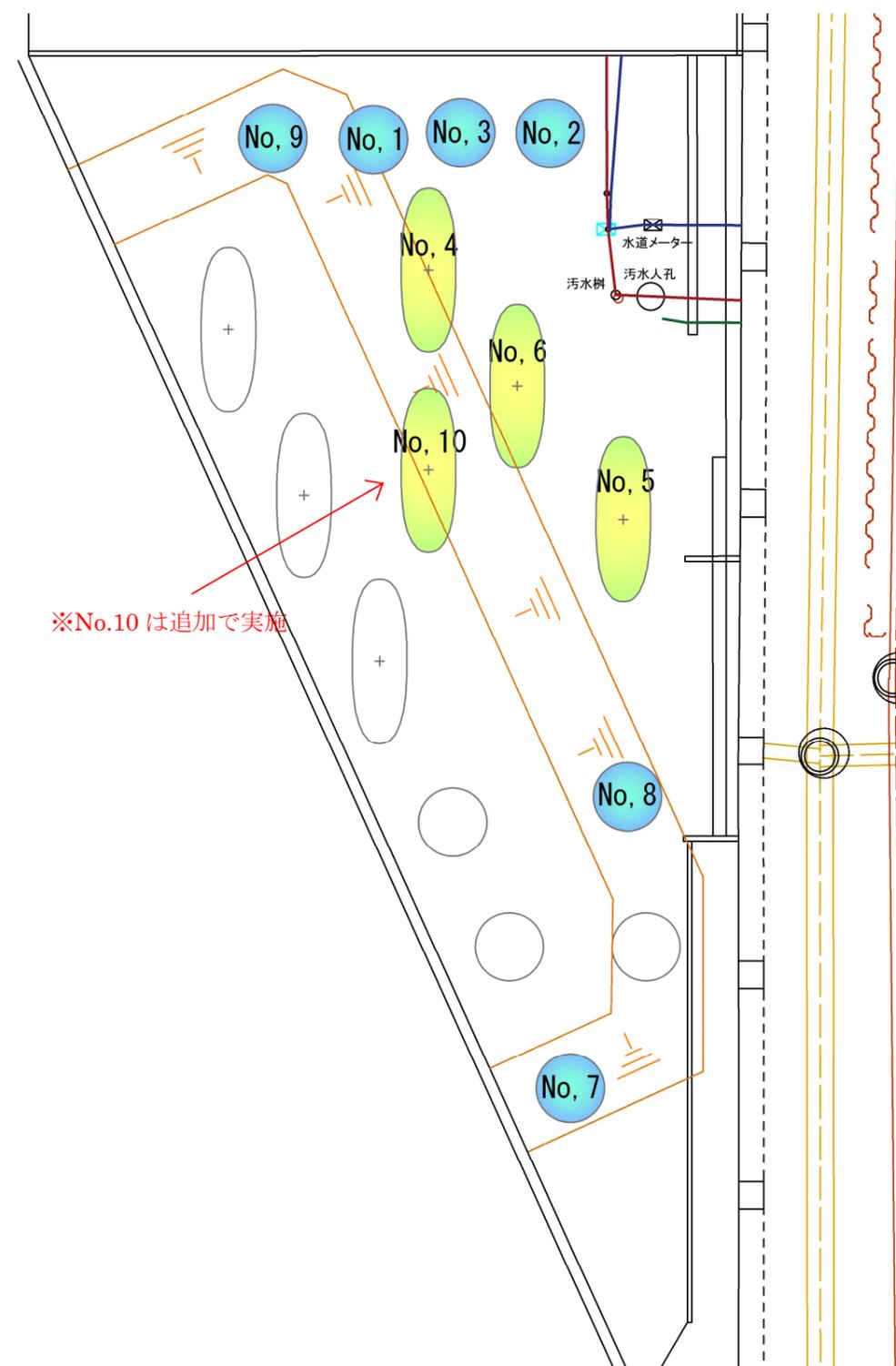


図 1-2 再試験施工箇所平面図

1.4 再試験の施工状況

(1) 施工時の埋設物確認

1) 円形断面

①No.1

i) 事前削孔時の埋設物確認

地中埋設物等の有無を確認するため、GL-10m まで清水削孔を実施したが、埋設物は確認されなかった。

ii) 施工中の埋設物確認

施工中（造成長半分（約 4m）終了時）にロッドを引抜き、埋設物の付着や巻付きの有無を確認した。その結果、埋設物は確認されなかった。造成完了時も同様に埋設物の付着や巻付きの有無を確認したところ、ドレーン材長さ約 0.8m が噴射モニター上部に巻き付いた状態で確認された（写真 1-1、写真 1-2）。



写真 1-1 埋設物の巻き付き状況



写真 1-2 埋設物の外観

②No.2

i) 事前削孔時の埋設物確認

地中埋設物等の有無を確認するため、GL-10m まで清水削孔を実施したが、埋設物は確認されなかった。

ii) 施工中の埋設物確認

施工中（造成長半分（約 4m）終了時）にロッドを引抜き、埋設物の付着や巻付きの有無を確認した。その結果、埋設物は確認されなかった。その後、造成完了時にロッド、噴射モニターを引抜き、埋設物の付着や巻付きの有無を確認したところ、埋設物は確認されなかった。

③No.3

i) 事前削孔時の埋設物確認

地中埋設物等の有無を確認するため、GL-10m まで清水削孔を実施したが、埋設物は確認されなかった。

ii) 施工中の埋設物確認

施工中（造成長半分（約 4m）終了時）にロッドを引抜き、埋設物の付着や巻付きの有無を確認した。その結果、埋設物は確認されなかった。その後、造成完了時にロッド、噴射モニターを引抜き、埋設物の付着や巻付きの有無を確認したところ、埋設物は確認されなかった。

④No.7

i) 事前削孔時の埋設物確認

地中埋設物等の有無を確認するため、GL-10m まで清水削孔を実施したが、埋設物は確認されなかった。

ii) 施工中の埋設物確認

一度目造成完了後にロッドを引抜き、埋設物の付着や巻付きの有無を確認した。その結果、埋設物は確認されなかった。二度目造成完了時も同様に埋設物の付着や巻付きの有無を確認したところ、埋設物は確認されなかった。

⑤No.8

i) 事前削孔時の埋設物確認

地中埋設物等の有無を確認するため、GL-10m まで清水削孔を実施したが、埋設物は確認されなかった。

ii) 施工中の埋設物確認

一度目造成完了後にロッドを引抜き、埋設物の付着や巻付きの有無を確認した。その結果、埋設物は確認されなかった。その後、二度目造成完了時も同様に埋設物の付着や巻付きの有無を確認したところ、埋設物は確認されなかった。

⑥No.9

i) 事前削孔時の埋設物確認

地中埋設物等の有無を確認するため、GL-10m まで清水削孔を実施したが、埋設物は確認されなかった。

ii) 施工中の埋設物確認

一度目造成完了後にロッドを引抜き、埋設物の付着や巻付きの有無を確認した。その結果、埋設物は確認されなかった。その後、二度目造成完了時も同様に埋設物の付着や巻付きの有無を確認したところ、約 2m 程度の長さのドレーン材が噴射モニター上部に巻き付いた状態で確認された（写真 1-3、写真 1-4）。



写真 1-3 埋設物の巻き付き状況

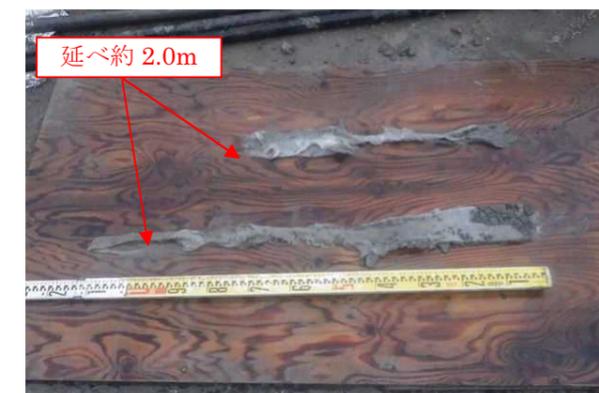


写真 1-4 埋設物の外観

2) 楕円断面

①No.4

i) 事前削孔時の埋設物確認

地中埋設物等の有無を確認するため、GL-10m まで清水削孔を実施したが、埋設物は確認されなかった。

ii) 施工中の埋設物確認

施工中（造成長半分（約 4m）終了時）にロッドを引抜き、埋設物の付着や巻き付きの有無を確認した。その結果、埋設物は確認されなかった。その後、造成完了時にロッド、噴射モニターを引抜き、埋設物の付着や巻き付きの有無を確認したところ、埋設物は確認されなかった。ただし、スライム受けタンク内の排泥の観察により、造成中にドレーン材が排泥内に混入していることが確認された。

②No.5

i) 事前削孔時の埋設物確認

地中埋設物等の有無を確認するため、GL-10m まで清水削孔を実施したが、埋設物は確認されなかった。

ii) 施工中の埋設物確認

施工中（造成長半分（約 4m）終了時）にロッドを引抜き、埋設物の確認を行ったところ、ドレーン材長さ約 8m が噴射モニター上部に巻き付いた状態で確認された（写真 1-5、写真 1-6）。造成終了間際にも同様に、埋設物の有無を確認したところ、ドレーン材長さ約 2m が噴射モニター上部に巻き付いた状態で確認された（写真 1-7、写真 1-8）。



写真 1-5 埋設物の巻き付き状況



写真 1-6 埋設物の外観



写真 1-7 埋設物の巻き付き状況



写真 1-8 埋設物の外観

③No.6

i) 事前削孔時の埋設物確認

地中埋設物等の有無を確認するため、GL-10m まで清水削孔を実施したところ、ドレーン材長さ約 0.4m がケーシング上部に巻き付いた状態で確認された。

ii) 施工中の埋設物確認

施工中（造成長半分（約 4m）終了時）にロッドを引抜き、埋設物の確認を行ったところ、ドレーン材長さ約 3.5m が噴射モニター上部に巻き付いた状態で確認された（写真 1-9、写真 1-10）。造成完了時に、ロッド、噴射モニターを引抜き、埋設物の有無を確認したところ、埋設物は確認されなかった。



写真 1-9 埋設物の巻き付き状況



写真 1-10 埋設物の外観

④No.10

i) 事前削孔時の埋設物確認

地中埋設物等の有無を確認するため、GL-10m まで清水削孔を実施したが、埋設物は確認されなかった。

ii) 施工中の埋設物確認

施工中（造成長半分（約 4m）終了時）にロッドを引抜き、埋設物の確認を行ったところ、ドレーン材長さ約 0.4m が噴射モニター上部に巻き付いた状態で確認された（写真 1-11、写真 1-12）。造成完了時にも同様に、埋設物の有無を確認したところ、埋設物は確認されなかった。



写真 1-11 埋設物の巻き付き状況



写真 1-12 埋設物の外観

3) 施工深度と埋設物位置

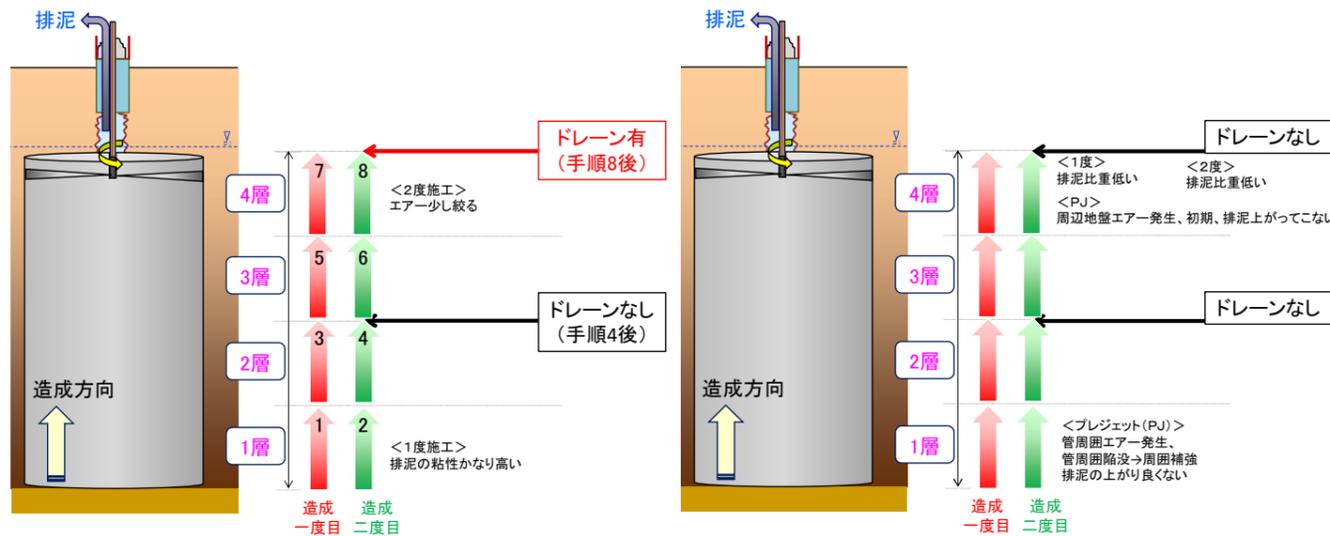
図1-5～図1-7に施工深度と1)～2)で述べた埋設物(ドレーン)発見位置の関係を示す。図中の1層～4層はそれぞれロッド長分の約2.1mであるが、Miny マルチ工法は全長を1層のみとしている。

① No.1 改良体、No.2 改良体、No.3 改良体 (エコタイト工法円形断面)

- ・図中の造成一度目(二度目)内の数字は、施工順序を示す。造成は下から上方向に向かって施工する。
- ・造成長約半分終了後にドレーン確認を行った。
- ・プレジエットは基本的に、各層の造成一度目の前に行っている。

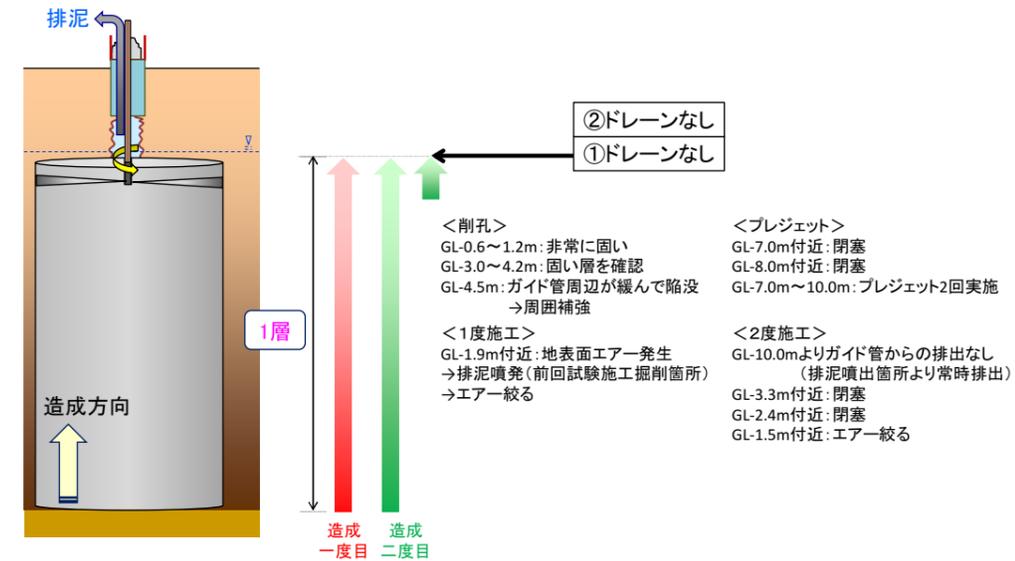
② No.7、No.8、No.9 改良体 (Miny マルチ工法円形断面)

- ・図中の造成一度目(二度目)内の数字は、施工順序を示す。造成は下から上方向に向かって施工する。
- ・造成一度目終了後にドレーン確認を行った。
- ・プレジエットは基本的に、各層の造成一度目の前に行っている。

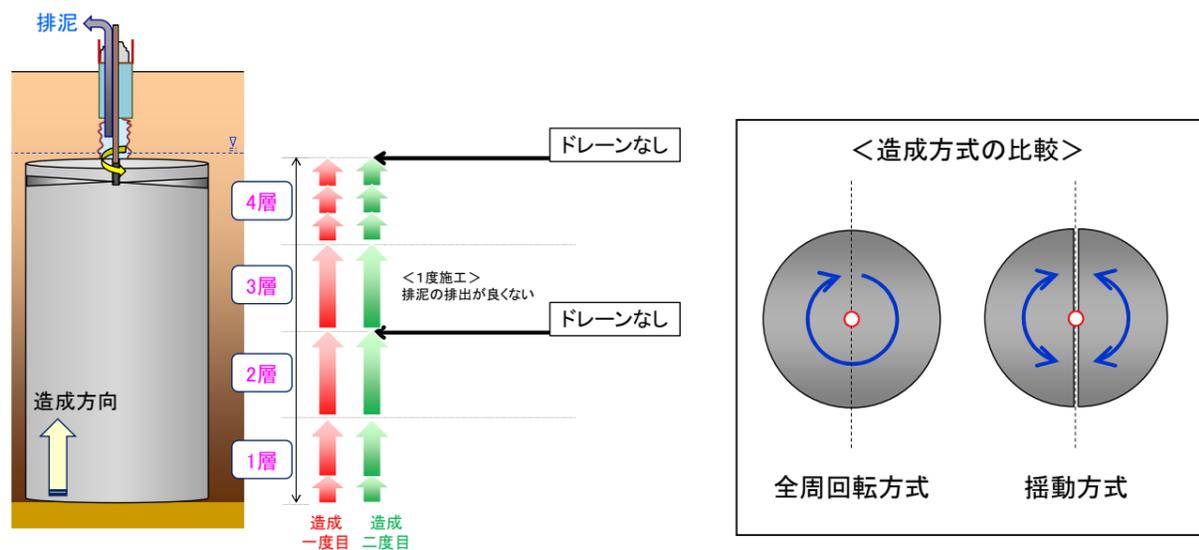


i) 改良体 No. 1 (全周回転方式)

ii) 改良体 No. 2 (全周回転方式)

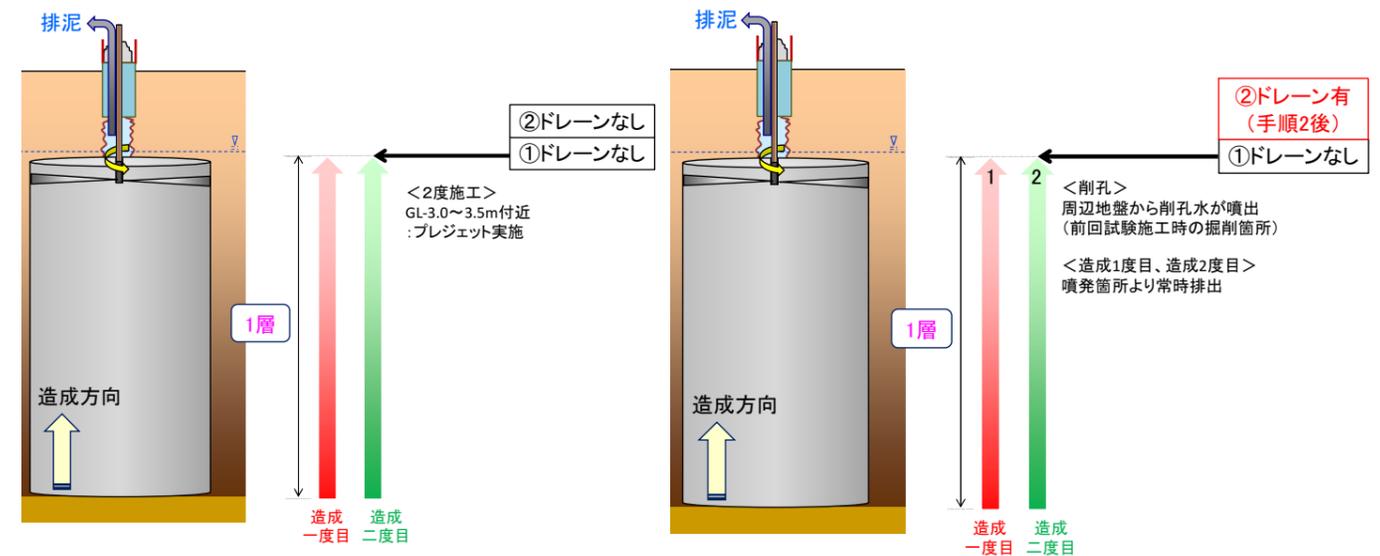


i) 改良体 No. 7 (全周回転方式)



iii) 改良体 No. 3 (揺動方式)

図1-5 施工状況概要 (上段左: No. 1、上段右: No. 2、下段: No. 3)



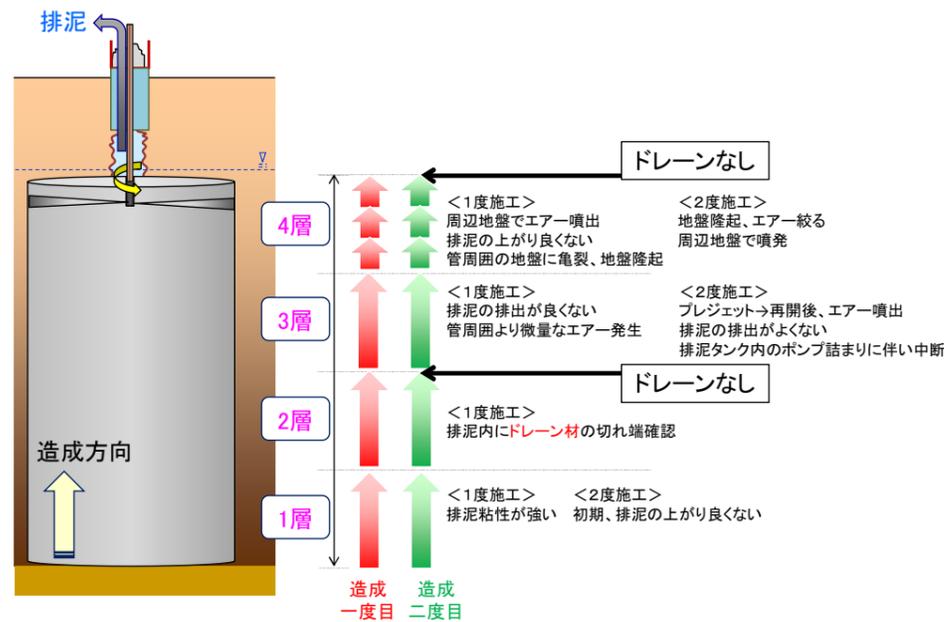
ii) 改良体 No. 8 (全周回転方式)

iii) 改良体 No. 9 (全周回転方式)

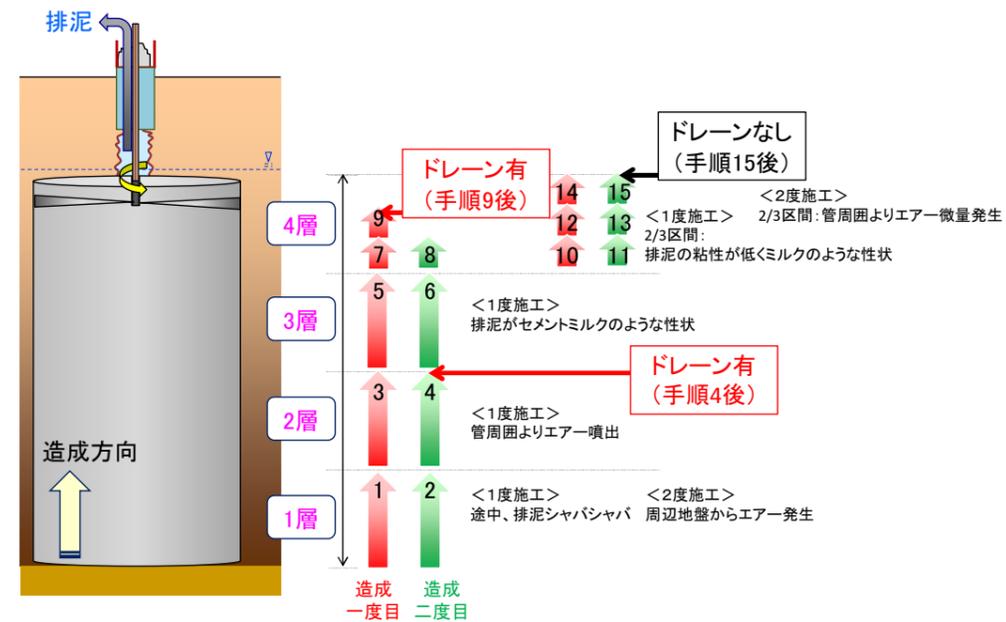
図1-6 施工状況概要 (上段: No. 7、下段左: No. 8、下段右: No. 9)

③No.4改良体、No.5改良体、No.6改良体、No.10改良体（エコタイト工法）

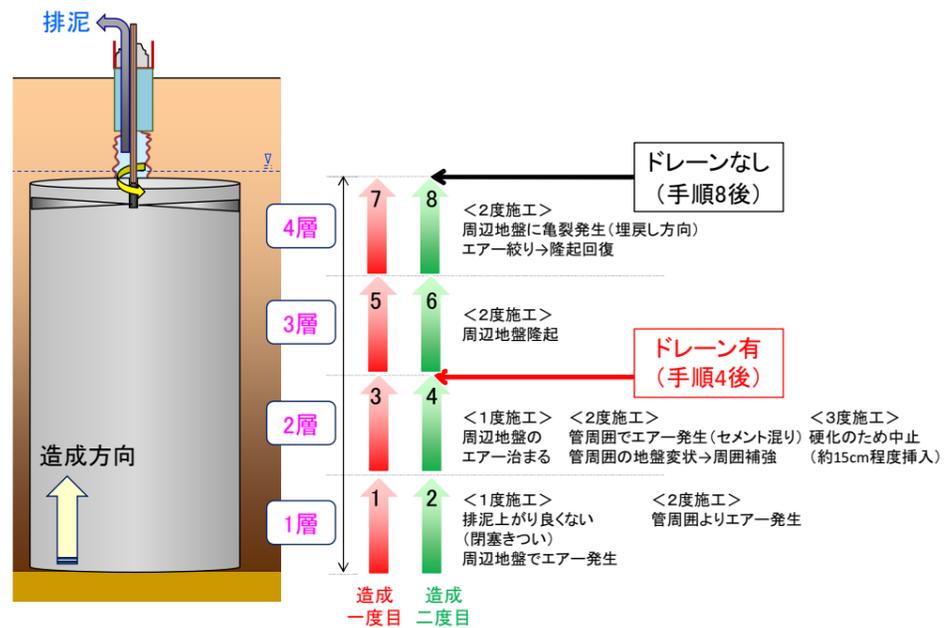
- ・ 図中の造成一度目（二度目）内の数字は、施工順序を示す。造成は下から上方向に向かって施工する。
- ・ 造成長約半分終了後にドレーン確認を行った。その他、所定の確認深度以外に排泥状況を確認しながら、排泥の状態が良くない場合、モニターチェックの頻度を増やしている。
- ・ No.10の2層目については直前にドレーンは確認されなかったが、排泥状況から改良体の攪拌状態が不良になると考えて3度施工を実施した。また、可能な限りドレーンが巻き付きにくくなるように揺動式による施工を試みた。



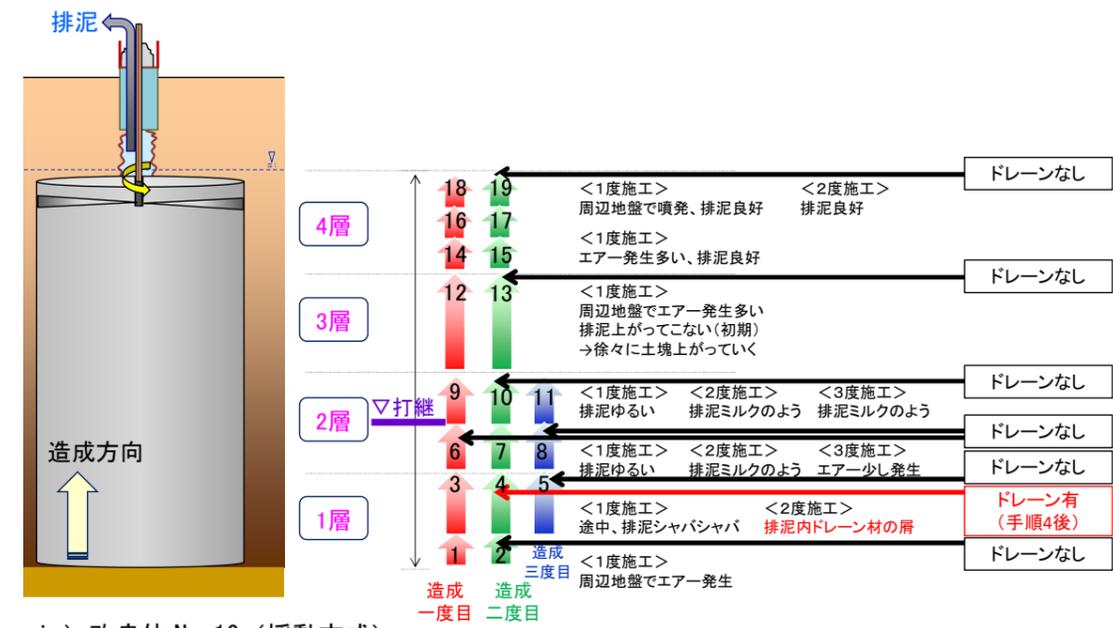
i) 改良体 No. 4 (全周回転方式)



ii) 改良体 No. 5 (全周回転方式)



iii) 改良体 No. 6 (全周回転方式)



iv) 改良体 No. 10 (揺動方式)

図1-7 施工状況概要 (上段左: No. 4、上段右: No. 5、下段左: No. 6、下段右: No. 10)

(2) 周辺地盤の変状確認

1) 円形

- ・No.1 と No.3 は目視で周辺地盤に変状が確認されなかった。No.2 施工中にガイド管周辺地盤でエアの発生が多くなっていた。施工中にガイド管周囲が空いてきたので低強度グラウト材で固化養生を行った。
- ・隣地の植栽帯・地表面に変状は確認されなかった。
- ・No.7 削孔中に周辺地盤で噴発が発生した。先行削孔時にガイド管周囲で削孔水が漏れ出していたので、低強度グラウト材で固化養生した。造成中にも周辺地盤で噴発が発生した。
- ・No.9 造成中に周辺地盤で噴発が発生した。

円形施工時の主な地盤変状を以下に記す。No.7 施工時における周辺地盤の変状を写真 1-13 に、No.9 施工時における周辺地盤の変状を写真 1-14 にそれぞれ示す。主な地盤変状として排泥噴出が確認された。今回の再試験施工では、ドレーン材がある条件下における改良品質向上のために、前回試験施工よりもエア量などを増加させている。また、施工箇所は過去の試験施工箇所一度掘削して埋戻されている。そのため、地盤変状が表れやすい条件であったと考えられる。そのような条件下で排泥噴出規模が拡大したため、施工中の固化養生だけでは対処できなくなり、No.7 と No.9 についてはガイド管を通してスムーズに排泥を回収することができず、噴発箇所から排泥を常時吸引するような施工を行った。



写真 1-13 排泥噴出状況 (No. 7)



写真 1-14 排泥噴出状況 (No. 9)

2) 楕円形

- ・敷地内のインフラ（ガス、汚水桝、汚水人孔）への影響は確認されなかった。
- ・円形に比べると。特に造成深度が地上に近づくにつれて、地表面は隆起傾向であった。

楕円形施工時の主な地盤変状を以下に記す。No.4 施工時における周辺地盤の変状を写真 1-15 および写真 1-16 に、No.6 施工時の変状を写真 1-17 に、No.10 施工時の変状を写真 1-18 にそれぞれ示す。主な地盤変状として排泥噴出やクラック発生などが確認された。今回の再試験施工では、埋設物条件下における改良品質向上のために、前回試験施工よりも単位噴射量やエア量などを増加させている。また、施工箇所は過去の試験施工箇所一度掘削して埋戻されている。そのため、地盤変状は表れやすい条件であった。そのような条件下でも変位測定の高頻度を増やすことで変位が増加した際に、変位を抑制する様な対処をある程度行うことができた。



写真 1-15 クラック発生状況 (No. 4)



写真 1-16 排泥噴出状況 (No. 4)



写真 1-17 排泥噴出状況 (No. 6)



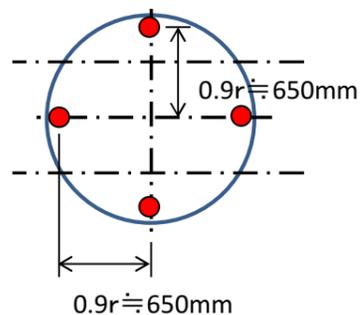
写真 1-18 排泥噴出状況 (No. 10)

第2章 品質確認調査

2.1 コアボーリング調査概要

改良径の確認及び埋設物による影響調査の為に、図2-1に示す調査位置(●地点)で全長コアボーリング(φ86mm)を行い、深度・平面方向での欠損状況などを調査した。コア採取の状況によっては、採取本数や採取位置を適宜変更している。品質の確認は、全長コアボーリングにより採取したコアのうち、上、中、下のそれぞれ1回、計3回の一軸圧縮試験を行い、所定の強度を満足しているか確認した。

(円形タイプ)



(楕円形(矩形)タイプ)

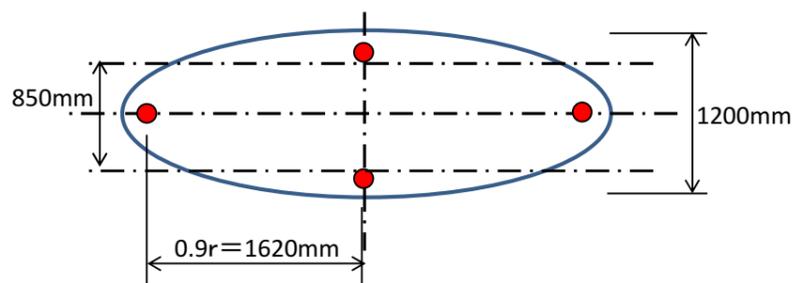
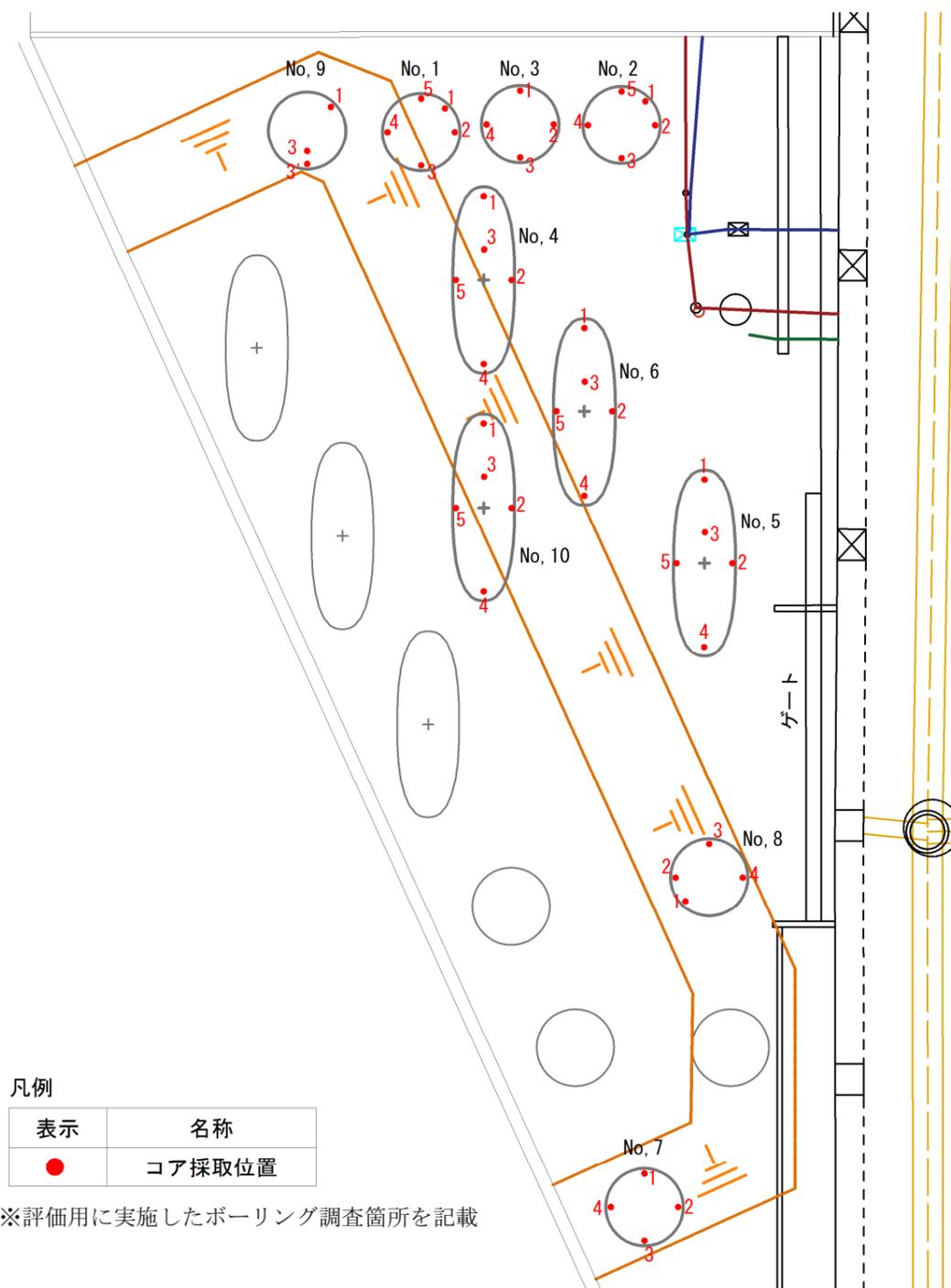


図 2-1 コア採取位置 (計画時の標準的な位置)

コアボーリング位置図を図 2-2 に、調査数量を表 2-1 に示す。コアの状況によって計画位置から変更になっている。



凡例

表示	名称
●	コア採取位置

※評価用に実施したボーリング調査箇所を記載

図 2-2 コアボーリング位置図 (実施)

表 2-1 調査数量 (コアボーリング)

工法	杭No.	形状	仕様	コア径 φ (mm)	掘削長さ L (m)	コア採取長さ L (m)	ボーリング箇所数 (本)
エコタイト	No.1	円形	設計径: φ 1,500mm 造成長さL=8.5m、設計強度Fc=1.5N/mm ²	86	10.3	8.5	5
	No.2	円形	設計径: φ 1,500mm 造成長さL=8.5m、設計強度Fc=1.5N/mm ²	86	10.4	8.5	5
	No.3	円形	設計径: φ 1,500mm 造成長さL=8.5m、設計強度Fc=1.5N/mm ²	86	10.3	8.5	4
	No.4	楕円形	設計径: 3,600×1,200mm 造成長さL=8.5m、設計強度Fc=1.5N/mm ²	86	10.4	8.5	5
	No.5	楕円形	設計径: 3,600×1,200mm 造成長さL=8.5m、設計強度Fc=1.5N/mm ²	86	10.4	8.5	5
	No.6	楕円形	設計径: 3,600×1,200mm 造成長さL=8.5m、設計強度Fc=1.5N/mm ²	86	10.45	8.5	5
Miny マルチ	No.7	円形	設計径: φ 1,500mm 造成長さL=8.5m、設計強度Fc=1.5N/mm ²	86	10.0	8.5	4
	No.8	円形	設計径: φ 1,500mm 造成長さL=8.5m、設計強度Fc=1.5N/mm ²	86	10.0	8.5	4
	No.9	円形	設計径: φ 1,500mm 造成長さL=8.5m、設計強度Fc=1.5N/mm ²	86	10.1	8.5	3
計				-		-	45

※コア状況によって計画箇所数から変更になっている。

<調査内容>

確認事項及び確認方法を表 2-2 に示す。

表 2-2 確認事項及び確認方法

確認項目	確認方法	内容	備考
改良体の強度	一軸圧縮試験	改良体強度が設計基準強度以上※	参考図書: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 (財団法人土木研究センター)
改良体の連続性	目視	埋設物混入状況、未固化の状況を目視確認 品質管理は特記仕様に基づき行う	コアの観察

※設計基準強度: Fc=1,500kN/m²

①改良体の強度 (一軸圧縮試験)

全長コアボーリングにより採取したコアのうち、上、中、下それぞれ1回、計3回の試験を行った。1回の試験は3個の供試体の平均値で表す。

②改良体の連続性及び埋設物混入状況

先端まで改良されていることを確認するため、全長コアボーリングを行い、改良体天端から改良下端まで採取した。サンプラーの掘進長に対し採取されたコアの固化部分(コア長のうち未固化部分は除く)の割合を1m毎に確認して、鉛直コアの観察を行った。コアに埋設物が発見された場合は、その深度と位置を記録するとともに、埋設物による連続性を確認した。

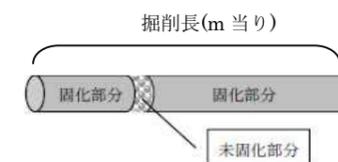


図 2-3 改良体の連続性の概念図

2.2 強度と連続性

(1) 円形断面改良体

1) 改良体毎の調査結果

①No.1 改良体 (エコタイト工法)

図2-4は各ボーリングコアに対する強度試験結果を深度毎に整理したものである。図中には1mごとの平均強度を赤点線で示すとともに設計基準強度 1,500kN/m²を青線で示している。なお、コア No.1 は早期コア採取試料に対する圧縮強度 (一週強度) であるため平均強度 (赤点線) の算出に含めていない。図2-5および表2-3は各ボーリングコアに対するコア採取率^{※1)}を深度毎に整理したものであり図中の赤線は1m毎の平均値を示している。

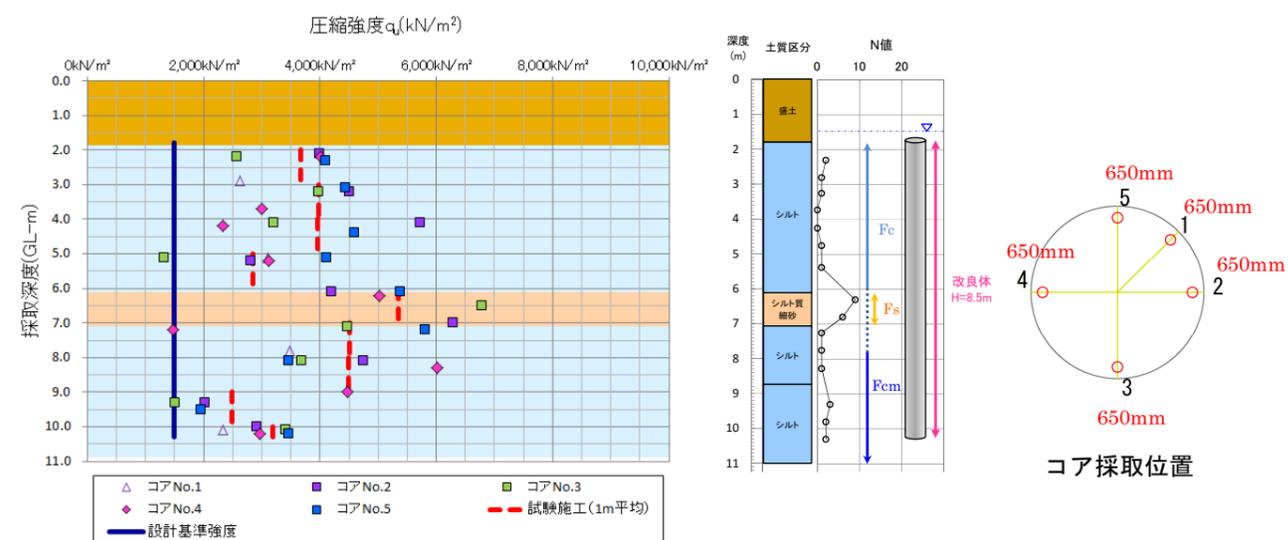
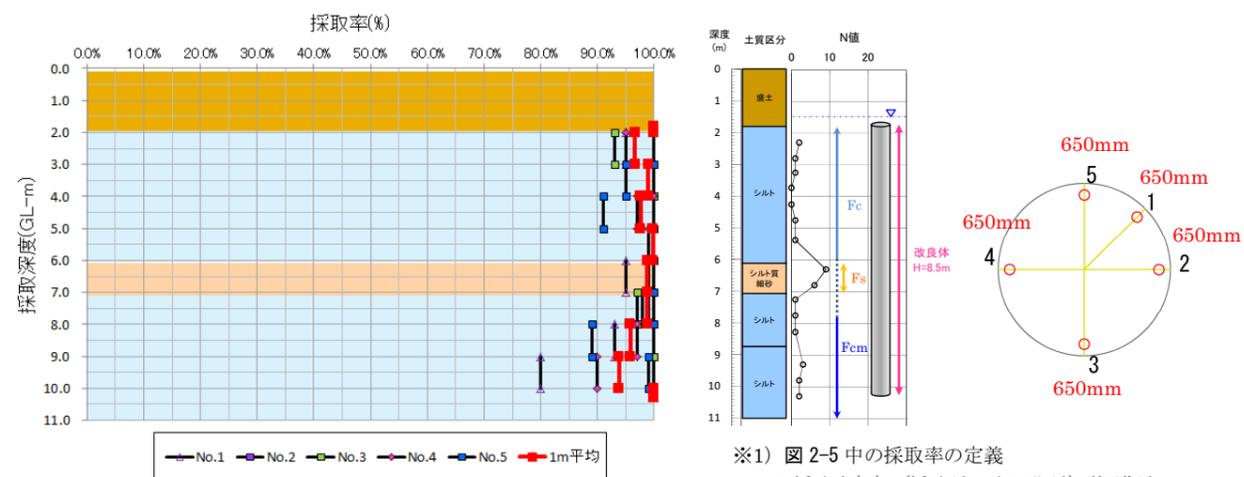


図2-4 強度試験結果の深度分布 (円形 No. 1)



※1) 図2-5中の採取率の定義
コア採取率(%)=(採取長-未固化長)/掘進長

図2-5 採取率と深度分布 (円形 No. 1)

表2-3 コアサンプリング採取率 (1m 毎)

改良杭No. (改良径)		試験施工No.1 (φ1,500)					平均	
杭芯からの距離		650mm	650mm	650mm	650mm	650mm		
コアNo		No1	No2	No3	No4	No5		
上層	GL-1.0m~2.0m	シルト質細砂 ~シルト	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	GL-2.0m~3.0m	シルト	95%	100%	93%	95%	100%	97%
	GL-3.0m~4.0m	シルト	100%	100%	100%	100%	95%	99%
中層	GL-4.0m~5.0m	シルト	100%	100%	100%	97%	91%	98%
	GL-5.0m~6.0m	シルト	100%	100%	100%	99%	100%	100%
	GL-6.0m~7.0m	シルト質細砂	95%	100%	100%	99%	100%	99%
下層	GL-7.0m~8.0m	シルト	100%	98%	97%	99%	100%	99%
	GL-8.0m~9.0m	シルト	93%	100%	100%	97%	89%	96%
	GL-9.0m~10.0m	シルト	80%	100%	100%	90%	99%	94%
	GL-10.0m~11.0m	シルト	100%	100%	100%	100%	100%	100%

※2) 本試験では予め基準を定めていないが、目安として表記している。

これらの強度分布と採取率より以下のことがわかる。

- ①1m 毎の平均強度はいずれも設計基準強度を上回っている。GL-9m以下の Fcm 層における強度は、これより上の Fc 層の平均強度より低くなる傾向が見られる。
- ②1m 毎のコア採取率の平均値はいずれも平均採取率 90%以上と高いコア採取率となっている。

②No.2改良体 (エコタイト工法)

図2-6は各ボーリングコアに対する強度試験結果を深度毎に整理したものである。図中には1mごとの平均強度を赤点線で示すとともに設計基準強度 1,500kN/m²を青線で示している。なお、コアNo.1は早期コア採取試料に対する圧縮強度(一週強度)であるため図中の平均強度(赤点線)の算出に含めていない。図2-7および表2-4は各ボーリングコアに対するコア採取率^{※1)}を深度毎に整理したものであり図中の赤線は1m毎の平均値を示している。

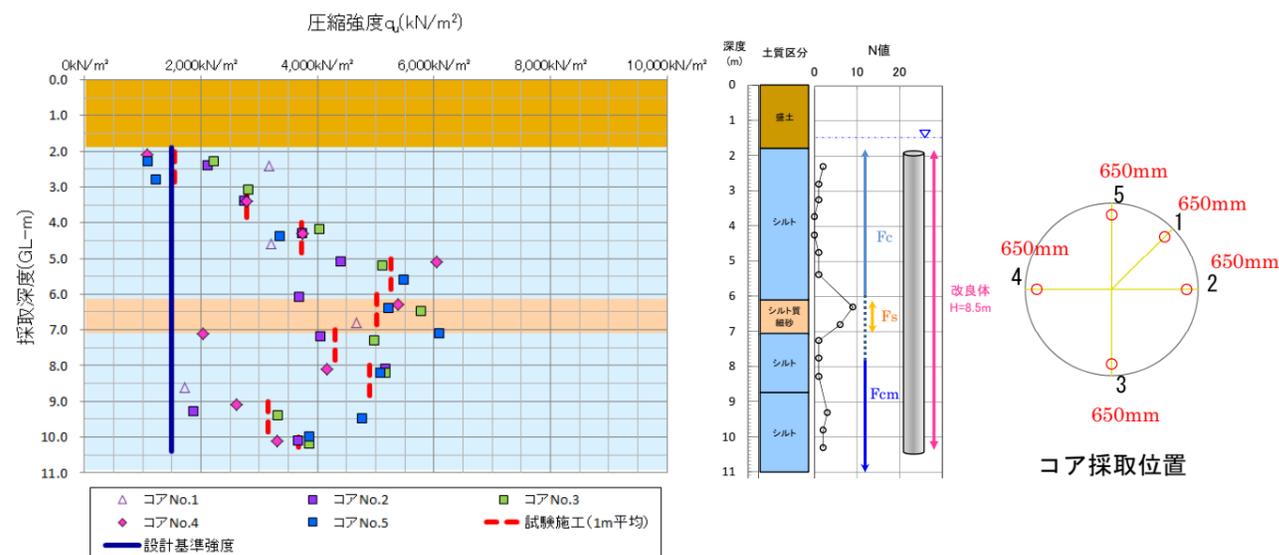
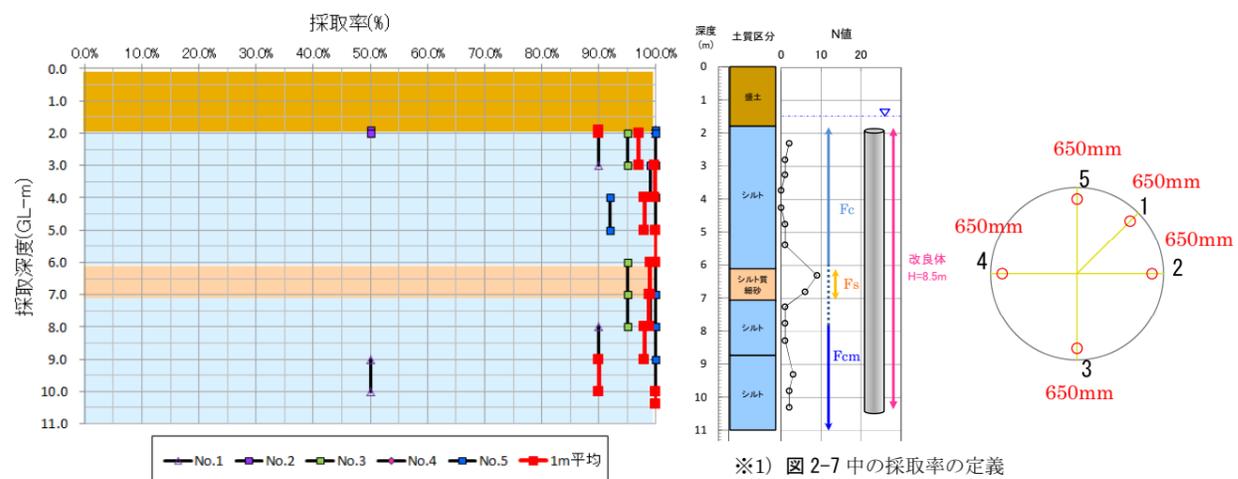


図2-6 強度試験結果の深度分布 (円形 No. 2)



※1) 図2-7中の採取率の定義
 コア採取率(%)=(採取長-未固化長)/掘進長

図2-7 コア採取率と深度分布 (円形 No. 2)

表2-4 コアサンプリング採取率 (1m 毎)

改良杭No. (改良径)		試験施工No.2 (φ1,500)					平均	
		650mm	650mm	650mm	650mm	650mm		
杭芯からの距離								
コアNo		No1	No2	No3	No4	No5		
上層	GL-1.0m~2.0m	シルト質細砂~シルト	100%	50%	100%	100%	100%	90%
	GL-2.0m~3.0m	シルト	90%	100%	95%	100%	100%	97%
	GL-3.0m~4.0m	シルト	100%	99%	100%	100%	100%	100%
中層	GL-4.0m~5.0m	シルト	100%	100%	100%	98%	92%	98%
	GL-5.0m~6.0m	シルト	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	GL-6.0m~7.0m	シルト質細砂	100%	100%	95%	100%	100%	99%
下層	GL-7.0m~8.0m	シルト	100%	100%	95%	99%	100%	99%
	GL-8.0m~9.0m	シルト	90%	100%	100%	100%	100%	98%
	GL-9.0m~10.0m	シルト	50%	100%	100%	100%	100%	90%
	GL-10.0m~11.0m	シルト	100%	100%	100%	100%	100%	100%

※2) 本試験では予め基準を定めていないが、目安として表記している。

これらの強度分布と採取率より以下のことがわかる。

- ①1m 毎の平均強度はいずれも設計基準強度を上回っている。Fc層のGL-4m 以浅においては強度が低下しており、これ以深では強度が高い。GL-9m 以下の Fcm 層における強度は、これより上の Fc 層の平均強度より低くなる傾向が見られる。
- ②1m 毎のコア採取率の平均値はいずれも平均採取率 90%以上と高いコア採取率となっている。また、GL-9m 以下の Fcm 層においては採取率が 50%程度のコアが存在するが、その他の位置で採取したコアは採取率 100%となっている。

③No.3改良体 (エコタイト工法)

図2-8は各ボーリングコアに対する強度試験結果を深度毎に整理したものである。図中には1mごとの平均強度を赤点線で示すとともに設計基準強度 1,500kN/m²を青線で示している。また、図2-9および表2-5は各ボーリングコアに対するコア採取率^{※1)}を深度毎に整理したものであり、図中の赤線は1m毎の平均値を示している。

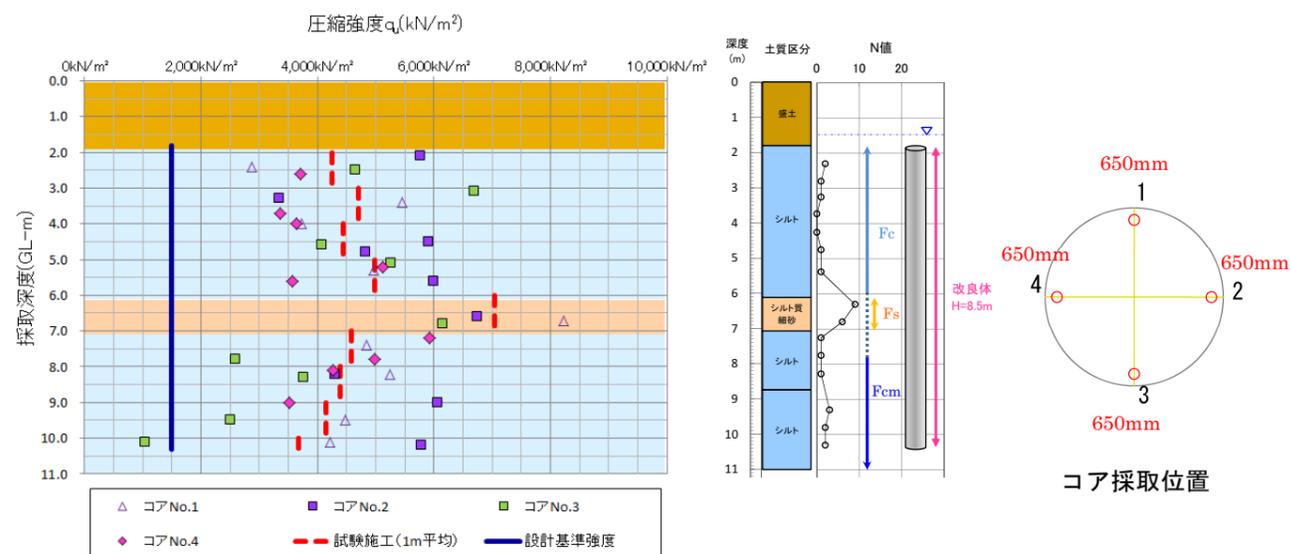
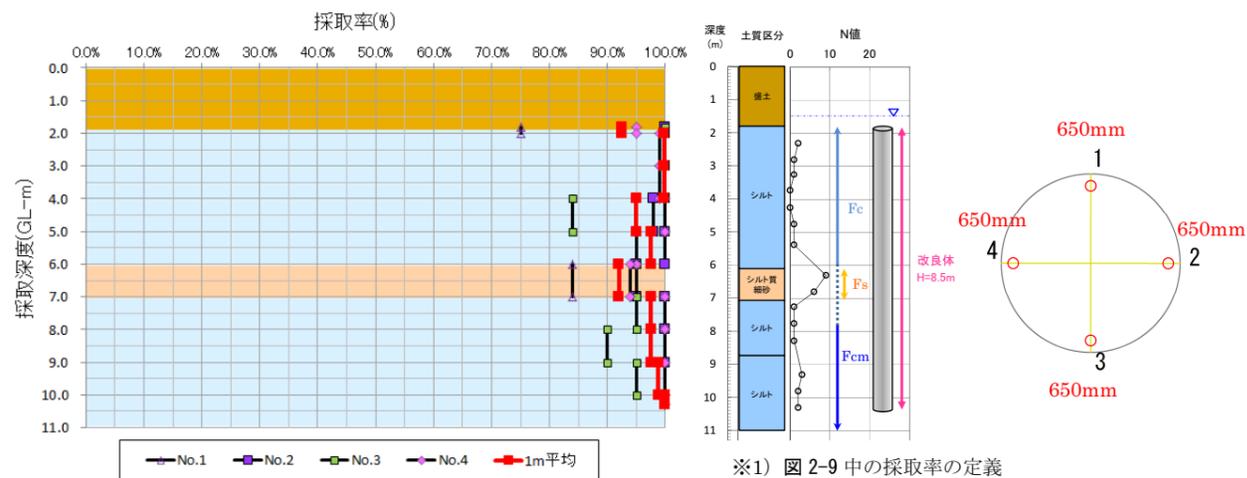


図2-8 強度試験結果の深度分布 (円形 No. 3)



※1) 図2-9中の採取率の定義

$$\text{コア採取率(\%)} = (\text{採取長} - \text{未固化長}) / \text{掘進長}$$

図2-9 採取率と深度分布 (円形 No. 3)

表2-5 コアサンプリング採取率 (1m毎)

改良杭No. (改良径)		試験施工No.3 (φ1,500)				平均	
		650mm	650mm	650mm	650mm		
杭芯からの距離							
コアNo		No1	No2	No3	No4		
上層	GL-1.0m~2.0m	シルト質細砂 ~シルト	75%	100%	100%	95%	93%
	GL-2.0m~3.0m	シルト	100%	100%	100%	99%	100%
	GL-3.0m~4.0m	シルト	100%	100%	100%	99%	100%
中層	GL-4.0m~5.0m	シルト	98%	98%	84%	100%	95%
	GL-5.0m~6.0m	シルト	100%	100%	95%	95%	98%
	GL-6.0m~7.0m	シルト質細砂	84%	95%	95%	94%	92%
下層	GL-7.0m~8.0m	シルト	95%	100%	95%	100%	98%
	GL-8.0m~9.0m	シルト	100%	100%	90%	100%	98%
	GL-9.0m~10.0m	シルト	100%	100%	95%	100%	99%
	GL-10.0m~11.0m	シルト	100%	100%	100%	100%	100%

※2) 本試験では予め基準を定めていないが、目安として表記している。

これらの強度分布とコア採取率より、改良体の平均強度は全ての深度で設計基準強度の2倍以上となり、コア採取率についても全ての深度の平均値が90%以上となっている。

④No.7 改良体 (Miny マルチ工法)

図 2-10 は各ボーリングコアに対する強度試験結果を深度毎に整理したものである。図中には 1m ごとの平均強度を赤点線で示すとともに設計基準強度 1,500kN/m² を青線で示している。なお、コア No.1 は早期コア採取試料に対する圧縮強度（一週強度程度）であるため平均強度（赤点線）の算出に含めていない。図 2-11 および表 2-6 は各ボーリングコアに対するコア採取率^{※1)}を深度毎に整理したものであり図中の赤線は 1m 毎の平均値を示している。

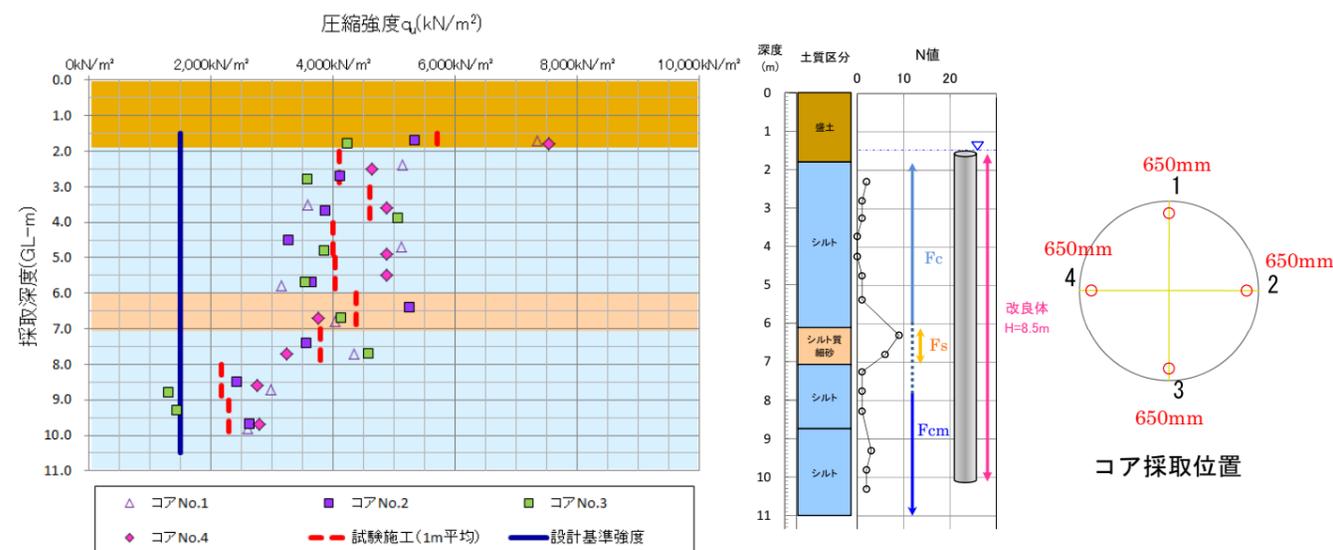
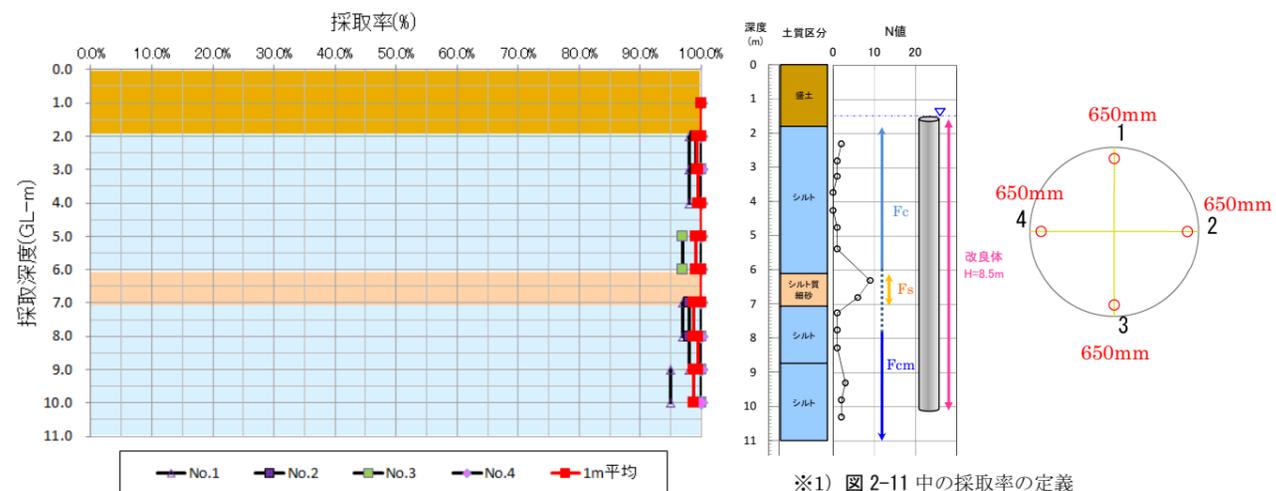


図 2-10 強度試験結果の深度分布 (円形 No. 7)



※1) 図 2-11 中の採取率の定義
 コア採取率(%)=(採取長-未固化長)/掘進長

図 2-11 採取率と深度分布 (円形 No. 7)

表 2-6 コアサンプリング採取率 (1m 毎)

改良杭No. (改良径)		試験施工No.7 (φ1,500)				平均	
		650mm	650mm	650mm	650mm		
杭芯からの距離		コアNo				平均	
		No1	No2	No3	No4		
上層	GL-1.0m~2.0m	シルト質細砂 ~シルト	100%	100%	100%	100%	100%
	GL-2.0m~3.0m	シルト	98%	99%	100%	100%	99%
	GL-3.0m~4.0m	シルト	98%	100%	100%	100%	100%
中層	GL-4.0m~5.0m	シルト	100%	100%	100%	100%	100%
	GL-5.0m~6.0m	シルト	100%	99%	97%	100%	99%
	GL-6.0m~7.0m	シルト質細砂	100%	100%	100%	100%	100%
下層	GL-7.0m~8.0m	シルト	97%	98%	100%	100%	99%
	GL-8.0m~9.0m	シルト	98%	100%	100%	100%	100%
	GL-9.0m~10.0m	シルト	95%	100%	100%	100%	99%

※2) 本試験では予め基準を定めていないが、目安として表記している。

これらの強度分布とコア採取より、改良体の平均強度は殆どの深度で設計基準強度の 2 倍以上となり、コア採取率についても全ての深度の平均値が 99%以上となっている。

⑤No.8改良体 (Miny マルチ工法)

図 2-12 は各ボーリングコアに対する強度試験結果を深度毎に整理したものである。図中には 1m ごとの平均強度を赤点線で示すとともに設計基準強度 1,500kN/m² を青線で示している。図 2-13 および表 2-7 は各ボーリングコアに対するコア採取率^{※1}を深度毎に整理したものであり、図中の赤線は 1m 毎の平均値を示している。

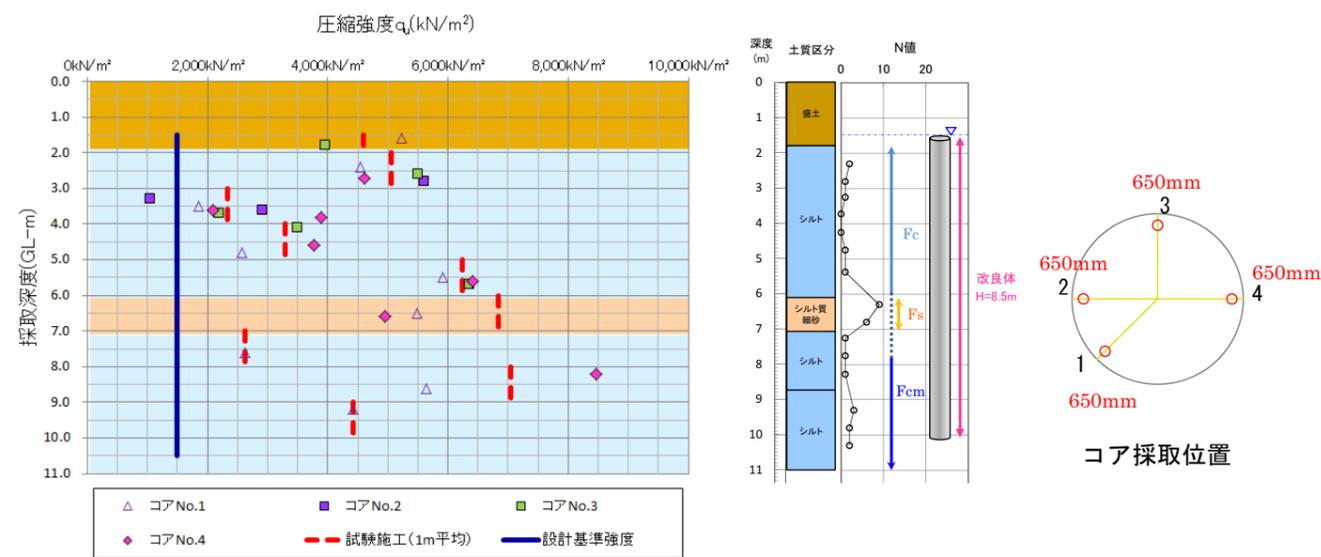
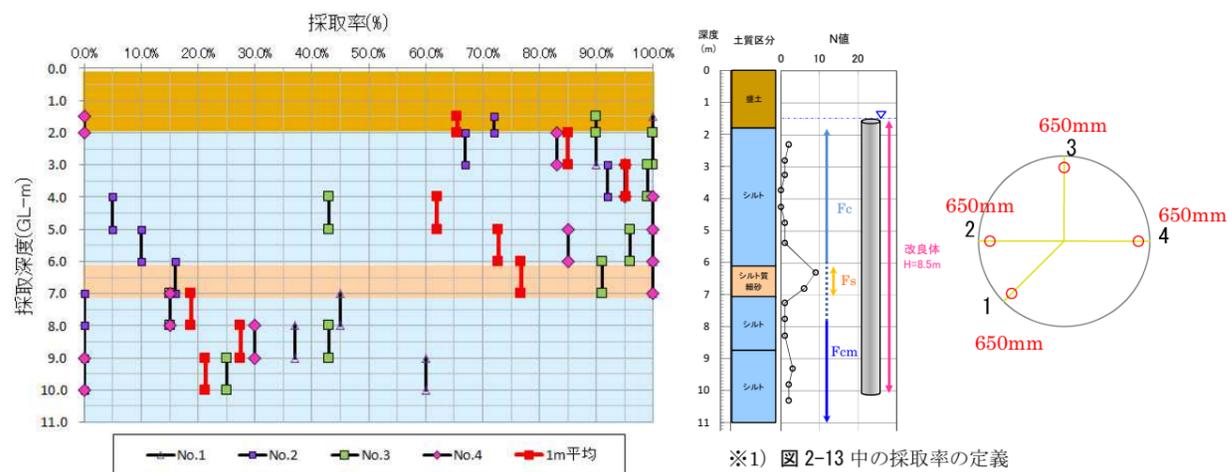


図 2-12 強度試験結果の深度分布 (円形 No. 8)



※1) 図 2-13 中の採取率の定義
コア採取率(%)=(採取長-未固化長)/掘進長

図 2-13 採取率と深度分布 (円形 No. 8)

表 2-7 コアサンプリング採取率 (1m 毎)

改良杭No. (改良径)		試験施工No.8 (φ1,500)				平均	
杭芯からの距離		650mm	650mm	650mm	650mm		
コアNo		No1	No2	No3	No4		
上層	GL-1.0m~2.0m	シルト質細砂~シルト	100%	72%	90%	0%	66%
	GL-2.0m~3.0m	シルト	90%	67%	100%	83%	85%
	GL-3.0m~4.0m	シルト	95%	92%	99%	95%	95%
中層	GL-4.0m~5.0m	シルト	100%	5%	43%	100%	62%
	GL-5.0m~6.0m	シルト	100%	10%	96%	85%	73%
	GL-6.0m~7.0m	シルト質細砂	100%	16%	91%	100%	77%
下層	GL-7.0m~8.0m	シルト	45%	0%	15%	15%	19%
	GL-8.0m~9.0m	シルト	37%	0%	43%	30%	28%
	GL-9.0m~10.0m	シルト	60%	0%	25%	0%	21%

※2) 本試験では予め基準を定めていないが、目安として表記している。

これらの強度分布と採取率より、圧縮強度試験の平均強度は全ての深度 (1m 毎) において、設計基準強度を上回っているが、出来形不足で供試体が必要数採取されておらず強度の評価は正確には不可能である。

Fc 層においては、コア観察の結果、コア中に不織布の混入が確認されており、不織布に近い区間ではコア採取率が 10%未満の区間を含んでいる。1m 毎の平均コア採取率については 80%未満で、低い連続性となっており、この区間についてはドレーンによる影響が疑われる。なお、GL-7m以深の平均コア採取率は 28%以下と特に低い採取率となっている。

⑥No.9改良体 (Miny マルチ工法)

図2-14は各ボーリングコアに対する強度試験結果を深度毎に整理したものである。図中には1mごとの平均強度を赤点線で示すとともに設計基準強度1,500kN/m²を青線で示している。なお、コアNo.1は早期コア採取試料に対する圧縮強度(一週強度)であるため平均強度(赤点線)の算出に含めていない。図2-15および表2-8は各ボーリングコアに対するコア採取率^{※1)}を深度毎に整理したものであり図中の赤線は1m毎の平均値を示している。

表2-8 コアサンプリング採取率(1m毎)

改良杭No. (改良径)		試験施工No.9 (φ1,500)				平均
		650mm	400mm	650mm		
杭芯からの距離						
コアNo		No1	No3	No3'		
上層	GL-1.0m~2.0m	シルト質細砂~シルト	25%	100%	100%	75%
	GL-2.0m~3.0m	シルト	40%	100%	83%	74%
	GL-3.0m~4.0m	シルト	62%	100%	100%	87%
中層	GL-4.0m~5.0m	シルト	0%	100%	100%	67%
	GL-5.0m~6.0m	シルト	0%	100%	100%	67%
	GL-6.0m~7.0m	シルト質細砂	50%	100%	100%	83%
下層	GL-7.0m~8.0m	シルト	0%	100%	100%	67%
	GL-8.0m~9.0m	シルト	0%	100%	100%	67%
	GL-9.0m~10.0m	シルト	0%	100%	100%	67%
	GL-10.0m~11.0m	シルト	0%	100%	100%	67%

※2) 本試験では予め基準を定めていないが、目安として表記している。

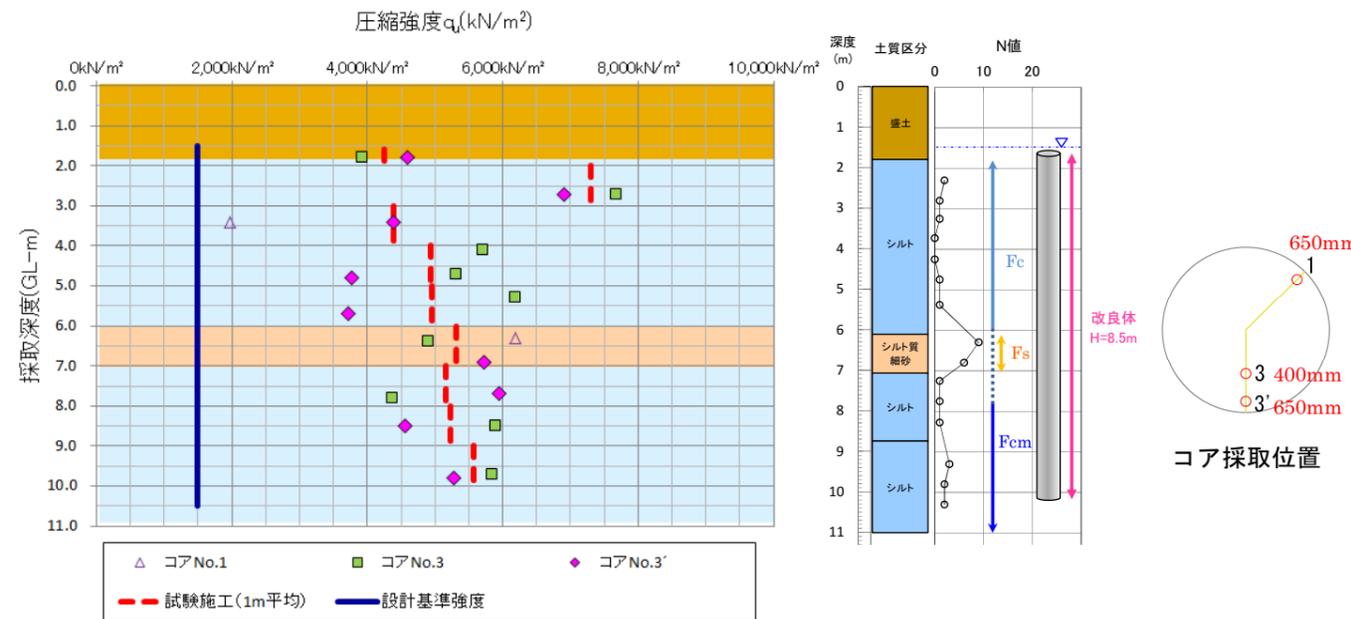
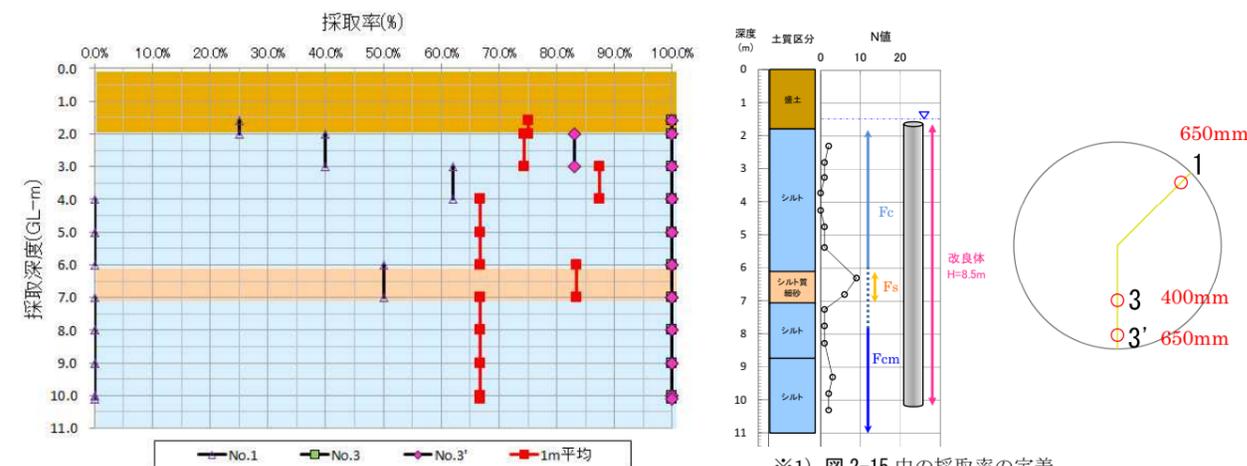


図2-14 強度試験結果の深度分布 (円形 No. 9)



※1) 図2-15中の採取率の定義
コア採取率(%)=(採取長-未固化長)/掘進長

図2-15 採取率と深度分布 (円形 No. 9)

これらの強度分布とコア採取率より、外縁に近い早期コア No. 1 の採取率が全層にわたり低く、出来形不足で供試体が必要数採取されておらず強度の評価は正確には不可能である。一方、内側に入ったコア No. 3 は全深度に渡って高い強度であり、背面に位置する No. 3' (中心からの離れは No. 1 と同じ) についても高い連続性と強度となっている。

2) 円形断面に対する考察

エコタイト工法による No.1、No.2 の改良体は第1章の表 1-5 より、造成における噴射量、引上げ時間、回転数、圧力、エア量はほぼ同一であり、両改良体ともに強度は設計基準強度を満足しており、連続性も全深度（1m 毎の平均）に渡り 90%以上と高い。No.1 と No.2 の仕様の違いは No.1 ではプレジレットの噴射量を極力低減し、添加剤を用いて排泥不良を改善しているのに対し、No.2 では逆に添加剤は用いずにプレジレットにより排泥不良を防止しようとしている点である。No.2 においては上部の平均強度が設計基準強度ぎりぎりであることや上部と下部で連続性の低いコアがあることなどから、全深度、全コアで品質の高い No.1 の仕様の方が当該地盤に適合していると考えられる。また、No.3 は No.1、No.2 よりも単位固化材量を 23%程度増加させたものであり No.1、No.2 よりも品質は良いが強度が設計強度の 2 倍以上となり、品質過剰である可能性がある。Miny マルチ工法において、No.7 の強度、連続性は良好であるが、これより施工時間と回転速度が早い No.8 においては下層の Fcm に対してエネルギーが不足しているため出来形不良となっていると考えられ、施工時間は長い回転速度が早い No.9 においてもドレーン等の影響によるエネルギーの不足による出来形不良となった可能性がある。

(2) 楕円断面改良体

1) 改良体毎の調査結果

①No.6 改良体

図 2-16 は各ボーリングコアに対する強度試験結果を深度毎に整理したものである。図中には 1m ごとの平均強度を赤点線で示すとともに設計基準強度 1,500kN/m²を青線で示している。なお、コア No.1 は早期コア採取試料に対する圧縮強度（一週強度）であるため平均強度（赤点線）の算出に含めていない。図 2-17 および表 2-9 は各ボーリングコアに対するコア採取率^{※1)}を深度毎に整理したものであり図中の赤線は 1m 毎の平均値を示している。

表 2-9 コアサンプリング採取率 (1m 毎)

改良杭No. (改良径)		試験施工No.6 (φ 3,600 × 1,200)					平均
		1600mm	550mm	600mm	1600mm	550mm	
杭芯からの距離							
コアNo		No1	No2	No3	No4	No5	
上層	GL-1.0m~2.0m	シルト質細砂 ~シルト	100%	100%	100%	100%	100%
	GL-2.0m~3.0m	シルト	41%	85%	100%	90%	82%
	GL-3.0m~4.0m	シルト	83%	89%	100%	78%	88%
中層	GL-4.0m~5.0m	シルト	90%	100%	92%	100%	96%
	GL-5.0m~6.0m	シルト	95%	95%	100%	100%	98%
	GL-6.0m~7.0m	シルト質細砂	97%	93%	95%	92%	94%
下層	GL-7.0m~8.0m	シルト	100%	95%	84%	100%	96%
	GL-8.0m~9.0m	シルト	70%	95%	90%	83%	87%
	GL-9.0m~10.0m	シルト	93%	98%	100%	82%	91%
	GL-10.0m~11.0m	シルト	89%	78%	100%	89%	91%

※2) 本試験では予め基準を定めていないが、目安として表記している。

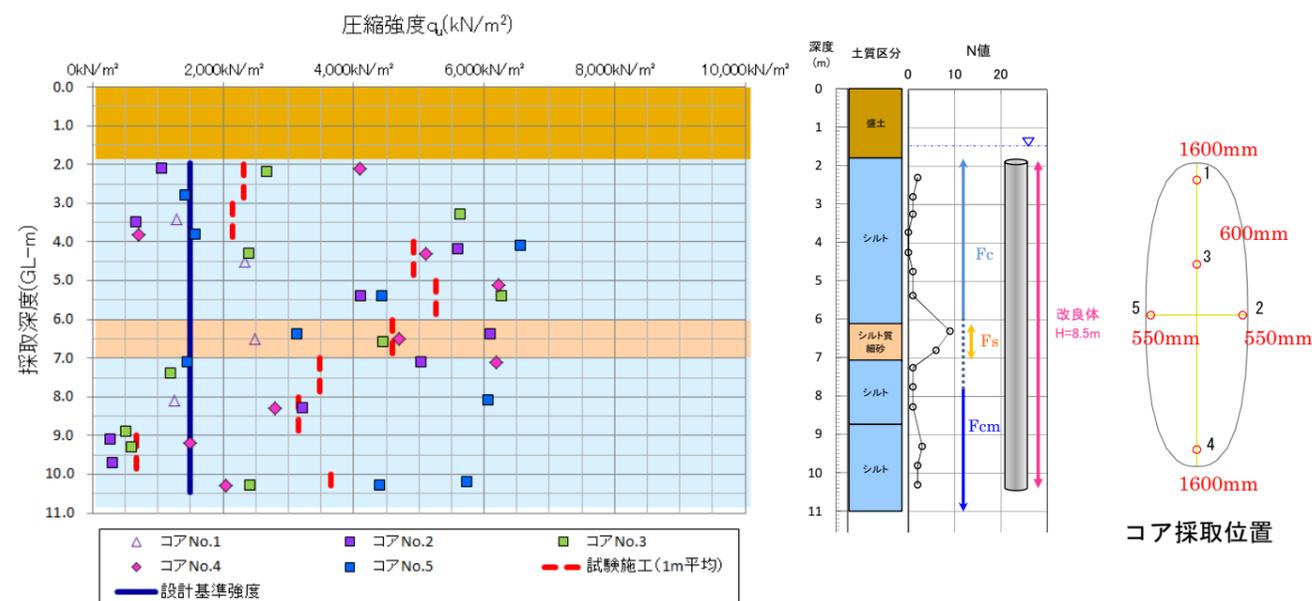


図 2-16 強度試験結果の深度分布 (楕円形 No. 6)

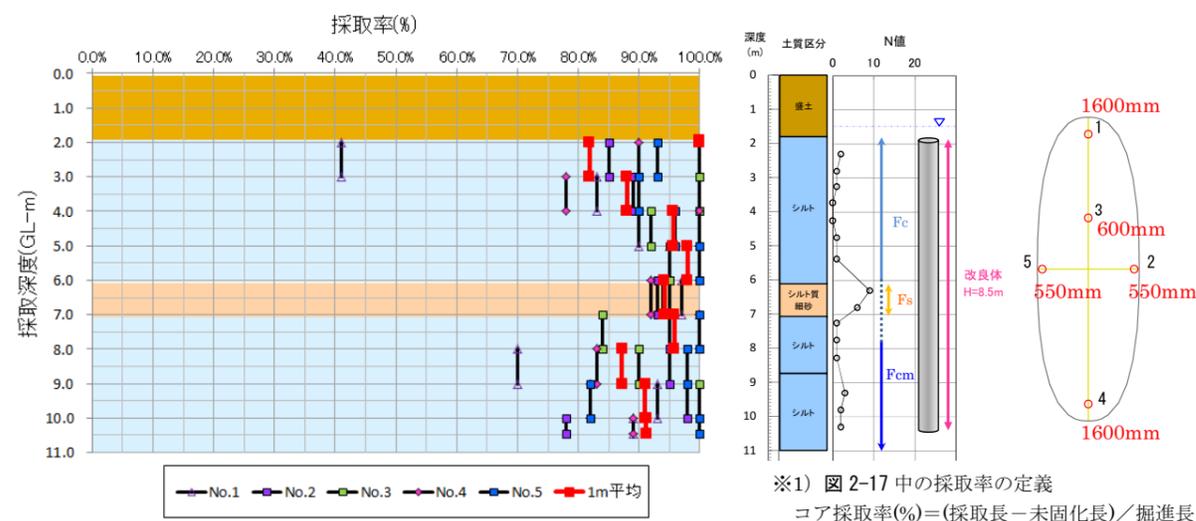


図 2-17 採取率と深度分布 (楕円形 No. 6)

※1) 図 2-17 中の採取率の定義
 コア採取率(%)=(採取長-未固化長)/掘進長

これらの強度分布と採取率より以下のことがわかる。

- ①GL-9m~10m の平均圧縮強度が設計基準強度の 1/2 以下と低いがお他では設計基準強度を上回っている。原因として施工中にドレーンが発見されたことからドレーンによって噴流が阻害されたと考えられる。
- ②平均コア採取率は全深度 (1m 毎) に渡って 80%を超えている。ただし、一部において、コア採取率の低い区間も確認された。

②No.4 改良体

図 2-18 は各ボーリングコアに対する強度試験結果を深度毎に整理したものである。図中には 1m ごとの平均強度を赤点線で示すとともに設計基準強度 1,500kN/m² を青線で示している。なお、コア No.1 は早期コア採取試料に対する圧縮強度（一週強度）であるため平均強度（赤点線）の算出に含めていない。図 2-19 および表 2-10 は各ボーリングコアに対するコア採取率^{※1)}を深度毎に整理したものであり図中の赤線は 1m 毎の平均値を示している。

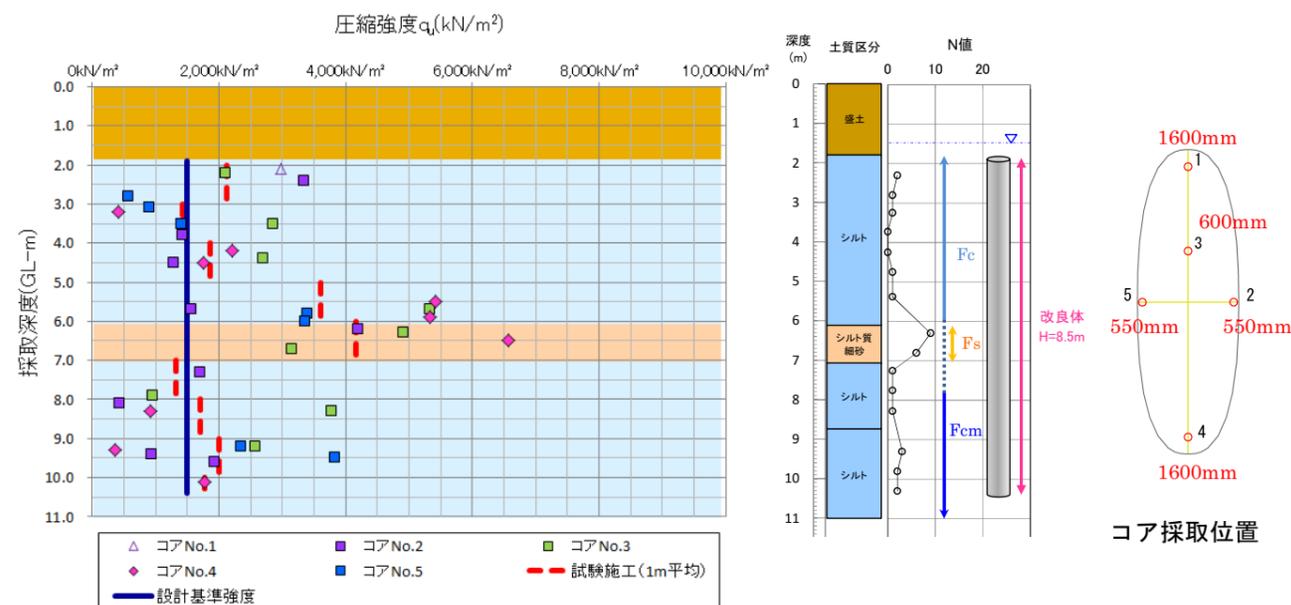


図 2-18 強度試験結果の深度分布（楕円形 No. 4）

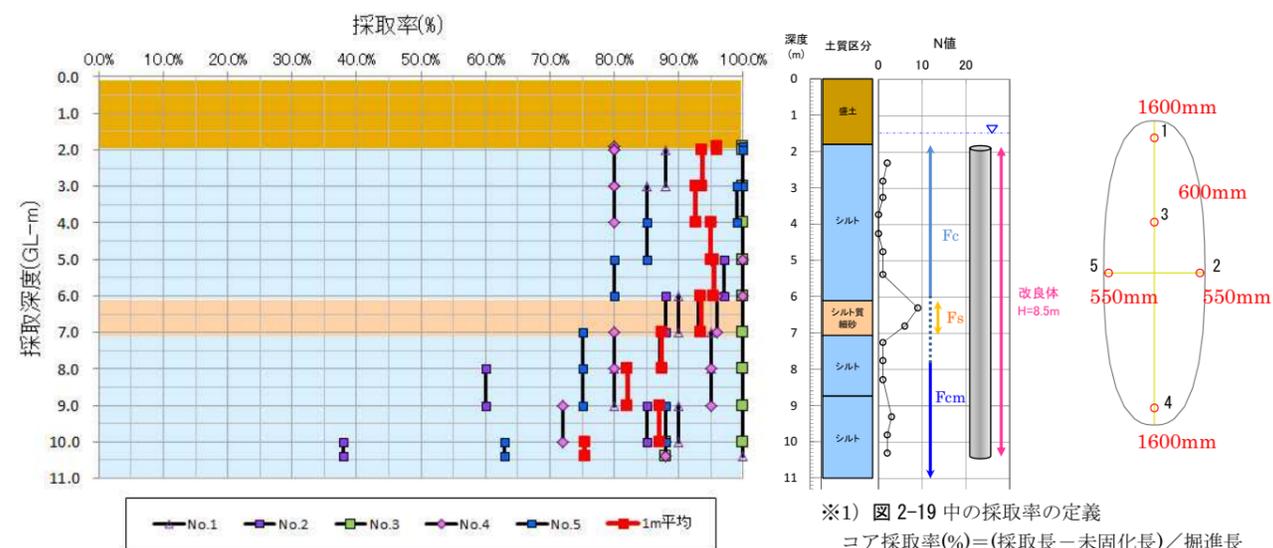


図 2-19 採取率と深度分布（楕円形 No. 4）

表 2-10 コアサンプリング採取率（1m 毎）

改良杭No. (改良径)		試験施工No.4 (φ3,600×1,200)					平均	
		1600mm	550mm	600mm	1600mm	550mm		
杭芯からの距離								
コアNo		No1	No2	No3	No4	No5		
上層	GL-1.0m~2.0m	シルト質細砂~シルト	100%	100%	100%	80%	100%	96%
	GL-2.0m~3.0m	シルト	88%	100%	100%	80%	100%	94%
	GL-3.0m~4.0m	シルト	85%	99%	100%	80%	99%	93%
中層	GL-4.0m~5.0m	シルト	95%	100%	100%	95%	85%	95%
	GL-5.0m~6.0m	シルト	100%	97%	100%	100%	80%	95%
	GL-6.0m~7.0m	シルト質細砂	90%	88%	100%	96%	93%	93%
下層	GL-7.0m~8.0m	シルト	95%	87%	100%	80%	75%	87%
	GL-8.0m~9.0m	シルト	80%	60%	100%	95%	75%	82%
	GL-9.0m~10.0m	シルト	90%	85%	100%	72%	88%	87%
	GL-10.0m~11.0m	シルト	100%	38%	88%	88%	63%	75%

※2) 本試験では予め基準を定めていないが、目安として表記している。

これらの強度分布と採取率より以下のことがわかる。

- ①平均圧縮強度は上層の GL-3m~4m、下層の GL-7m~8m で設計基準強度を下回っている。
- ②平均コア採取率は下層になるほど低下する傾向があり、特に短辺方向のコアにおいて GL-8m 以下の採取率が低くなっている。

③No.5 改良体

図 2-20 は各ボーリングコアに対する強度試験結果を深度毎に整理したものである。図中には 1m ごとの平均強度を赤点線で示すとともに設計基準強度 1,500kN/m² を青線で示している。なお、コア No.1 は早期コア採取試料に対する圧縮強度（一週強度）であるため平均強度（赤点線）の算出に含めていない。図 2-21 および表 2-11 は各ボーリングコアに対するコア採取率^{※1}を深度毎に整理したものであり図中の赤線は 1m 毎の平均値を示している。

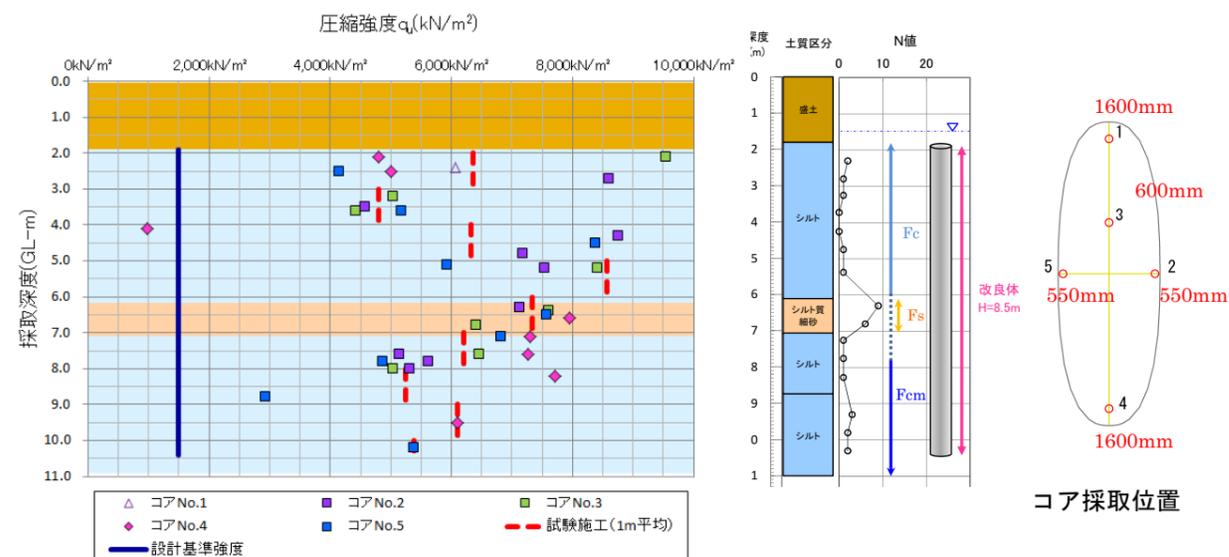
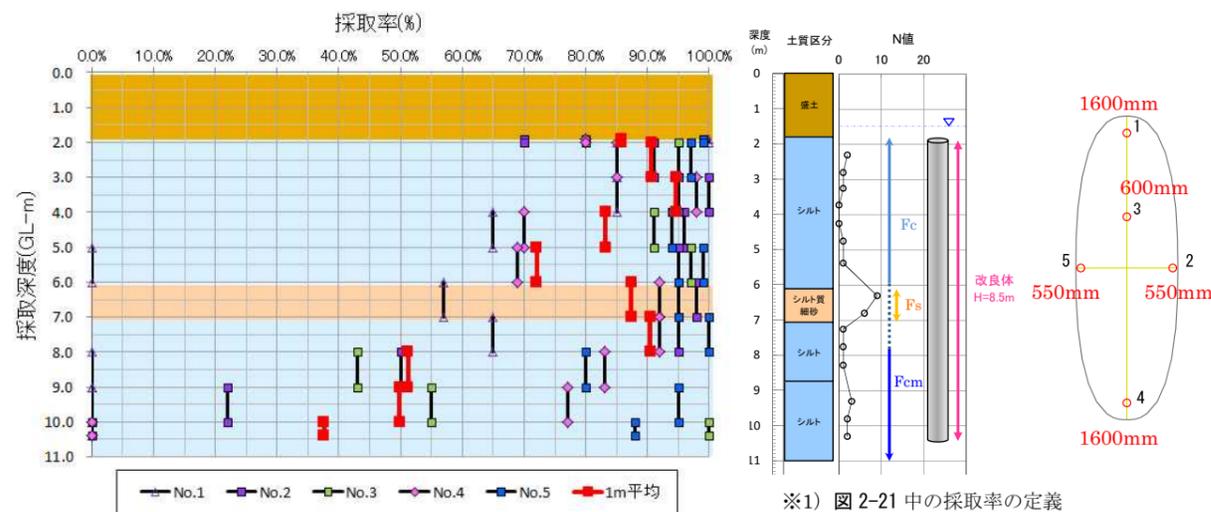


図 2-20 強度試験結果の深度分布（楕円形 No. 5）



※1) 図 2-21 中の採取率の定義
 コア採取率(%)=(採取長-未固化長)/掘進長

図 2-21 採取率と深度分布（楕円形 No. 5）

表 2-11 コアサンプリング採取率（1m 毎）

改良杭No. (改良径)		試験施工No.5 (φ3,600×1,200)					平均	
		1600mm	550mm	600mm	1600mm	550mm		
杭芯からの距離								
コアNo		No1	No2	No3	No4	No5		
上層	GL-1.0m~2.0m	シルト質細砂~シルト	100%	70%	80%	80%	99%	86%
	GL-2.0m~3.0m	シルト	85%	91%	95%	85%	97%	91%
	GL-3.0m~4.0m	シルト	85%	100%	95%	98%	95%	95%
中層	GL-4.0m~5.0m	シルト	65%	96%	91%	70%	94%	83%
	GL-5.0m~6.0m	シルト	0%	95%	97%	69%	99%	72%
	GL-6.0m~7.0m	シルト質細砂	57%	98%	95%	92%	95%	87%
下層	GL-7.0m~8.0m	シルト	65%	95%	100%	92%	100%	90%
	GL-8.0m~9.0m	シルト	0%	50%	43%	83%	80%	51%
	GL-9.0m~10.0m	シルト	0%	22%	55%	77%	95%	50%
	GL-10.0m~11.0m	シルト	0%	0%	100%	0%	88%	38%

※2) 本試験では予め基準を定めていないが、目安として表記している。

- これらの強度分布と採取率より以下のことがわかる。
- ①GL-8m 以浅の平均強度は設計基準強度の 2 倍以上と高いがこれ以深ではコア採取率が低いために供試体を採取できておらず平均強度は評価できていない。
 - ②GL-5m~6m と GL-8m 以下のコア採取率が低い。これは、施工中にロッドに 8m と長いドレーンが巻きついた影響と考えられ、時間的制約で再施工できなかったため大きな出来形不足になったものと推測される。

④No.10 改良体

図 2-22 は各ボーリングコアに対する強度試験結果を深度毎に整理したものである。図中には 1m ごとの平均強度を赤点線で示すとともに設計基準強度 1,500kN/m² を青線で示している。なお、コア No.1 は早期コア採取試料に対する圧縮強度（一週強度）であるため平均強度（赤点線）の算出に含めていない。図 2-23 および表 2-12 は各ボーリングコアに対するコア採取率^{※1)}を深度毎に整理したものであり図中の赤線は 1m 毎の平均値を示している。

表 2-12 コアサンプリング採取率 (1m 毎)

改良杭No. (改良径)		試験施工No.10 (φ3,600×1,200)					平均
		1600mm	550mm	600mm	1600mm	550mm	
杭芯からの距離		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	
コアNo		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	
上層	GL-1.0m~2.0m シルト質細砂~シルト	100%	80%	90%	80%	100%	90%
	GL-2.0m~3.0m シルト	92%	95%	90%	100%	85%	92%
	GL-3.0m~4.0m シルト	100%	99%	85%	75%	85%	89%
中層	GL-4.0m~5.0m シルト	72%	100%	100%	100%	100%	94%
	GL-5.0m~6.0m シルト	90%	94%	100%	94%	94%	94%
	GL-6.0m~7.0m シルト質細砂	95%	82%	95%	90%	98%	92%
下層	GL-7.0m~8.0m シルト	92%	99%	97%	100%	100%	98%
	GL-8.0m~9.0m シルト	100%	99%	98%	100%	96%	99%
	GL-9.0m~10.0m シルト	100%	96%	100%	100%	100%	99%
	GL-10.0m~11.0m シルト	100%	100%	100%	58%	100%	92%

※2) 本試験では予め基準を定めていないが、目安として表記している。

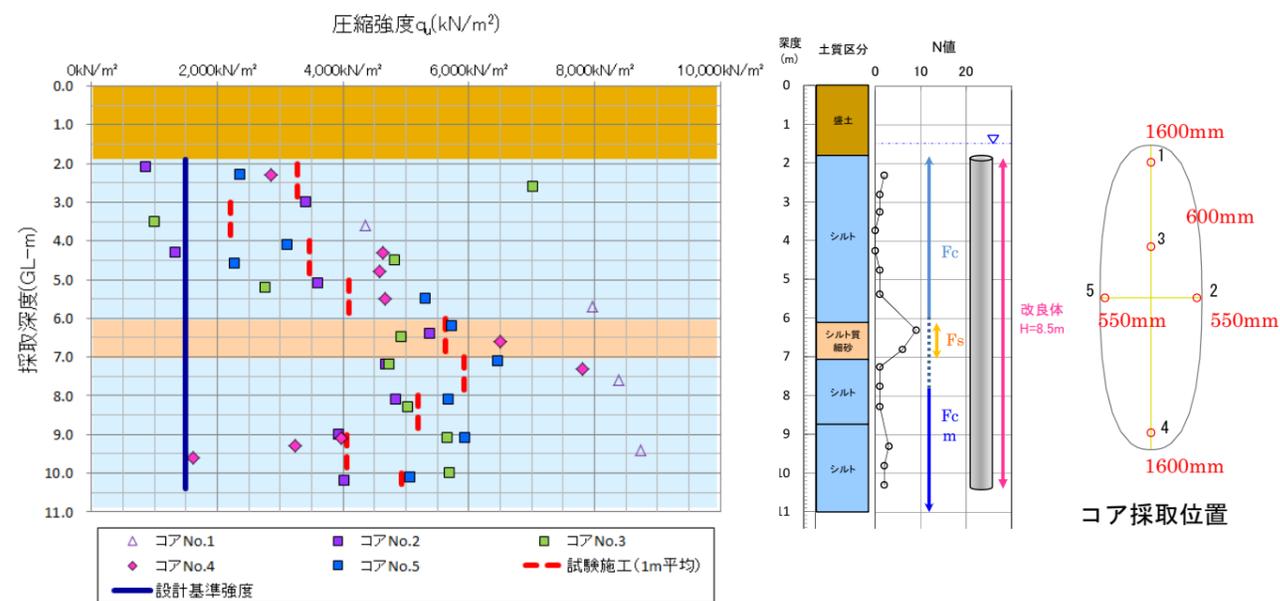


図 2-22 強度試験結果の深度分布 (楕円形 No. 10)

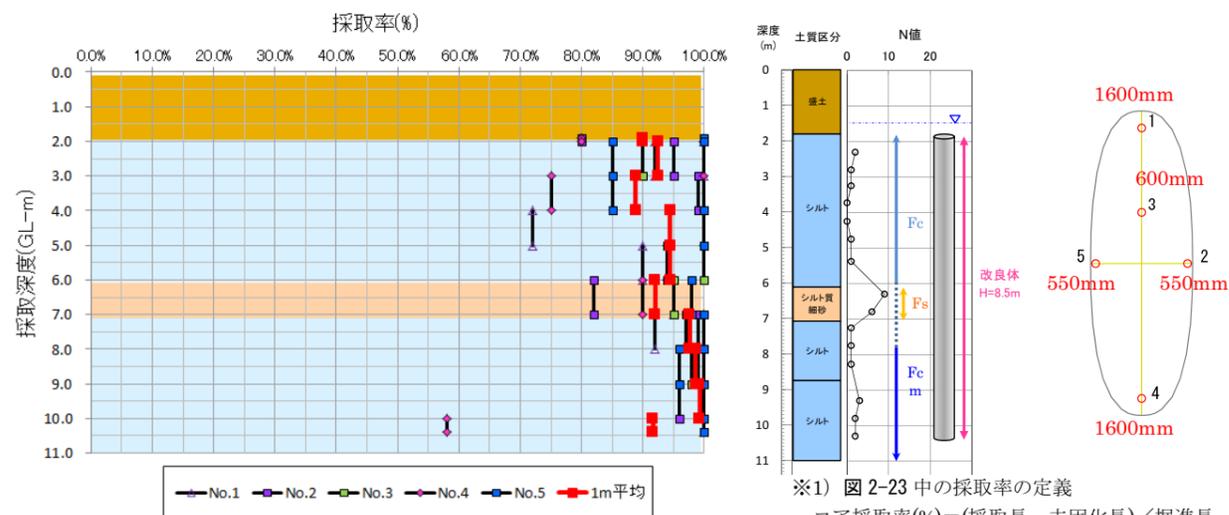


図 2-23 採取率と深度分布 (楕円形 No. 10)

※1) 図 2-23 中の採取率の定義
 コア採取率(%)=(採取長-未固化長)/掘進長

- これらの強度分布と採取率より以下のことがわかる。
- ①1m 毎の平均強度はいずれも設計基準強度を上回っている。Fcm 層については、上層の Fc 層に比べて高い強度となっていた。
 - ②平均コア採取率は全層に渡って 80%を超えている。

2) 楕円断面に対する考察

No.6 改良体においては、ドレーンの影響と考えられる GL-9m~10m を除いては強度、連続性ともに良好であった。No.5 改良体は長尺のドレーンが絡まったにもかかわらず撤去後に再施工できなかったため下層の出来形が非常に悪くなったと考えられる。No.4 改良体の下層出来形不足に関しては、発見されたドレーンの影響か排泥閉塞による影響によるものと推測される。ドレーン影響の排除が重要課題と考え、No.10 改良体ではドレーンが絡みつきにくいと考えられる揺動方式を採用し、ドレーン発見や排泥不良の際はその区間の再施工 (3 回施工) を実施した。その結果、連続性、強度とともに品質を向上することができた。

2.3 試験施工中の排泥状況

再試験施工では、改良体の攪拌状態の目安として、通常の施工管理項目に加え、造成後の改良体品質に反映されることが想定される排泥状況に関して、特に注意して管理した。排泥状況の管理方法を以下に示す。

i) 採取時期・方法

ある造成深度、造成回数時に排泥を採取して、各種測定・分析を行った。

ii) 測定項目

セメントスラリーは、造成時に流量、比重等を管理している。造成に伴う排泥は、比重や排出時間の連続性などを管理することで、排泥不良が発生しないような施工中の対策を試みた。

(1) エコタイト工法

エコタイト工法では比重と粘度を対象に計測した。写真2-1～写真2-3に計測状況他を示す。



写真 2-1 排泥採取・観察



写真 2-2 比重測定状況



写真 2-3 粘度測定状況

①No.1 改良体

排泥に関する計測の結果、比重と粘度に異常値は確認されなかった。No.1 改良体は平均コア採取率 90% を上回っていた。なお、粘度の目安として 10 以下になる場合に粘性が低いとする。

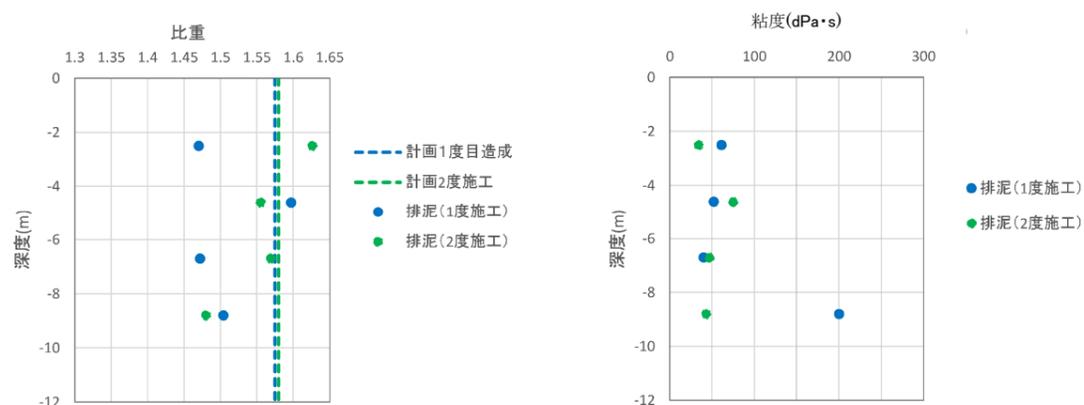


図 2-24 排泥計測結果 (左: 比重深度分布、右: 粘度深度分布)

②No.2 改良体

排泥に関する計測の結果、GL-9m 付近で他の深度と比較して、粘性が低めの結果となった。No.2 改良体は、平均でコア採取率 90% を上回っていたが、下層の一部ではコア採取率が低い結果も確認されている。排泥との関連性として、排泥の比重及び粘性が低いため土壌が少なく改良率が低下した可能性もあるが、施工開始時は、プレジェットの影響を受けやすい状態にあるとも考えられ、プレジェットが多い施工仕様の場合、単一の測定値では評価が難しくなると考える。1 度施工前のプレジェット実施時の比重は、図 2-25 の計画 PJ（赤点線）で示すように、改良体積に占める水噴射体積（固化材体積は含まれない）が増加するため、原地盤および 1 度施工（2 度施工）に比べて比重は低下することになる。なお、他の円形については適用区間が限定的なため記載していない。

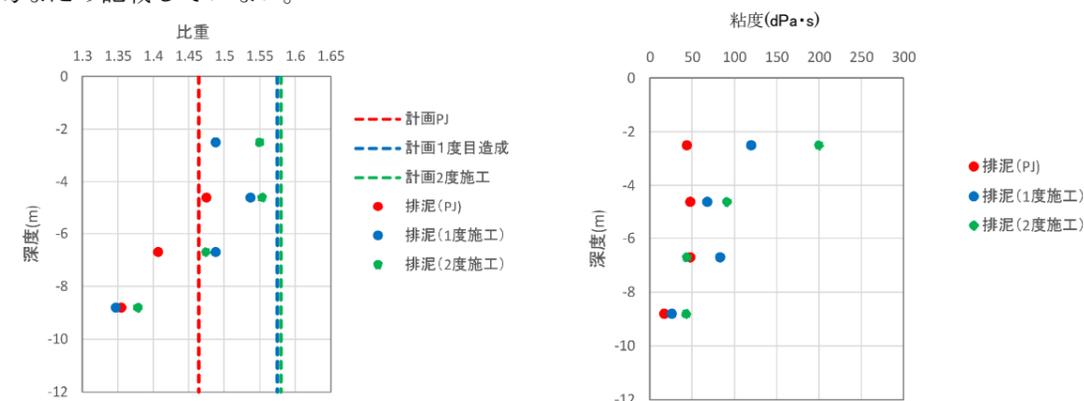


図 2-25 排泥計測結果 (左: 比重深度分布、右: 粘度深度分布)

③No.3 改良体

排泥に関する計測の結果、比重に異常値は確認されなかった。GL-3m 付近で他の深度と比較して粘性が低めの結果となった。No.3 改良体は平均コア採取率 90% を上回っていた。

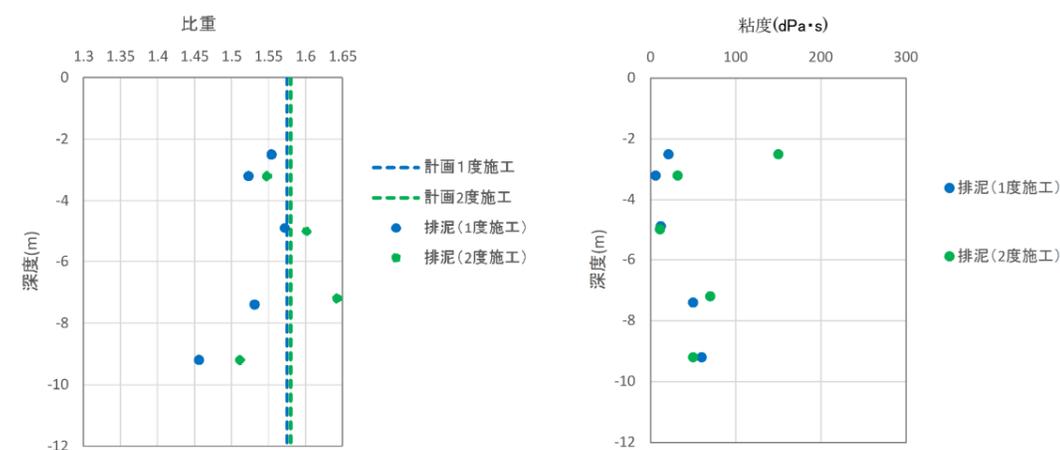


図 2-26 排泥計測結果 (左: 比重深度分布、右: 粘度深度分布)

④No.4 改良体

排泥に関する計測の結果、比重と粘度に異常値は確認されなかった。他の改良体に比べて、比重や粘度はやや高い値を示している。

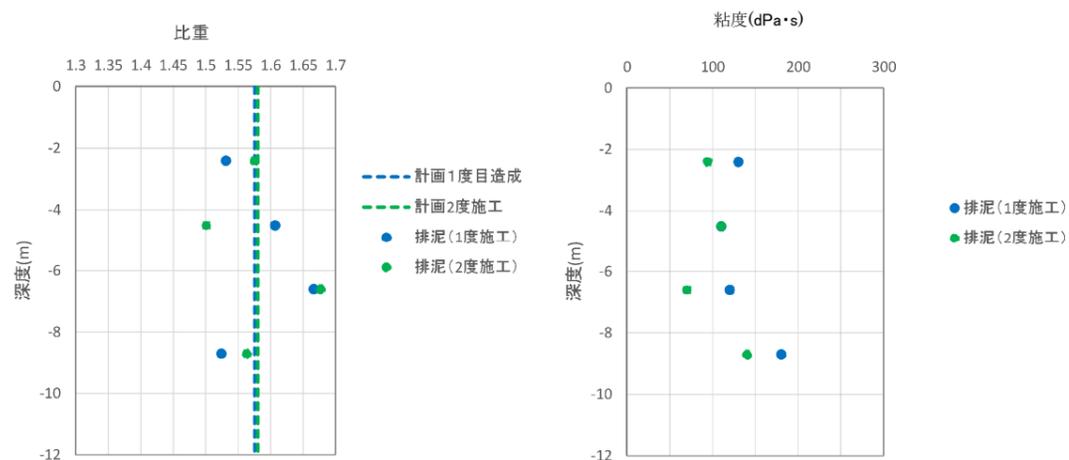


図 2-27 排泥計測結果（左：比重深度分布、右：粘度深度分布）

⑤No.5 改良体

排泥に関する計測の結果、GL-9m 付近で他の深度と比較して、比重が低めの結果となった。この区間のコア採取率は低い結果が確認されている。GL-2m 付近で他の深度と比較して粘性が低めの結果となった。

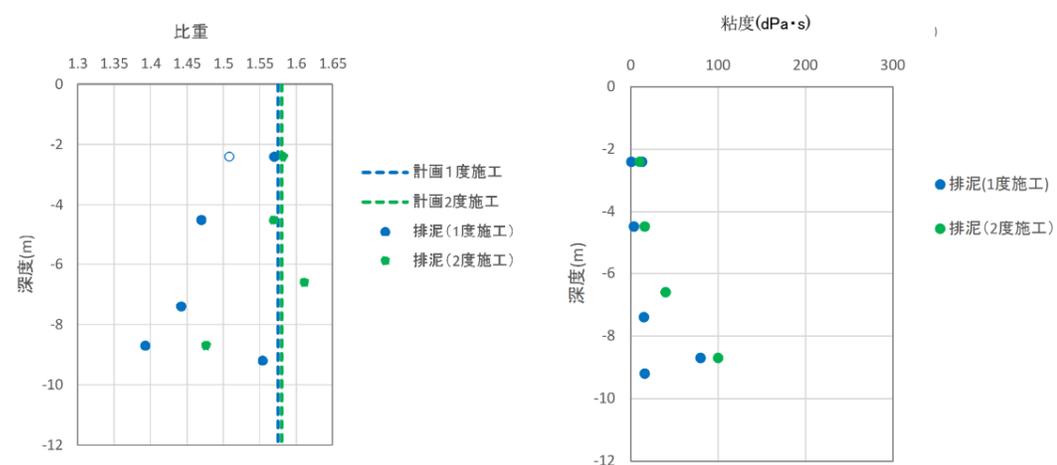


図 2-28 排泥計測結果（左：比重深度分布、右：粘度深度分布）

⑥No.6 改良体

排泥に関する計測の結果、GL-8m~GL-9m 付近で他の深度と比較して、排泥の比重及び粘性が低めの結果となっており、この区間のコア採取率は低い結果が確認されている。改良体の上層については、排泥の性状からは明らかに異常な傾向は確認されなかった。

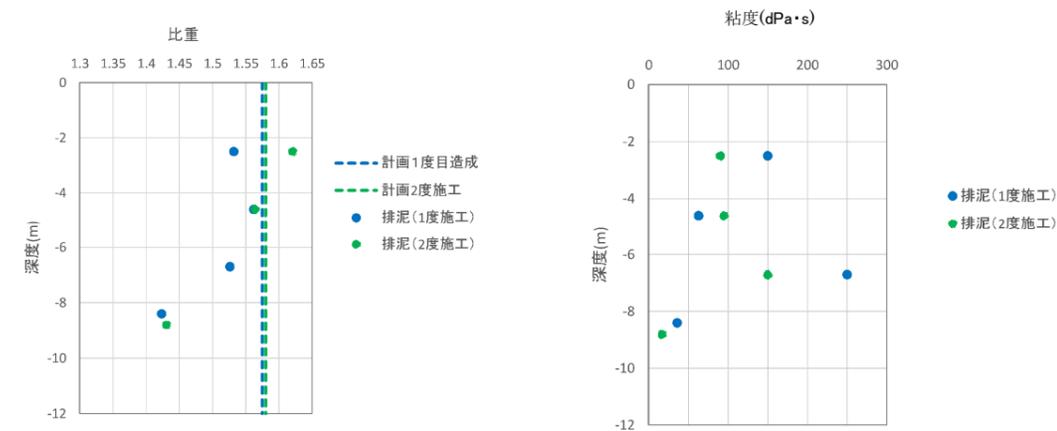


図 2-29 排泥計測結果（左：比重深度分布、右：粘度深度分布）

⑦No.10 改良体

排泥に関する計測の結果、GL-8m~GL-9m 付近で他の深度と比較して、排泥の比重が低めの結果となった。また、GL-6m~GL-7m 付近で他の深度と比較して、排泥の粘性が低めの結果となった。

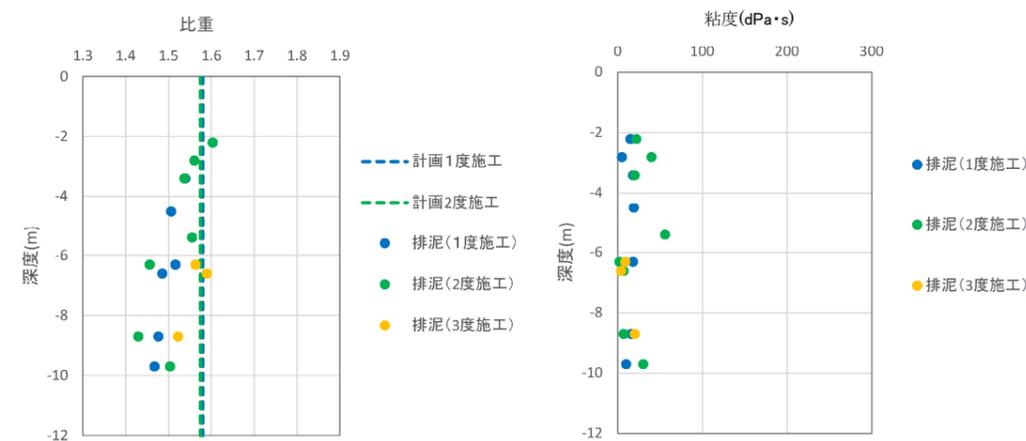


図 2-30 排泥計測結果（左：比重深度分布、右：粘度深度分布）

(2) Miny マルチ工法

Miny マルチ工法では比重を対象に計測した。

今回の Miny マルチ工法の再試験施工では、排泥を排出する鋼管の途中にアクリル部分を新たに設け、排泥の状況を目視確認出来るようにした(写真 2-4)。また、スライム受タンクを設置して、タンク内の排泥の観察を行った(写真 2-5)。このようにして、排泥の排出時の連続性や性状を目視確認して管理を行うことにした。なお、既に行われたエコタイト工法の再試験施工においても、同様の仕組みによって、排出状況の確認が行われている。



写真 2-4 排泥状況目視（管先）



写真 2-5 排泥状況目視（排出タンク）

①No.7 改良体

排泥に関する計測の結果、GL-8.5m 付近で他の深度と比較して、比重が低めの結果となった。施工開始時は、プレジエットの影響を受けやすい状態とも考えられ、プレジエットが多い施工仕様の場合、評価が難しくなると考える。なお、地上で排泥が噴発したことにより、2回目の排泥比重は採取していない。

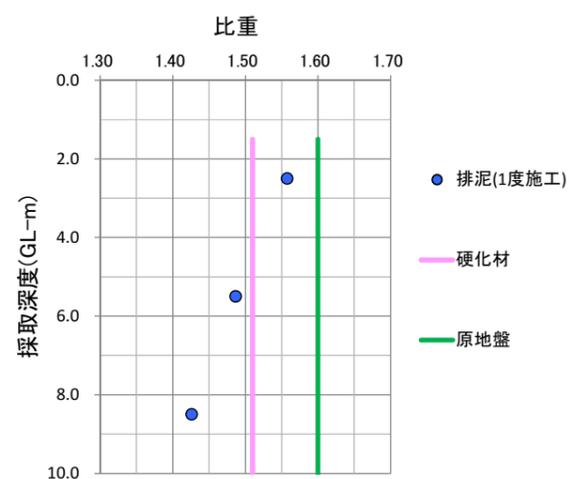


図 2-31 排泥計測記録（比重深度分布）

②No.8 改良体

排泥に関する計測の結果、GL-8.5m 付近で他の深度と比較して、比重が低めの結果となった。施工開始時は、プレジエットの影響を受けやすい状態とも考えられ、プレジエットが多い施工仕様の場合、評価が難しくなると考える。

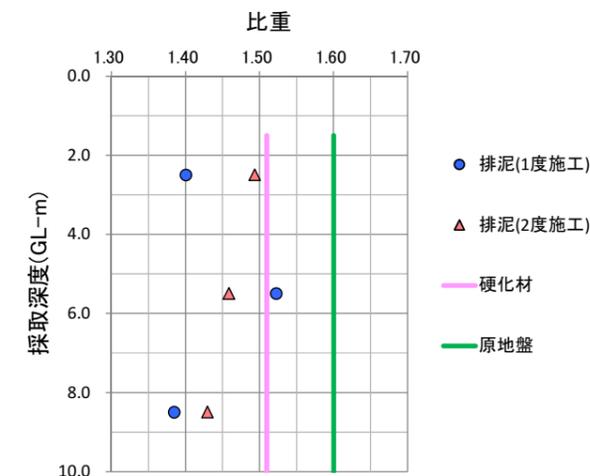


図 2-32 排泥計測記録（比重深度分布）

③No.9 改良体

排泥に関する計測の結果、GL-8.5m 付近で他の深度と比較して、比重が低めの結果となった。施工開始時は、プレジエットの影響を受けやすい状態とも考えられ、プレジエットが多い施工仕様の場合、評価が難しくなると考える。2回目の GL-8.5m および GL-5.5m は排泥の粘性が1回目と変わらなかったため、採取していない。GL-2.5m のみ排泥の粘性が高くなったため、採取した。

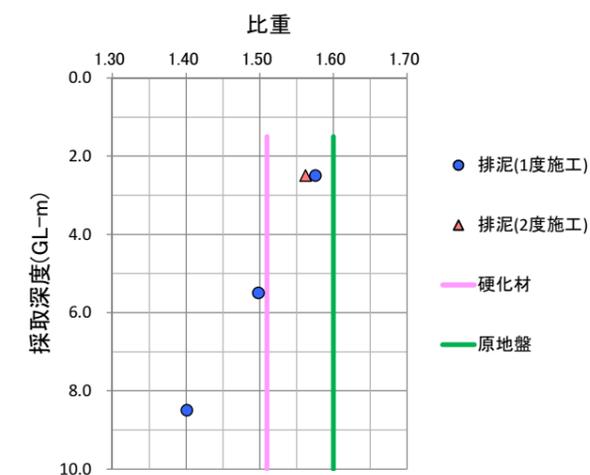


図 2-33 排泥計測記録（比重深度分布）

第3章 品質調査結果の評価

3.1 試験施工と再試験施工結果の比較

試験施工と再試験施工の各ボーリングコアに対する強度試験とコア採取率を深度毎に比較した。図3-1～図3-10に整理した強度試験結果の深度分布と採取率の深度分布を示す。試験施工における地層ごとの平均強度を緑点線で、再試験施工における地層ごとの平均強度を赤点線で示すとともに設計基準強度 1,500kN/m²を青線で示している。試験施工における地層ごとの平均採取率を黒線で、再試験施工における地層ごとの平均採取率を赤線(最大・最小は点線)で示す。円形改良体のうちエコタイト工法によるものについてはNo. 1、No. 2、No. 3を対象とし、Miny マルチ工法によるものについてはNo. 7を対象とし、楕円形改良体についてはNo. 10を対象にして、前回試験施工との結果を比較している。なお、比較に用いる前回試験施工の試験結果については、各工法の同一形状の施工結果としている。

(1) 円形断面改良体の強度と連続性

①No. 1 改良体 (エコタイト工法)

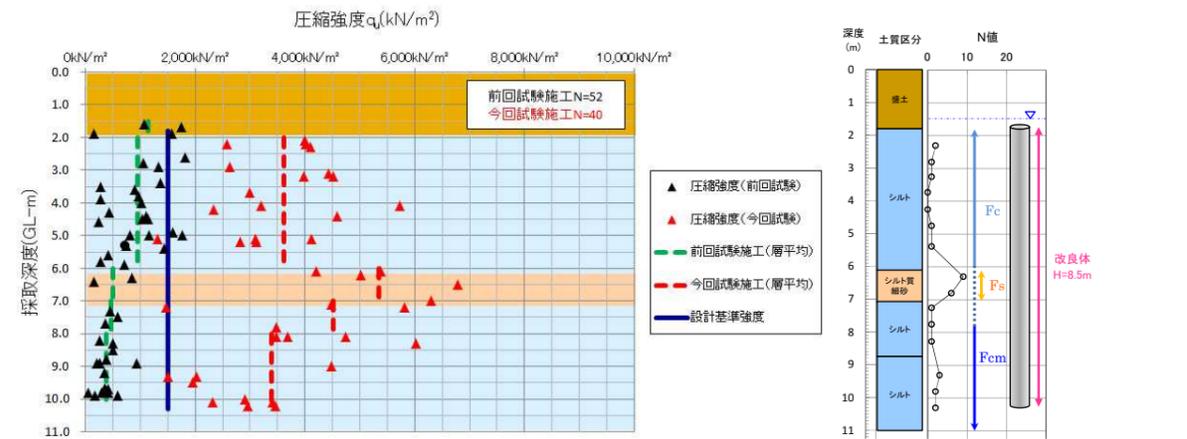


図3-1 強度試験結果の深度分布 (比較対象：円形 No. 1)

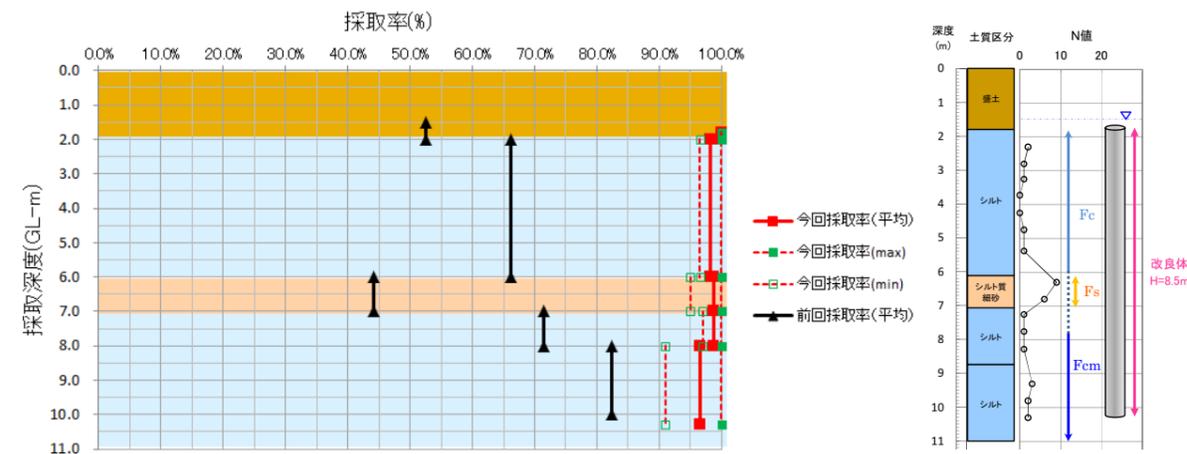


図3-2 採取率の深度分布 (比較対象：円形 No. 1)

②No. 2 改良体 (エコタイト工法)

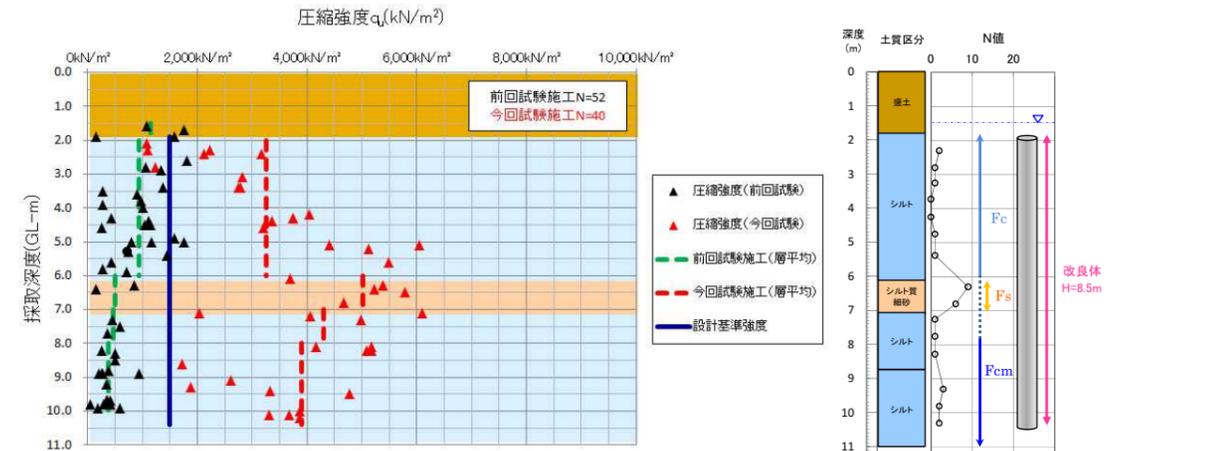


図3-3 強度試験結果の深度分布 (比較対象：円形 No. 2)

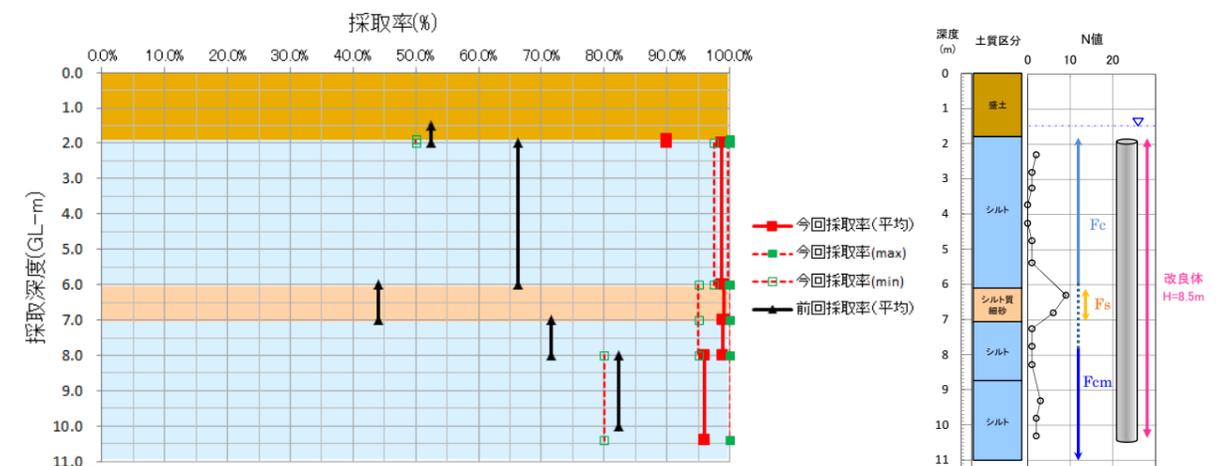


図3-4 採取率の深度分布 (比較対象：円形 No. 2)

③No. 3 改良体 (エコタイト工法)

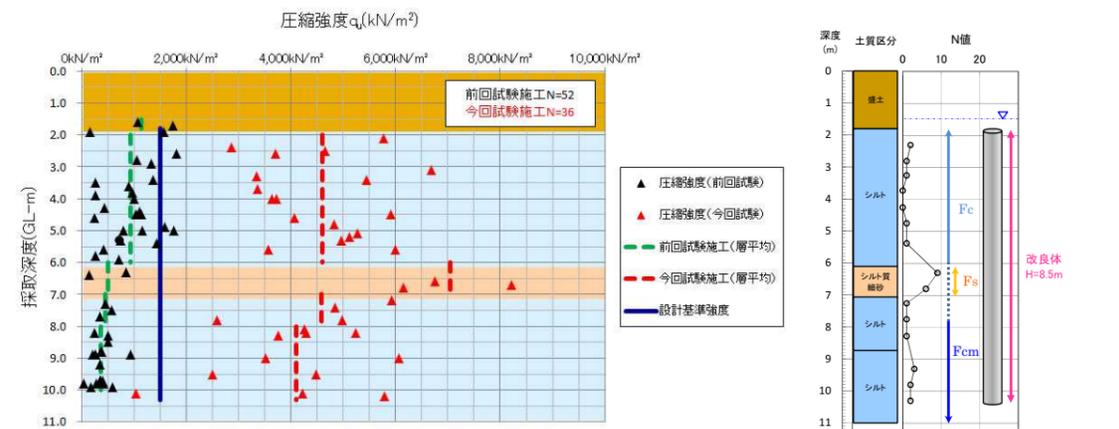


図 3-5 強度試験結果の深度分布 (比較対象 : 円形 No. 3)

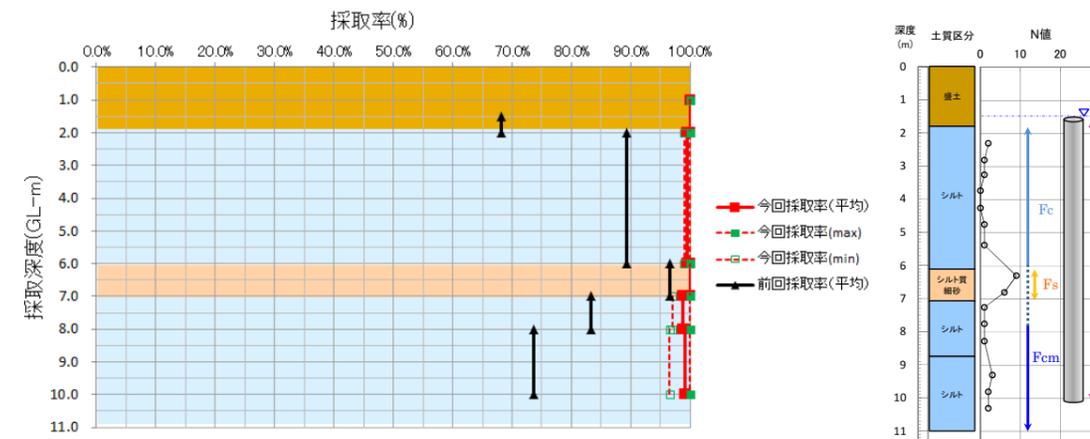


図 3-8 採取率の強度分布 (比較対象 : 円形 No. 7)

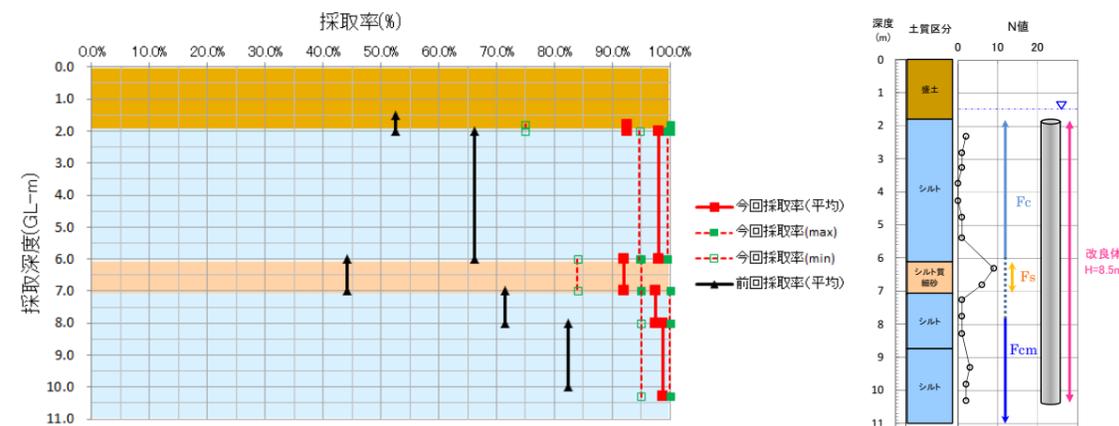


図 3-6 採取率の深度分布 (比較対象 : 円形 No. 3)

④No. 7 改良体 (Miny マルチ工法)

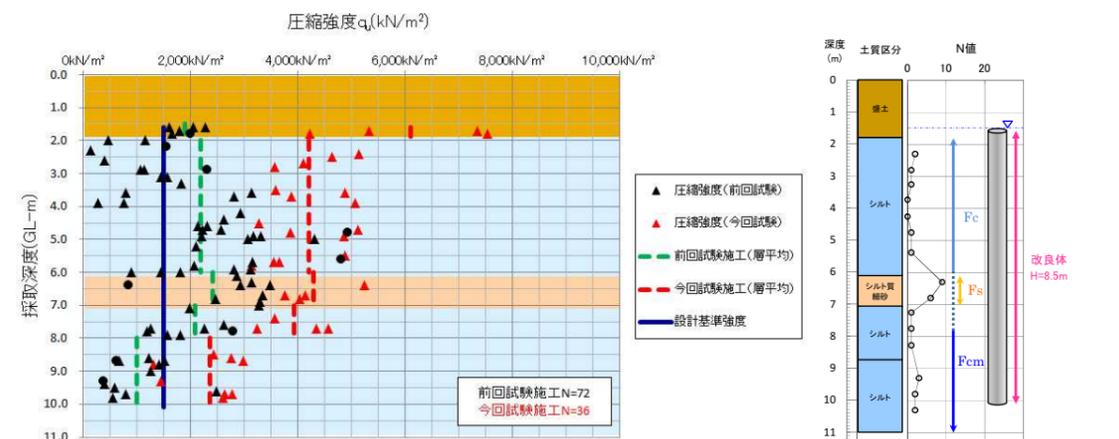


図 3-7 強度試験結果の強度分布 (比較対象 : 円形 No. 7)

これらの強度分布と採取率より以下のことが分かる。

エコタイト工法の当初の試験施工における平均強度は、全ての層において、設計基準強度を下回っていた。一方、再試験施工で施工した円形 No. 1、No. 2、No. 3 の全ての改良体において、地層毎の平均強度は設計基準強度を上回っており、全ての層に対して、平均強度が増大する結果となった。再試験施工では、シルト質細砂の層は F_c 層と比較して、強度が大きくなる傾向があったが、当初試験施工では、 F_c 層同様に、平均強度は小さく、地層による強度の違いが見られなかったため、何らかの阻害要因があったことが伺える。

当初の試験施工における平均コア採取率は、GL-8m~10m 以外の層において、採取率 80%を下回っていた。再試験施工で施工した円形 No. 1、No. 2、No. 3 の全ての改良体において、地層毎の平均コア採取率は当初の試験施工より増大する結果となった。 F_c 層と F_{cm} 層については、地層毎の平均強度と平均コア採取率で見ると大きな違いは確認されなかった。

Miny マルチ工法の当初の試験施工における平均強度は、GL-8m~10m を除いた層において、設計基準強度を上回っていた。また、採取率については平均採取率 80%以上と比較的高い連続性であった。一方、再試験施工で施工した円形 No. 7 において、地層毎の平均強度は全ての層に対して、平均強度が増大する結果となった。地層毎の平均コア採取率についても当初の試験施工より増大する結果となった。

円形断面改良体については、ドレーン材によって、噴射が阻害されず、適切な仕様によって施工すれば、設計基準強度に対して十分満足する強度結果と高い連続性が得られた。

(2) 楕円断面改良体の強度

①No. 10 改良体 (エコタイト工法)

楕円断面改良体については、ドレーン材によって、噴射が阻害されず、適切な仕様によって施工を実施し、ドレーン発見や排泥不良が発生した際に、その範囲の再施工を実施することで連続性、強度ともに品質を確保することができた。

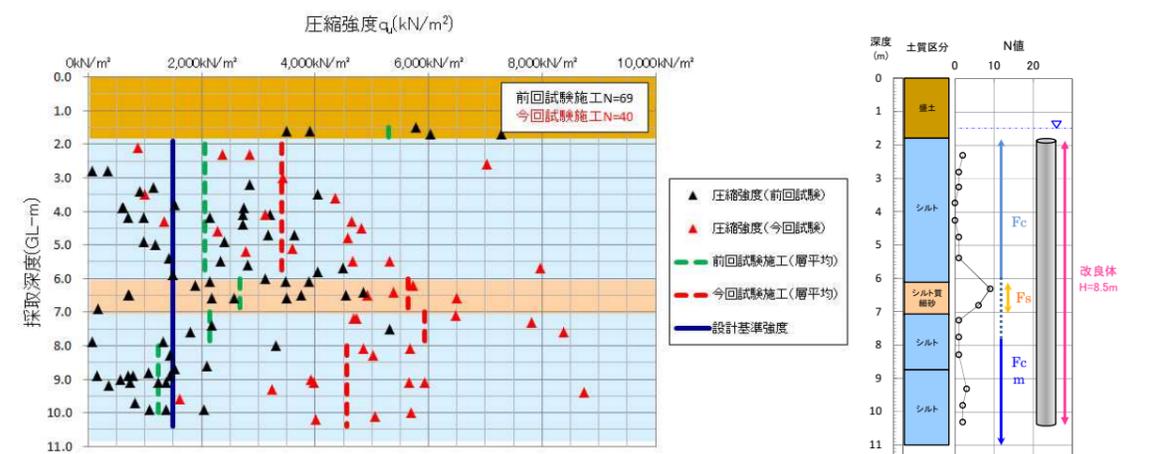


図 3-9 強度試験結果の強度分布 (比較対象：楕円形 No. 10)

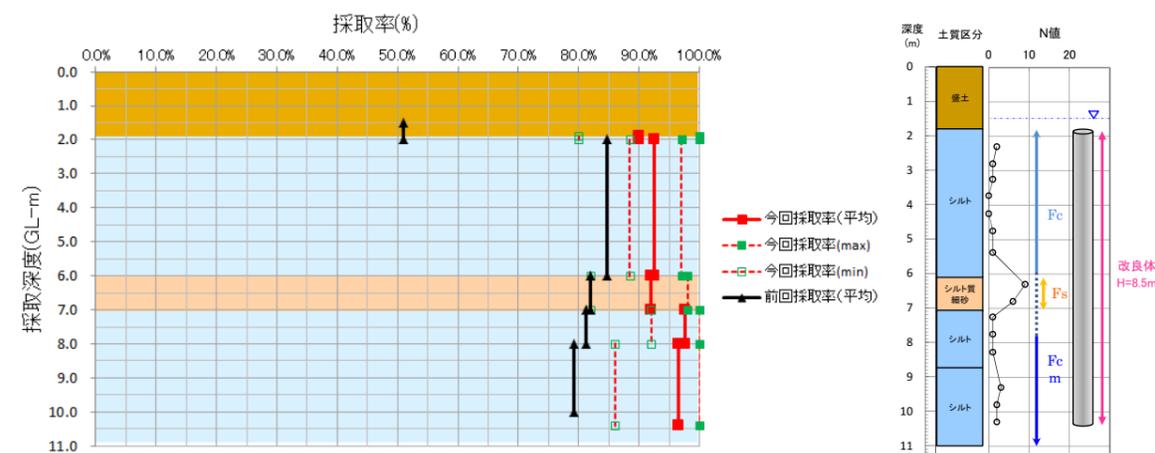


図 3-10 採取率の強度分布 (比較対象：楕円形 No. 10)

これらの強度分布と連続性より以下のことが分かる。

エコタイト工法の当初の試験施工における平均強度は、GL-8m~10mを除いた層において、設計基準強度を上回っていた。一方、再試験施工で施工した楕円形 No. 10 において、地層毎の平均強度は全ての層に対して増大する結果となった。再試験施工では、GL-7m 以深において、ドレーン材の確認と、排泥性状の不良によって、実質的に3度施工が行われており、上層の Fc 層に比べると、地層毎の平均強度が増大していることが分かり、複数回施工の効果を確認することができた。また、地層毎の平均コア採取率については、平均で80%以上と比較的高い連続性となり当初の試験施工より増大する結果となった。

3.2 再試験結果の品質評価

(1) 評価結果と評価基準

表 3-1～表 3-3 に、各工法各断面形状に対する再試験の品質評価結果を示す。各地層毎の評価基準、および総合評価基準を以下のように設定している。

(連続性と出来形)

- ◎：不連続面が存在する可能性が無く、各ボーリング位置での 1 m 毎のコア採取率が全て 80%以上であり、かつ各ボーリングの深度 1 m 毎のコア採取率の平均値が 85%以上のもの。
- ：不連続面が存在する可能性がある場合や各ボーリングの深度 1 m 毎のコア採取率が局所的に 80%未満となる場合で、弱部が局所的で設計的観点に基づけば問題のないもの。
- ×：不連続面が多く存在したり、コア採取率が 80%未満のものが広く存在したり、フェノール反応のない未改良部がコアに長く存在する出来形不足の場合で設計的観点においても問題があると考えられるもの。

(強度)

- ◎：1 m 深度ごとの区間にある供試体の平均強度が全て設計基準強度以上であり、地層内にある全ての供試体の強度の最小値が設計基準強度の 85%以上のもの（現行の管理基準）。
- ：1 m 深度ごとの区間にある供試体の平均強度が全て設計基準強度以上であり、地層内にある全ての供試体の強度の最小値が設計基準強度の 85%未満であるが設計的観点に基づけば問題のないもの。
- ×：1 m 深度ごとの区間にある供試体の平均強度が設計基準強度未満のものがあり、地層内にある全ての供試体の強度の最小値が設計基準強度の 85%未満であるもの。

(総合評価)

- ：各地層の「連続性と出来形」と「強度」の評価から、本工事の仕様として採用可能なもの。
- ×：各地層の「連続性と出来形」と「強度」の評価から、本工事の仕様として採用不可能なもの。

(2) 品質評価の総括

エコタイト工法による円形断面改良体は、全てのケースで品質の総合評価は○となっている。特に No. 1 改良体については、ドレーンが発見されたにもかかわらず「連続性と出来形」、「強度」ともに非常に品質が良い結果となった。Miny マルチ工法においては、3 ケースの中で No. 7 のみが総合評価が○となったが「連続性と出来形」、「強度」ともに非常に品質が良い結果となった。以上より円形断面においては、いずれの工法においても適切な仕様を設定することで良い品質を確保することが可能と考えられる。

エコタイト工法による楕円断面改良体では、全てのケースでドレーンが発見されており、特に No. 6, No. 4, No. 5 においてはドレーンに対して再施工をしていないため総合評価はいずれも×となった。これらのことから、ドレーンが巻き付きにくい揺動型とし、かつドレーンが発見された場合等に再施工を実施した追加ケース No. 10 において総合評価は○となった。したがって、改良面積が大きくドレーンを引き込みやすい楕円断面においては、揺動型を採用してドレーンが発見された場合や排泥に異常があった場合に再施工をすることで品質を確保することが可能と考えられる。

表 3-1 エコタイト工法円形断面の品質評価

		No.1	No.2	No.3	
連続性および 出来形	Fc層 (GL-1.5~-6m)	コア観察	5本中4本のボーリング位置でコアに10cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所~2箇所存在するが、改良体に不連続面がある状態ではない。	5本中4本のボーリング位置でコアに10cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所~2箇所存在するが、改良体に不連続面がある状態ではない。	4本中1本のボーリング位置でコアに5cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所存在するが、改良体に不連続面がある状態ではない。
		コア採取率	5本のボーリング位置でのコア採取率は、全てのコアで90%以上となり、各ボーリングの1m深度毎の平均値は97%以上と高いコア採取率となっている。	5本中1本のボーリング位置で1箇所のコアでコア採取率50%のものがあつたがその他のコアは95%以上となり、各ボーリングの1m深度毎の平均値は90%以上と高いコア採取率となっている。	4本中1本のボーリング位置で1箇所のコアでコア採取率75%のものがあつたがその他のコアは84%以上となり、各ボーリングの1m深度毎の平均値は93%以上と高いコア採取率となっている。
		連続性評価	◎連続性が非常に高い	○連続性が高い	○連続性が高い
	Fs層 (GL-6m~-7m)	コア観察	5本中1本のボーリング位置でコアに5cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所存在するが改良体に不連続面がある状態ではない。	5本中1本のボーリング位置でコアに5cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所存在するが改良体に不連続面がある状態ではない。	4本中3本のボーリング位置でコアに10cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所存在するが改良体に不連続面がある状態ではない。
		コア採取率	5本のボーリング位置でのコア採取率は、全てのコアで95%以上となり、各ボーリングの1m深度毎の平均値は99%と高いコア採取率となっている。	5本のボーリング位置でのコア採取率は、全てのコアで95%以上となり、各ボーリングの1m深度毎の平均値は99%と高いコア採取率となっている。	4本のボーリング位置でのコア採取率は、全てのコアで84%以上となり、各ボーリングの1m深度毎の平均値は92%と高いコア採取率となっている。
		連続性評価	◎連続性が非常に高い	◎連続性が非常に高い	◎連続性が非常に高い
	Fcm層 (GL-7m~-10m)	コア観察	5本中3本のボーリング位置でコアに15cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所~5箇所存在するが、改良体に不連続面がある状態ではない。	5本中1本のボーリング位置で35cm以下の未改良部(ダマ)が3箇所存在するが、改良体に不連続面がある状態ではない。	4本中2本のボーリング位置で10cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所~3箇所存在するが、改良体に不連続面がある状態ではない。
		コア採取率	5本のボーリング位置でのコア採取率は、全てのコアで80%以上となり、各ボーリングの1m深度毎の平均値は94%以上と高いコア採取率となっている。	5本中1本のボーリング位置で1箇所のコアでコア採取率50%のものがあつたがその他のコアは90%以上となり、各ボーリングの1m深度毎の平均値は90%以上と高いコア採取率となっている。	4本のボーリング位置でのコア採取率は全てのコアで90%以上となり、各ボーリングの1m深度毎の平均値は98%以上と高いコア採取率となっている。
		連続性評価	◎連続性が非常に高い	○連続性が高い	◎連続性が非常に高い
強度	Fc層 (GL-1.5~-6m)	平均強度	設計基準強度の約2倍	設計基準強度を上回る	設計基準強度の約2.8倍
		強度評価	◎非常に良好	○設計上は問題なし	◎非常に良好
	Fs層 (GL-6m~-7m)	平均強度	設計基準強度の約3.5倍	設計基準強度の約3.3倍	設計基準強度の約4.8倍
		強度評価	◎非常に良好	◎非常に良好	◎非常に良好
	Fcm層 (GL-7m~-10m)	平均強度	設計基準強度の約1.7倍	設計基準強度の約2倍	設計基準強度の約3倍
		強度評価	◎非常に良好	◎非常に良好	○設計上は問題なし
総合評価		○	○	○	

表 3-2 Miny マルチ工法円形断面の品質評価

			No.7	No.8	No.9
連続性および 出来形	Fc層 (GL-1.5~-6m)	コア観察	4本すべてのボーリング位置の全てのコアに未固結部分が無く不連続面が全く無い状態である。	4本中全てボーリング位置でコアに90cm以下の未改良部(ダマ)およびフェノール反応のない出来形不足箇所が2箇所~8箇所存在し、GL-2.5m以浅の改良体に不連続面がある可能性がある。	3本中1本のボーリング位置でフェノール反応の無い未固結部が大半を占めており出来形不足と考えられる。
		コア採取率	4本のボーリング位置でのコア採取率は、全てのコアで97%以上となっており、各ボーリングの1m深度毎の平均値は99%以上と高いコア採取率となっている。	4本中3本のボーリング位置で7箇所のコアでコア採取率0%~72%のものがあり、1本のボーリングコアはGL-3m~-4m以外は採取率が低い。各ボーリングの1m深度毎の平均値もGL-2m~-4m以外は80%未満の低い採取率となっている。	3本中1本のボーリング位置で全てのコアでコア採取率0%~62%以下と低く、各ボーリングの1m深度毎の平均値もGL-3m~-4mを除き80%未満と低いコア採取率となっている。
		連続性評価	◎連続性が非常に高い	×出来形不足と不連続面あり	×出来形不足
	Fs層 (GL-6m~-7m)	コア観察	4本すべてのボーリング位置の全てのコアに未固結部分が無く不連続面が全く無い状態である。	4本中1本は、1m中85cmの未固結(出来形不足)箇所あり、別の1本には15cmの未固結部(ダマ)がある。不連続面は無いが出来形不足と考えられる。	3本中1本はGL-6.5m~7mの範囲のコアが採取できておらず未固結と考えられ出来形不足の可能性が高い。
		コア採取率	4本のコア採取率は全て100%であり採取率は良好である。	4本中1本のボーリング位置でのコア採取率は、1箇所16%と低く、各ボーリングの1m深度毎の平均値も77%と80%未満の低いコア採取率となっている。	3本中1本のコアに1箇所50%のコア採取率の箇所があるが各ボーリングの1m深度ごとの平均は83%となっている。
		連続性評価	◎連続性が非常に高い	×連続性が低く出来形不足	×出来形不足
	Fcm層 (GL-7m~-10m)	コア観察	4本中1本のボーリング位置でコアに5cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所存在するが、改良体に不連続面がある状態ではない。	4本中全てのボーリング位置でほぼ全長にわたり未固結部となっておりフェノール反応も無く出来形不足と考えられる。	3本中1本のボーリング位置では、全面フェノール反応の無い未固結部となっており出来形不足と考えられる。
		コア採取率	5本のボーリング位置でのコア採取率は、全てのコアで97%以上となっており、各ボーリングの1m深度毎の平均値は99%以上と高いコア採取率となっている。	4本中全てのコアで採取率が0%~60%と非常に低く、各ボーリングの1m深度毎の平均も全ての深度で28%以下と低い採取率となっている。	3本中1本のボーリング位置でコア採取率が全層で0%と低く、出来形不足となっており、各ボーリングの1m深度毎の平均も全ての深度で80%未満と低い採取率となっている。
		連続性評価	◎連続性が非常に高い	×出来形不足	×出来形不足
強度	Fc層 (GL-1.5~-6m)	平均強度	設計基準強度の約2.7倍	設計基準強度の約1.5倍 (出来形不足で供試体が採取されておらず強度の評価は不可能)	設計基準強度の約2.9倍 (出来形不足で供試体が採取されておらず強度の評価は不可能)
		強度評価	◎非常に良好	×出来形不足による強度不足	×出来形不足による強度不足
	Fs層 (GL-6m~-7m)	平均強度	設計基準強度の約3.0倍	設計基準強度の約4.5倍 (出来形不足で供試体が採取されておらず強度の評価は不可能)	設計基準強度の約3.5倍 (出来形不足で供試体が採取されておらず強度の評価は不可能)
		強度評価	◎非常に良好	×出来形不足による強度不足	×出来形不足による強度不足
	Fcm層 (GL-7m~-10m)	平均強度	設計基準強度の約1.5倍	評価不可能	設計基準強度の約3.4倍 (出来形不足で供試体が採取されておらず強度の評価は不可能)
		強度評価	◎非常に良好	×出来形不足による強度不足	×出来形不足による強度不足
総合評価			○	×	×

表 3-3 エコタイト工法楕円断面の品質評価

			No.6	No.4	No.5	No.10
連続性および 出来形	Fc層 (GL-1.5～-6m)	コア観察	5本中全てのボーリング位置でコアに20cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所～7箇所存在するが、改良体に不連続面がある状態ではない。	5本中3本のボーリング位置でコアに15cm以下の未改良部(ダマ)が2箇所～4箇所存在するが、改良体に不連続面がある状態ではない。	5本中全てのボーリング位置でコアに未改良部(ダマ)が1箇所～7箇所存在し最大の未改良部は長さ約1.5mと大きくフェノール反応もないため出来形不足と考えられる。しかし、改良体に不連続面がある状態ではない。	5本中全てのボーリング位置でコアに15cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所～5箇所存在しGL-4m以浅で1m以下の深度範囲で、改良体に不連続面がある可能性がある。
		コア採取率	5本中2本のボーリング位置で2箇所のコアで採取率41%、78%のものがあつたがその他のコアは83%以上となっており、各ボーリングの1m深度毎の平均値は82%以上と高いコア採取率となっている。	5本中全てのボーリング位置でコア採取率は80%以上であり、各ボーリングの1m深度毎の平均値は93%以上と高いコア採取率となっている。	5本中3本のボーリング位置で1箇所のコアでコア採取率0%～70%のものが5箇所あり、各ボーリングの1m深度毎の平均値はGL-5m～-6mで72%と80%未満となった。	5本中2本のボーリング位置で2箇所のコアでコア採取率72%、75%のものがあつたがその他のコアは80%以上となっており、各ボーリングの1m深度毎の平均値は89%以上と高いコア採取率となっている。
		連続性評価	○連続性が高い	◎連続性が非常に高い	×出来形不足	○設計上は問題なし
	Fs層 (GL-6m～-7m)	コア観察	5本中3本のボーリング位置でコアに5cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所存在するが改良体に不連続面がある状態ではない。	5本中3本のボーリング位置でコアに10cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所～2箇所存在するが改良体に不連続面がある状態ではない。	5本中3本のボーリング位置でコアに10cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所～2箇所存在するが改良体に不連続面がある状態ではない。	5本中4本のボーリング位置でコアに5cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所～2箇所存在するが改良体に不連続面がある状態ではない。
		コア採取率	5本のボーリング位置でのコア採取率は、全てのコアで92%以上となっており、各ボーリングの1m深度毎の平均値は94%と高いコア採取率となっている。	5本のボーリング位置でのコア採取率は、全てのコアで85%以上となっており、各ボーリングの1m深度毎の平均値は93%と高いコア採取率となっている。	5本中1本のボーリング位置でのコア採取率は、57%の箇所があるが、各ボーリングの1m深度毎の平均値は87%と高いコア採取率となっている。	5本のボーリング位置でのコア採取率は、全てのコアで82%以上となっており、各ボーリングの1m深度毎の平均値は92%と高いコア採取率となっている。
		連続性評価	◎連続性が非常に高い	◎連続性が非常に高い	○連続性が高い	◎連続性が非常に高い
	Fcm層 (GL-7m～-10m)	コア観察	5本中全てのボーリング位置でコアに15cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所～5箇所存在するが深度が異なり、改良体に不連続面がある状態ではない。	5本中全てのボーリング位置で25cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所～9箇所存在し、GL-9m以下の改良体に不連続面がある可能性がある。	5本中全てのボーリング位置で未改良部(ダマ)が1箇所～4箇所存在し、最大長は3mと長いものが多いのが特徴でフェノール反応も無いため出来形不足と考えられる。また、GL-8.5m以下では改良体に不連続面がある可能性がある。	5本中2本のボーリング位置で10cm以下の未改良部(ダマ)が1箇所存在するが、改良体に不連続面がある状態ではない。
		コア採取率	5本中2本のボーリング位置で2箇所のコアでコア採取率70%と78%のものがあつたがその他のコアは80%以上となっており、各ボーリングの1m深度毎の平均値は87%以上と高いコア採取率となっている。	5本中3本のボーリング位置で6箇所のコアでコア採取率38%～75%のものがあつたが、各ボーリングの1m深度毎の平均値はGL-10m以下で75%と80%未満の箇所があつた。	5本中4本のボーリング位置で1箇所のコアでコア採取率0%～77%のものが11箇所あり、各ボーリングの1m深度毎の平均値はGL-8m以深で51%以下となった。	5本中1本のボーリング位置で1箇所のコアでコア採取率58%のものがあつたがその他のコアは92%以上となっており、各ボーリングの1m深度毎の平均値は92%以上と高いコア採取率となっている。
		連続性評価	○連続性が高い	×連続性が低い	×出来形不足と不連続面あり	○連続性が高い
強度	Fc層 (GL-1.5～-6m)	平均強度	設計基準強度の約1.5倍	設計基準強度を下回る	設計基準強度の約3.2倍	設計基準強度の約1.5倍
		強度評価	○設計上は問題なし	×強度不足	○設計上は問題なし	○設計上は問題なし
	Fs層 (GL-6m～-7m)	平均強度	設計基準強度の約3倍	設計基準強度の約2.7倍	設計基準強度の約4.9倍	設計基準強度の約3.7倍
		強度評価	◎非常に良好	◎非常に良好	◎非常に良好	◎非常に良好
	Fcm層 (GL-7m～-10m)	平均強度	設計基準強度の50%未満	設計基準強度以下	設計基準強度の約3.5倍	設計基準強度の約2.7倍
		強度評価	×強度不足	×強度不足	◎非常に良好	◎非常に良好
総合評価			×	×	×	○

第4章 品質管理

4.1 施工時の品質管理

再試験施工では、新たに設定した施工仕様で、所定の品質（強度・出来形）が得られるかを確認した。通常、予め定めた施工プロセスの再現性を確認することで、施工品質を確保するものとし、所定の管理項目を確認しながら施工を進めている。

ここで、高圧噴射の排泥の良否は、土塊（ダマ）の排出など施工品質に大きく影響すると考えられる。再試験施工結果を踏まえて、排泥の判断の目安として、通常の施工管理項目に加えて、造成後の改良品質に反映されることが想定される排泥の性状・排出状況に関し、特に注意して管理することにした。

また、ドレーンについては再試験施工において特に楕円断面において多く発見され、品質に影響を与えると考えられるため、ドレーンの撤去、再施工を必ず実施するものとする。

① 排泥状況による管理方法

施工時の排泥状況を把握しやすい項目に対して管理する。管理値については、施工仕様・施工手順および土質条件を踏まえて適宜設定する。なお、排泥状況の結果をリアルタイムに施工仕様に反映していくことは難しいため、主に記録用として位置付ける。

i) 採取時期・方法

再試験施工では、造成初期に異常値が確認されることがあったため、本施工においても基本的には造成初期に、排泥を採取して、測定・分析を行う。ただし、施工仕様および施工手順、土質条件によって左右されるので、施工状況に応じた適切な時期・回数を見直していく。

ii) 測定項目

セメントスラリーは、造成時に流量、比重等を管理している。造成に伴う排泥は、以下の項目を測定することで、排泥不良が発生しないように管理する。

・排泥の連続性（排出時間間隔、性状変化）

排泥を排出する鋼管の途中に設けたアクリル部分、スライム受タンク内の観察により、排泥の上がり状況等を確認する。

・比重（性状変化）

施工仕様・施工手順に応じて、明らかに改良不良となるような数値（管理値）を適宜設定する。再試験施工の条件では、比重 1.4 未満を目安とする。

② ドレーンに対する対処

ドレーンについては、削孔時、プレジェット時、造成時に発見された場合はこれを確実に撤去するとともに、ドレーン発見や排泥不良で品質不良が疑われる場合は発見された時の造成ステップを再度造成するものとする。

ドレーン影響を受けやすい楕円断面に対しては、ドレーンが巻き付きにくい揺動方式の施工を行うとともに 1 層（約 2.1m）毎の造成完了時に細かくドレーン観察を行うものとする。

4.2 施工後の品質管理

再試験施工の結果、円形断面と楕円断面の改良体において仕様を改善することで試験施工においては発生した品質不良がなくなり健全な改良体を造成できることが確認された。再試験施工結果を踏まえて、本施工では、図 4-1 のように施工後の品質管理を実施する。

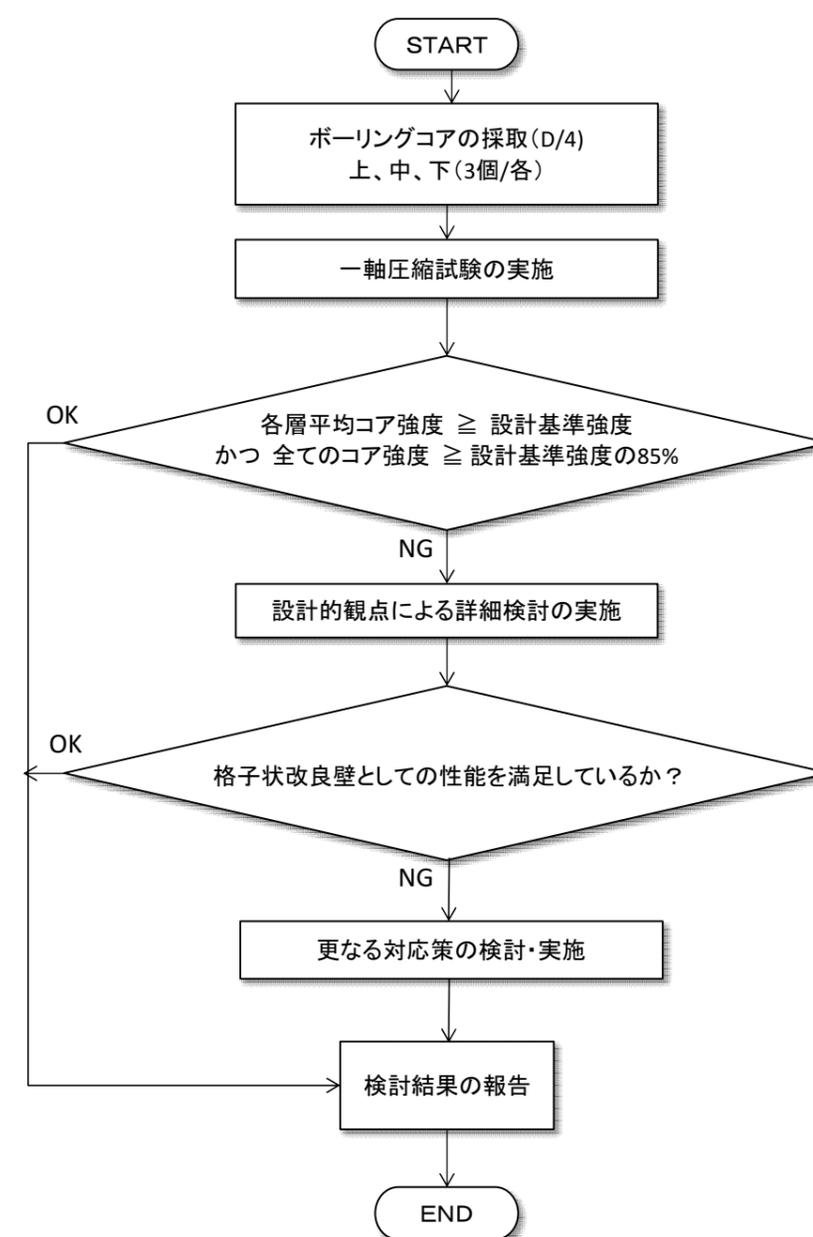


図 4-1 施工後の品質管理

第5章 まとめ

5.1 施工仕様の見直しについて

再試験施工の結果、円形断面および楕円断面改良体の各施工方法において、強度と連続性ともに設計を満足する品質を確保できる仕様を確認することができた。

また、施工時に排泥の比重管理を新たな管理項目に加えるとともに、適切な頻度でドレーン確認を行い、発見された場合のドレーン除去およびドレーン範囲の再施工によりドレーン影響を可能な限り除去できることも判明した。

以上の理由から、今後の実施にあたっては、次に示す仕様を基本として工事を進めたいと考える。

(1) 円形改良体の仕様

①Miny マルチ工法

表 5-1 施工仕様 (Miny マルチ工法)

項目	円形(φ1,500)	
	試験施工 (既往)	本施工採用 (再試験時No.7)
削孔径	142mm	142mm
プレジェット	噴射量	100L/min
	引上時間	3min/m
ドレーン材の確認	有	有
プレジェット2回目	適宜	適宜
造成	噴射量	100L/min
	引上時間 (1回目)	5min/m
	引上時間 (2回目)	無
	回転数	8rpm
	圧力	35MPa
	エア一量	1~3m ³ /min
	造成回数	1回
配合等	配合	99%
	添加剤	有
	単位固化材量 (試験施工との比)	1.0

<主な変更点>

- 1) プレジェット流量を増大
- 2) 造成時の引上げ速度を低下
- 3) 造成は複数回施工
- 4) 造成時の噴射圧を増大
- 5) 造成時の回転数を増大
- 6) エア一量を増大 (地盤変状に注意が必要)
- 7) 固化材量を増大

②エコタイト工法

表 5-2 施工仕様 (エコタイト工法)

項目	円形(φ1,500)	
	試験施工 (既往)	本施工採用 (再試験時No.1)
削孔径	90mm	142mm
プレジェット	噴射量	100L/min
	引上時間	3min/m
ドレーン材の確認	有	有
プレジェット2回目	適宜	適宜
造成	噴射量	100L/min
	引上時間 (1回目)	5min/m
	引上時間 (2回目)	無
	回転数	8rpm
	圧力	21MPa
	エア一量	1~3.3m ³ /min
	造成回数	1回
配合等	配合	99%
	添加剤	有
	単位固化材量 (試験施工との比)	1.0

<主な変更点>

- 1) 巻き取りやすいロッド先端形状を採用
- 2) プレジェットは深度に応じて調整
- 3) 造成時の流量を増大
- 4) 造成は複数回施工
- 5) 造成時の噴射圧を増大
- 6) 造成時の回転数を増大
- 7) エア一量を増大 (地盤変状に注意が必要)
- 8) セメント混合量を増大
- 9) 固化材量を増大

(2) 楕円形改良体の仕様

表 5-3 施工仕様 (エコタイト工法)

項目	楕円形(3,600×1,200)	
	試験施工 (既往)	本施工採用 (再試験時No.10)
削孔径	90mm	142mm
プレジェット	噴射量	180L/min
	引上時間	4.2min/m
ドレーン材の確認	有	有
プレジェット2回目	適宜	適宜
造成	噴射量	180L/min
	引上時間 (1回目)	8.5min/m
	引上時間 (2回目)	無
	回転数	4.7rpm
	圧力	28MPa
	エア一量	1~3.3m ³ /min
	造成回数	1回
配合等	配合	99%
	添加剤	有
	単位固化材量 (試験施工との比)	1.0

<主な変更点>

- 1) 巻き取りやすいロッド先端形状を採用
- 2) プレジェットは深度に応じて調整
- 3) ドレーンの確認を施工中に適宜実施 (ドレーンが絡まる可能性は高い)
- 4) 造成時の流量を増大
- 5) 造成時の引上げ速度を低下
- 6) 造成は複数回施工
- 7) 造成は揺動式による施工
- 8) 造成時の回転数を低下
- 9) エア一量を増大 (地盤変状に注意が必要)
- 10) セメント混合量を増大
- 11) 固化材量を増大

5.2 今後について

いずれの仕様についても、施工回数、施工時間を増やし、丁寧に施工することで地盤変状リスクを抑えつつ、切削・攪拌エネルギーを高め、ドレーン材の影響を排除する仕様であり、1本当たりの造成時間は増加する傾向にある。

特に、楕円形改良体については設計的に許容範囲ではあるものの、改良断面積が大きいためドレーンの影響が出やすい傾向があり、今回、採用可能となった仕様も1本施工するのに2日がかかりとなったことなど、品質確保のためには従来の仕様よりも大幅に時間と手間をかけなければならないことが判明した。

こうした点を考慮して、今後、楕円形改良体の採用箇所は必要最低限とし、品質確保がより確実な円形改良体を主体とした杭配置を検討することとし、早急に全体工程と工事費について精査していきたいと考える。