

上篠崎一丁目北部土地区画整理事業
地盤改良検証報告書

令和4年7月

上篠崎一丁目北部土地区画整理事業
地盤改良検証委員会

はじめに

江戸川区は陸域の7割がゼロメートル地帯であり、洪水から守る高規格堤防整備や良好な住環境・高台の創出、防災性の向上を目指す「篠崎公園地区まちづくり」に取り組んでいます。その一環として区施行で進めている上篠崎一丁目北部土地区画整理事業の第一次移転地区で実施した地盤改良工事において、改良後の試験結果が関係権利者に示してきた宅地地盤の引渡し基準に満たない事象が発生しました。そうしたことから、地盤再改良工事を実施し、引渡し基準を満たしたことを確認のうえ、当初予定どおりの令和4年3月に関係権利者へ宅地の引渡しを行いました。

こうした経緯を踏まえつつ、本区の土木・建築技術職、高規格堤防整備を所管する国土交通省職員（オブザーバー）などで組織した地盤改良検証委員会を設置し、引渡し基準に満たなかった事象の原因究明及び検証を行いました。さらに、地盤工学・土工学などを専門とされる学識経験者に参加いただき、地盤改良関係資料の確認や現場確認を受けたうえで、原因究明・検証結果などへの意見をお聞きし、地盤改良検証報告書を取りまとめました。

本報告書で取りまとめた原因究明・検証結果については、今後本格化する高規格堤防整備区域で予定されている地盤改良・盛土造成工事などの参考資料として国土交通省などの関係機関と情報共有を図っていきます。

今後も、関係権利者や地域住民のご理解、ご協力を得ながら、災害に強い安全で魅力的なまちの実現を目指してまいります。

令和4年7月

上篠崎一丁目北部土地区画整理事業
地盤改良検証委員会

目次

1	本工事に至るまでの経緯	1
	(1) 高規格堤防における宅地利用の課題	1
	(2) 宅地利用に供する高規格堤防の整備に関する検討会	1
	(3) 篠崎公園地区における考え方	1
2	本工事概要及び地盤改良工事の経過と結果	2
	(1) 工事箇所案内図	2
	(2) 全体工事概要	3
	(3) 地盤改良工事概要	3
	(4) 当初地盤改良工事及び地盤再改良工事の流れ	3
	(5) 引渡し基準概要（抜粋）	4
	(6) 事前スクリーウエイト貫入試験結果	6
	(7) 工法概要	8
	(8) 品質管理	9
	ア 施工機械	9
	イ 配合試験	15
	ウ 施工管理	18
	エ 事後調査結果（サンプリング、ボーリング）	20
3	当初地盤改良後の経緯と地盤再改良工事の経過及び結果	21
	(1) 事後再スクリーウエイト貫入試験結果	21
	(2) 再改良概要	25
	(3) 再改良品質管理	26
	ア 施工管理	26
	イ 事後調査結果（ボーリング、結果）	27
	ウ 事後スクリーウエイト貫入試験（平面図、結果）	28
4	原因究明及び検証結果	30
	(1) 原因究明	30
	(2) 検証結果	30
5	学識経験者からの意見	37

「上篠崎一丁目北部土地区画整理事業 地盤改良検証委員会」
関係者名簿
審議経過

1 本工事に至るまでの経緯

(1) 高規格堤防における宅地利用の課題

高規格堤防は、自治体等が実施する土地区画整理事業や市街地再開発事業等の土地利用転換といったまちづくりと連携して整備されることが多い。

このため、堤防決壊による壊滅的な被害を回避するだけでなく、安全・快適な都市の形成に資することが期待される中で、堤防の上面における通常の土地利用を踏まえた盛土整備の進め方や共同事業者との適切な役割分担等を整理しておく必要がある。

特に、高規格堤防の整備を予定している区間には多くの戸建て住宅等が存在しており、治水対策としての高規格堤防の整備をより確実かつ効率的に推進するとともに、事業に対し理解・協力を頂く地権者の負担軽減が図られるよう事業を円滑に進める上でも、宅地利用に供する高規格堤防の整備における地盤強度の考え方や今後の対応方策について検討することが重要である。

このため、宅地利用に供する高規格堤防の整備に関する検討を行うことを目的として「宅地利用に供する高規格堤防の整備に関する検討会」を開催し、国が実施すべき対応方策についてとりまとめた。

(「宅地利用に供する高規格堤防の整備に関する検討会 とりまとめ 平成30年12月」より抜粋)

(2) 宅地利用に供する高規格堤防の整備に関する検討会

○宅地利用に供する高規格堤防の整備に関する検討会を開催(国土交通省)

- ・第1回宅地利用に供する高規格堤防の整備に関する検討会(H30.8.1)
- ・第2回宅地利用に供する高規格堤防の整備に関する検討会(H30.8.20)
- ・第3回宅地利用に供する高規格堤防の整備に関する検討会(H30.9.25)

○内容

- ・各主体(高規格堤防、建築、土地区画整理)における基準・考え方
- ・確保する地盤強度の考え方
- ・各自治体へ盛土を造成する際についての様々なアンケート実施等

○検討会からでた今後の対応方策

- ・宅地として確保する地盤強度について定められた法令・関係基準等はないが、高規格堤防の整備において上面の宅地利用が想定される場合は、共同事業者と地権者の間で誤解や認識不足が生じないように共同事業者との間で確保する地盤強度の考え方について協議・合意を図る。
- ・共同事業者と地権者との間における引渡しの際の取り決めをする。
- ・国と共同事業者の間で協議・合意した内容(調査方法、調査地点数、調査深度及び地盤強度の指標並びに数値等)について整合を図る。また、引渡し時に用意すべき品質施工管理に係る書類等について共同事業者との間であらかじめ合意が必要である。

(3) 篠崎公園地区における考え方

- ・篠崎公園地区においては、宅地利用に供する高規格堤防の整備に関する検討会の方策を踏まえて施工することとし、国と区で協議を重ね「高規格堤防整備事業及び同事業と連携した土地区画整理事業における宅地の引渡しと住宅建築について【篠崎公園地区】」(H31.3)を国と区の連名で作成し、今回施工時に地権者へ配布した。
- ・解説版として「高規格堤防整備事業及び同事業と連携した土地区画整理事業における宅地の引渡しと住宅建築について【篠崎公園地区】説明書」(R3.10)を作成し同じく地権者へ配布した。

2 本工事概要及び地盤改良工事の経過と結果

(1) 工事箇所案内図



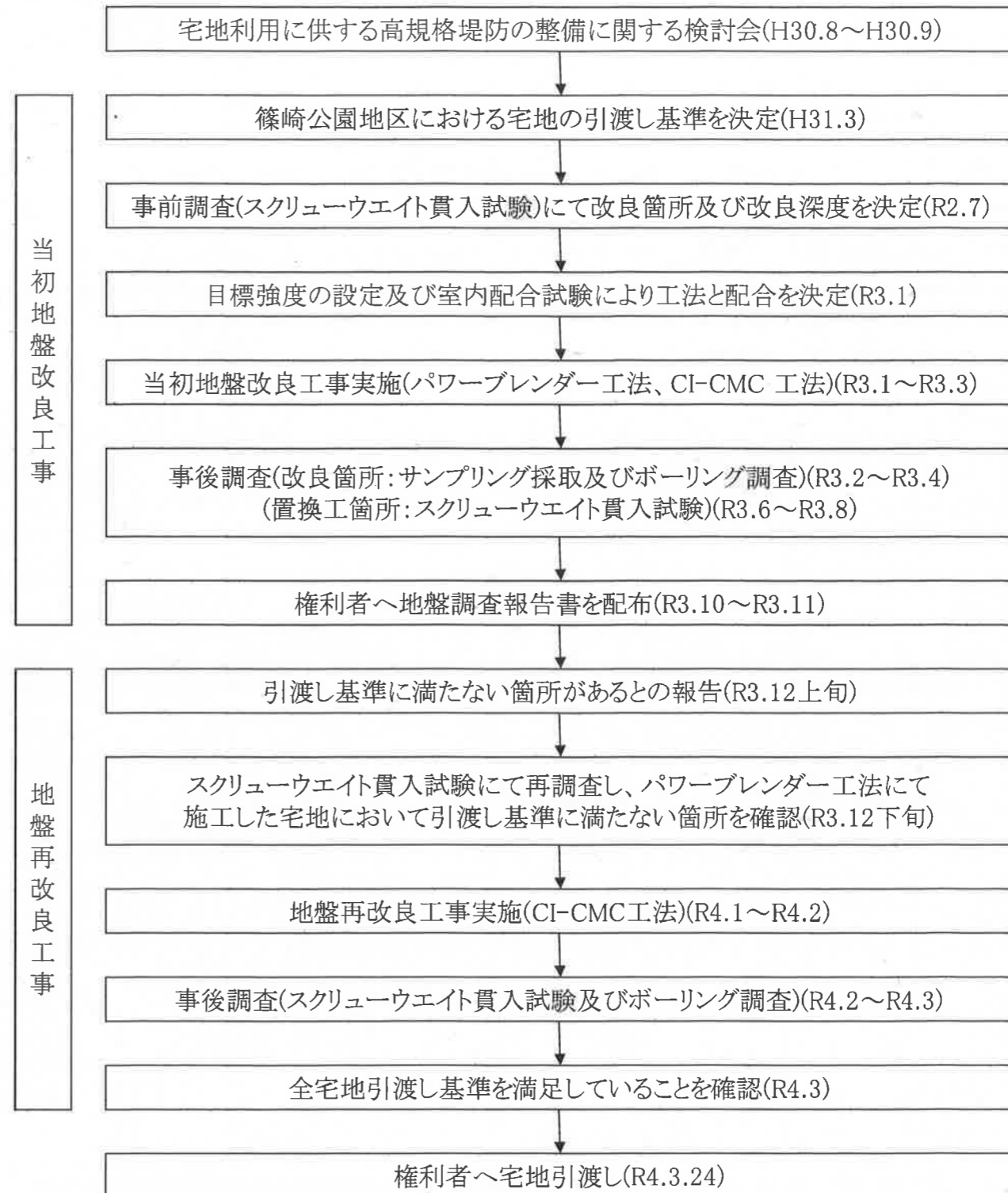
(2) 全体工事概要

工事件名	上篠崎一丁目北部土地区画整理事業造成工事
工事場所	上篠崎一丁目、三丁目の一部
全体工期	令和2年10月23日～令和4年3月4日
契約金額	286,947,100円
受注者	株式会社 大達土木
工事内容	造成工事 排水設備工事 電線共同溝工事 地盤改良工事

(3) 地盤改良工事概要

工事内容	当初地盤改良工事	
	中層混合処理工 (改良長5.0m,4.5m,1.5m) パワーブレンダー工法 A=1,059㎡ V=4,593m³	中層混合処理工 (改良長4.5m,4.0m) (家屋等近接部) CI-CMC工法 A=763㎡ N=473本 (4.5m:389本,4.0m:84本)
実施工程	令和3年1月25日 ～令和3年2月19日(19日間)	令和3年2月8日 ～令和3年3月29日(34日間)
工事内容	地盤再改良工事	
	中層混合処理工 (改良長5.0m,4.5m,2.0m) (家屋等近接部) CI-CMC工法 A=635㎡ N=405本 (5.0m:42本,4.5m:317本 2.0m:46本)	
実施工程	令和4年1月14日 ～令和4年2月7日(17日間)	

(4) 当初地盤改良工事及び地盤再改良工事の流れ



(5) 引渡し基準概要(抜粋)

引渡し基準の解説 ～地盤強度～

布基礎でも建築可能な地盤強度とは

建築物の基礎は、建築物に作用する荷重などを安全に地盤に伝え、かつ、地盤の沈下又は変形に対して安全なものとしなければなりません。

したがって、建築物の基礎の構造は、建築物の構造や地盤の状況を踏まえた形状にする必要があります。

一般的な例を挙げると以下の3種類の基礎があり、ほとんどの戸建住宅の場合、布基礎、べた基礎等の直接基礎が採用されています。どの基礎を選択するかは建築物の構造や地盤の強度を考慮して決定します。

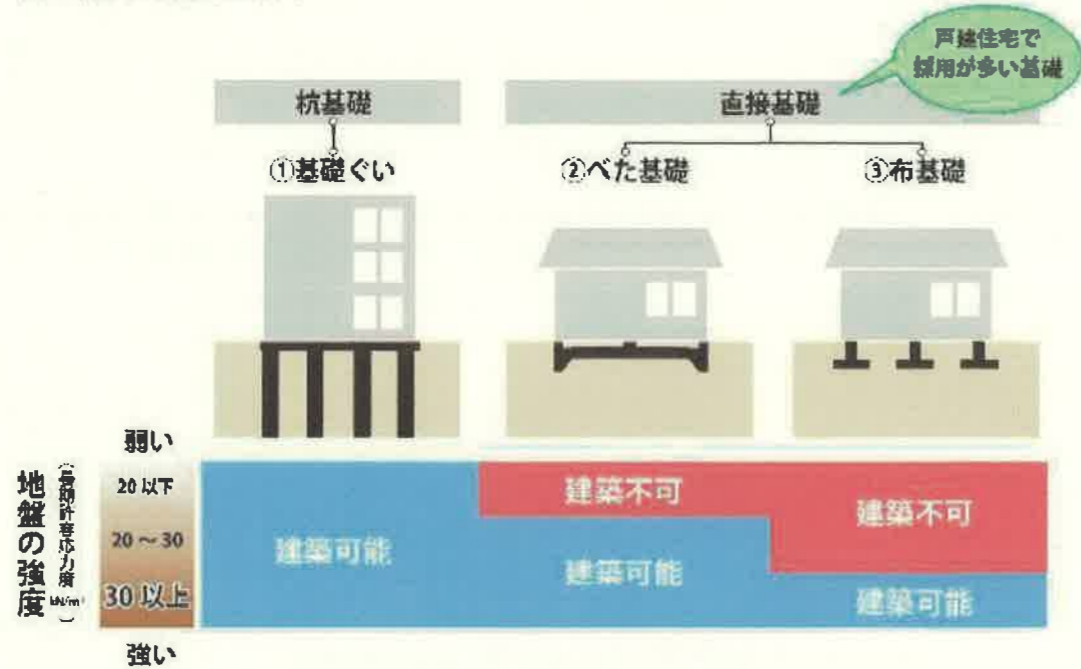


図 地盤強度と建築物の基礎構造の関係イメージ

篠崎公園地区の“引渡し基準”では、直接基礎のうち布基礎でも住宅建築が可能な地盤強度(長期許容応力度 30kN/m²以上等)を確保します。

これにより布基礎のほか、近年採用が多いべた基礎による建築も可能な土地になります。

地盤強度を確保する深さは

地盤強度を確保しなければならない深さの基準は、建築物の基礎底部からの深さに応じて以下の2種類があります。これらの基準が満足されるよう整備します。

- ①基礎底部から2mの深さ
: 1.0kN (100kg) の錘を置いた時に沈まないか (自沈しないか)
長期許容応力度が30kN/m²以上あるか
- ②基礎底部から2～5mの深さ
: 0.5kN (50kg) の錘を置いた時に沈まないか (自沈しないか)

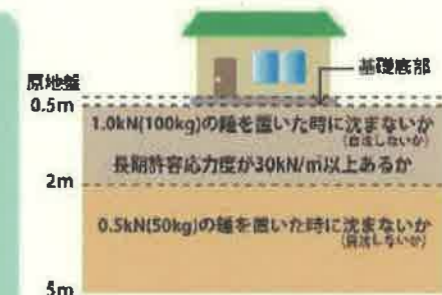


図 地盤強度の確保イメージ

長期許容応力度? 自沈とは?

①長期許容応力度

長期許容応力度とは、一般的には「支持力」ともいわれ、建物などの荷重に抵抗する地盤の強さを示すものです。

この支持力が建物の荷重より大きなものになっていないと、建物が沈んだり傾いたりする可能性があります。



図 建築荷重と支持力の関係イメージ

②自沈

自沈とは、地盤の強度を調査する際に、試験装置に錘を載せた後(ハンドルを回転させない状態)で、ロッドが地盤に沈んでいく現象のことを言います。

調査方法については、次ページ以降で解説します。

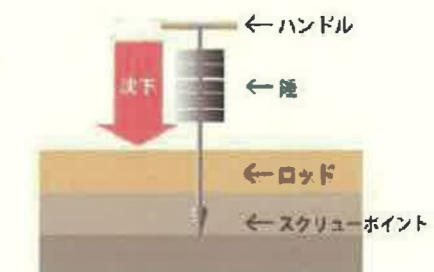


図 試験装置のイメージ

補足: 1.0kN(100kg)の錘を置いた時に試験装置が沈没する場合は以下を判定します
 ① 地盤の強度を調査した際の試験装置の沈没速度や取付の地質情報から「軟弱層」に該当する地層がないか
 ② ①を満足し、長期許容応力度が30kN/m²以上あるか
 ※ 盛土材料は、国土交通省の基準に適合したものであること、また施工にあたって国土交通省の施工管理基準に基づき締め固め
 処理を実施するため、一般的に以下の概念があるとして「軟弱層」には該当しません

引渡し基準の解説 ~事前調査~

調査の方法は

換地^{※1}された後の土地の形状に応じて、スクリーウエイト貫入試験^{※2}と言われる調査方法を用いて各宅地ごとに地盤の強度を調査します。

スクリーウエイト貫入試験は、ロード、スクリー、錘などからなる試験装置を用いて、土の硬さや締まり具合を判定する試験方法です。

現在、戸建住宅向けの地盤調査のほとんどがこの試験によって実施されており、一般的な方法となっています。



写真 スクリューウエイト貫入試験

調査の位置は

調査の位置は、敷地境界から1m離れた位置での実施を基本として、敷地形状に合わせて画地^{※3}ごとに設定します。

敷地境界から1m離れた位置を基本として設定

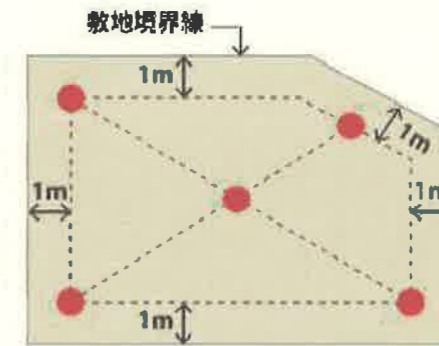


図 調査箇所位置の例（平面）

調査の箇所数は

調査の箇所数は、各宅地の四隅や中央付近などの5箇所を基本として、面積が500㎡を超える場合は面積規模に応じて追加調査を行います。

調査の位置は、敷地境界から1m離れた位置での実施を基本とします。

①宅地面積が500㎡以下の場合
：5箇所

②宅地面積が500㎡を超える場合
：5箇所+100㎡に1箇所追加

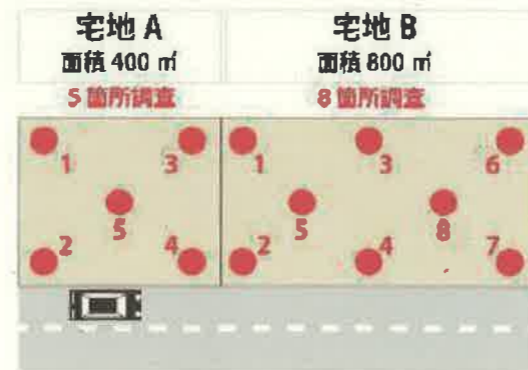


図 調査箇所数の例（平面）

調査の深さは

調査の深さは、地盤面から建築物の基礎の深さ^{※4}を0.5mと設定し、その基礎底部から5.0mを調査の深さと設定します。

①盛土を予定しない宅地の場合
：原地盤の高さから5.5m下まで

②盛土を予定する宅地の場合
：将来の地盤の高さから5.5m下まで

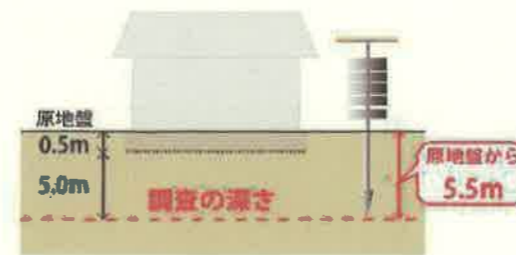


図 調査深さの例（盛土しない宅地）



図 調査深さの例（盛土予定（4m）の宅地）

※1換地：土地区画整理事業において、施工前の宅地の代りに施工後に与えられる宅地 出典：土木用語大辞典

※2スクリーウエイト貫入試験：旧名称「スウェーデン式リウンディング試験（旧称SWS試験）」から令和2年10月26日付で換地名物に変更 出典：「JIS A 1221 スクリューウエイト貫入試験方法」序文

※3画地：土地区画整理事業の施工に用いられる規制用語で、街区内における建築敷地の一単位をいい、土地区画整理における区画の最小単位 出典：土木用語大辞典

※4基礎の深さ：建築で一般的に決まる基準（建設省告示第1347号（平成12年5月23日））では地盤面から基礎底部の深さ（根入れ深さ）を次のとおり定められている ●べた基礎の場合：12cm以上とし、かつ、凍結深度（とうけつしんど）よりも深いもの ●中基礎の場合：24cm以上

(7) 工法概要

原理	中層混合処理工法	深層混合処理工法
工法名称	パワーブレンダー工法	単軸 CI-CMC 工法
工法概要	<p>固化材を先端から噴射するトレンチャー攪拌装置により、軟弱地盤と固化材を垂直連続攪拌混合して、所定の強度のソイルセメントを造成する工法。</p> 	<p>固化材を攪拌翼の先端から吐出し、原位置土と攪拌混合することで改良体を造成するスラリー式の深層混合処理工法。小型施工機を用いることで狭隘地等での施工が可能。</p> 
施工深度	表層～13.0m 程度	15m程度(超小型クローラータイプの場合)
使用材料	セメントスラリー	セメントスラリー
標準仕様	バックホウ 0.8m ³ クラス 機械重量 23.7t	超小型クローラー 機械重量 15t
改良仕様	改良率 100%	改良径 φ 1300mm 接円改良(改良率 ap=78.5%)
共通事項	<ul style="list-style-type: none"> セメント添加量決定のため、事前に室内配合試験が必要である。 六価クロムに対する配慮(事前確認及び対策型固化材の利用等)が必要である。 セメント系固化材使用のため、改良部の強度が必要以上に出現する可能性がある。 施工に伴い盛り土が発生するため、別途、処分が必要となる。 	
工法の特徴	<ul style="list-style-type: none"> 全面改良が可能。 面的な改良を実施するため、隣接構造物側の変位が懸念される。 トレンチャーが大型のため、飛散対策が大がかりとなる。 極小部の施工に不向き。 国土交通省をはじめ多くの自治体で豊富な施工実績がある。 費用対効果が優れている。(CI-CMC 工法より工期が短縮し、価格が 1/3 程度で済む) 	<ul style="list-style-type: none"> 空打ち施工が可能である。 エアリフト効果により、周辺の変位を低減できる。 柱状改良のため、隣接構造物側の変位が少ない。 柱状改良のため、飛散対策が攪拌翼部のみの養生で済み、比較的容易である。 柱状改良のため、端部の施工が可能であり、大規模な仮設は不要である。 国土交通省をはじめ多くの自治体で豊富な施工実績がある。
総評	全面改良ができ、費用対効果が優れている。ただし、隣接構造物側の変位が懸念される。	接円での改良になるため、一部未改良が残る。飛散対策が必要であるが、比較的容易である。家屋等近接部の施工に適している。
採用	<ul style="list-style-type: none"> 施工箇所の近くに建物がない場合に採用 ⇒ 7 街区、8 街区、10 街区に採用 	<ul style="list-style-type: none"> 施工箇所の近くに建物がある場合に採用 ⇒ 9 街区に採用

(8)品質管理

ア 施工機械
【パワーブレンダー点検表】

パワーブレンダー点検表

ベースマシン番号		2010 (224806)			
トレンチャー番号		PBT-9			
点検者		[REDACTED]			
		2021 / 月 27日 (金)			
ベ ー ス マ シ ン	1 エンジンオイルの油量	多い	適量	少ない	
	2 エンジンオイルのよごれ	綺麗	普通	汚い	
	3 ラジエーターの水の量	多い	適量	少ない	
	4 作動油タンク油量	多い	適量	少ない	
	5 作動油の色	綺麗	普通	汚い	
	6 作動油の鉄粉混入確認	有	無		
	7 戻り配管フィルター目詰まり表示確認	緑	黄色	白	
	8 シリンダー清掃	OK	NG		
	9 グリスアップ	OK	NG		
ト レ ン チ ャ ー	1 トレンチャーアイドリング	OK	NG		
	2 本体フレームの状態確認(ヒビ割れ等)	有る	無い		
	3 チェーン張り調整(ローラとチェーンとの距離)	5cm以上	5cm以下		
	4 スプロケット・アイドラ・ローラー部の摩耗	正常	肉盛り	交換	
	5 リンクの亀裂と磨耗状況	正常	肉盛り	交換	
	6 攪拌翼の変形と爪の損傷(1m翼で確認)	正常	肉盛り	交換	
	7 ミルク吐出口状況の確認(先端部の交換)	正常	補修	交換	
	8 油圧(メイン)ホースの点検	正常		交換	
管 理 装 置	1 速度計測作動確認	正常	故障		
	2 深度計測作動確認	正常	故障		
	3 記録計作動確認	正常	故障		
	4 トレンチャーの傾斜計	正常	故障		
備考		1/2箱迄 (録音) [REDACTED]			

上篠崎一丁目北部土地区画整理事業造成工事

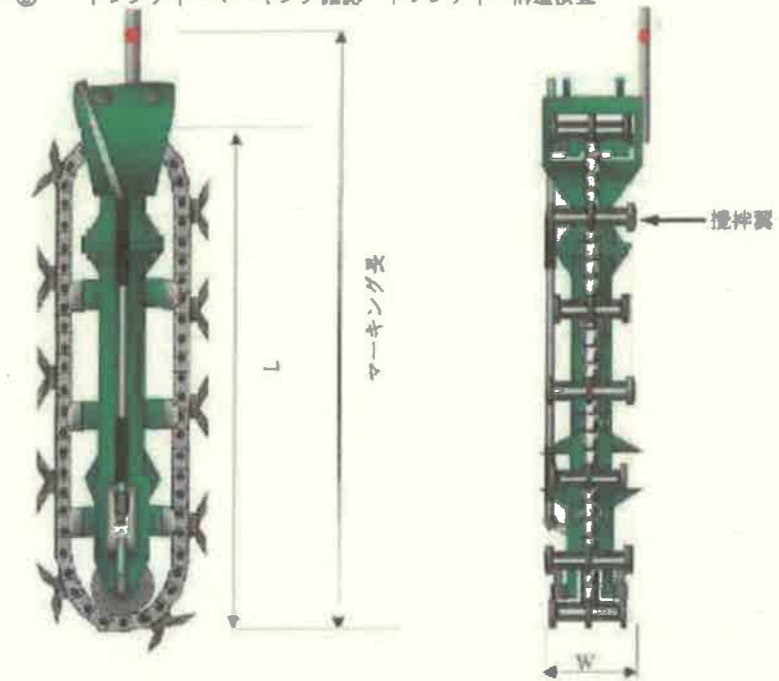
第1回キャリブレーション報告書

(地盤改良工・パワーブレンダー工法)

令和3年1月

株式会社 大達土木

①・② トレンチャーマーキング確認・トレンチャー構造検査



	計画	実測	差
マーキング長	0.00 m	0.00 m	0.00m
	~		
	6.00 m	6.00 m	0.00m
攪拌機長 (L)	5.00 m	5.00 m	0.00m
攪拌機幅 (W)	1.00 m	1.00 m	0.00m
チェーン全周	$\frac{104.4}{100} \times \frac{104.4}{100}$ 0.172 (m) × 61 (コブ)	10.492m	
攪拌翼枚数	10枚	10枚	0枚

③ トレンチャー回転数の確認 (ミタ精度の確認)

羽根切回数を確認するために、トレンチャーのチェーン速度を確認する。

チェーンを10回転させその時間を測定する。

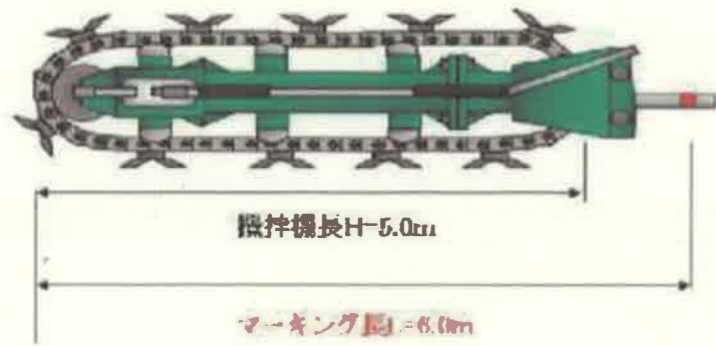
回転速度 = 全周 × 10回転 ÷ 時間

	実測
時間 (sec)	測定値 79.98 sec
回転速度 (m/sec)	測定値 1.31 sec
ミタ表示速度 (m/sec)	測定値 1.31 sec



チェーンスピード表示器

パワーブレンダー工法
第1回
キャリブレーション
9・10街区(トマト)



表題

測定箇所図

令和3年1月25日
地盤改良工
固結工
(パワーブレンダー工法)
キャリブレーション
トレンチャー形状確認
●マーキング長L=0~6.0m
攪拌機長(H)H = 5.0m
攪拌翼幅(W)W = 1.0m

立会者：藤田氏



令和3年1月25日
地盤改良工
固結工
(パワーブレンダー工法)
キャリブレーション
トレンチャー形状確認
●マーキング長L=0~6.0m
攪拌機長(H)H = 5.0m
攪拌翼幅(W)W = 1.0m

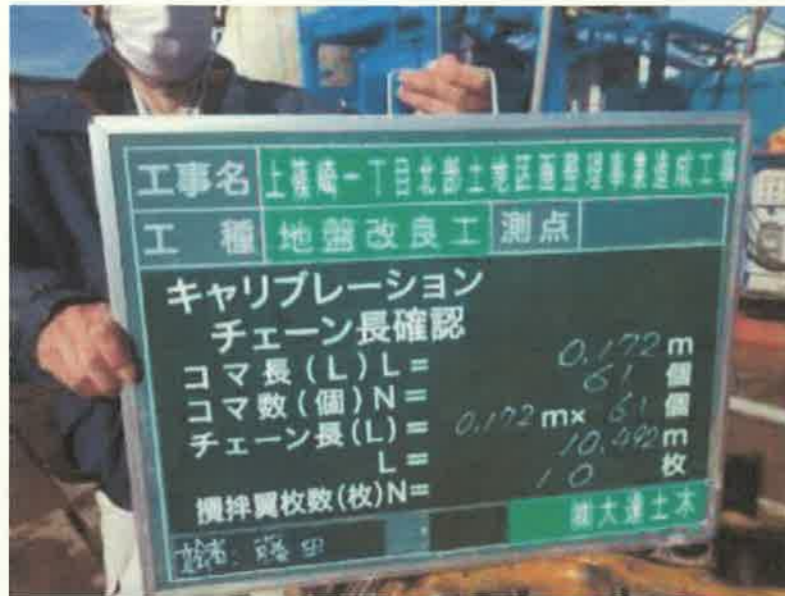
立会者：藤田氏

令和3年1月25日
地盤改良工
固結工
(パワーブレンダー工法)
キャリブレーション
トレンチャー形状確認
●マーキング長L=0~6.0m
攪拌機長(H)H = 5.0m
攪拌翼幅(W)W = 1.0m

立会者：藤田氏

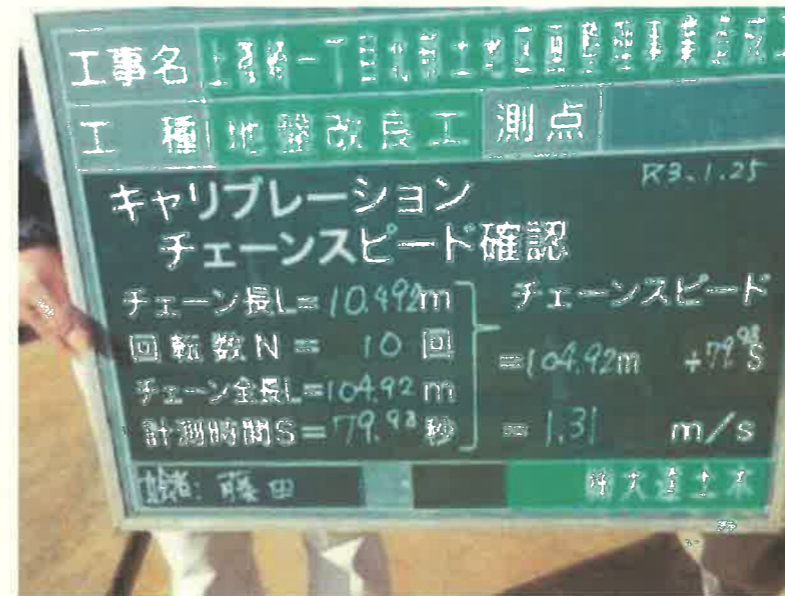
令和3年1月25日
地盤改良工
固結工
(パワーブレンダー工法)
キャリブレーション
トレンチャー形状確認
●マーキング長L=0~6.0m
攪拌機長(H)H = 5.0m
攪拌翼幅(W)W = 1.0m

立会者：藤田氏



令和3年1月25日
 地盤改良工
 固結工
 (パワーブレンダー工法)
 キャリブレーション
 チェーン長確認
 コマ長(L)L=0.172m
 コマ数(個)N=61個
 チェーン長L=0.172m×61個
 L=10.492m
 ●攪拌機枚数(枚)N=10枚

立会者：藤田氏



令和3年1月25日
 地盤改良工
 固結工
 (パワーブレンダー工法)
 キャリブレーション
 ●チェーンスピード確認
 チェーン長(L)L=10.492m
 回転数N=10回
 チェーン全長L=104.92m
 計測時間S=79.98秒
 チェーンスピード
 =104.92m / 79.98S
 =1.31m/s

立会者：藤田氏



令和3年1月25日
 地盤改良工
 固結工
 (パワーブレンダー工法)
 キャリブレーション
 ●チェーンスピード確認
 チェーン長(L)L=10.492m
 回転数N=10回
 チェーン全長L=104.92m
 計測時間S=79.98秒
 チェーンスピード
 =104.92m / 79.98S
 =1.31m/s

立会者：藤田氏



令和3年1月25日
 地盤改良工
 固結工
 (パワーブレンダー工法)
 キャリブレーション
 ●チェーンスピード確認
 チェーン長(L)L=10.492m
 回転数N=10回
 チェーン全長L=104.92m
 計測時間S=79.98秒
 チェーンスピード
 =104.92m / 79.98S
 =1.31m/s

立会者：藤田氏



令和3年1月25日
 地盤改良工
 固結工
 (パワーブレンダー工法)
 キャリブレーション
 ●チェーンスピード確認
 チェーン長(L)L=10.492m
 回転数N=10回
 チェーン全長L=104.92m
 計測時間S=79.98秒
 チェーンスピード
 =104.92m / 79.98S
 =1.31m/s

立会者：藤田氏



令和3年1月25日
 地盤改良工
 固結工
 (パワーブレンダー工法)
 キャリブレーション
 ●チェーンスピード確認
 チェーン長(L)L=10.492m
 回転数N=10回
 チェーン全長L=104.92m
 計測時間S=79.98秒
 チェーンスピード
 =104.92m / 79.98S
 =1.31m/s

立会者：藤田氏



令和3年1月25日
 地盤改良工
 固結工
 (パワーブレンダー工法)
 キャリブレーション
 ●チェーンスピード確認
 チェーン長(L)L=10.492m
 回転数N=10回
 チェーン全長L =104.92m
 計測時間S=79.98秒
 チェーンスピード
 =104.92m / 79.98S
 =1.31m/s

立会者：藤田氏



令和3年1月25日
 地盤改良工
 固結工
 (パワーブレンダー工法)
 キャリブレーション
 ●チェーンスピード確認
 チェーン長(L)L=10.492m
 回転数N=10回
 チェーン全長L =104.92m
 計測時間S=79.98秒
 チェーンスピード
 =104.92m / 79.98S
 =1.31m/s

立会者：藤田氏



令和3年1月25日
 地盤改良工
 固結工
 (パワーブレンダー工法)
 キャリブレーション
 ●チェーンスピード確認
 チェーン長(L)L=10.492m
 回転数N=10回
 チェーン全長L =104.92m
 計測時間S=79.98秒
 チェーンスピード
 =104.92m / 79.98S
 =1.31m/s

立会者：藤田氏

イ 配合試験

【改良目標強度】

(1) 本工事における地盤改良工事は引渡し基準の確保を目的とするものであり、引渡し基準については以下に示すものとする。

- ① 宅地地盤計画高さから2.5mまでの深さの範囲において長期許容応力度 30kN/m²を確保すること。
- ② 宅地地盤計画高さから2.5mまでの深さの範囲において荷重 1kN 以下で自沈しないこと。
- ③ 宅地地盤計画高さから2.5mを超えて5.5mまでの範囲において荷重 500N 以下で自沈しないこと。

※ 根拠法令:

- ・建築基準法施行令 38 条及び建設省告示第 1347 号(平成 12 年 5 月 23 日)
- ・建築基準法施行令 93 条及び国土交通省告示第 1113 号(平成 13 年 7 月 2 日)

本工事については、固結工法の品質評価はスクリーウエイト貫入試験ではなく一軸圧縮強度 q_u の評価が一般的である点を考慮して一軸圧縮試験を実施して評価することとした。

【目標一軸圧縮強度】

国土交通省告示第 1113 号に示される支持力において、第1項(粘着力 c の項)のみを考慮するものとして整理すると長期許容応力度 q_a は以下ようになる。

$$\begin{aligned} q_a &= 1/3(i_c \times \alpha \times C \times N_c + i_v \times \beta \times \gamma_1 \times B \times N_v + i_q \times \gamma_2 \times D_f \times N_q) \\ &= 1/3 \times i_c \times \alpha \times C \times N_c \\ &= 1/3 \times 5.1 \times c \end{aligned}$$

ここに、 $i_c = (1 - \theta / 90)^\circ$ 、荷重の傾斜が無い($\theta = 0$)とすると $i_c = 1.0$
 $\alpha = 1.0 + 0.2B/L$ 、安全側に $B/L \approx 0$ とすると $\alpha = 1.0$
 $N_c = 5.1$ 、 $\phi = 0$ 度の際の値

本工事の引渡し基準(長期許容応力度 $q_a = 30\text{kN/m}^2$ で)を満足するために必要な粘着力 c は以下となる。

$$c = q_a \times 3 / 5.1 = 30 \times 3 / 5.1 \approx 17.7\text{kN/m}^2$$

粘性土地盤において $c = q_u / 2(\text{kN/m}^2)$ が成立するため、各工法の改良率を考慮すると現場で必要となる一軸圧縮強度は次式で求めることができる。

$$q_u = 2 \times c / a_p$$

ここに、 q_u : 改良体の必要一軸圧縮強度(単位 kN/m^2)
 c : 引渡し基準を満足するために必要な粘着力($c = 17.7\text{kN/m}^2$)
 a_p : 改良率(CI-CMC 工法: $a_p = 78.5\%$ 、パワーブレンダー工法: $a_p = 100\%$)

必要な一軸圧縮強度の算定結果を以下に示す。

$$\text{CI-CMC 工法: } q_u = 2 \times c / a_p = 2 \times 17.7 / 0.785 \approx 45\text{kN/m}^2$$

$$\text{パワーブレンダー工法: } q_u = 2 \times c / a_p = 2 \times 17.7 / 1.0 \approx 35.4\text{kN/m}^2$$

【現場/室内強度比】

現地で配合する固化材添加量は室内配合試験を行い決定した。室内配合試験で得られた一軸圧縮強度 q_{ui} と現場で得られる一軸圧縮強度 q_u は、混合条件や養生条件などの違いにより一致しない。そのため適切な安全率(現場/室内強度比)を考慮して室内目標強度を設定する。現場/室内の強度比は各工法の技術資料より以下と設定した。

CI-CMC 工法: 現場/室内強度比: 1/3(室内現場強度比: 3 倍)

$$\text{室内目標強度 } q_{ui} = 45 \times 3 = 135\text{kN/m}^2$$

パワーブレンダー工法: 現場/室内強度比: 0.4(室内現場強度比: 2.5 倍)

$$\text{室内目標強度 } q_{ui} = 35.4 \times 2.5 = 88.5\text{kN/m}^2$$

【室内配合試験結果】

CI-CMC工法(上篠崎三丁目(9街区))

固化材	土層	添加量 (kg/m ³)	W/C (%)	$\sigma 7$ (kN/m ²)		$\sigma 28$ (kN/m ²)		目標 q_{ui} (kN/m ²)	決定配合仕様
				平均値	平均値	平均値	平均値		
高炉セメントB種	As層	170	150	417	450	1188	1209	135	添加量: 170kg/m ³ 水セメント比: W/C=150% 低変位施工の最低添加量
				462		1207			
				471		1231			
	Ac層	170	150	791	781	2177	2202		
				774		2219			
				778		2209			

パワーブレンダー工法(上篠崎一丁目(7, 8街区))

固化材	No.	添加量 (kg/m ³)	W/C (%)	$\sigma 7$ (kN/m ²)		$\sigma 28$ (kN/m ²)		目標 q_{ui} (kN/m ²)	決定配合仕様
				平均値	平均値	平均値	平均値		
特殊土用固化材	1	50	200	78.3	80.0	129	123.0	88.5	添加量: 50kg/m ³ 水セメント比: W/C=200%
				73.8		118			
				88.0		122			
	2	80	134	420	419	496	516		
				409		568			
				429		483			
	3	110	105	880	934	1346	1292		
				944		1295			
				978		1234			

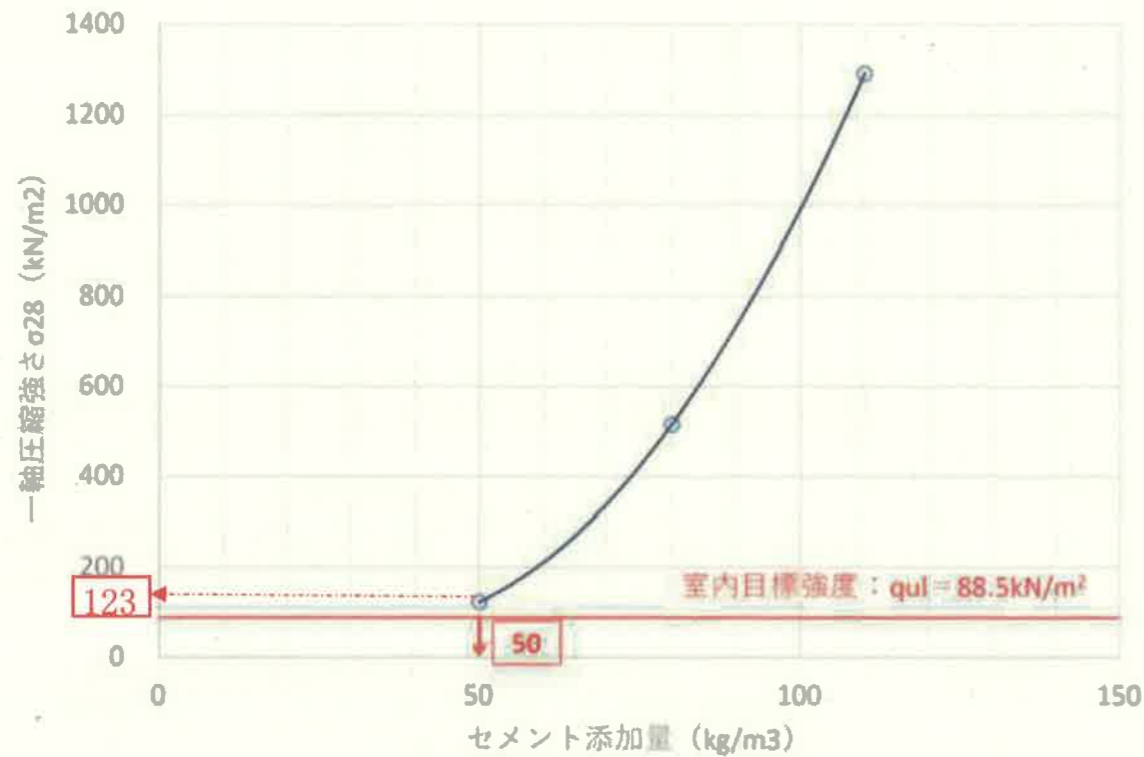
パワーブレンダー工法(上篠崎三丁目(10街区))

固化材	No.	添加量 (kg/m ³)	W/C (%)	$\sigma 7$ (kN/m ²)		$\sigma 28$ (kN/m ²)		目標 q_{ui} (kN/m ²)	決定配合仕様
				平均値	平均値	平均値	平均値		
特殊土用固化材	1	50	198	8.8	8.6	19.1	16.0	88.5	添加量: 65kg/m ³ 水セメント比: W/C=158% 添加量と一軸圧縮強度との 関係により決定
				8.5		14.1			
				8.6		14.8			
	2	80	133	188	188	255	256		
				178		245			
				198		268			
	3	110	104	605	590	771	795		
				595		814			
				569		800			

【室内配合試験によるセメント配合決定に至るグラフ】

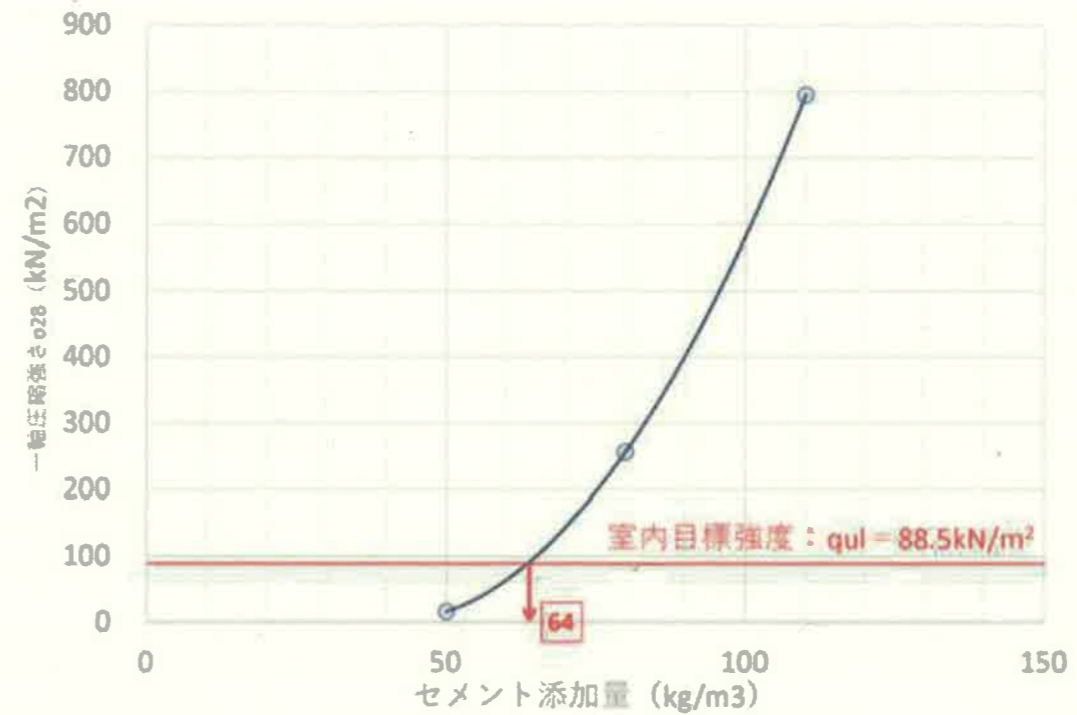
・室内配合試験での試料採取は、改良全層域を採取し柱状図より土層を分割して、各層厚の加重平均により混合土を作成し一軸圧縮試験を実施している。

上篠崎一丁目(セロリ)



想定強度: 123kN / m² (セメント添加量 50 kg / m³)

上篠崎三丁目(トマト)



想定強度: 88.5kN / m² (セメント添加量 64 kg / m³)

※配合決定におけるグラフは直線で描くこともある。しかし今回工事のように少ないセメント添加量の試験結果の場合、ある添加量から強度が急激に発現するので本来必要な添加量が過少評価にならないように二次関数を用いて曲線で描いている。

上篠崎一丁目(セロリ)

曲線を導く計算

二次関数 $y = ax^2 + bx + c$ よりp15 の値から連立方程式を解く

① $123 = 50^2a + 50b + c$ ② $516 = 80^2a + 80b + c$ ③ $1292 = 110^2a + 110b + c$

④: ② - ① $393 = 3900a + 30b$ 左記の式より

⑤: ③ - ② $776 = 5700a + 30b$ $a \approx 0.213$ $b \approx -14.59$ $c \approx 320$

⑥: ⑤ - ④ $383 = 1800a$ $y = 0.213x^2 - 14.59x + 320$

上篠崎三丁目(トマト)

曲線を導く計算

二次関数 $y = ax^2 + bx + c$ よりp15 の値から連立方程式を解く

① $16 = 50^2a + 50b + c$ ② $256 = 80^2a + 80b + c$ ③ $795 = 110^2a + 110b + c$

④: ② - ① $240 = 3900a + 30b$ 左記の式より

⑤: ③ - ② $539 = 5700a + 30b$ $a \approx 0.166$ $b \approx -13.58$ $c \approx 280$

⑥: ⑤ - ④ $299 = 1800a$ $y = 0.166x^2 - 13.58x + 280$

ウ 施工管理

【施工管理基準】CI-CMC 工法

管理項目	管理内容	基準値	測定頻度	今回施工
改良体形状	杭芯の位置出し	設計値±2cm	全本数 施工前	473本
	改良上端	設計深度以浅	全本数 施工中	473本
	改良下端	設計深度以深	全本数 施工中	473本
	鉛直性	0±0.1°	全本数 施工中	473本
出来形管理	基準高	-50mm	100本に1箇所 1箇所に4本測定	5箇所
	位置・間隔	D/4以内		
	杭径	設計値以上		
	深度	設計値以上	全本数(施工結果表)	473本
品質管理	六価クロム溶出試験	環境省告示46号(0.005mg/l以下) 注) 火山灰質粘性土は配合試験における六価クロム溶出試験が規格値以内であっても施工後の六価クロム溶出試験を行う。	1回/施工前	1回
	一軸圧縮試験	①各供試体の試験結果は改良地盤設計強度の85%以上。 ②1回の試験結果は改良設計強度以上。 なお、1回の試験とは3個の供試体の試験値の平均値で表したものの。	改良体は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。試験は1本の改良体について上中下それぞれ1回、計3回とする。	3本
	改良体全長の連続性確認	・ボーリング等により供試体を採取する。 ・改良体の強度確認には、改良体全長の連続性を確認したボーリングコアを利用してもよい。		
材料管理	改良材搬入量	設計量以上	毎日	毎日
	改良材品質	JIS規格又はメーカーの管理基準	1回/月	1回/月
混合管理	羽根切り回数(※)	回転計と昇降速度から演算 180回以上	全本数 施工中	473本
	単位深さ当たりの改良材スラリー量	スラリー流量計と昇降速度計から演算 設計値以上	全本数 施工中	
改良材スラリー比重		設計値±2%	1回/日	1回/日

出典:CI-CMC 工法 施工マニュアル

国土交通省土木工事施工管理基準及び規格値(案)

【施工管理基準】パワーブレンダー工法

管理項目	管理内容	基準値	測定頻度	今回施工
出来形管理	基準高(改良天端高)		1000m3~4000m3 に1箇所に または延長40m毎	5箇所 (4,593m3)
	改良厚	設計値以上		
	改良幅	設計値以上		
	改良延長	設計値以上		
品質管理	六価クロム溶出試験	環境省告示46号(0.005mg/l以下) 注) 火山灰質粘性土は配合試験における六価クロム溶出試験が規格値以内であっても施工後の六価クロム溶出試験を行う。	1回/施工前	1回
	モールドによる改良体強度試験	1個は3本の供試体とし、各供試体の試験結果は設計基準強度の85%以上とする。且つ、1個の試験結果の平均値が設計基準強度以上とする。	1回/1000m3	5箇所 (4,593m3)
深さ方向の品質確認 (改良体の均一性や改良体強度)	(試料採取器による) 目視による確認強度試験は上記に準じる。			
材料管理	改良材スラリー量	設計値以上	全区割	全区画
	改良材スラリー比重	設計値±2%	1回/日	1回/日
	改良材搬入量		毎日	毎日
	改良材品質	JIS規格又はメーカーの管理基準	1回/月	1回/月
混合管理	改良位置	区割図にて確認	全区割	全区画
	改良深度	設計値以上		
	羽根切り回数(※)	トレンチャー側面の断面積当たり 50回/m2以上		
機器器具管理	パワーブレンダー 外觀寸法検査	実測値	1回/施工前 (キャリブレーション)	1回/施工前
	チェーン速度測定	実測値		
	ミキサー重量計量器 (ロードセル)	±2kg		
	改良材スラリー流量	±2%/分		

出典:パワーブレンダー工法 技術資料

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

【施工数量】

・CI-CMC 工法

計画施工数量

杭種	打設長 (m)	空打ち長 (m)	改良長 (m)	本数 (本)	総打設長 (m)	総改良長 (m)	貫入土量 (m ³)	改良土量 (m ³)
スリー攪拌(1)	5.4	0.9	4.5	389	2,100.6	1,750.5	2,787.5	2,322.9
スリー攪拌(2)	4.9	0.9	4.0	84	411.6	336.0	546.2	445.9
合計				473	2,512.2	2,086.5	3,333.7	2,768.8

実施施工数量

杭種	打設長 (m)	空打ち長 (m)	改良長 (m)	本数 (本)	総打設長 (m)	総改良長 (m)	貫入土量 (m ³)	改良土量 (m ³)
スリー攪拌(1)	5.4	0.9	4.5	389	2,100.6	1,750.5	2,787.5	2,322.9
スリー攪拌(2)	4.9	0.9	4.0	84	411.6	336.0	546.2	445.9
合計				473	2,512.2	2,086.5	3,333.7	2,768.8

材料 (高炉B種)

スラリー量 (L)		セメント量 (kg)		セメント搬入量 (kg)	
計画	実施	計画 (割増なし)	実施	計画 (割増1.1)	実施
861,724.5	885,477.6	470,694	483,915	517,763	517,890

計算根拠 改良断面積 1.3×1.3×3.14÷4≒1.327m²

添加量 170kg/m³ W/C=150% セメント比重 3.04 水比重 1.0

1m当たりスラリー量=1.327×(170/3.04+170×1.5/1.0)≒413L/m

・パワーブレンダー工法

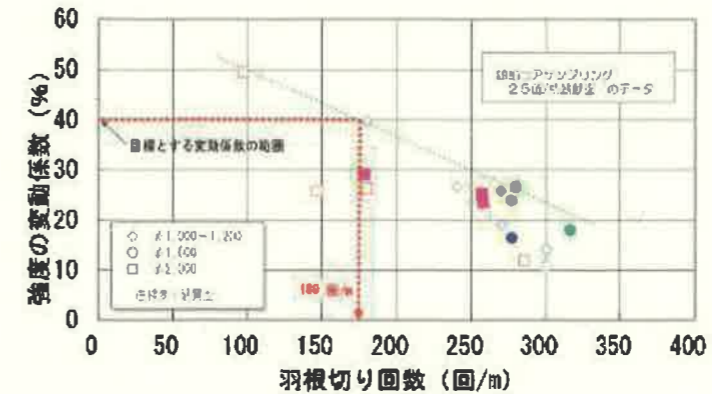
施工範囲	改良面積		改良土量		固化材量		スラリー量		固化材搬入量 (kg)	備考
	設計 (m ²)	実施 (m ²)	設計 (m ³)	実施 (m ³)	計画 (kg)	実施 (kg)	計画 (L)	実施 (L)		
10街区	294.8	294.8	1,327.4	1,327.4	86,281	89,456	164,457	170,575	264,380	特殊土用固化材
7街区	201.4	201.4	731.0	731.0	36,550	37,791	83,582	86,417		
8街区	563.2	563.2	2,534.7	2,534.7	126,735	129,619	289,817	296,412		
総計	1,059.4	1,059.4	4,593.1	4,593.1	249,566	256,866	537,857	553,404	264,380	

※)羽根切り回数の基準値

CI-CMC 工法

羽根切り回数とは、攪拌翼が固化材を添加した土中の任意の 1.0m 間隔を下降・上昇する際の攪拌翼を構成する各羽根の回転数総和のことで、攪拌程度を表す指標である。

従来の深層混合処理工法(CDM 工法)は強度の変動係数を 40%程度となるような羽根切り回数を設定し管理を実施しているため、CI-CMC 工法では同等の品質の改良体为目标として施工する場合の管理基準値として羽根切り回数 180 回/m 以上と設定している。

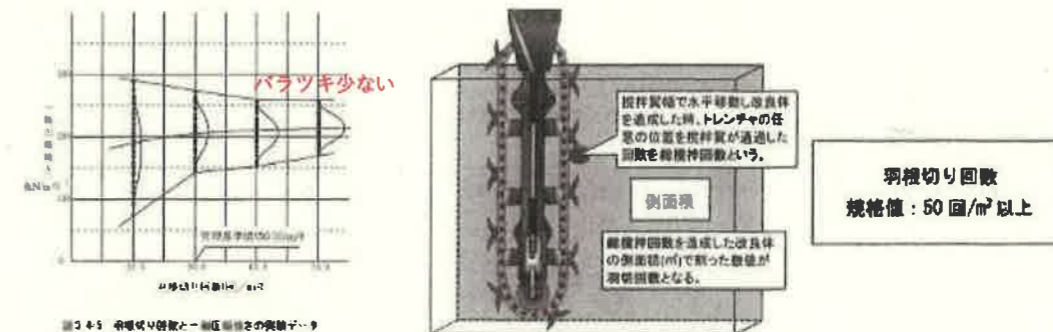


出典:CI-CMC 工法 施工マニュアル

パワーブレンダー工法

攪拌混合の度合いを示す指標を羽根切り回数といい、トレンチャー側面の改良断面積 1 m² における攪拌翼の通過回数で表す。

パワーブレンダー工法ではバラツキの少ない品質を得るための管理基準値として羽根切り回数 50 回/m² 以上と設定している。



羽根切り回数の算出式
 羽根切り回数(回/m²) = 1区画全体の攪拌回数(回) ÷ (改良断面積(m²) × 区画幅(m) ÷ トレンチャー幅(m))

※1: 1区画全体の攪拌回数は1区画内の施工時間に土中を攪拌した攪拌翼の総回転数を表し、次式で算出する。

1区画全体の攪拌回数(回) = チェーン累積移動距離(m) × 攪拌翼ピッチ(m) × 回転数(回/分)

※2: 改良断面積は改良体をトレンチャー側面から見た面積である。

トレンチャー側面の改良断面積(m²) = 区画幅(m) × 改良深度(m)

※3: チェーン累積移動距離は1区画内の施工時間にチェーンが移動した総距離であり、『施工管理記録』により計測・記録される。

出典:パワーブレンダー工法技術資料

エ 事後調査結果(サンプリング、ボーリング)

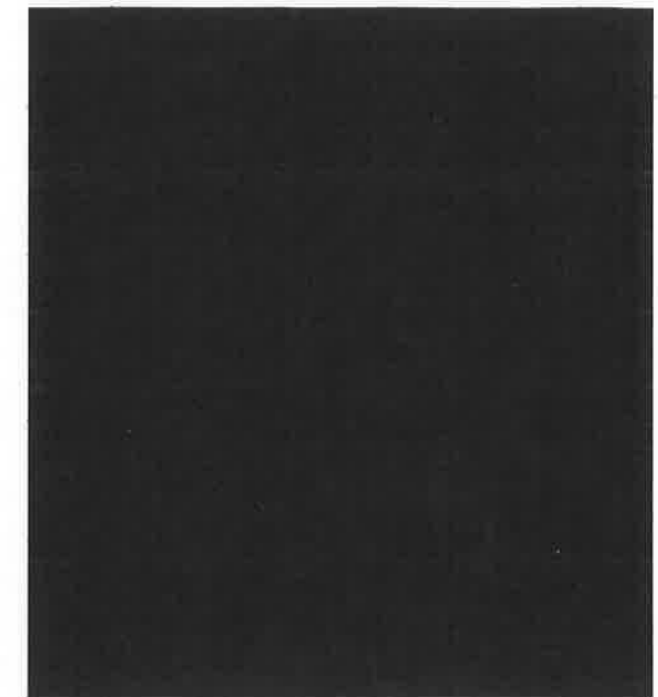
【事後調査結果一覧】

街区	工法	調査地点	一軸圧縮強さ (kN/m ²)	目標強度 (kN/m ²)	判定	備考	
7 街区	パワーブレンダー工法	[Redacted]	①307	平均 253	35.4	OK	
			②236				
			③217				
8 街区	パワーブレンダー工法	[Redacted]	①316	平均 329	35.4	OK	
			②277				
			③393				
	[Redacted]	[Redacted]	①238	平均 228	35.4	OK	
			②154				
			③293				
9 街区	CI-CMC 工法	[Redacted]	上:1033 中:1716 下:1594	45.0	OK	ボーリング	
			上:968 中:1206 下:1000				
			上:1021 中:1034 下:1287				
10 街区	パワーブレンダー工法	[Redacted]	①306	平均 372	35.4	OK	
			②263				
			③547				
		[Redacted]	[Redacted]	①463	平均 479	35.4	OK
				②547			
				③428			

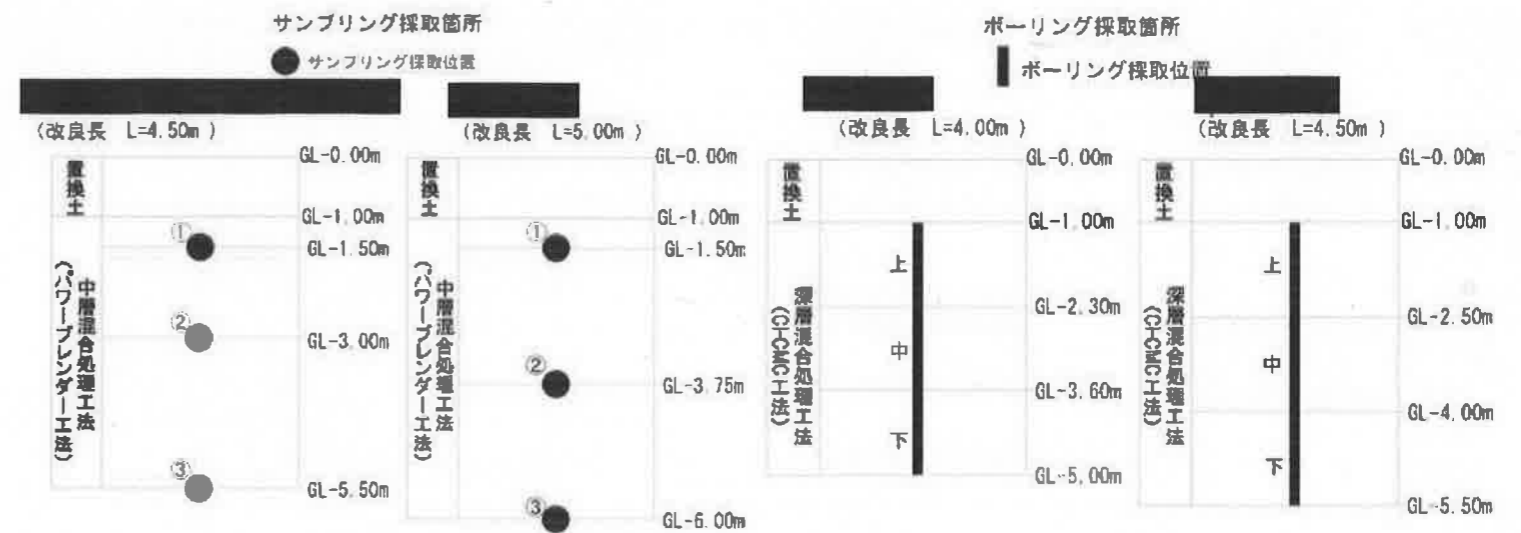
【事後調査位置(7 街区、8 街区)】



【事後調査位置(9 街区、10 街区)】



【採取断面図】



※養生方法について

- ・パワーブレンダー工法におけるサンプリングは攪拌混合直後の流動化した状態の未固結な試料を採取し室内養生している。
- ・CI-CMC 工法におけるコアボーリングは改良後、現場養生し固結した試料を採取している。

3 当初地盤改良後の経緯と地盤再改良工事の経過及び結果

・令和3年10月に権利者へ引渡し基準を満足している旨の報告書を渡したが、令和3年12月に権利者が実施した地盤調査により基準を満たさない箇所があると報告を受け、全宅地で再調査を実施した。

(1) 事後再スクリーウエイト貫入試験結果

【7、8、10街区】パワーブレンダー工法

・7街区:(平面)15箇所の調査のうち9箇所で引渡し基準を満たしていない箇所(NG箇所)が確認された。
(深度方向)280箇所の調査のうち27箇所で引渡し基準を満たしていない箇所(NG箇所)が確認された。

画地番号	平面		深度方向		
	データ数	NG箇所数	データ数	NG箇所数	割合
	5	2	120	11	9.2%
	5	2	110	3	2.7%
	5	5	50	13	26.0%
7街区計	15	9	280	27	9.6%

・8街区:(平面)40箇所の調査のうち21箇所で引渡し基準を満たしていない箇所(NG箇所)が確認された。
(深度方向)880箇所の調査のうち82箇所で引渡し基準を満たしていない箇所(NG箇所)が確認された。

画地番号	平面		深度方向		
	データ数	NG箇所数	データ数	NG箇所数	割合
	5	3	110	7	6.4%
	5	1	110	2	1.8%
	5	2	110	5	4.5%
	5	4	110	24	21.8%
	5	3	110	13	11.8%
	5	3	110	7	6.4%
	5	3	110	12	10.9%
	5	2	110	12	10.9%
8街区計	40	21	880	82	9.3%

・10街区:(平面)10箇所の調査のうち1箇所で引渡し基準を満たしていない箇所(NG箇所)が確認されたため、NG範囲を特定するために周辺で4箇所追加スクリーウエイト貫入試験を実施した。追加調査の結果、追加調査ではNG箇所は確認されなかった。
(深度方向)220箇所の調査のうち4箇所で引渡し基準を満たしていない箇所(NG箇所)が確認された。

画地番号	平面		深度方向		
	データ数	NG箇所数	データ数	NG箇所数	割合
	5	1	110	4	3.6%
	5	0	110	0	0%
10街区	10	1	220	4	1.8%

・7、8、10街区:まとめ

街区	平面		深度方向		
	データ数	NG箇所数	データ数	NG箇所数	割合
7街区	15	9	280	27	9.6%
8街区	40	21	880	82	9.3%
10街区	10	1	220	4	1.8%
全区画	65	31	1380	113	8.2%

・地盤改良後、現場養生をして期間が経過した後スクリーウエイト貫入試験を実施しているため、地下水の影響により養生中にセメント濃度が低下し強度に影響を及ぼした可能性が考えられる。

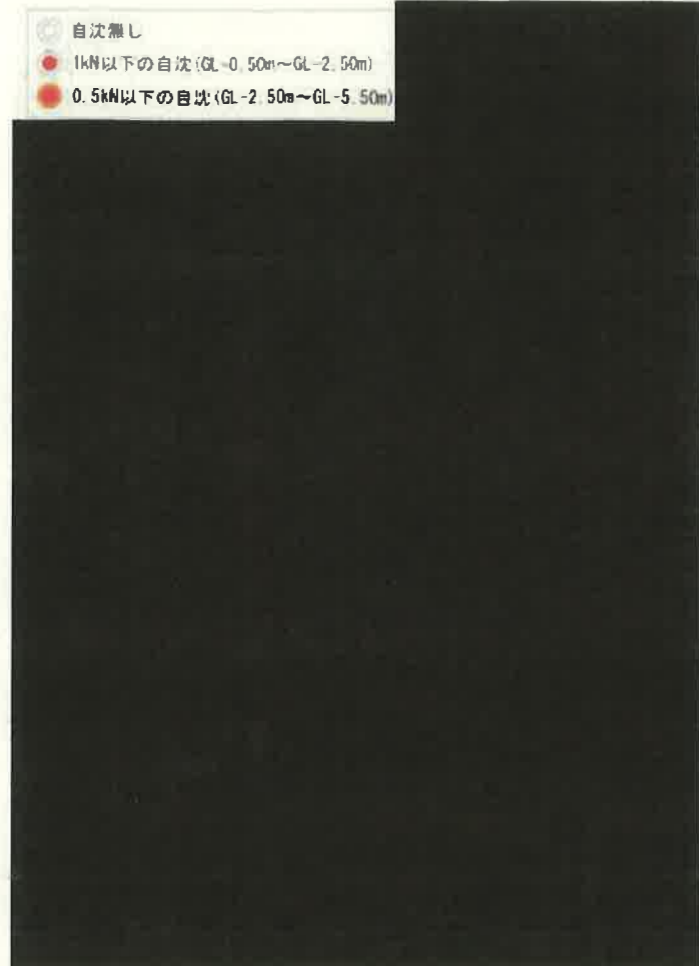
・参考:篠崎公園地区まちづくりニュース No.106(2022.2.17)引用

	当初の改良工法	基準を満たさない割合	
		基準を満たさない地点数 調査地点数 (%)	基準を満たさない25cm層数 調査地点数×25cm層数 (%)
上篠崎一丁目 (セロリ)	7、8街区 (11画地) パワーブレンダー 工法	30/55=54.5%	109/1160=9.4%
上篠崎三丁目 (トマト)	9街区 (9画地) CI-CMC工法	0/45=0%	0/231=0% ※
	10街区 (2画地) パワーブレンダー 工法	1/10=10%	4/220=1.8%
全体(22画地)		31/110=28.2%	113/1611=7%

※CI-CMC工法で当初改良を行った上篠崎三丁目9街区については、地表面から1mの部分まで調査し、その下については貫入不能。

【7、8 街区】パワーブレンダー工法

- 自沈無し
- 1kN以下の自沈 (GL-0.50m~GL-2.50m)
- 0.5kN以下の自沈 (GL-2.50m~GL-5.50m)



【10 街区】パワーブレンダー工法

- 自沈無し
- 1kN以下の自沈 (GL-0.50m~GL-2.50m)
- 0.5kN以下の自沈 (GL-2.50m~GL-5.50m)



【7街区】

□ : 改良範囲 ■ : 1kN以下の自沈 ● : 0.5kN以下の自沈

街区番号	標高 H(m)	GL-0.5~2.50m区間の自沈範囲 (1kN以下)														GL-2.50~5.50m区間の自沈範囲 (0.5kN以下)														NG箇所数/データ数	当初改良深度
		0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00					
	1.50																									0/24	11/120	GL-6.0m			
	1.50																									0/24					
	1.50																									0/24					
	1.50																									7/24					
	1.50																									4/24	3/110	GL-5.5m			
	1.50																									2/22					
	1.50																									0/22					
	1.50																									1/22					
	1.50																									0/22	13/50	GL-2.5m			
	1.50																									2/10					
	1.50																									1/10					
	1.50																									5/10					
	1.50																									3/10	Σ	27/280 (割合9.6%)			
	1.50																									2/10					

【8街区】

□ : 改良範囲 ■ : 1kN以下の自沈 ● : 0.5kN以下の自沈

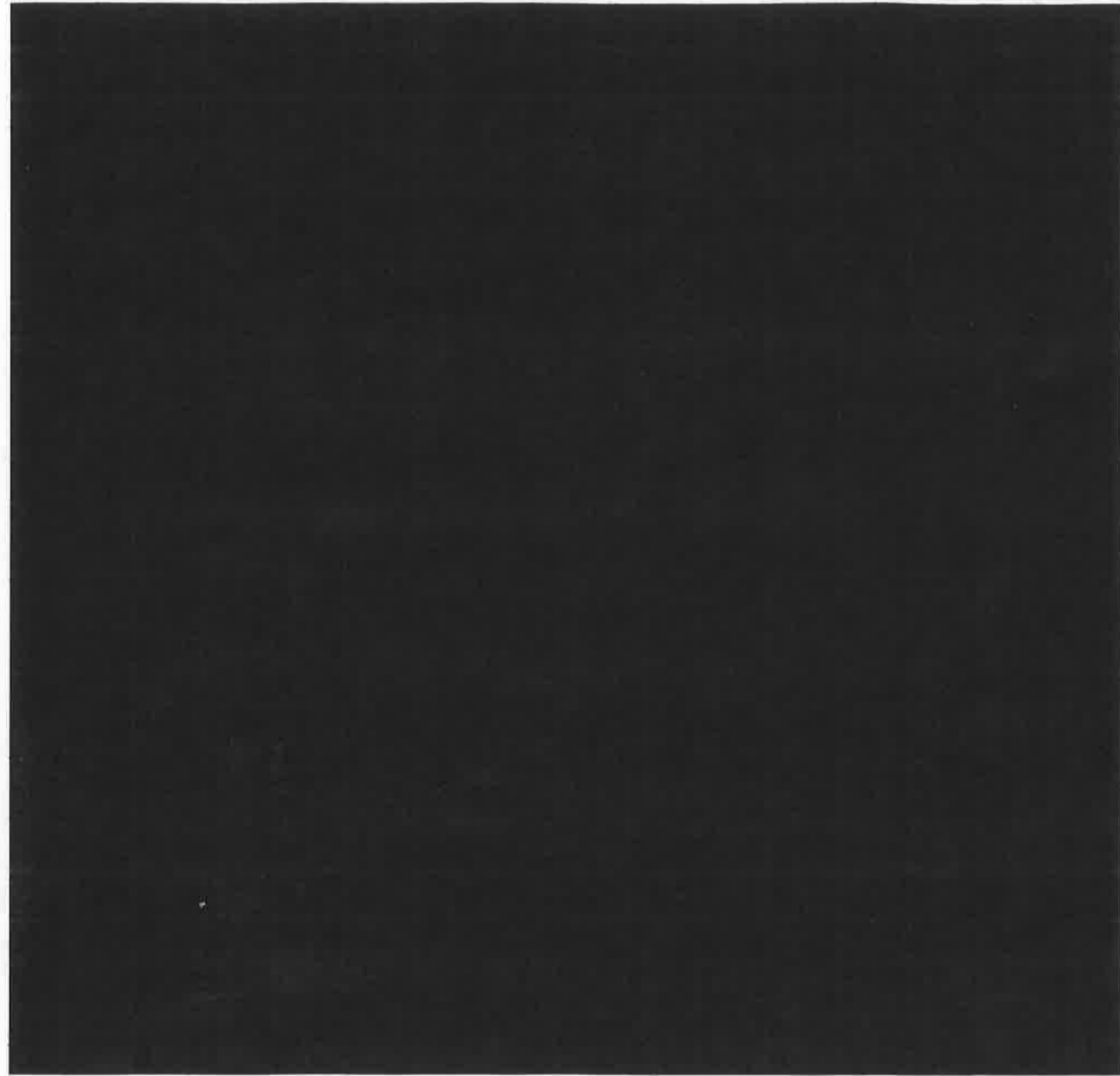
街区番号	標高 H(m)	GL-0.5~2.50m区間の自沈範囲 (1kN以下)														GL-2.50~5.50m区間の自沈範囲 (0.5kN以下)														NG箇所数/データ数	当初改良深度
		0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00					
	1.50																									3/22	7/110				
	1.50																									3/22					
	1.50																									1/22					
	1.50																									0/22					
	1.50																									0/22	2/110				
	1.50																									0/22					
	1.50																									2/22					
	1.50																									0/22					
	1.50																									0/22	5/110				
	1.50																									0/22					
	1.50																									4/22					
	1.50																									0/22					
	1.50																									0/22	24/110	GL-5.5m			
	1.50																									1/22					
	1.50																									8/22					
	1.50																									5/22					
	1.50																									0/22	13/110				
	1.50																									2/22					
	1.50																									9/22					
	1.50																									0/22					
	1.50																									7/22	7/110				
	1.50																									0/22					
	1.50																									4/22					
	1.50																									1/22					
	1.50																									4/22	12/110				
	1.50																									7/22					
	1.50																									0/22					
	1.50																									1/22					
	1.50																									9/22	12/110				
	1.50																									3/22					
	1.50																									0/22					
	1.50																									0/22					
	1.50																									0/22	Σ	82/880 (割合9.3%)			

【10街区】

□ : 改良範囲 ■ : 1kN以下の自沈 ● : 0.5kN以下の自沈

街区番号	標高 H(m)	GL-0.5~2.50m区間の自沈範囲 (1kN以下)														GL-2.50~5.50m区間の自沈範囲 (0.5kN以下)														NG箇所数/データ数	当初改良深度
		0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00					
	1.50																									0/22	4/110	GL-5.5m			
	1.50																									0/22					
	1.50																									4/22					
	1.50																									0/22					
	1.50																									0/22	0/110				
	1.50																									0/22					
	1.50																									0/22					
	1.50																									0/22					
	1.50																									0/22	Σ	4/220 (割合1.8%)			

【事後スクリーウエイト貫入試験箇所と事後調査(サンプリング)試験箇所の重ね図】



スクリーウエイト貫入試験位置

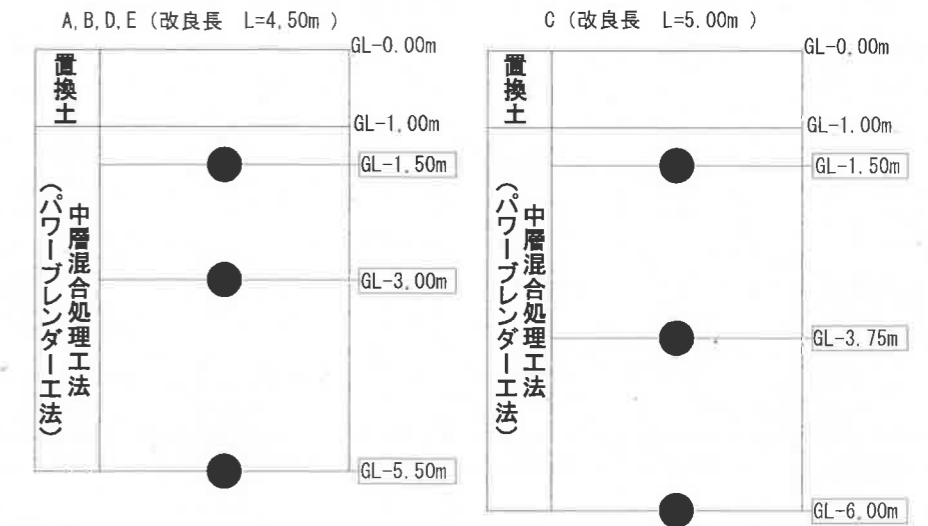
- 自沈無し
- 1kN以下の自沈 (GL-0.50m~GL-2.50m)
- 0.5kN以下の自沈 (GL-2.50m~GL-5.50m)

一軸圧縮試験位置

- サンプリング採取位置
- ボーリング採取位置

サンプリング採取箇所

- サンプリング採取位置



スクリーウエイト貫入試験とサンプリングでの一軸圧縮試験結果比較表
※比較対象箇所：地盤再改良工事対象街区

10街区(パワーブレンダー工法) 単位：kN/m²

試験方法	測点	深度		
		GL-1.5m	GL-3.0m	GL-5.5m
サンプリング		306	263	547
スクリーウエイト貫入試験		80.40	63.60	118.80
		279.60	73.20	70.80
		176.40	241.20	85.20

7街区(パワーブレンダー工法) 単位：kN/m²

試験方法	測点	深度		
		GL-1.5m	GL-3.75m	GL-6.0m
サンプリング		307	236	217
スクリーウエイト貫入試験		32.40	70.80	58.80
		54.00	54.00	85.20
		34.80	46.80	

8街区(パワーブレンダー工法) 単位：kN/m²

試験方法	測点	深度		
		GL-1.5m	GL-3.0m	GL-5.5m
サンプリング		316	277	393
スクリーウエイト貫入試験		85.20	61.20	34.80
		80.40	66.00	70.80
		87.60	121.20	16.88※

単位：kN/m²

試験方法	測点	深度		
		GL-1.5m	GL-3.0m	GL-5.5m
サンプリング		463	547	428
スクリーウエイト貫入試験		558.00	332.40	159.60
		778.80	貫入不能	貫入不能
		123.60	92.40	94.80

※スクリーウエイト貫入試験において宅地地盤計画高さから-2.5mを超える範囲において荷重500N以下で自沈しないことを条件としている。

単位：kN/m²

試験方法	測点	深度		
		GL-1.5m	GL-3.0m	GL-5.5m
サンプリング		238	154	293
スクリーウエイト貫入試験		56.40	111.60	346.80
		NG	78.00	82.80
		51.60	37.20	174.00

(2)再改良概要

7街区、8街区は当初パワーブレンダー工法で施工したが、現状対策範囲にL形溝、水道等のインフラが既に施工済である点を考慮して、より小さな機械で小回りの利く施工が可能な CI-CMC 工法で施工した。



パワーブレンダー工法施工状況



CI-CMC 工法施工状況

施工機械の比較

対策の平面範囲は調査結果を基に NG となる箇所を網羅するように設定した。

7街区 NG 箇所が多く範囲を限定できないため全範囲を対策

8街区 NG 箇所が多く範囲を限定できないため全範囲を対策

10街区 ■■■画地の1箇所のみ NG のため追加調査を行い、対策範囲を設定

※ 改良深度については NG 深度までに設定

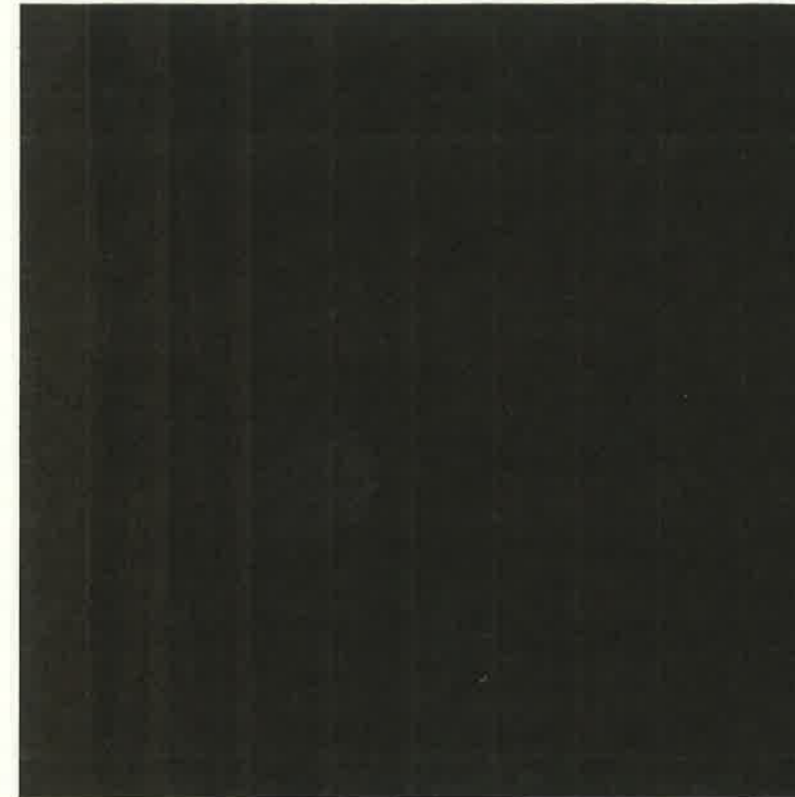
再改良の固化材添加量

固化改良では、所定の強度を発現するための固化材の種類と添加量を決定する目的で室内配合試験を行う必要がある。対象範囲では既に配合試験が実施されているため、これを流用した。一度セメント混合された状態になっているが、セメントメーカーにヒアリングした結果、セメント混合された土に対して再度セメント混合した場合でも強度発現を阻害することはないことを確認した。

- ・ 固化材の種類： 高炉セメント B 種 (9 街区と同じセメント)
- ・ セメント添加量： 170kg/m³ (9 街区と同じ添加量)
- ・ 水セメント比： W/C=150% (9 街区と同じ W/C)

再改良改良体配置

【7、8 街区】



- ⊗ 打設長6.0m
改良長5.0m
- 打設長5.5m
改良長4.5m
- ◎ 打設長3.0m
改良長2.0m

【10 街区】



- ⊗ 打設長6.0m
改良長5.0m
- 打設長5.5m
改良長4.5m
- ◎ 打設長3.0m
改良長2.0m

(3)再改良品質管理

ア 施工管理

【施工数量】

計画施工数量

杭種	打設長 (m)	空打ち長 (m)	改良長 (m)	本数 (本)	総打設長 (m)	総改良長 (m)	貫入土量 (m ³)	改良土量 (m ³)
[黒塗り]	6.0	1.0	5.0	[黒塗り]	[黒塗り]	[黒塗り]	334.4	278.7
	5.5	1.0	4.5				255.4	209.0
	3.0	1.0	2.0				167.2	111.5
	5.5	1.0	4.5				2,058.2	1,684.0
	3.0	1.0	2.0				15.9	10.6
合計				405	2,133.5	1,728.5	2,831.2	2,293.7

実施施工数量

杭種	打設長 (m)	空打ち長 (m)	改良長 (m)	本数 (本)	総打設長 (m)	総改良長 (m)	貫入土量 (m ³)	改良土量 (m ³)
[黒塗り]	6.0	1.0	5.0	[黒塗り]	[黒塗り]	[黒塗り]	334.4	278.7
	5.5	1.0	4.5				255.4	209.0
	3.0	1.0	2.0				167.2	111.5
	5.5	1.0	4.5				2,058.2	1,684.0
	3.0	1.0	2.0				15.9	10.6
合計				405	2,133.5	1,728.5	2,831.2	2,293.7

材料(高炉B種)

スラリー量 (L)		セメント量 (kg)		セメント搬入量 (kg)	
計画	実施	計画 (割増なし)	実施	計画 (割増1.1)	実施
713,870.5	734,933.4	389,932	401,628	428,926	451,410

計算根拠 改良断面積 $1.3 \times 1.3 \times 3.14 \div 4 \approx 1.327 \text{ m}^2$

添加量 170 kg/m^3 W/C=150% セメント比重 3.04 水比重 1.0

1m当たりスラリー量 $= 1.327 \times (170/3.04 + 170 \times 1.5/1.0) \approx 413 \text{ L/m}$

【施工管理基準】

9 街区で実施した CI-CMC 工法同様の施工管理を実施した。

管理項目	管理内容	基準値	測定頻度	今回施工
改良体形状	杭芯の位置出し	設計値 ± 2cm	全本数 施工前	405本
	改良上端	設計深度以浅	全本数 施工中	405本
	改良下端	設計深度以深	全本数 施工中	405本
	鉛直性	0 ± 0.1°	全本数 施工中	405本
出来形管理	基準高	- 50mm	100本に1箇所 1箇所に4本測定	5箇所
	位置・間隔	D / 4 以内		
	杭径	設計値以上		
	深度	設計値以上	全本数(施工結果表)	405本
品質管理	一軸圧縮試験	①各供試体の試験結果は改良地盤設計強度の85%以上。 ②1回の試験結果は改良設計強度以上。 なお、1回の試験とは3個の供試体の試験値の平均値で表したものを。	改良体は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。試験は1本の改良体について上中下それぞれ1回、計3回とする。	4本
	改良体全長の連続性確認	・ボーリング等により供試体を採取する。 ・改良体の強度確認には、改良体全長の連続性を確認したボーリングコアを利用してもよい。		
材料管理	改良材搬入量	設計量以上	毎日	毎日
	改良材品質	JIS規格又はメーカーの管理基準	1回/月	1回/月
混合管理	羽根切り回数	回転計と昇降速度から演算 180回以上	全本数 施工中	405本
	単位深さ当たりの改良材スラリー量	スラリー流量計と昇降速度計から演算 設計値以上	全本数 施工中	
改良材スラリー比重		設計値 ± 2%	1回/日	1回/日

出典:CI-CMC 工法 施工マニュアル

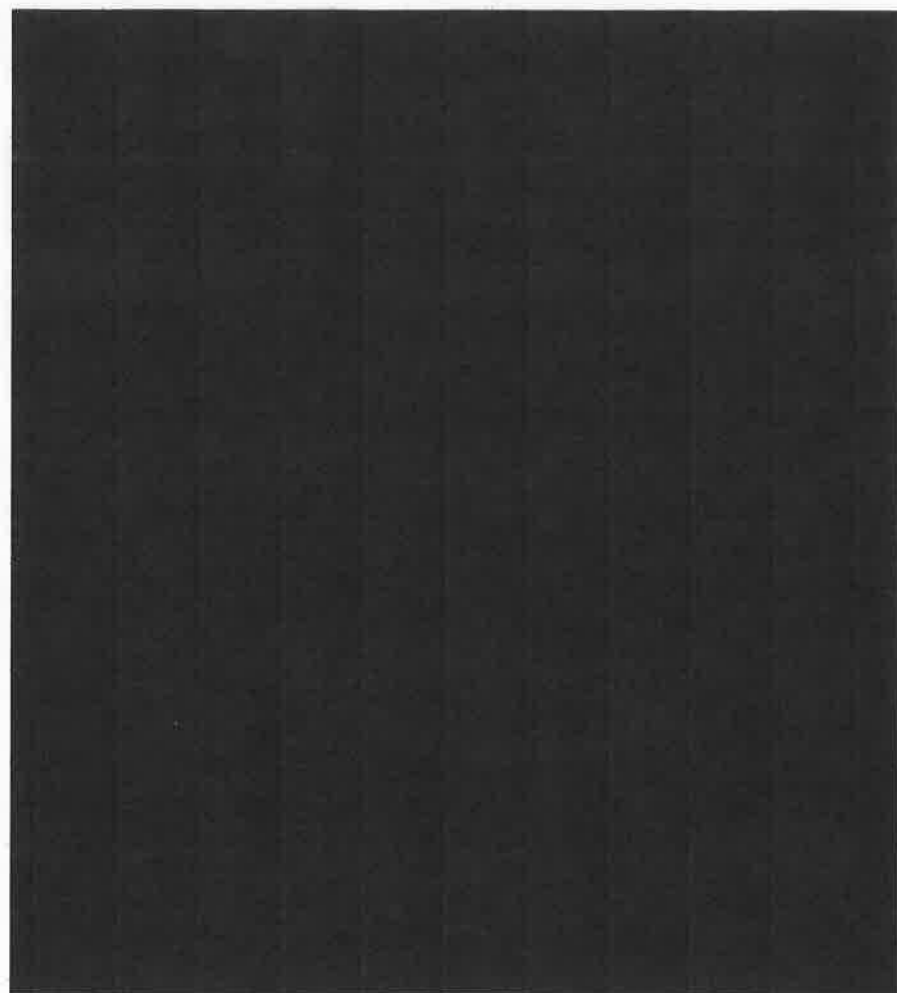
国土交通省土木工事施工管理基準及び規格値(案)

イ 事後調査結果(ボーリング、結果)

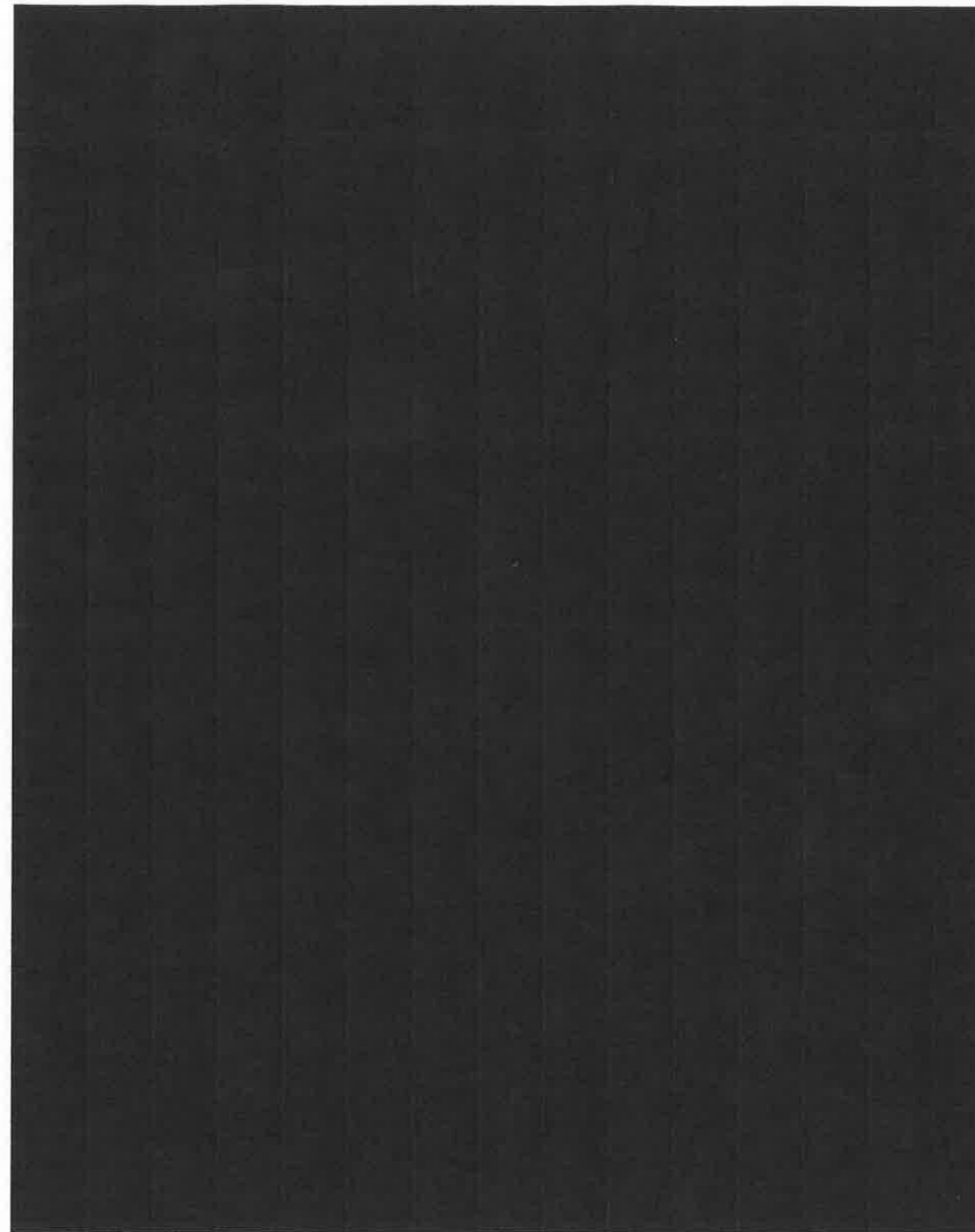
【事後調査結果一覧】

街区	工法	調査地点	一軸圧縮強さ (kN/m ²)	目標強度 (kN/m ²)	判定
7 街区	CI-CMC 工法	■	上：1055	45.0	OK
		■	中：1073		
		■	下：1301		
8 街区	CI-CMC 工法	■	上：1398	45.0	OK
		■	中：1586		
		■	下：1921	45.0	OK
		■	上：1350		
■	中：1725	45.0	OK		
■	下：1739				
10 街区	CI-CMC 工法	■	上：746	45.0	OK
■	下：816				

【事後調査位置(10 街区)】



【事後調査位置(7、8 街区)】



4 原因究明及び検証結果

(1)原因究明

本工事における引渡し基準に満たない箇所が発生した要因及び考察について以下に示す。

【要因及び考察】

	A	B
要因	想定を上回る地下水の影響によるセメント濃度の低下	改良体内に粘土塊が介在したことによる粘性土の解泥の不十分
考察	<p>・施工後に想定を上回る地下水が差し込んできたことにより、セメント濃度が低下し固結に影響がでた可能性が考えられる。</p> <p>スクリューウエイト貫入試験は現場養生した後に実施しているが、一軸圧縮試験のサンプリングは攪拌混合直後の流動化した状態の未固結な試料を採取し、室内養生している。養生条件によって強度に影響を及ぼした可能性が考えられる。</p> <p>・想定を上回る地下水を巻き込んで改良したことで、セメント濃度の低下による強度低下の可能性が考えられる。</p> <p>現場担当者へ施工状況をヒアリングしたところ、7街区、8街区では場所によって水が多い箇所、水が差してくる箇所があったと確認している。</p> <p>パワーブレンダー工法は鉛直攪拌となることから、その水も巻き込みながらの施工となり、セメント濃度の低下を招いたことが考えられる。</p>	<p>・攪拌回数(羽根切り回数)が不十分のため、下部に堆積する粘性土が解泥されず、塊のまま攪拌混合された可能性が考えられる。</p> <p>・スクリューウエイト貫入試験の結果では、不良箇所が確認された調査位置から1m離れた箇所の調査では引渡し基準を満足する結果もあることから、改良体内への粘土塊の混入が推察される。</p>

(2)検証結果

(1)に示す要因の発生リスクを低減させるために考えられる検証項目及び検証結果の概要を以下に示す。

	検証項目	検証結果の概要	要因
①	一軸圧縮試験に必要な強さ(設計基準強度)	一軸圧縮試験の評価による設定(固結工法における一般的な評価) → スクリューウエイト貫入試験の評価と一軸圧縮試験の評価の両方を見据えた設定	A, B
②	室内/現場強度比($\gamma \cdot \lambda$)	標準的な配合設計 → 不良率をゼロに近づける配合設計	A, B
③	地下水が改良強度に与える影響	標準的な配合設計 → 地下水の流動を考慮した配合設計	A
④	改良体内に混入した粘土塊の評価	→ 地盤調査結果にて粘土層の状況について確認 状況に応じて改良体内に混入する粘土塊の評価を導入	B
⑤	羽根切り回数	基準値 → 基準値以上に増やしても効果が小さいため	B

①一軸圧縮試験に必要な強さ(設計基準強度)

・一軸圧縮試験の評価による設定(固結工法における一般的な評価)

固結工法実施箇所については、スクリーウエイト貫入試験は実施できないと想定し、一般的な評価方法である一軸圧縮試験による一軸圧縮強さで評価することとした。

引渡し基準強度を長期許容応力度 $q_a=30\text{kN/m}^2$ とした場合、改良体の目標強度である設計基準強度を下記の通り換算して設定した。

引渡し基準である長期許容応力度 $q_a=30\text{kN/m}^2$ を確保するために必要な一軸圧縮強さは、国土交通省告示第 1113 号を基に算定した。

国土交通省告示第 1113 号に示される長期に生ずる力に対する地盤の許容応力度を定める場合の(1)項に示される式を以下に示す。

$$q_a = \frac{1}{3} \left[\overset{\text{第1項}}{i_c \times \alpha \times C \times N_c} + \overset{\text{第2項}}{i_\gamma \times \beta \times \gamma_1 \times B \times N_\gamma} + \overset{\text{第3項}}{i_q \times \gamma_2 \times D_f \times N_q} \right]$$

上記算定式において、第1項は粘着力 c の項、第2項は基礎幅の項、第3項は根入れ深さの項となる。ここで、基礎幅、根入れ深さについては建築される建屋によって異なるため、第1項(粘着力 c の項)のみを考慮するものとして整理すると長期許容応力度 q_a は以下ようになる。

$$q_a = \frac{1}{3} \times i_c \times \alpha \times C \times N_c$$

$$= \frac{1}{3} \times 5.1 \times c$$

ここに、 $i_c = (1 - \theta / 90)^\circ$ 、荷重の傾斜が無い($\theta = 0$)とすると $i_c = 1.0$
 $\alpha = 1.0 + 0.2B/L$ 、安全側に $B/L \approx 0$ とすると $\alpha = 1.0$
 $N_c = 5.1$ 、 $\phi = 0$ 度の際の値

本工事の引渡し基準(長期許容応力度 $q_a=30\text{kN/m}^2$)を満足するために必要な粘着力 c は以下となる。

$$c = q_a \times 3 / 5.1 = 30 \times 3 / 5.1 \approx 17.7\text{kN/m}^2$$

粘性土地盤において $c=q_u/2(\text{kN/m}^2)$ が成立するため、各工法の改良率を考慮すると現場で必要となる一軸圧縮強さは次式で求めることができる。

$$q_u = 2 \times c / a_p$$

ここに、 q_u :改良体の必要一軸圧縮強さ(単位 kN/m^2)
 c :引渡し基準を満足するために必要な粘着力($c=17.7\text{kN/m}^2$)
 a_p :改良率

パワーブレンダー工法: $a_p=100\%$ (全面改良)

必要な一軸圧縮強さの算定結果を以下に示す。

$$q_u = 2 \times c / a_p = 2 \times 17.7 / 1.0 = 35.4\text{kN/m}^2$$

・スクリーウエイト貫入試験と一軸圧縮試験の両方を見据えた評価による設定

スクリーウエイト貫入試験による事後調査を行う場合は、スクリーウエイト貫入試験と一軸圧縮強さの関係($q_u=0.045W_{sw}+0.75N_{sw}$)から $W_{sw}=1,000\text{N}$ で自沈しない設計基準強度設定が望ましい。

試験結果の利用

(1) 測定値の強度換算 スウェーデン式サウンダイグ試験と他の試験とを比較した例は少ないが、次の報告がある。

① N 値との関係

礫・砂・砂質土
 $N = 0.002W_{sw} + 0.067N_{sw}$ (4.4.1)

粘土・粘性土
 $N = 0.003W_{sw} + 0.050N_{sw}$ (4.4.2)

ここに、

W_{sw} : 1000 N 以下で貫入した場合の荷重 (N)
 N_{sw} : 上記の荷重で貫入が停止した後、回転により貫入させた時の貫入量 1 m 当たりの半回転数 (回/m)

② 一軸圧縮強さとの関係 一軸圧縮強さとの関係は、図-4.4.3に示す次の関係が提案されている³⁾。

$$q_u = 0.045W_{sw} + 0.75N_{sw}$$
 (4.4.3)

ここに、

q_u : 一軸圧縮強さ (kN/m^2)

必要な一軸圧縮強さの算定結果を以下に示す。

$$q_u = 0.045 \times 1000 + 0.75 \times 1 = 45.75 \approx 46\text{kN/m}^2$$

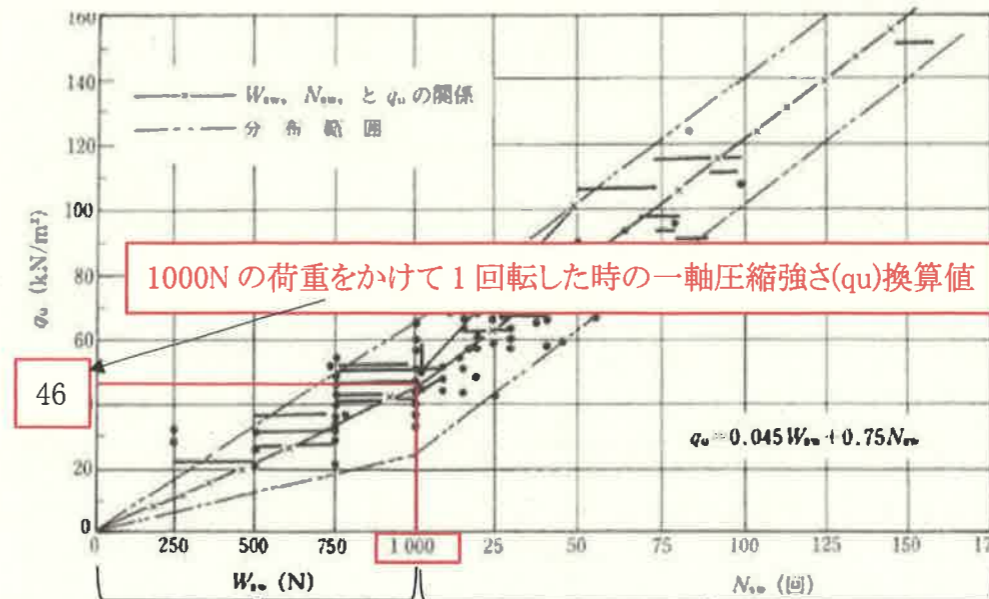


図-4.4.3 一軸圧縮強さと W_{sw} , N_{sw} との関係(稲田³⁾に加筆修正)

錘の荷重 回転数

図-4.4.3 一軸圧縮強さと W_{sw} , N_{sw} との関係(稲田³⁾に加筆修正)

②室内/現場強度比の検証

本工事では、室内/現場強度比についてパワーブレンダー工法技術資料に記載の $\gamma \cdot \lambda$ の範囲($quck=0.3 \sim 0.5 \cdot qul$)より標準的な現場で設定される $\gamma \cdot \lambda = 0.4$ を採用した。

スクリーウエイト貫入試験を行った結果、平面及び深度方向で強度にバラツキがあったことより、バラツキを考慮した現場強度係数 γ 、現場強度の平均値 q_{uf} と室内強度の平均値 q_{ul} の比 λ 、不良発生率を考慮する指標となる係数 K を用いて検証を行うこととする。

固化改良の強度を統計的手法で評価する場合、現場強度が正規分布すると仮定して設計基準強度に対していくらの不良発生率を考慮するかで管理を行う。統計的手法を用いる場合の設計基準強度と現場強度、室内強度の関係を以下に示す。

$$quck = q_{uf} - K \cdot \sigma = q_{uf} - K \cdot V \cdot q_{uf}$$

ここに、 $quck$:設計基準強度

q_{uf} :現場強度の平均値

q_{ul} :室内強度の平均値

K :係数(右図参照)

σ :現場強度の標準偏差

V :現場強度の変動係数($V = \sigma / q_{uf}$)

また、設計基準強度と現場強度の関係は以下のように示される。

$$quck = \gamma \cdot q_{uf} = \gamma \cdot \lambda \cdot q_{ul}$$

ここに、 γ :バラツキを考慮した現場強度係数

λ :現場強度の平均値 q_{uf} と室内強度の平均値 q_{ul} の比

以上より不良発生率を考慮する指標となる係数 K は以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} K &= (q_{uf} - quck) / (V \cdot q_{uf}) \\ &= (q_{uf} - \gamma \cdot q_{uf}) / (V \cdot q_{uf}) \\ &= (1 - \gamma) / V \end{aligned}$$

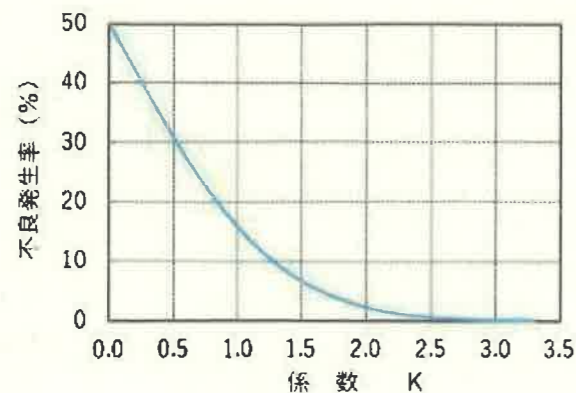


図-6.4.2 係数 K と不良率の関係

出典: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

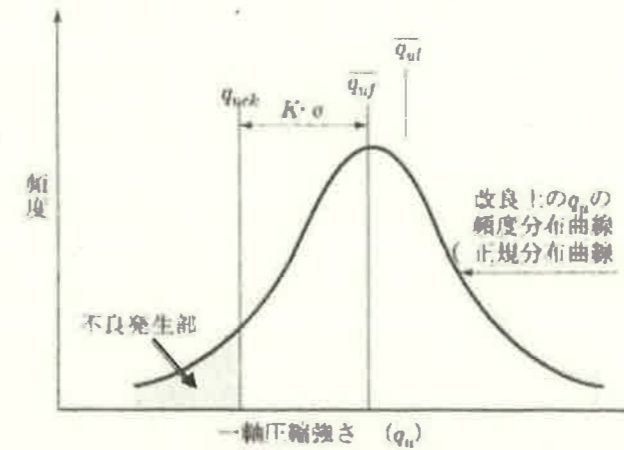


図-6.4.1 設計基準強度と現場強度、室内強度の関係

出典: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

ここで、不良発生率を考慮する指標となる係数 K 毎の試算結果を以下に示す。

$$K = (1 - \gamma) / V$$

条件値: $V=0.23$ (パワーブレンダー工法技術資料記載の羽根切り回数50回/m²時の変動係数)

$\lambda = 0.5$ (陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル記載の範囲(0.5~1)より安全側を用いる。)

$\gamma \cdot \lambda$ 毎の不良率の試算結果

係数	K	0.9	1.3	1.5	2.0	3.0	
不良率		19.2	9.7	6.7	2.3	0.1	係数Kに対応する不良率
強度の変動係数	V	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	羽根切り回数50回/m ²
現場強度係数	γ	0.80	0.70	0.66	0.54	0.31	$\gamma = 1 - K \cdot V$
q_{uf} / q_{ul}	λ	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
室内/現場強度比	$\gamma \cdot \lambda$	0.400	0.351	0.328	0.270	0.155	
		2.5倍	2.9倍	3.1倍	3.7倍	6.5倍	

以上より、室内/現場強度比を小さくすることで不良発生率を下げる可以降低。

したがって、本工事のように宅地利用に供し、目標値が低強度な現場においては、不良発生率をゼロに近づける配合設計が望ましい。

③地下水が改良強度に与える影響

一般的には改良対象土の含水比が高いと固化材により固化した改良強度は小さくなる。これは、固化材が固定しなければならない水の量が多くなるためである。

パワーブレンダー工法のように固化材をスラリーで添加した場合、固化材を粉体で添加する場合と比較して実質的改良対象土の含水比が高い状態とみなすことができる。「セメント系固化材による地盤改良マニュアル」には土中の水分と固化材スラリーに含まれる水の総量を W_t として固化材量 C との比 C/W_t で整理して一軸圧縮強さとの関係が示されている。これによると C/W_t と改良強度は直線関係にあり、 C/W_t が小さくなる(=固化材スラリーに含まれる水の総量が多くなる)と改良強度は低くなることがわかる。

当地区は従前、用水路等が張り巡らされていたが、土地改良により埋め立てられた経緯がある。これらの旧用水路跡地における地下水の流動が C/W_t の値を小さくした可能性がある。

特に、本工事のように改良強度の目標値が小さく、低添加量となる場合には、 C/W_t の低下割合が大きいため、配合設計においてパワーブレンダー工法技術資料に記載の $\gamma \cdot \lambda$ (室内/現場強度比)の範囲 ($qu_{ck} = 0.3 \sim 0.5 \cdot qu_{il}$) は、最小値である $\gamma \cdot \lambda = 0.3$ を採用することが望ましい。

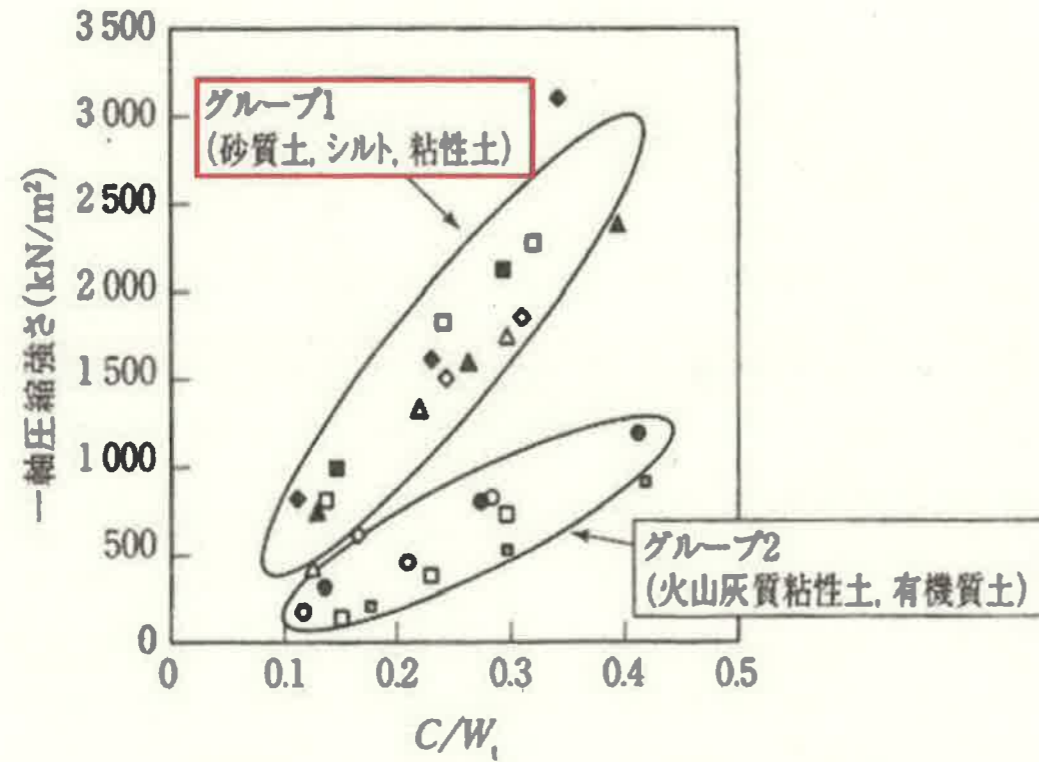


図-2.17 C/W_t と一軸圧縮強さとの関係¹⁷⁾

④改良体内に混入した粘土塊の評価

改良体内に混入した粘土塊の評価について、「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」では改良体の連続性の判定は、全長に対して砂質土で95%以上、粘性土で90%以上であれば健全であると示されている。

また「高圧噴射攪拌工法による地盤改良効果の評価法の提案」では採取したコアの状況から改良をランク分けして、改良構造体の全体系で改良状況の評価方法及び強度推定方法を提案している。

これらを参考に改良の評価方法や配合設計方法の再検討する方法が考えられる。例えば「高圧噴射攪拌工法による地盤改良効果の評価法の提案」では、ランクⅢに分類されたコアに対しては低減係数 $\alpha = 0.5$ を考慮して一軸圧縮強さを評価する手法を提案している。

(1) コアによる調査・試験方法

コアによる調査・試験方法は、所定期間現場養生した改良体をボーリング等によりコアとして採取し、コア採取率の測定や一軸圧縮試験などを実施する。コア採取率は、サンブラーの掘進長に対する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）の割合であり、改良体の連続性を判断する有効な指標となる。未固化部分が改良コラム中にわずかに存在していてもよいが、改良体強度に影響を及ぼすことがないよう全体として確実に固結していなければならない。しかし、改良コラムの固化状況は、コア採取率で確実に把握できるわけではない。現状のサンプリング技術は完全でなく、コア採取率は、サンブラーの種類、採取径はもちろん、ボーリングオペレーターの技量等により左右されることに留意しなければならない。土質や硬さなどを考慮した適切な手法でサンプリングすることが必要である。このため、岩盤の指標^{7), 8)}や実績等^{9), 10), 11), 12)}を参考にコア採取率の実測値や現時点のサンプリング技術を考慮して、採取径を50~100mmとした場合のコア採取率による改良体の連続性の判定は、全長に対して砂質土で95%以上、粘性土で90%以上を一応の目安とすることにした。

コア採取率の目安

出典：建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針

表-1 JG改良状況の評価分類

ランク	I		II		III	IV		V	VI
改良体の評価	改良良好		改良良好		改良不良	改良不良		改良不良	改良不良
コアの図									
目視状況	完全な形で採取。コアは固い。	完全な形で採取。コアは固い。クラックが入る。	改良体中に砂が混入する。	改良体中に粘土を取り込む。コアの形は完全。	角のない改良体が数cmの塊で採取される。	改良体が小さな塊で採取される。	粘土塊に改良体を含む。	コア採取が出来ず、塊がわずかに採取。	採取出来ない。
地中での改良体の想定	完全に置換された改良体。力の伝達のほか、引張にも抵抗がある。		砂・粘土が混ざるが、それらが水平・鉛直方向に連続せず、力の伝達が可能。		角のない改良体が数cmの塊で採取される。	コアとして採取出来ない。広がり具合によっては、力の伝達が不連続となる。			

表-3 提案手法によるコア改良率算定例

事例	設計基準強度	ランクI および II		ランクIII	ランクIV~VI		全体強度評価 \bar{q}_u N/mm ²	設計基準強度に対する評価
		C ₁ I, II	一軸圧縮強さ \bar{q}_u N/mm ²	C ₁ III (推定)一軸圧縮強さ \bar{q}_u N/mm ²	C ₁ IV, V, VI	一軸圧縮強さ \bar{q}_u		
A)	1.00 N/mm ²	44+32 76%	Max 5.29 AV 2.76 Min 0.9	2.76×0.5 1.38 10%	2+0+12 14%	≒ 0	0.76×2.76+0.10×1.38 2.24	1.00 < 2.24 満足
B)	3.00 N/mm ²	45+28 73%	Max AV 4.05 Min	4.05×0.5 2.03 10%	17+0+0 17%	≒ 0	0.73×4.05+0.10×2.03 3.16	3.00 < 3.16 満足
C)	4.10 N/mm ²	36+22 58%	Max AV 6.27 Min	6.27×0.5 3.14 18%	12+7+5 24%	≒ 0	0.58×6.27+0.18×3.14 4.20	4.10 < 4.20 満足
D)	3.00 N/mm ²	45+11 56%	Max 7.89 AV 4.22 Min 3.2	4.22×0.5 2.11 22%	20+0+2 22%	≒ 0	0.56×4.22+0.22×2.11 2.83	3.00 > 2.83 不満足

改良状況の評価分類とランクによる強度の低減方法

出典：高圧噴射攪拌工法による地盤改良効果の評価法の提案

本工事におけるスクリーウエイト貫入試験の結果、調査地点及び調査深度毎で強度に偏りがあったため、改良体内にランクⅠ～ランクⅢに分類されるものが混在していると推察される。したがって目標値が低強度な現場においては、改良体内にランクⅢの状態があっても目標強度が満たされるように、改良体内に混入した粘土塊の評価を導入することが望ましい。

⑤羽根切り回数

施工管理基準で設定されている羽根切り回数 50 回/m² は、羽根切り回数と一軸圧縮強さの実験データより設定されたものである。実験データより、羽根切り回数 37.5 回/m² から 50 回/m² に増やすと変動係数は 0.4 程度から 0.23 となり品質の向上が確認できるが、50 回/m² 以上に増やしても品質の向上に寄与する割合は小さくなる。したがって、羽根切り回数は基準どおり 50 回/m² の設定が妥当と思われる。

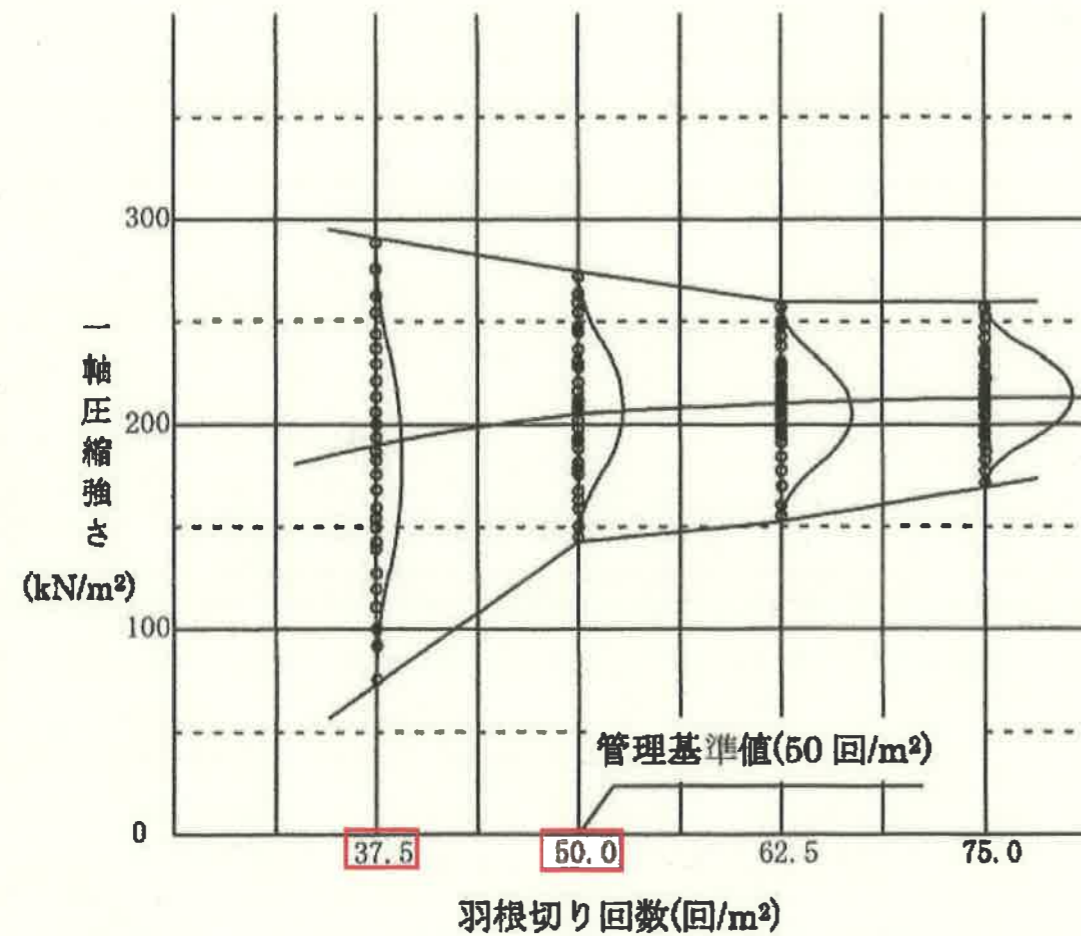


図 4.2-5 羽根切り回数と一軸圧縮強さの実験データ

出典：パワーブレンダー工法技術資料

- ・本工事のように目標値が低強度*な場合の品質確保するために考えられる検証結果を以下に示す。

※宅地利用を踏まえた設計(P.15【改良目標強度】に記載)

検証結果		
① 一軸圧縮試験に必要な強さ (設計基準強度)	一軸圧縮試験の評価による設計基準強度の設定 (固結工法における一般的な評価)	→ スクリューウエイト貫入試験の評価と一軸圧縮試験の評価の両方を見据えた設計基準強度の設定
② 現場目標強度	一軸圧縮試験の評価による現場目標強度の設定 (固結工法における一般的な評価)	→ 改良体内に混入した粘土塊の評価を導入した現場目標強度を設定
③ 室内/現場強度比 ($\gamma \cdot \lambda$)	標準的な値で設定	→ 目標値が低強度で地下水の影響を受けやすい現場においては最小値で設定

① 一軸圧縮試験に必要な強さ(設計基準強度)

当初、スクリューウエイト貫入試験は固結工法において実施できないと想定していたことにより P.31 に示す基準式を採用して一軸圧縮強さを設定していたが、本工事のように目標値が低強度な現場においては、スクリューウエイト貫入試験も見据えて以下に示す基準式を採用することが望ましい。

$$qu = 0.045W_{sw} + 0.75N_{sw}$$

② 現場目標強度

当初、パワーブレンダー工法において、全体を攪拌し均一な改良ができるため、改良体内に混入する粘土塊について評価していなかったが、本工事のように目標値が低強度な現場においては、改良体内に混入した粘土塊の評価を導入することが望ましい。

③ 室内/現場強度比 ($\gamma \cdot \lambda$)

当初、パワーブレンダー工法技術資料に記載の $\gamma \cdot \lambda$ の範囲 ($qu_{ck} = 0.3 \sim 0.5 \cdot qu_l$) において中間値である $\gamma \cdot \lambda = 0.4$ を採用したが、本工事のように目標値が低強度な現場及び地下水の影響を受けやすい現場においては、不良発生率をゼロに近づける配合設計をするため、最小値である $\gamma \cdot \lambda = 0.3$ を採用することが望ましい。

・まとめ

本工事のように目標値が低強度な現場においては、スクリューウエイト貫入試験も見据えた設計基準強度を設定し、改良体内に混入した粘土塊の評価を導入するのが望ましい。さらに地下水の影響を受けやすい現場においては、不良発生率をゼロに近づける配合設計をするため、室内/現場強度比の最小値である $\gamma \cdot \lambda = 0.3$ を採用するのが望ましい。

また、施工後の地盤強度確認は、ボーリングで採取した供試体にて一軸圧縮試験を実施することが望ましく、さらにスクリューウエイト貫入試験で確認を行うべきである。

なお、可能であれば今後は施工現場にて試験施工を実施することが望ましい。

・参考

本工事において検証結果を用いて試算すると以下ようになる。

※長期許容応力度(引渡し基準強度) $qa = 30 \text{ kN/m}^2$

- ① 基準式 ($qu = 0.045W_{sw} + 0.75N_{sw}$) で必要一軸圧縮強さを算出。

$$qu_{ck} \doteq 46 \text{ kN/m}^2$$

- ② 改良体内に混入した粘土塊を評価しランクⅢ相当を許容して低減係数 $\alpha = 0.5$ を考慮した場合の現場目標強度を算出。

$$qu_f = 46 / 0.5 = 92 \text{ kN/m}^2$$

- ③ 最小値である $\gamma \cdot \lambda = 0.3$ で強度計算。

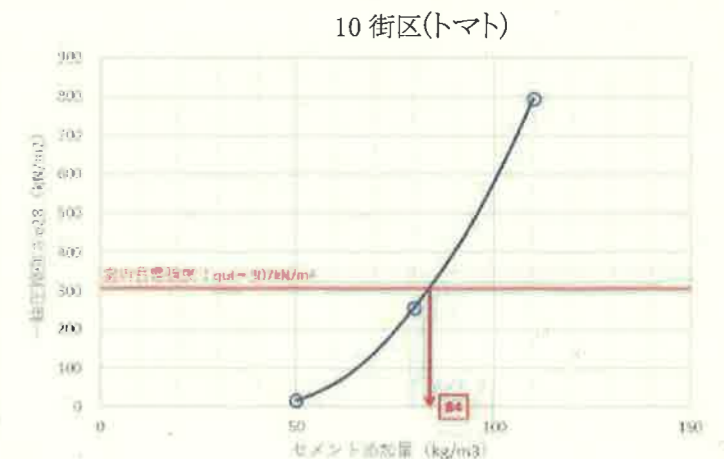
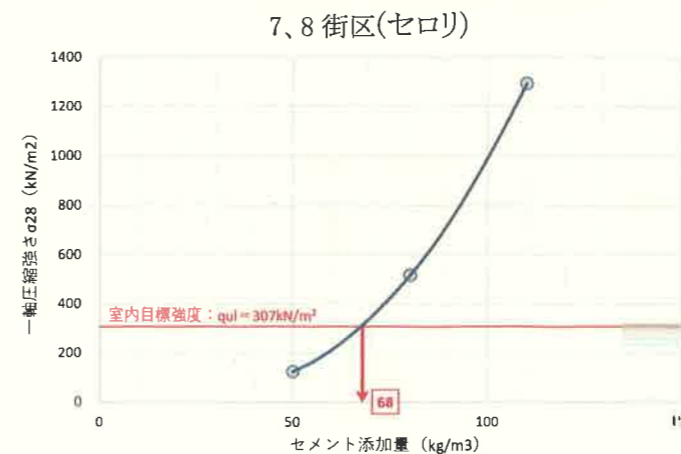
$$qu_l = 92 / 0.3 = 307 \text{ kN/m}^2$$

必要一軸圧縮強さ ($qu_{ck} \doteq 46 \text{ kN/m}^2$) に対して 6.7 倍の室内目標強度となり、不良発生率をゼロに近づける配合設計 (6.5 倍) を満足している。

以上より 7、8 街区(セロリ)及び 10 街区(トマト)の室内配合試験結果から試算した室内目標強度を用いた場合の必要セメント添加量を算出すると以下ようになる。

7、8 街区(セロリ) セメント添加量 70 kg/m^3

10 街区(トマト) セメント添加量 85 kg/m^3



5 学識経験者からの意見

上篠崎一丁目北部土地区画整理事業における地盤改良の検証について

今回の発生事象について、担当者より地盤改良の関係資料の提供、さらには詳細にわたる説明を受けるとともに現場状況を確認した結果、以下のとおり意見を述べます。

1. 地下水の影響

軟弱粘性土地盤や緩い砂地盤が多く分布する我が国では、地盤改良を行う技術がこの半世紀で数多く開発され、適用されるようになってきました。ただし、広い敷地に大型構造物を新設する場合を対象にした技術が主です。市街地内の狭い宅地に適用しようとする、狭い用地でも施工できることや安価であることなどの制約条件が加わります。一方、戸建て住宅を対象にした場合には荷重が軽いため、浅層だけを改良すれば良いこととなります。このような条件を満足する工法としてパワーブレンダー工法が最近住宅地で多く使用されるようになってきました。

この工法では地盤にセメントを混合しますので、施工後に改良した地盤の強度が徐々に上がってくるようになります。その際、地下水位以下の地盤では、強度が発揮される前に地下水の動きなどでセメント濃度が低下しないことが必要となります。今回のケースでは、後述するように施工後に強度が低下したのではないかと考えられますが、その原因は今回施工した箇所には地下水の流れがあつてセメントが希釈されたことが考えられます。

このような施工後の変化に対し、セメントの添加量を上げておくと対処できるわけですが、宅地の場合はガチガチに固めるわけにはいきませんので、適度な添加量にする必要があります。今回の場合は一般に行われている方法で設計され施工されていたわけですが、上記のように施工後に地下水の流れに起因して希釈したのではないかと考えられます。

2. 土質の影響

パワーブレンダー工法では地盤内の土をかき混ぜながらセメントを混合していきます。地盤が砂質土の場合は土がほぐされ易く均質に混ざり易いのですが、粘性土ですと粘着力があるのでほぐされ難いことがおきます。今回の対象地盤では地盤調査結果で GL-4m 程度までは砂質土、それ以下は粘性土となっています。宅地の地耐力を GL-5m まで保証する必要があるため、下部の 1m 分の粘性土と一緒に改良され、その結果、ほぐされない粘性土の塊が残ったものと考えられます。地盤調査結果をもとに、改良の仕方に留意されることが大切と考えられます。

3. 地盤強度確認

パワーブレンダー工法における品質管理方法では、一般に施工後の未固結状態の改良土をサンプリングし一軸圧縮試験を実施します。今回もその方法で強度確認が行われています。ただし、施工後所定の期間経過後に行われたスクリーウエイト貫入試験では、そのような強度が発揮されていない結果となっています。この原因

としては上述しましたように、固結するまでに地下水の影響を受けたのではないかと考えられます。

したがって、このように、施工後に固結するまでに地下水の影響などが予測されるような場合には、地盤強度確認方法として、現場養生後の固結した不攪乱試料を採取し、一軸圧縮試験による強度の確認をすることが望まれます。

以上、今後、低強度を目標とする地盤改良の設計及び施工においては、地下水や土質の状況を入念に調査し、その影響を考慮した上で行う必要があると思われま

す。なお、本委員会による検証報告は、様々な施工環境への対応について、今後の参考になるものと考えられます。

令和4年7月19日

上篠崎一丁目北部土地区画整理事業
地盤改良検証委員会
委員長 立原 直正 様

東京電機大学
名誉教授 安田 進

「上篠崎一丁目北部土地区画整理事業 地盤改良検証委員会」 関係者名簿

【委員】

(委員長)	立原 直正	江戸川区土木部長
(委員)	田中 正淳	江戸川区土木部計画調整課長
	藤戸 潤	江戸川区土木部施設管理課長
	大竹 則之	江戸川区土木部街路橋梁課長
	本多 吉成	江戸川区土木部区画整理課長
	佐京 達也	江戸川区土木部保全課長
	高澤 誠	江戸川区都市開発部建築指導課長

【オブザーバー】

	藤井 沙織	国土交通省関東地方整備局 江戸川河川事務所沿川整備課長
--	-------	--------------------------------

【関係職員】

	大越 盛幸	国土交通省関東地方整備局 江戸川河川事務所沿川整備課専門官
	高橋 博幸	前江戸川区土木部区画整理課長

【学識経験者】
(意見聴取)

	安田 進	東京電機大学名誉教授
--	------	------------

【事務局】

江戸川区土木部区画整理課

「上篠崎一丁目北部土地区画整理事業 地盤改良検証委員会」 審議経過

第一回 令和4年5月17日

- ・地盤改良工事の概要、経緯、試験結果等について
- ・検証スケジュールについて

第二回 令和4年6月15日

- ・配合設計、地下水位、試験結果等について
- ・原因究明及び検証結果(案)について
- ・学識経験者からの意見聴取について

第三回 令和4年7月19日

- ・地盤改良検証報告書(案)について
- ・学識経験者の意見について
- ・報告書の公表について