

FUNC-RES工法のマンション建て替え工事への適用事例

山 黒 寛 矢 三 嶋 伸 也 *1
北 島 明 土 佐 内 優 介

概 要

近年、建物の建替えに伴う新設杭と既存杭の干渉により、既存杭を引抜き、その撤去孔を埋戻す工事が増えてきている。しかし既存杭の撤去孔の処理に関して定められた基準がなく、適切な埋戻し処理がなされなかった場合、その後の新設杭の施工時に孔曲がりによる再施工などの問題が起こりやすい。こうした問題を解決するために孔底に堆積した軟弱土(孔底堆積土)に改良体の体積を補う砂(体積調整砂)と固化材スラリーを加えて攪拌混合し、均質な改良体で既存杭撤去孔を埋戻す工法(FUNC-RES工法)を開発した。

本報告では首都圏のマンション建替え工事において8本の既存杭撤去孔の埋戻しに適用し、その中の4本の改良体について調査を実施した結果を報告する。改良体は概ね目標強度を達成し、均一性も確保できた。また、新設杭施工時には問題なく掘削できることを確認した。

Application example of FUNC-RES method to condominium reconstruction work

Abstract

In recent years, there has been an increase in construction work where removed existing piles need to be backfilled because of the interference between new piles and existing piles due to rebuilding. However, there is so far no established standard for the treatment of backfilling holes, and if they are not processed properly, when constructing new piles after that, problems such as construction delays are likely to occur. To prevent such problems, we have developed a new construction method called “FUNC-RES method” by mixing the mud-soil deposited in the hole, sand for volume increase, and cement slurry on site.

In this report, it was applied to the backfilling of eight existing pile removal holes in condominium reconstruction work, and four of them were investigated. The improved soil achieved the target strength and ensured uniformity. Also, it was confirmed that holes could be excavated without problems when constructing new piles.

キーワード: 既存杭、撤去孔、改良体、
一軸圧縮強さ

*1 建築本部建築統括部

§1. はじめに

背景

建物の建替の際、既存杭は地中に残すことが一般的であるが新設建物の杭と干渉した場合、既存杭を引き抜き、撤去孔を埋め戻す必要がある。しかし既存杭の撤去孔の処理に関して定められた基準はない。一般に流動化処理土を地上から投入する埋戻し方法が採用されることが多いが撤去孔下部に軟弱土が残ってしまう。その場合、新設杭の施工時に孔崩壊や孔曲がりによる再施工などの問題が起こりやすい¹⁾²⁾。

筆者らは孔底に堆積した軟弱土(以下、孔底堆積土と称する)に改良体の体積を補う砂(以下、体積調整砂)と固化材スラリーを加えて攪拌混合し、均質な改良体で既存杭撤去孔を埋戻す工法(FUNC-RES工法)を開発し³⁾、マンション建替え工事に適用した。本報告では既報⁴⁾を再構成し FUNC-RES工法の特徴と適用事例、およびその品質調査結果を示す。

§2. FUNC-RES工法の概要

2.1 工法の概要

建物撤去時の既存杭をケーシングによる縁切・引抜工法で撤去した場合、水を送水しながら杭と地盤の縁切することとなるため、撤去孔下部にはケーシング内部の高含水比の軟弱な孔底堆積土が堆積することとなる。その後、流動化処理土などの改良材で埋め戻した場合、撤去孔内が2層化すると考えられる。その結果、新設杭孔を削孔する際に削孔機先端が軟弱部方向に引き込まれ、孔曲がりが生じ易くなる。

FUNC-RES工法は、孔底堆積土に撤去孔内の不足した体積を補う体積調整砂、固化材スラリーを加え攪拌混合し、撤去孔全長を均質な改良体で埋戻す工法である。

2.2 開発した攪拌装置

撤去孔内部を効率よく攪拌するために攪拌機を製作した。図1に攪拌装置の概要を示す。攪拌装置は既存杭撤去時に使用するケーシングと攪拌機を接続するアタッチメント、先端から固化材スラリーを吐出しながら撤去孔内部を攪拌混合できる攪拌機からなる。攪拌機は攪拌翼、ドラムに接続された固定翼、先端に固化材スラリー吐出口を備えた掘削翼

が交互に配置されている。攪拌翼と掘削翼はケーシングに連動して回転するが、固定翼はドラム外周のドラム回転防止板が孔壁に突き出すことにより抵抗が生まれ回転しない構造となっている。これにより、ケーシングを回転させながら攪拌する際、攪拌機先端部分で固化材スラリーを添加された改良対象土は、ドラム内を通過する時に攪拌翼と固定翼により細断され、塊状の粘性土でも効率良く攪拌混合することが可能である。

2.3 工法の特徴

FUNC-RES工法の特徴として、前述の専用攪拌機を用いることで、地盤を効率よく攪拌・混合でき撤去孔全体を均質な改良体を築造できること、既存杭撤去時に使用するケーシングの先端にアタッチメントを介して攪拌装置を装着できるため専用の重機を必要としないことなどが挙げられる。

また、固化材スラリー配合においては、地盤の種類によらず六価クロム溶出量低減型の固化材を添加量 150kg/m^3 、水/固化材比100%を標準配合とすることも特徴である。改良体の目標強度は既報³⁾⁵⁾で行った実験より、「新設杭削孔時に障害にならない強度」として、一軸圧縮強さ $q_u=200\sim 1300\text{kN/m}^2$ に設定している。

2.4 施工手順

FUNC-RES工法の施工の流れは下記に示すとおりで、そのステップを図2に示す。

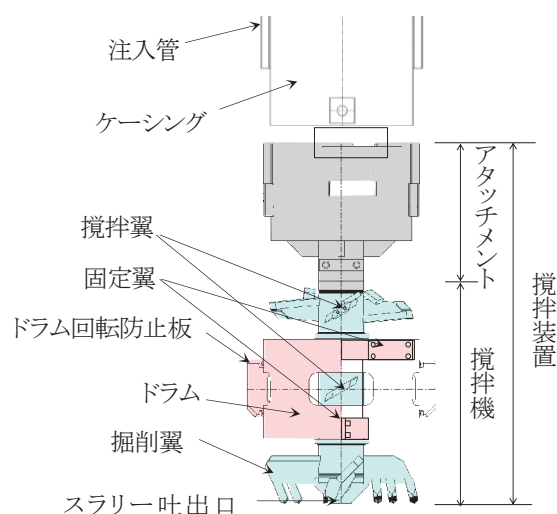


図1 攪拌装置の概略図

FUNC-RES工法のマンション建て替え工事への適用事例

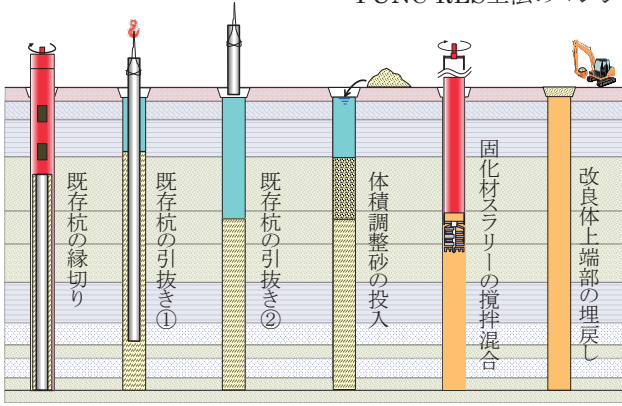


図2 FUNC-RES工法のステップ

- ① 既存杭にケーシングを被せて掘削し縁切りする。
- ② 既存杭にワイヤーを掛けて既存杭を引き抜く。
- ③ 撤去した杭孔に体積調整砂を投入する。
- ④ ケーシング先端を攪拌装置に交換し、空堀を行った後、固化材スラリーを注入しながら攪拌混合する(複数回往復)。
- ⑤ 改良体の上端を改良土などで埋め戻す。

§ 3. 適用現場概要

3.1 工事概要

適用したマンション建替え工事では新設杭22本のうち5本が既存杭と干渉するため、8本の既存杭を縁切・引抜工法で撤去後、FUNC-RES工法による埋戻しを行った。図3に既存杭と新設杭の位置、図4に代表的な土質柱状図、N値と既存杭と新設杭の断面図、表1に既存杭、新設杭、改良体の各諸元を示す。

3.2 施工歩掛り

FUNC-RES工法適用時のタイムサイクル例として、改良体③のタイムサイクルを図5に示す。まず、撤去孔内を空堀として1往復し2層化している孔底堆積土と体積調整砂を予備攪拌する。次に固化材スラリー所定量注入しながら0.5往復攪拌する。最後に1.5往復攪拌し、合計3往復攪拌混合を行った。なお、ケーシングは掘進時を正転、引上げ時を逆転で回転させている。

この一連の作業に要した時間は平均で1時間30分(最速:1時間10分、最遅:2時間13分)であった。この他に体積調整砂の投入やケーシング先端への攪拌装置の取付け等の作業が必要のため、最も簡易な流動化処理土を地上から投入する埋戻し方法と比較して17mの既存杭1本あたり2時間30分程度追加が必要だと考えられる。

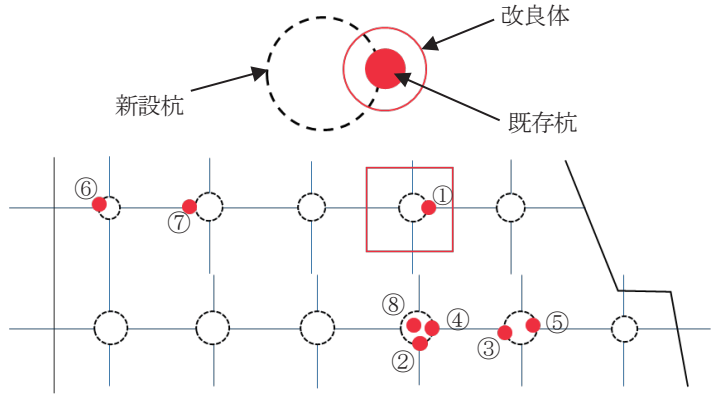


図3 既存杭と新設杭の位置図

表1 既存杭と改良体の諸元

改良体No.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
既存杭径(m)	0.45							
既存杭長(m)	13	13.1	13.1	6.2	15.2	11	12.2	10.6
ケーシング径(m)	1.0							
改良体長(m)	16.0	16.3	16.5	16.5	16.8	17.0	16.5	16.5
孔底堆積土(m ³)	9.5	9.7	5.2	8.7	9.9	9.1	6.6	5.0
体積調整砂(m ³)	1.0	1.0	5.6	2.1	1.1	2.0	4.2	5.8

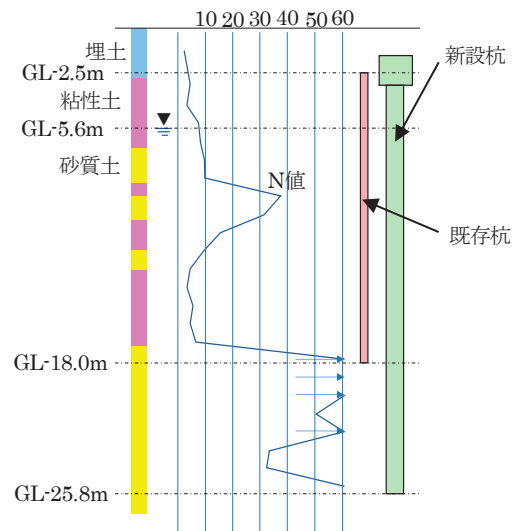


図4 代表的な土質柱状図と断面図

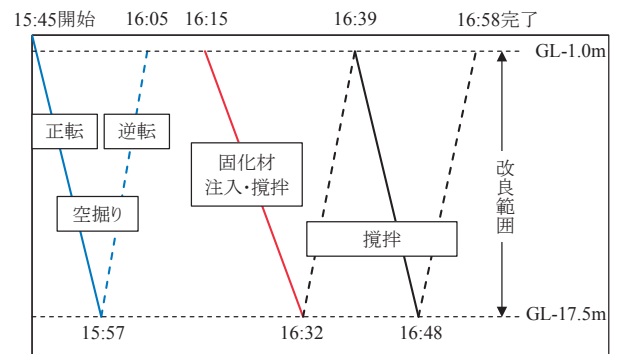


図5 FUNC-RES工法のタイムサイクル例(改良体③)

§ 4. 改良体の品質調査

4.1 品質調査の概要

FUNC-RES工法では改良体30本あたり1回以上、未固結試料を所定の深度から採取し、一軸圧縮試験等の品質管理試験を実施する。試料は5cm×10cmの供試体を作成し恒温恒湿条件下で所定の期間養生する。

本現場では図6に示す改良体②、③、④、⑧の4本から未固結試料を採取し供試体を作製した。改良体②はGL-4m,

-9mの2ヶ所、改良体③はGL-1m,-4m,-9m,-12mの4ヶ所、改良体④、⑧はGL-4m,-9m,-12mの3ヶ所ずつ、計12ヶ所の供試体で一軸圧縮試験とふり分け試験を実施した。それぞれの改良体について改良前の深度検測から推定した孔底堆積土と体積調整砂、固化材添加量、改良体長を表2に示す。また改良体②、③では改良後約1ヶ月の養生期間において標準貫入試験とボーリングによるコア試料の採取も実施した。

4.2 改良体の深度～強度の関係

改良体の一軸圧縮試験における養生日数28日の深度～一軸圧縮強さ(q_u)関係を図7(a)～(d)に示す。改良範囲はGL-1m～-17m(赤点線)である。改良体の一軸圧縮強さは未固結試料による供試体、コアボーリングによる供試体共に概ね目標強度内に収まっていることがわかったが一部で目標強度から逸脱している供試体も見受けられた。

改良体②のGL-9mの未固結試料において目標強度を下回っている。これは未固結採取した際の試料が他の試料よりも含水比が明らかに高くなっており、コアボーリング試料においては同一深度で目標強度を達成していることから、GL-9m地点の未固結試料は採取出来ず、改良体上部の上汲み水を採取したためだと考えられる。また改良体②、③のコアボーリング試料においても目標強度を下回っている試料があるが、これは供試体に多数のクラックが確認されており、供試体採取時の乱れが原因であると考えられる。

改良体②および③について実施した標準貫入試験における養生日数28日の深度～N値関係を図8(a)(b)に示す。いずれも改良体上部にN値の低い部分が見られるが、これはブリーディングによる影響だと思われる。しかし新設杭削孔時には地表面近くの軟弱部は孔曲がりの原因にはならないため、実施工においては問題ないと思われる。

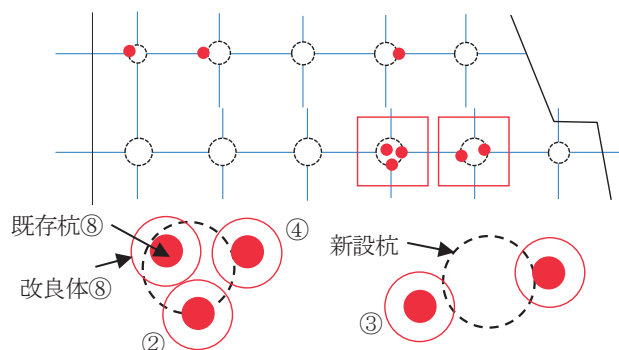


図6 調査した改良体の位置図

表2 調査した改良体の諸元

改良体No.	②	③	④	⑧
孔底堆積土 (m ³)	9.7	5.2	8.7	5.0
体積調整砂 (m ³)	1.0	5.6	2.1	5.8
固化材添加量 (kg)	1600	1620	1620	1620
改良体長 (m)	16.3	16.5	16.5	16.5

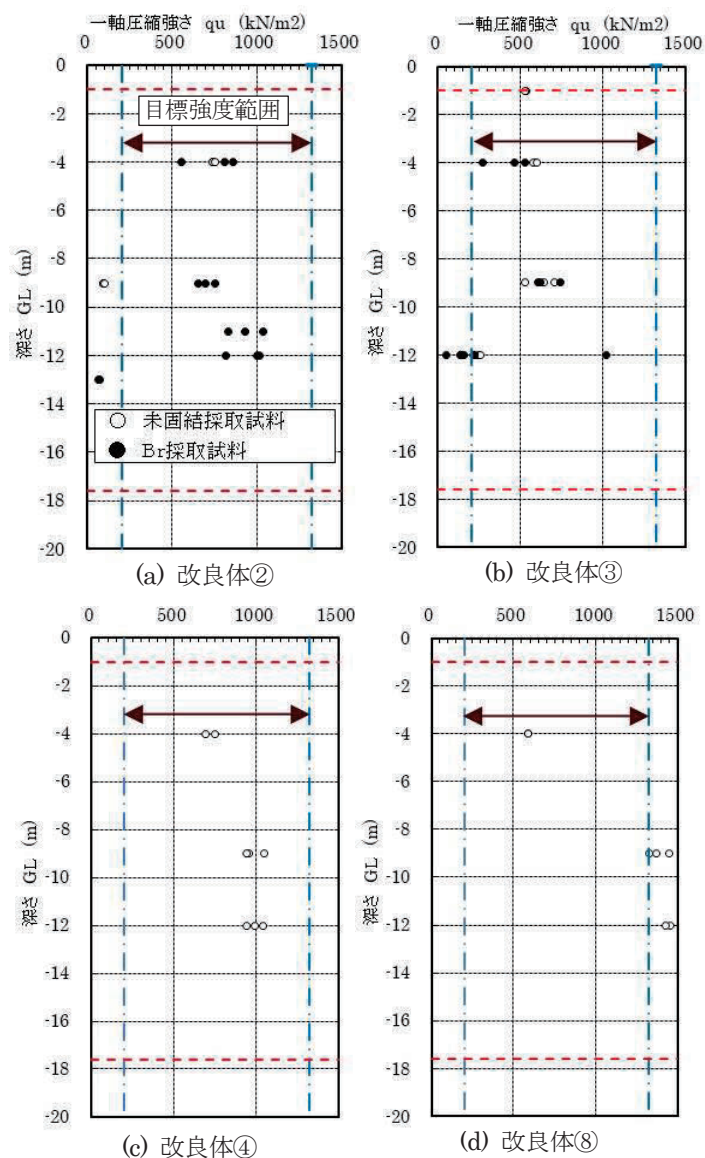


図7 改良体の一軸圧縮強さ～深度関係

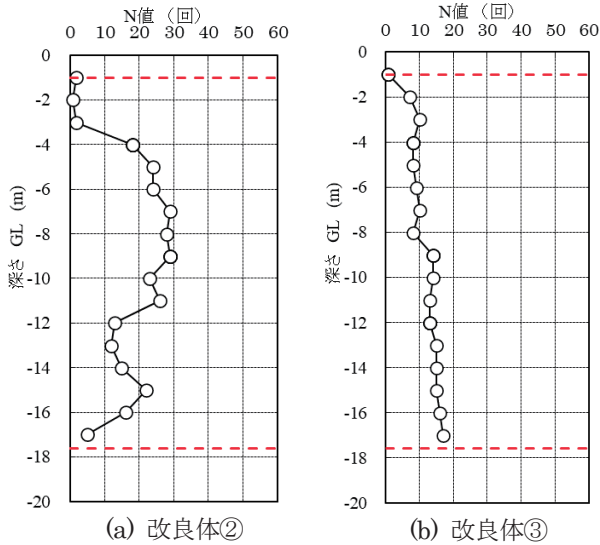


図8 改良体の深度～N値関係

4.3 改良体の強度～養生日数の関係

改良体③から採取した試料の養生日数～一軸圧縮強さ (q_u) 関係を図9に示す。28日養生では平均で $q_u = 567\text{kN/m}^2$ 、7日養生で平均 $q_u = 338\text{kN/m}^2$ 、4日養生でも平均 $q_u = 250\text{kN/m}^2$ となっており、すべて目標強度の範囲内に収まっていることが確認できる。一般的に既存杭の撤去から新設杭の打設までに1週間以上は期間があることから、実際の現場においても十分な養生期間を確保でき、強度発現には問題ない。

4.4 改良体の均一性の評価

改良体の均一性を評価するため未固結試料による、ふるい分け試験を行った。図10(a)～(d)は各改良体の粒径加積曲線を示す。なお、改良体②、③は未固結試料で採取出来なかった改良体先端(GL-17m)地点を標準貫入試験時に採取した試料のふるい分け試験結果で補完している。

同一の改良体から採取した供試体の粒度分布は未固結試料、ボーリング試料ともにほぼ一致しており、深度による粒度分布の偏りが無いことから、撤去孔内全長にわたって均質な攪拌混合がされていると判断できる。

改良体②、③、④、⑧の改良前の孔内深度測定から推定した孔底堆積土、体積調整砂の推定量、細粒分含有率、GL-4m付近の平均一軸圧縮強さを表3に示す。改良対象土(孔底堆積土+体積調整砂)に占める体積調整砂の割合が10～20%前後である改良体②、④では細粒分含有率(F_c)が50%以上であるのに対して、堆積調整砂の割合が50%前

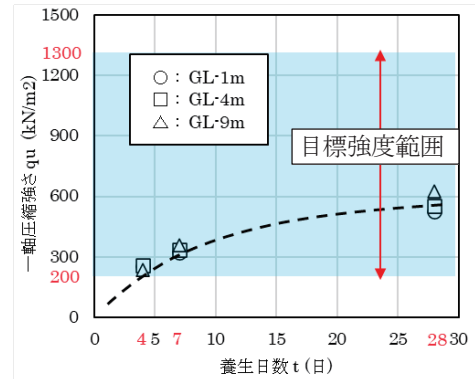
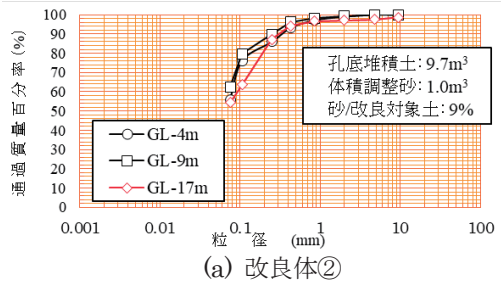
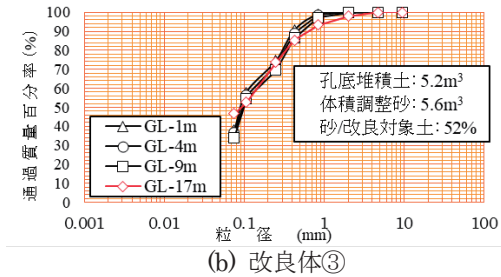


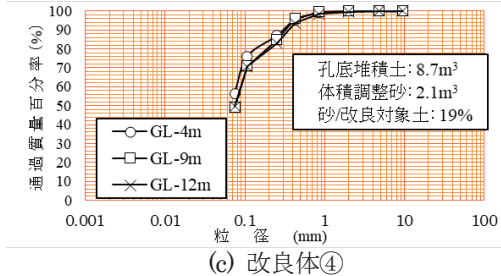
図9 改良体③の強度～養生日数



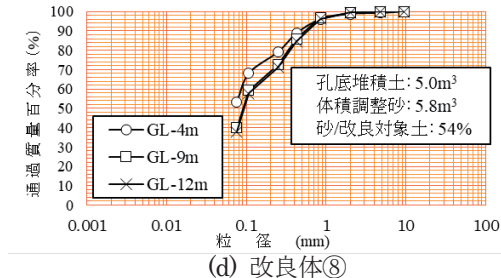
(a) 改良体②



(b) 改良体③



(c) 改良体④



(d) 改良体⑧

図10 各改良体の採取深度による粒度分布の比較

表3 各改良体の粒度と平均一軸圧縮強さ

改良体No.	②	③	④	⑧
孔底堆積土 (m³)	9.7	5.2	8.7	5.0
体積調整砂 (m³)	1.0	5.6	2.1	5.8
改良対象土 (m³)	10.7	10.8	10.8	10.8
砂/改良対象土 (%)	9.3	51.9	19.4	53.7
細粒分含有率(F_c) (%)	59.3	38.2	51.8	43.8
一軸圧縮強さ (kN/m²) GL-4m付近	743	506	663	586

後の改良体③、⑧では F_c が40%前後であり、投入する体積調整砂によって粒度分布が影響を受けることがわかる。

また、細粒分含有率(F_c)が高いことにより一軸圧縮強さが極端に下がってしまうなどの問題も懸念したが、いずれも目標強度の範囲内に収まっていることを確認できた。

§5. 新設杭の施工精度

本工事ではFUNC・RES工法で埋戻した既存杭撤去孔と干渉した新設杭5本において、計画時の掘削位置と実際に施工された掘削位置の掘削ズレ量を測定した。図11(a)~(e)に既存杭と新設杭の位置関係と掘削ズレ量と計測方向を示す。また図12のように改良体と新設杭の重なった部分をラップ距離と定義している。

各新設杭において計画深度まで掘削した時点での地表面の掘削ズレ量を表4に示す。いずれも掘削ズレ量は $\pm 50\text{mm}$ 以内であり許容値($\pm 100\text{mm}$ 以内)を満足し、掘削時の傾斜も1/200以内であったため、再掘削の必要はなく、高精度で施工可能であることを確認できた。また、目標強度を上回る一軸圧縮強さが発現した改良体⑧を含む新設杭No.18の杭孔も問題なく削孔できることを確認した。

§6. 終わりに

FUNC・RES工法を適用し得られた結果を以下に示す。

- ・ 杭長約17mの既存杭の場合、従来工法と比べ一本あたり約2.5時間程度追加で施工時間が必要であるが、再施工が必要な場合と比べると工期が短くなる。
- ・ 改良体の一軸圧縮強さ q_u は一部目標を上回ったが概ね目標強度($q_u=200\sim 1300\text{kN/m}^2$)を達成した。
- ・ 同一改良体の粒度分布は深度によって変化はなく、改良体全長にわたって均質に攪拌されていることが確認できた。
- ・ 新設杭孔の掘削は一軸圧縮強さが目標範囲を上回った改良体を含め、問題なく削孔できることを確認した。

謝辞 工法の現場適用にあたり、日本コンクリート工業株式会社 千種信之様 長谷川琢磨様には貴重なご意見とご指導を賜りました。ここに記して感謝いたします。

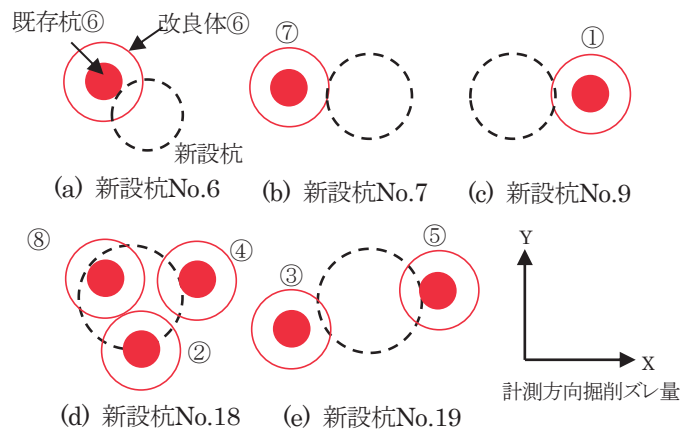


図11 既存杭・改良体・新設杭の位置図と計測方向

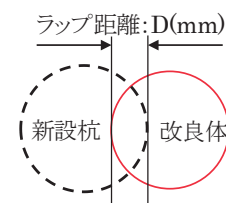


図12 ラップ距離の定義

表4 新設杭施工時の掘削ズレ量

新設杭No.	6	7	9	18	19	
改良体径(mm)	1000					
新設杭削孔径(mm)	1100	1100	900	1300	1300	
干渉する改良体番号	⑥	⑦	①	②④⑧	③⑤	
ラップ距離(mm)	243	5	60	② : 450 ④ : 268 ⑧ : 764	③ : 79 ⑤ : 278	
掘削ズレ量(mm)	X方向	-50	20	-30	0	20
	Y方向	0	-10	-30	-20	-20
	斜距離	50.0	22.4	42.5	20.0	28.3

参考文献

- 1) 古垣内靖、矢島淳二: 新設杭を構築するうえでの既存杭撤去後の埋戻し方法とその注意点、建築技術、(財)建築技術出版、pp.104~107、2018.7
- 2) パイルフォーラム: 既存杭の引抜き処理と新設杭の施工における問題、パイルフォーラム(第9回)技術交流会資料、2017.11
- 3) 三嶋伸也ほか: 既存杭撤去孔の固化材スラリー注入攪拌改良工法(FNC-R工法)の開発 その1、その2、建築学会梗概集、2020.9 日本建築学会: 鉄筋コンクリート基礎高造部材の耐震設計指針(案)・同解説、2017.3
- 4) 三嶋伸也ほか: 既存杭撤去孔の固化材スラリー注入攪拌改良工法(FUNC-RES工法)の現場適用事例 その1~3、建築学会梗概集、2022.9
- 5) 土佐内ほか: 既存杭引抜き撤去後の孔底堆積土の改良を模擬した各種改良土の一軸圧縮試験結果、第55回地盤工学研究発表会、2020.7

ひとこと

今回、工法の現場適用で新設杭の施工精度が高い水準で確保できました。今後は多くの現場に適用し施工実績を増やしていきたいと考えております。



山黒 寛矢