

中層混合処理工法における高深度改良機の開発およびその品質確認 (その 1-改良機の開発とその施工方法)

新日本グラウト工業株式会社	正会員	○市坪	天士
三信建設工業株式会社	正会員	島野	嵐
道路工業株式会社	正会員	蔵谷	誠二
株式会社エステック	正会員	中馬	忠司

1. はじめに

小型機による高い機動性、矩形改良体による効率的な改良体配置等から、低コストな中層混合処理工法が多く用いられている。その一種であるスラリー揺動攪拌工は砂礫地盤にも対応可能な工法として、これまで深度 10m 程度までのセメント系改良に用いられてきた。本稿では深度 13m に対応すべく開発した改良機の性能実験結果と高深度化に伴う効果的な施工方法として①上部層、下部層ともに同一の配合を添加した（以下、上下 1 層改良）現場と②上部層と下部層との異なる土質に各々適量の固化材を添加した（以下、上下 2 層改良）現場の検証結果およびその考察について報告する。

2. 高深度対応機の開発

(1) 改良機の開発

本技術はバックホウ型ベースマシンを用いることで機動性を向上させたものであるが、反面、大型三点支持式スラリー攪拌機のように長大なリーダーの装着やロッド継ぎ足しによる高深度化をはかることが困難である。従来のバックホウのダンピングリーチ（アーム先端部の振り上げ時の高さ）は 1.4 m³クラスで 8～9m 程度であり、本技術にて装着可能な攪拌装置の長さも 9～10m 程度に限定されていた。

そこで、攪拌装置の軽量化やベースマシンの強化を図り、安全かつ 13m の高深度に対応可能な 3 タイプの改良機の開発を行った（写真 1 参照）。

type1：従来型 1.4 m³クラスベースマシン＋屈曲可能攪拌装置（上部 4m＋下部 9m＝13m）

type2：ブーム・アーム延長強化型 1.4 m³クラスベースマシン＋13m 攪拌装置

type3：2 ピースブーム 1.9 m³クラスベースマシン＋13m 攪拌装置



写真 1 高深度型改良機（左より type1, type2, type3）

(2) 実大実験

写真 2 全長コアボーリング（フェノール散布）

実験対象地盤は N 値 0 の貝殻混じり粘土を主体としていた。

実験では最も掘削能力が劣ると推測される type1 改良機を用いて実施した。改良後の全長コアボーリング（写真 2 参照）をみると、コア採取率 97%を超える連続性の高い 13m の改良体が確認された。

キーワード 地盤改良，中層混合処理工法，小型機械，2 層改良

連絡先 〒005-0817 北海道札幌市南区川沿 17 条 2 丁目 4-14 道路工業(株)地盤改良営業所 TEL 011-571-0831

3. 施工方法の現場検証

本技術は先端攪拌ロータリー式を採用している．そのため，上下層を同時に攪拌できるトレンチャー式改良とは異なり，所定の固化材を攪拌注入後に再度先端攪拌翼を上下させ上下層を均質に混合させる工程（以下，全体攪拌）を必要とした（実証現場①）．また，実証現場②では逆に本技術が先端攪拌ロータリー式であることを利用し，上下2層改良を行うことにより固化材添加量の低減を期待した．

(1) 上下1層改良の品質確認事例

実証現場①における改良深度 10m の改良体の一軸圧縮強度および変動係数¹⁾を表1に示す．改良対象土は上部 2.5m が人工盛土，2.5m 以深が礫混じり砂質シルト，強風化片岩からなる自然地盤で構成されていた（図1の左）．変動係数は上部盛土で 13.2%，下部自然地盤で 20.7%と均質な値を得ている．また，上下層全体でも 25.9%と従来技術²⁾と比べ同等以上の値を示している．これにより，全体攪拌による上下層の改良体の均質化への効果が確認できた．

(2) 上下2層改良の施工仕様

実証現場②の改良対象土の上部約 7m までは N 値 0 の腐植土混じり粘性土・泥炭，下部 7～13m は N 値 2～6 の粘性土を主体としていた（図1の右）．そこで土質境界の不陸や攪拌翼径を考慮し，上部 8.3m までを 120kg/m³，下部 8.3～13.0m を 85kg/m³の2種類の添加量にて施工するものとした．改良機は前述の type2 高深度対応改良機を用いた．また，上下2層改良の品質向上を図るために専用管理装置にて各々の注入量を把握可能にした（図2参照）．

(3) 上下2層改良の一軸圧縮強度と変動係数

全長コアボーリングを3本採取し39供試体の一軸圧縮試験を実施した．その結果を表1に示す．その結果，すべての供試体が目標強度を満足した．さらに，上部層の変動係数 18.9%，下部層の変動係数 17.5%，上下層全体で 19.4%と，添加量を減じた下部層においても上部層と同程度の強度を有する深度 13m の改良体が造成された．これにより，上下2層改良による固化材量の低減効果が確認できた．

4. まとめ

実大実験によりスラリー揺動攪拌工において深度 13m の改良体造成が可能であることが確認できた．また，改良体の均質化に対する全体攪拌の効果および固化材低減に対する上下2層改良の一定の効果が確認できた．

今後はさらに多くの高深度改良における上下1層改良と上下2層改良のデータ集積を行い，両者の効果的な使い分け手法の確立やさらなる改良体品質の向上に向け研究開発に取り組む所存である．

参考文献

- 1) (一社) 日本建設機械施工協会：建設技術審査証明報告書 WILL 工法，pp84,平成 25 年 5 月
- 2) 地盤工学会：地盤改良効果の予測と実際，pp215-216，平成 12 年 2 月

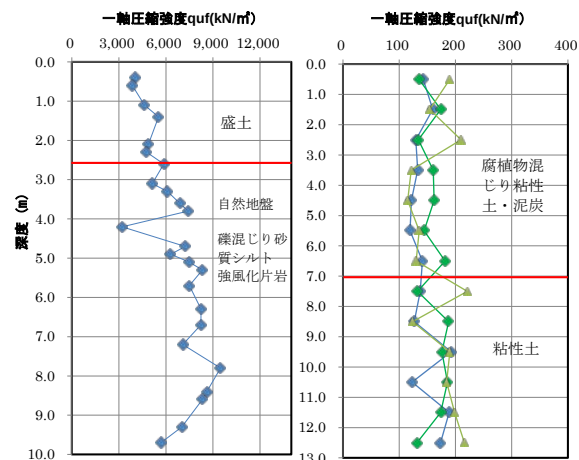


図1 改良深度と一軸圧縮強度の相関

(左：実証現場① 右：実証現場②)

表1 一軸圧縮強度と変動係数

現場 施工方法	実証現場①			実証現場②		
	1層改良			2層改良		
	A 盛土	B 自然地盤	全深度	A 腐植土混じり 粘性土・泥炭	B 粘性土	全深度
対象土						
改良厚さ (m)	2.5	7.5	10	8.3	4.7	13
固化材添加量 (kg/m ³)	150	150	—	120	85	—
目標一軸圧縮強度 (kN/m ²)	922			100		
平均一軸圧縮強度 (kN/m ²)	4,615	7,058	6,472	150	172	158
	B/A 1.5			B/A 1.1		
変動係数 (%)	13.2	20.7	25.9	18.9	17.5	19.4

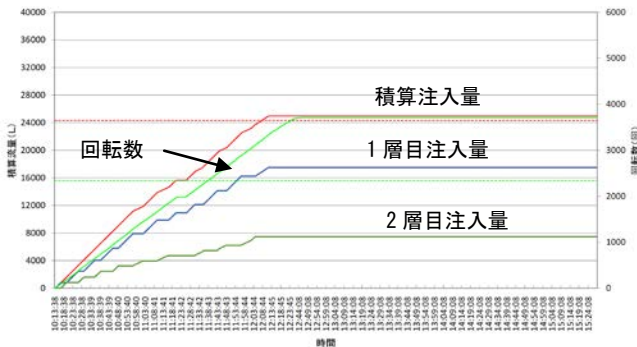


図2 注入量・回転数チャート事例