

中層混合処理工法（Eight 工法）の開発（その1）

日本基礎技術(株) 正会員 上村 一義 秋本 浩平
日本基礎技術(株) 正会員 東芝 崇 ○金子 広明

1. はじめに

近年、軟弱地盤を改良する機械式攪拌混合処理工では改良長 10m 程度の市場が増えている状況である。通常の機械式深層混合処理工法とは異なり、改良長 10m 程度では、バックホーベースの施工機械に特殊攪拌装置を搭載した中層混合処理工法として扱われている。本編では、原位置攪拌式タイプの中層混合処理工法を開発するに当たり事前室内模型実験、基礎的実証実験を通して実施した開発概要を報告する。

2. 室内模型実験

(1) 模型実験装置の概要

改良土の攪拌流動状況を事前に把握する目的で写真-1 に示すような 1/8 モデルの模型攪拌装置を作成した。実験方法は、ビーズを用いた模擬地盤を作成し、改良土の左右軸間の攪拌流動状況を把握する目的で赤と青の色の違いのビーズを 15 個ずつ用意して、その移動量を調べた。

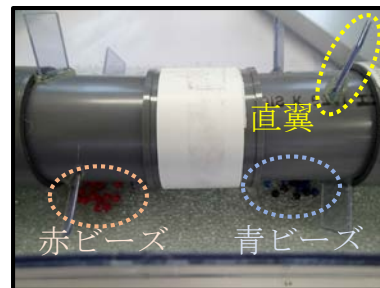


写真-1 模型攪拌装置

(2) 実験の組み合わせ（モデル）

実験モデルを作成するにあたっては、事前に図-1 に示すような 3 次元シミュレーションから 2 種類の攪拌翼形状（直翼・ブーメラン翼）、翼配置、取付角度、取付方向、回転方向を考慮して実施した。なお、翼配置とは 5 枚翼を等分布配置(タイプ 1)、6 等分して 1 箇所開けて 5 枚翼を配置(タイプ 2)、4 枚翼のブーメラン配置(タイプ 3)とし、取付方向とは同一方向の配列 (FF) と反対方向も取り入れた配列 (FR) とした。

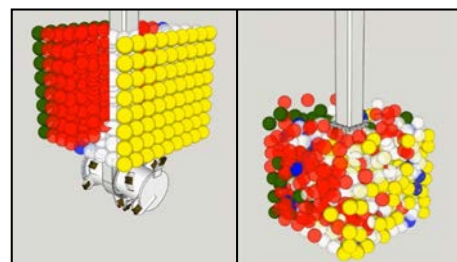


図-1 3D シミュレーション

(3) 室内模型実験の結果

左右軸への攪拌流動状況を把握する目的で、赤と青ビーズの移動量を調査し、移動量が多いものを攪拌混合状態が優れていると評価した。写真-2 に移動量の状況を示す。

実験モデルとビーズ移動量の結果を表-1 に示す。その結果、モデル 3 のタイプ 2 の 5 枚配置の直翼、取付角度 15 度、同一方向取付と、モデル 8 の 4 枚配置のブーメラン翼、取付角度 15 度、同一方向取付の組み合わせが優れていた。この理由としては、翼配置は、等分布に取り付けず、土の流れを誘導する弱部を作った効果、また、取付方向に関しては同一方向の方が土の流れが阻害されずに移動したためと考えられる。



写真-2 移動後の状況

表-1 実験モデルと結果

モデル	翼形状	翼配置	翼角度	取付方向	移動量
1	直翼	タイプ 1	15 度	FF	10%
2				FR	7%
3		タイプ 2		FF	57%
4				FR	13%
5			30 度	FF	43%
6		45 度	FF	7%	
7			FR	10%	
8	ブーメラン翼	タイプ 3	15 度	FF	67%

3. 基礎的実証実験

(1) 実証実験の概要

基礎的実証実験は、室内模型実験結果に基づいて、攪拌翼は表-1 に示すモデル 3 の直翼とモデル 8 のブーメラン翼（1.0m×1.3m の矩形断面）とし、打設長 5.0m、改良長 2.5m（空打長 2.5m）の改良体を 10 本造成した。試験改良体の対象地盤は、図-2 に示すように埋土、有機質粘性土と粘性土となっている。

キーワード：地盤改良、中層混合処理、模型実験、実証実験、中圧吐出

連絡先：〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷 1 丁目 1-12 日本基礎技術(株) 技術本部 TEL：03-5365-2500

(2) 基礎的実証実験の組み合わせ(ケース)

実証実験は、施工速度（貫入 0.8m/分、引抜 1.0m/分）、回転速度（30rpm）、セメント添加量（200kg/m³）は一定にして、攪拌翼の形状、回転方向、吐出圧力を変化させた。また、粘性土の攪拌翼への付着低減のために混和剤、バブル水を用いて、表-2 に示す組合せで行った。なお、吐出圧力は低圧吐出と閉塞防止の観点から 1MPa 程度の中圧吐出とし、図-3 に示す回転翼左右の回転方向による土の流動イメージを考慮して最適な組み合わせを行った。

(3) 実験結果

施工中は速度、抵抗値、スラリーのリーク状況等を調査し、施工後は品質確認としてコア観察と強度試験を実施した。

①施工性の確認：貫入・引抜速度、抵抗値は、どの実験ケースも遜色なかった。なお、直翼では内回転で貫入すると、ロッド周辺を伝って、地上部へのスラリーのリーク現象が発生した。また、混和剤等による顕著な付着低減効果はなかった。

②品質の確認：深度 2.5～5.0m間を対象にオールコアサンプリングを行い、改良体のコア状況とコアの一軸圧縮強度試験を実施した。コア採取率と強度試験結果を図-4 に示す。改良体の連続性を示すコア採取率は、貫入時が外回転のケース 1、2 と、ブーメラン翼のケース 9 が 90%以上と良好であった。また、コア強度は、内回転は外回転より低く、コア強度比(コア強度, q_{uf} / 室内強度, q_{ul}) では、ケース 2, 6 及びブーメラン翼のケース 8 が 0.33 (=1/3) ¹⁾ 以上と良好であった。その他、低圧吐出では、コア強度並びにコア採取率も低かった。

※：1) において、【 $q_{uck} = \gamma \cdot \lambda \cdot \overline{q_{ul}}$ 、 $\gamma \cdot \lambda = 1/3 \sim 1/4$ 】と記されており、1/3 を採用した。

4. まとめ

一連の室内模型実験及び基礎的実証実験から以下のことが判明した。

- ①攪拌翼は、取付角度 15 度、同一方向取付、6 等分して 1 箇所開けた 5 枚配置の直翼が最適である。
- ②攪拌翼の回転方向は、貫入・引抜時ともに土の流れが外向きになる回転方向で実施すると、品質面で良好な結果となった。
- ③吐出圧力は中圧吐出方式にすることで、品質の向上とノズルの閉塞防止に寄与する。
- ④ブーメラン翼は、加工の難しさや破損しやすいなどの懸念事項があり、実施工では不向きである。

参考文献

- 1) (財) 土木研究センター：陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル, pp.72-73, 2004.
- 2) 東芝, 他：中層混合処理工法 (Eigth 工法) の開発 (その 2), 土木学会第 77 回年次学術講演会, 2022.09

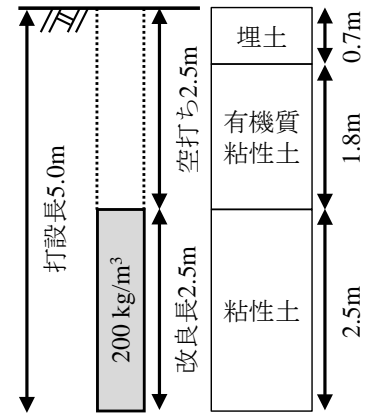


図-2 地盤条件

表-2 施工実験条件

ケース	翼形状	貫入	引抜	吐出圧	付着低減
1	直翼	外	内	中圧	—
2		外	外		
3		内	内		
4		内	外		
5		外	内		
6		外	内		
7	ブーメラン翼	外	内	低圧	—
8		内	内	中圧	—
9		内	外		バブル水
10		内	内		バブル水

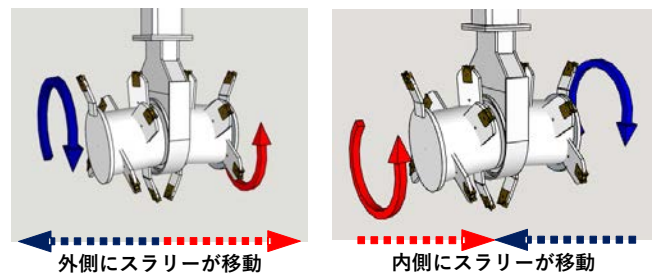


図-3 土の流動イメージ

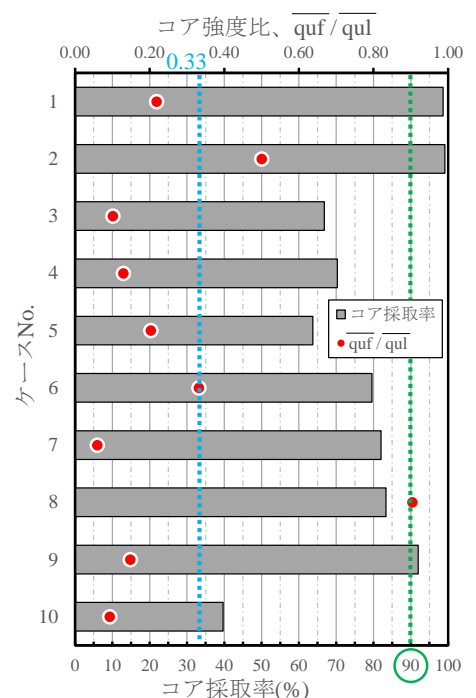


図-4 コア採取率とコア強度比