

杭抜き孔の復元に関する研究

東京都市大学 学生会員 安達 亘

1. はじめに

1955 年から 19 年間で日本に高度経済成長期が訪れ、多くの建築物やインフラ設備が作られた。近年これらの建て替え需要が増加している¹⁾。建築物建て替え工事において杭の引抜き後に形成される孔の復元手段として、流動化処理土による埋め戻しがある。しかし流動化処理土を用いる際の課題として、埋め戻しの際に十分に攪拌ができず、材料分離を起こしたり固化後の強度にムラが生じたりすることがあげられる。埋戻し部の強度が原地盤に対して過大もしくは過小、さらに未固化の場合、その後新設杭の施工時、新設杭の施工性や品質に影響を及ぼすことが懸念される。そのため本研究では流動化処理土の効果的な攪拌方法の提唱を目的とし、オーガーによる攪拌効果の確認のために模型実験を行い、結果データより各ケースの攪拌性能の評価を行った。

2. 模型実験

現場で使用されている攪拌翼や既存杭引抜き後の孔の大きさを 1/16 倍に縮小した模型土槽とオーガーを用いて実験を行った。土槽内を代替液体で満たし、液体と同等の比重のターゲットを液中に設置した。その後オーガーにより 1 分間攪拌を行いターゲットの様子を観察した。図-1 に実験に使用する土槽とオーガーの寸法を示す。流動化処理土の代替液体には、粘度及び密度と攪拌翼による回転の関係性を考慮し、レイノルズの相似則を利用し検討した結果、流動パラフィン S-150 を使用した。下記にレイノルズの相似則を示す。

$$\frac{Re_p}{Re_m} = \frac{\rho_p \cdot n_p \cdot d_p^2 / \mu_p}{\rho_m \cdot n_m \cdot d_m^2 / \mu_m} = 1 \quad (1)$$

ρ : 泥土密度(kg/m³), n : 回転数(rps), d : 翼スパン(m), μ : 粘度(Pa・s)

表 1 に実験で使用した値を示す。また、動力には日立変速ドリル D13VF を使用し、ターゲットにはポリプロピレンシートと硬質塩化ビニル板を張り合わせて比重を調整したものを使用した。

表 2 に実験ケースを示す。オーガー径を変えた際の攪拌による孔内の挙動を比較するために、オーガーには 40mm, 60mm の 2 種類を用意した。なお、回転数は 1.7rps と 2.5rps を用い、回転数とオーガー径を変えた 4 ケースの実験を行った。また、オーガーを上下に動かした際の攪拌効果を確認するため、オーガー径 60mm, 70mm の 2 ケースで、一定区間でオーガーを上下に動かす無回転の上下攪拌を実施した。オーガーの上下移動速度は 20mm/s, 移動距離は 300mm とし、1 ケースにつき 3 回にわたってオーガーを上下させた。

3. 実験結果および攪拌性能の評価

実験を行った各ケースについて、攪拌性能の評価を行った。評価には、攪拌前後の高さ方向の変位量 h を用いた。攪拌前後のターゲットの位置を座標化することで変位量を求めるといった手法をとり、各ケースに

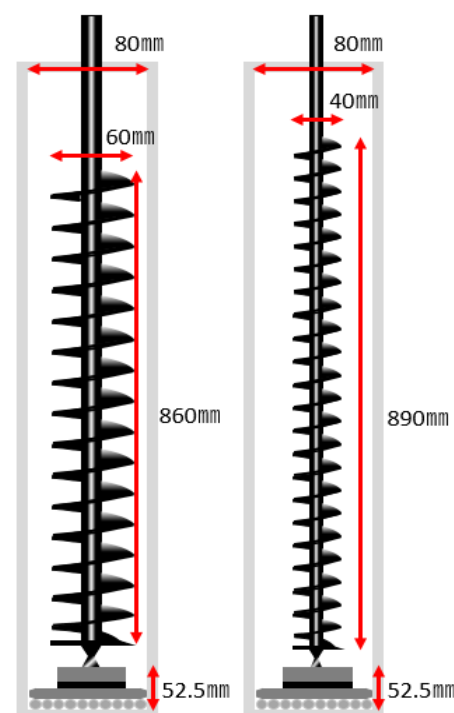


図-1. 土層及びオーガーの寸法

表 1 : 実験で使用した値

	Re_p (現場)	Re_m (実験)
翼スパン (m)	1.3	0.06
泥土密度 (kg/m ³)	1512	850
回転数 (rps)	0.5	1.7
粘度 (Pa・s)	6	0.024
レイノルズ 数比	1.039	

ついて h の平均 $\bar{h}$ および標準偏差 s_h を算出した。また、エクセルソフトの乱数機能を用いて、500 個のターゲットが一様に分布するケースを作成した。なおこれは上部、下部より充填した固化剤が孔内に一様に拡散した状態を想定している。このケースより算出された値を理想攪拌性能値 $\bar{H}$, s_H とした。

表 3 に各ケースより算出した $\bar{h}$, s_h および理想値 $\bar{H}$, s_H を示す。高さ方向の変位量 $\bar{h}$ が 0 付近かつ変位量の散らばり s_h が大きければ一様に混ざったといえるだろう。これを踏まえ、表 3 より Case5 の 60 mmオーガーによる上下攪拌で大きな攪拌効果が得られていることが分かる。図-2 に Case3, Case5 の攪拌前後のターゲットの位置を示す。図-2 から下部にあったターゲットが上部まで運ばれたことが分かる。Case6 について Case5 と比較すると $\bar{h}$ が負の値であることよりターゲットは攪拌前よりも下方への移動が多いことが分かる。また、模型実験の結果よりオーガー径を大きくした際土槽とオーガー翼の間に狭まり、翼外での流れが制限されたためターゲットの拡散が阻害され、 s_h は小さくなったと考えられる。Case1-4 の通常の攪拌について、オーガー径が大きい方がターゲットの散らばりが大きく、回転速度が大きい方がターゲットは上昇傾向にあることが分かった。しかし図-2 より Case3 では、攪拌前土槽下部にあったターゲットはうまく拡散したが、土槽上部にあったターゲットは攪拌後も上部に集まった。このことからオーガーによる攪拌によって発生する上下に循環する流れには幅があり、土層全体を攪拌するには至っていないことが再確認できた。

6. まとめ

本研究は流動化処理土の効果的な攪拌方法の提唱を目的とし、模型実験を行ってきた。土層全体を可視化すべくターゲットを量産し、4 ケースの攪拌と上下攪拌を行った。その結果、攪拌前後のターゲットの位置を座標化するに至り、攪拌性能の評価を行った。攪拌完了といえる理想値を算出し、上下攪拌の有用性と、通常の攪拌が不十分であることを示した。

参考文献

1) 桑原秀一，濱田聡一郎，構造物とりこわし工における既存杭の引抜き工事について,平成 27 年度近畿地方整備局研究発表会 論文集 株式会社マルシン新技術・新工法部門：No.03,No.03 Page.1-6 2015.06.15

表 2：実験ケース

	オーガー径(mm)	回転数(rps)
Case1 標準	60	1.7
Case2 オーガー小	40	1.7
Case3 回転速度up	60	2.5
Case4 オーガー小・回転速度up	40	2.5
Case5 上下攪拌	60	
Case6 上下攪拌・オーガー大	70	

表 3：攪拌性能値

	平均 $\bar{h}$	標準偏差 s_h
Case1 標準	-85.0	112.6
Case2 オーガー小	-17.4	45.1
Case3 回転速度up	48.0	107.1
Case4 オーガー小・回転速度up	38.6	73.3
Case5 上下攪拌	12.9	159.8
Case6 上下攪拌・オーガー大	-27.7	111.0
理想値	$\bar{H}$	s_H
	-15~15	260~300

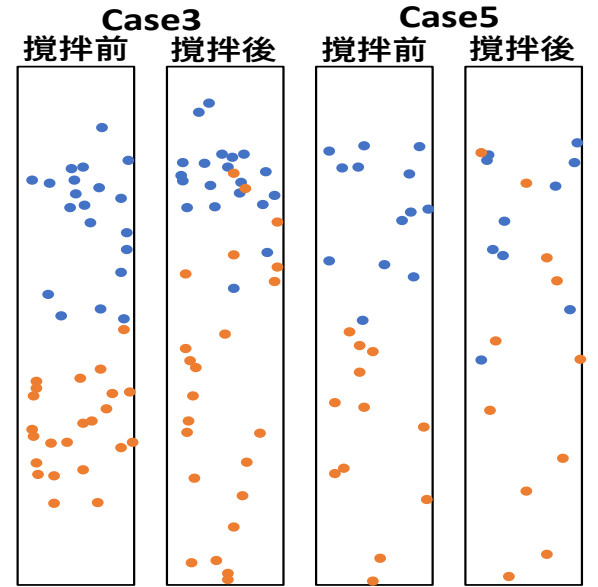


図-3. Case3, 5 攪拌前後のターゲット位置