

杭抜き孔の復元に関する研究

東京都市大学 学生○岩崎光大 正 末政直晃
 東京都市大学（現 中日本ハイウェイ・エンジニアリング）安達亘
 一般社団法人 杭抜研究会 理事長 佐藤秀人

1. はじめに

近年、我が国では大量の建築物や道路構造物の老朽化が進んでおり、また老朽化した構造物の解体、建替え需要が増加している¹⁾。解体作業後に形成される引抜き孔に用いる埋戻し材として、十分に強度を発揮し締め不可能な空間においても充填できる流動化処理土の需要は近年高くなっている。しかし流動化処理土を用いる際の課題として、埋め戻しの際の攪拌が十分にできず、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挙げられる。そこで、流動化処理土の効果的な攪拌方法を把握するため、本研究では攪拌効果確認のための模型実験を実施し、得られた結果から攪拌性能の評価を行った。

2. 模型実験

本研究にて実施する模型実験は円柱型のアクリル土槽内を流動化処理土に見立てた代替液体で満たし、オーガーにより攪拌するものである。代替液体中に液体と同等の比重のターゲットを設置することで攪拌時の様子を観察する。図-1に実験に使用する土槽とオーガーの寸法を示す。寸法には、現場で使用されているオーガーや既存杭引抜き孔の大きさを1/16スケールに縮小した内径80mmの模型土槽と、径60mmのオーガーを用いた。またオーガー径を変えた際の攪拌による孔内のターゲット挙動を比較するために、径40mmのケースも行った。流動化処理土の代替液体をレイノルズ数の相似則に則り下記の式(1)より選定した結果、流動パラフィンS-150を使用した。各パラメータは ρ : 泥土密度(kg/m³)、 n : 回転数(rps)、 d : 翼スパン(m)、 μ : 粘度(Pa・s)である。

$$\frac{Re_P}{Re_m} = \frac{\rho_P \cdot n_P \cdot d_P^2 / \mu_P}{\rho_m \cdot n_m \cdot d_m^2 / \mu_m} = 1 \quad (1)$$

攪拌に使用する動力には日立変速ドリルD13VFを使用し、1分間攪拌した。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。以上の装置を用いて模型実験を行った。

表1に実験ケースを示す。回転数には1.7rpsと2.5rpsの回転数を用いて、回転数とオーガー径を変えた計4ケースの実験を行った。またCase5, 6では、オーガー径60mm, 70mmの2ケースで一定区間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、各ケースにつき3回にわたりオーガーを上下させた。

3. 攪拌性能の評価

ケースごとに攪拌性能の評価を行った。攪拌前後のターゲットの位置を座標化することで高さ方向の変位量 h を

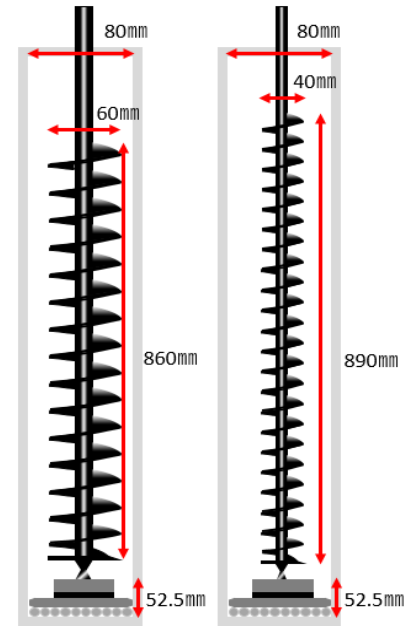


図-1. 土層及びオーガーの寸法

表1: 実験ケース

	実験条件	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	無回転
case6	上下攪拌・オーガー大	70	無回転

キーワード 引抜き孔, 流動化処理土, 攪拌, レイノルズ数の相似則

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL: 03-5707-0104 E-mail: g1918008@tcu.ac.jp

算出し、各ケースについて移動平均および標準偏差を算出した。

図-2, 3に Case3, 5の攪拌前後のターゲットの位置、移動平均と標準偏差のグラフを示す。なお、グラフにおいて横軸は上昇変位量を、縦軸は深さを、点線は土槽全域における移動平均と標準偏差を示している。移動平均、標準偏差においては上下それぞれ4個ずつのターゲット変位量から算出した。グラフの性質上、移動平均は土槽中腹で縦軸と交わる右下がりの傾向が、また標準偏差が大きいほど土槽全域に攪拌効果が及んでいると言える。Case3に着目すると土槽全域でターゲットの上昇傾向がみられる。しかし、攪拌前下部にあったターゲットはうまく拡散したものの、上部のターゲットは攪拌後も上部に留まった。このことから、オーガの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、土槽全体を攪拌するには至ってないと考えられる。Case5では移動平均が右下がりであるため全域に攪拌効果が及んでいると考えられる。攪拌前後の図からも下部に位置するターゲットが上部まで運ばれたことがわかる。

表2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。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攪拌した場合のケースを作成した。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。これより算出された値を理想攪拌性能値 \bar{H} 、 s_H とした。攪拌の理想は各箇所に配置されたターゲットが上部も下部も同程度の変位量で、高さ方向でターゲット同士が離れていること、すなわち平均変位量 \bar{h} が0付近かつ変位量の散らばり s_h が大きいことである。攪拌理想性能値がこの条件を満たしていることを踏まえて表2に着目するとCase5で大きな攪拌効果が得られていることがわかる。このことは図-3グラフの点線からもわかる。Case1と2を比較するとオーガ径が大きい方がターゲットの散らばりが大きく、Case1と3を比較すると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る。Case6についてCase5と比較すると \bar{h} が負値であるため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。これはオーガ径が大きいことで土槽とオーガ翼との間が狭まり翼外で発生する流れが制限されターゲットの拡散が阻害されたため、 s_h は小さくなったと考えられる。

4. まとめ

本研究は流動化処理土の効果的な攪拌方法の提案を目的とし、模型実験を行った。土槽全体を可視化するべくターゲットを作成し、通常攪拌及び上下攪拌を行った。後にターゲットの位置を座標化した攪拌性能の評価を行った。

5. 謝辞

本研究を実施するにあたり、一般社団法人杭抜き協会より多大なご支援・ご助言を頂きました。深謝申し上げます。

6. 参考文献

1) 地盤の杭引抜きを対象としたセメントベントナイト系充填材の適用性

https://japep.or.jp/japep_wp/wp-content/uploads/2019/03/2017-07.pdf 最終閲覧日：2022/03/28

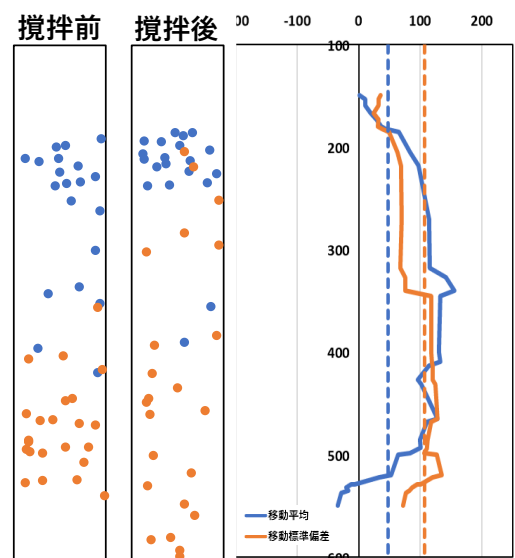


図-2. Case3の攪拌前後のターゲット移動平均、標準偏差

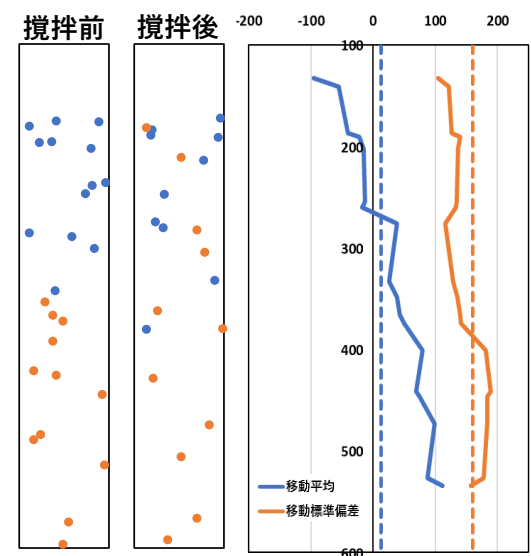


図-3. Case5の攪拌前後のターゲット移動平均、標準偏差

表2：攪拌性能値

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