

## 杭抜き孔内の充填材の攪拌に関する研究

東京都市大学 学生○岩崎光大 正 末政直晃  
 一般社団法人 杭抜き研究会 理事長 佐藤秀人

### 1. はじめに

近年、老朽化した構造物の解体、建替え需要が増加している。撤去した場合の周辺環境への悪影響が懸念される場合は例外であるが、原則、新設構造物の基礎杭等に干渉せずに既存杭の撤去を行う必要がある<sup>1)</sup>。解体作業後に形成される引抜き孔に対しては充填材による埋戻しを行うが、充填材の注入方法や攪拌方法には規格等の統一的な決まりがない<sup>2)</sup>。そこで本研究では効果的攪拌手法の確立を目的に、いくつかの攪拌方法による模型実験を実施し、それぞれの効果を検証した。

### 2. 模型実験

円柱形の亚克力模型土槽を流動化処理土に見立てた代替液体で満たし1分間攪拌する。液体中に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。攪拌にはオーガーとコンプレッサーを用いた。流動化処理土の代替液体は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。各パラメータは $\rho$ ：泥土密度(kg/m<sup>3</sup>)、 $n$ ：回転数(rps)、 $d$ ：翼スパン(m)、 $\mu$ ：粘度(Pa・s)である。

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

### 3. 空気攪拌

実験の概要を図1に示す。模型土槽に内径44mmの防護管を挿入し、その防護管中に空気注入管を通すことで、管先端から吐出された空気の揚圧力により引抜き孔内を攪拌する。また防護管の上部二箇所穴が開けられている。表1に実験ケースを示す。空気圧は圧力制御盤を用いて変更し、計3ケースの実験を行った。

#### 3-1. 実験結果

全ケースにおいて、図2のような全体を循環する流れが確認された。防護管内では揚圧力により上昇する流れが発生し、管上部の2箇所穴からその流れは排出され、土槽と防護管の間には下降する流れが発生する。表2に圧力が異なる際のターゲット上昇・下降速度を示す。各ケースとも上昇速度の方が下降速度よりも大きいことがわかる。また圧力を大きくすることで上昇速度、下降速度ともに大きくなることがわかる。実験では、防護管内でターゲットが急激に上昇して、下降時は圧力値が大きいケースほど下降速度が大きい様子が観察された。また、圧力が小さいと下降したターゲットが防護管内に吸い込まれにくくなりそのまま土槽底部で留まる傾向にあった。従って流れは防護管下端周辺でのみ発生していると考えられる。また圧力が大きくなると管からの空気量が増加し、流動パラファインの表面付近に大量の泡沫が発生し表面は激しく荒れた。このことが、充填材固化後の強度に影響を与える可能性を考慮し、オーガーを攪拌機として新たに模型実験を行ったため次項で示す。

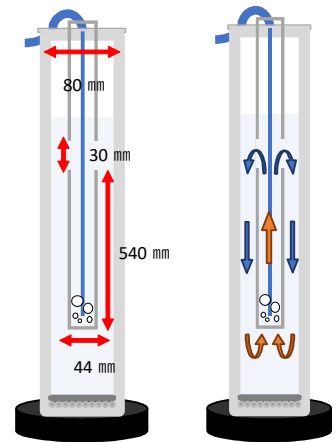


図1：実験概要 図2：循環の様子

表1：実験ケース

| Case | 圧力 (KPa) |
|------|----------|
| 1    | 10       |
| 2    | 20       |
| 3    | 40       |

表2：各ケースの上昇・下降速度

| 圧力 (KPa) | 上昇速度 (mm/s) | 下降速度 (mm/s) |
|----------|-------------|-------------|
| 10       | 214.7       | 117.5       |
| 20       | 379.7       | 195.5       |
| 40       | 459.8       | 281.2       |

キーワード 引抜き孔, 流動化処理土, 攪拌, 防護管

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

4. オーガー攪拌(防護管あり)

模型土槽に内径が異なる防護管を挿入し、攪拌には径 40mm のオーガーを使用した。実験の概要を図 3 に示す。オーガー径と防護管の径、防護管の径と土槽の径との関係性を確認するべく、防護管は異なる径のものを複数用意し比較した。実験ケースは表 3 の左部にて示す。攪拌動には日立変速ドリル D13VF を使用した。回転数は 1.7rps 及び 2.5rps に設定した。またオーガー径と防護管の径、防護管の径と土槽の径との関係性を確認するべく、防護管は異なる径のものを複数用意し比較した。

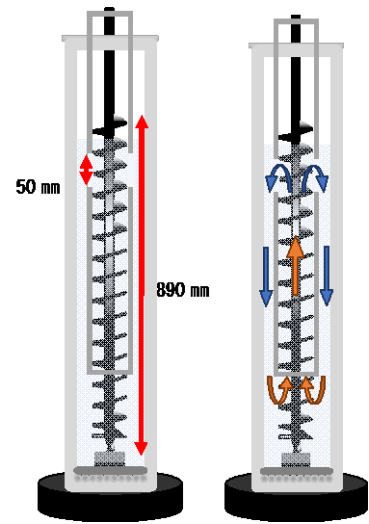


図 3 : 実験概要 図 4 : 循環の様子

4-1. 実験結果

全ケースにおいて図 4 のような循環する流れが確認できた。オーガーの回転と防護管壁との間の速度差により管内では上昇する流れが発生、管上部 2 箇所穴からその流れは排出され土層と防護管の間には下降する流れが発生する。表 3 にオーガー回転数・防護管径が異なる際のターゲット上昇・下降速度を示す。ケース全体に着目すると、回転数を大きくすることで上昇速度、下降速度ともに大きくなるのがわかる。Case2 では最も上昇速度が大きく、またケース全体を通して径が小さいほど上昇速度が大きくなるのがわかる。これは、オーガー径が防護管径に近づくほど、流れの上昇速度は大きくなることを示している。これは、回転するオーガーと防護管壁面との距離が縮まることで、壁面に発生するせん断応力が大きくなるためと考えられる。また Case6 では最も下降速度が大きい。これは防護管径を大きくすることで防護管と土槽との距離が小さくなり、下降する流れが生じる断面積が小さくなり流速が増加したためと考えられる。ケース 1~6 において、上昇速度の方が下降速度よりも大きい傾向にあることがわかる。しかし、Case6 を境に下降速度の方が上昇速度よりも大きくなっている。防護管径 56,60mm のケースにおいて、管内にてターゲットが上昇中に翼外へと移動する様子が確認できた。オーガー径に対して防護管径が大きくなっていくと、管内の翼外断面積が大きくなる。ターゲットは翼内滞在中回転しながら上昇し、翼外滞在中回転しながら下降するため、ターゲットは途中で下降しながら上昇した。

表 3 : 各ケースの上昇・下降速度

| Case | 径 (mm) | 回転数 (rps) | 上昇速度 (mm/s) | 下降速度 (mm/s) |
|------|--------|-----------|-------------|-------------|
| 1    | 44     | 1.7       | 27.7        | 14.1        |
| 2    | 44     | 2.5       | 60.8        | 17.7        |
| 3    | 52     | 1.7       | 23.7        | 14.8        |
| 4    | 52     | 2.5       | 26.7        | 19.0        |
| 5    | 56     | 1.7       | 15.8        | 8.7         |
| 6    | 56     | 2.5       | 25.5        | 27.3        |
| 7    | 60     | 1.7       | 5.7         | 8.8         |
| 8    | 60     | 2.5       | 14.6        | 17.8        |

5. まとめ

本研究は効果的な攪拌手法の確率を目的とし複数の模型実験を行った。防護管を用いた攪拌方法により土槽全体を攪拌するに至り、ターゲットを用いて流れの上昇・下降速度を算出することで、攪拌の様子や防護管と攪拌機、及び土槽の大きさの関係性を明らかにした。

6. 謝辞

本研究を実施するにあたり、株式会社丸建興業 菅原敬介氏、一般社団法人杭抜研究会 媚山博行氏、有限会社三田興基 宮田洋樹氏、恵比寿機工株式会社 高橋健一氏より多大なご助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

7. 参考文献

- 1) 一般社団法人日本建設業連合会, 既存地下工作物の取扱いに関するガイドライン
- 2) 稲積真哉, 桑原秀一, 小椋功士, 濱田聡一郎, 中尾晃揮, MPS-CAE による杭先端チャッキング式既存杭引抜き工法の可視化性能評価, 地盤工学ジャーナル Vol. 15, No. 2, p383-p393