

鋼管杭施工に伴う過圧密粘土地盤の遮水性低下に関する実験的研究

東京工業大学 学生会員 北岡 大岳
正会員 高橋 章浩
正会員 堀越 一輝

1. はじめに

汚染履歴のある地盤に構造物を建設する際、杭基礎の施工等によって汚染が拡散してしまう可能性が危惧される。図-1 のような地盤に杭を施工した場合、不透水層を杭が貫通することで不透水層のバリア性能が低下する可能性がある¹⁾。関連する調査事例はいくつか報告されているが^{1), 2)}、未だに研究の余地がある。

本研究では、鋼管杭施工が不透水層に与える乱れ、および過圧密状態においてその乱れが不透水層の遮水性能に与える影響の調査を目的に、模型実験を行った。

2. 実験概要

カオリン粘土を用いて円柱型の供試体を作成し、開端である模型杭（Case 1：直杭，Case 2：回転杭）を施工した。杭施工が粘土層に与える乱れの程度・範囲を知るために、杭施工後に供試体を分解して含水比を計測した（Series 1）。また、杭施工に伴う乱れが過圧密状態において粘土層の遮水性能を劣化させるかを調べるために、杭施工前後で、過圧密状態の下、杭周辺地盤の平均的な透水係数を計測した（Series 2）。

本実験の実験条件を表-1に示す。供試体は高さ約10 cm、直径はモールド径と同値の円柱である。Series 1の概要図を図-2に示す。供試体を杭中心を通る鉛直面で切断し、その面から試料を採取した。杭側面から供試体半径方向に向かって0.7cm幅で順に4つ、それ以遠は1.5~2.0cm幅で2つ採取した。厚さは全て約0.5cmである。分解および計測は杭施工直後に行なった。Series 2の概要図を図-3に示す。加圧板が杭を押さないようにアクリル板や砂を敷いた。水が杭内部を流れないように杭頭にはキャップをした。杭の寸法・形状を表-2,図-4に示す。

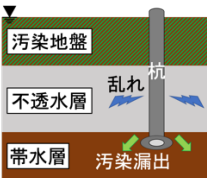


図-1 汚染された地盤層の例

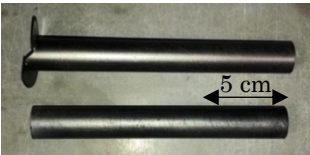


図-4 杭の写真

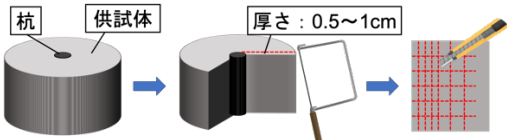


図-2 Series 1における供試体分解時の概要図

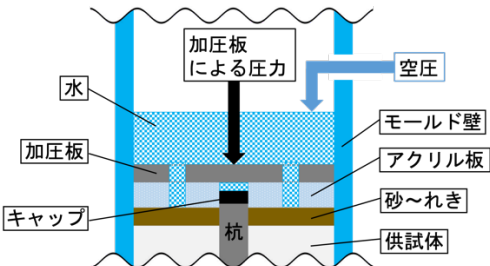


図-3 Series 2における透水試験時の概要図（断面図）

表-1 実験条件まとめ

	Series 1	Series 2
使用粘土	カオリン粘土	
モールド径(cm)	20	15
初期含水比(%)	101	102~103
初期飽和度(%)	100	
圧密圧力(kPa)	280	
供試体高さ(cm)	9~10	
圧密後含水比(%)	56.05	
透水試験時の圧密圧力(kPa)	-	加圧板...90 空圧...50
〃の過圧密比	-	約 2.4
動水勾配	-	約 50
杭の貫入速度 (cm/min)	Case 1...1 Case 2...2~7	Case 1...約 60 Case 2...2~10
回転杭回転数 (rpm)(min ⁻¹)	3~10	2~15
回転率* (%)	約 95	約 97

* 羽根ピッチを 1 回転あたりの貫入量で割った値

表-2 杭寸法 (cm)

杭長	内径	外径	羽根外径	羽根ピッチ
14~15	1.35	1.80	3.6	0.6

キーワード 透水性，粘土地盤，過圧密，鋼管杭，回転杭（羽付き鋼管杭），劣化

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-M1-3 東京工業大学 TEL 03-5734-2798

3. 実験結果と考察

Series 1およびSeries 2の結果をまとめたものをそれぞれ図-5および表-3に示す。

(1) Series 1：杭施工に伴う含水比の変化と分布

図-5 より、Case 1,2 共に施工後の含水比は杭近傍ほど低下している。この原因として、杭施工によって土が半径方向の外側に押しのけられて間隙水圧が上昇することで、施工中や施工直後において杭と近傍土の境界を排水境界とした圧密がなされた結果、その影響を受けやすい杭周辺の土ほど含水比が減少したことが考えられる。すなわち、含水比低下（＝土の密度増加）による土自体の透水性が低下する可能性、および杭近傍土に隙間が生じて粘土層の遮水性が低下する可能性が指摘できる。

各 Case を比較すると、Case 2 では低下の程度・範囲がより大きい。この理由としては、羽根の存在が考えられる。すなわち、羽根の通過で土が分断されることによって隙間が生成され、より遠方の土まで排水条件となり、含水比の低下の程度・範囲が大きくなったことが考えられる。

(2) Series 2：杭施工前後の透水係数

表-3より、回転杭施工に伴って 0.78×10^{-10} m/sの透水係数の上昇が生じた。しかし、施工前の透水係数の10%にも満たない変化量であることを踏まえると、有意な変化とは言い切れない。したがって、回転杭を施工した場合、過圧密比約2.4の状態でも、粘土層の透水係数がわずかに増加してしまう可能性が指摘できるが、その変化は遮水性能にはほぼ影響がない範囲である。

4. 結論

- a) 粘土層への杭施工に伴って杭近傍での含水比の低下が生じることが確認された。これは杭と近傍土の境界面を排水条件とする圧密が生じたためと考えられる。したがって、杭施工に伴って、土の密度増加に伴う土の透水性低下、および杭近傍土での隙間生成に伴う層の遮水性低下の可能性が指摘できる。
- b) 回転杭は直杭に比べ、含水比の低下の程度・範囲が大きかった。これは羽根の通過によって近傍土が分断されることで隙間が生成され、より広範囲の周辺土が排水条件になったことが原因であると考えられる。
- c) 杭施工後、過圧密比約2.4で再圧密した上で透水試験を行なった結果、直杭では透水係数の変化はほとんど生じなかった。一方、回転杭では、遮水性を脅かすほどではないが相対的に大きな低下が生じた。したがって、a) で言及した2つの事象では後者の影響がわずかに大きいこと、およびそれらの事象は過圧密比約2.4の地盤では粘土層の遮水性に影響を与えるほどのものではないことが指摘できる。

謝辞

本研究は（一財）日本鉄鋼連盟 2019年度「鋼構造研究・教育助成事業」を受けて実施したものである。

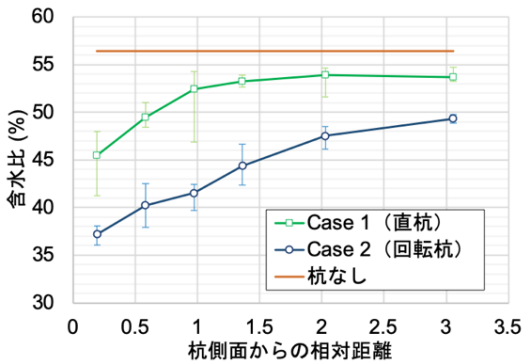


図-5 Series 1：杭施工後の半径方向の含水比分布
(相対距離…距離を杭の外径で割った値)

表-3 Series 2：杭施工後の地盤の平均的な透水係数

	施工前(m/s)	施工後(m/s)	変化率
Case 1：直杭	9.40×10^{-10}	9.54×10^{-10}	+ 1.83%
Case 2：回転杭	9.17×10^{-10}	9.95×10^{-10}	- 8.46%

参考文献

1) 嘉門雅史, 勝見武, 乾徹, 濱田悟：鋼管杭打設粘土地盤と杭境界面における漏水量とその評価, 材料, Vol. 54, No. 11, pp1100-1104, 2005.

2) Jiro TAKEMURA, Binod AMATYA, Osamu KUSAKABE：An Application of Centrifuge Model in Environmental Geotechnics Assessment of Soft Geological Barrier Subjected to Pile Constructions in Waste Disposal Site, Advances in Environmental Geotechnics, pp295-313, 2009.