

羽根付き杭による繰返し締固め工法の開発

東京都市大学 学生会員 ○虻川 恵大
 東京都市大学 正会員 末政 直晃, 田中 剛
 東京都市大学 学生会員 田代 怜
 強化土エンジニアリング(株) 正会員 佐々木 隆光

1. はじめに

液状化対策工法の1つに静的締固め工法がある。この工法は、流動性の低いモルタルや砂などを圧入もしくは押固めすることで地盤の密度を増大する工法である。施工方法によっては、無振動・低騒音での施工や、既設構造物の直下・直近でも可能である。その一方で、これらの工法の問題点として、施工時に地表面が隆起・沈降の恐れがあり、構造物に悪影響を及ぼす可能性が懸念されている。この課題に対して、著者らは一連の研究¹⁾で固化剤をゴムバックで模擬したEPC工法²⁾により、注入・抽出を繰返し行うことで地盤の隆起および沈降が抑制されることを明らかにしてきた。しかしながら、改良径が大きくなると地盤の深度や土質によっては、十分に地盤を締め固められない可能性がある。そこで、羽根付き鋼管杭工法に着目した。久世ら³⁾の研究で羽根付き鋼管杭を回転貫入させることで、水平方向においても地盤密度が増加することが明らかとなっている。

本研究では、羽根付き鋼管杭を用いて機械的に地盤の締固めを可能にする新たな繰返し締固め工法の開発を目的とする。本報告では模型実験を実施し、模型地盤内に設置した土圧計により貫入方法の違いによる水平圧力とその影響範囲について調査し比較した結果について述べる。

2. 実験概要

図-1 に本実験で使用した3種類の模型杭を示す。模型杭Iは鋼製で杭長470mm、杭径19mmのストレート杭であり、杭IIには、ストレート杭に直径40mm、羽根ピッチ6.4mmの羽根を杭先端に、杭IIIでは、羽根ピッチ7.7mmの羽根を先端から40mmの位置に取付けたものを使用した。模型地盤には、珪砂6号を直径200mm、高さ450mmの土槽に相対密度が約60%になるように空中落下法にて高さ420mmの地盤を作製した。また、地表面から170mmの深度に土圧計を120度の間隔で土槽中心から40mm(土圧計1)、60mm(土圧計2)、80mm(土圧計3)の位置に設置した。図-2 に貫入試験状況を示す。模型杭の貫入は、万能試験機を用い回転貫入を模擬するため、土槽下部に正逆の回転の切替が可能なターンテーブル設置した。なお、模型杭の貫入速度は、1回転当たりの貫入量を s 、羽根のピッチを p とし、その比率を $s/p=1.00$ (杭I・III:約0.16mm/s、杭II:約0.13mm/s)とした。また、土層下部に設置したターンテーブルの回転速度は正逆の回転ともに47.24s/回とした。なお、ここでは羽根の螺旋と同様に、貫入時に上から見て時計方向の回転を正回転とする。



図-1 土圧計の設置地点



図-2 貫入試験状況

キーワード 液状化 静的締固め工法 羽根付き鋼管杭

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

3. 実験結果

3.1 回転貫入試験の実験結果

図-3 に杭の貫入量と土圧計 1 の水平圧力の関係を示す。なお、貫入量は杭の先端位置を、図中の点線は土圧計の深度を示している。水平圧力は、土圧計の深度付近で最大となり、羽根付き杭は、ストレート杭よりも約 2 倍の水平圧力を生じさせている。また、羽根付き杭に着目すると規則的な波形が見られた。これは模型杭が 1 回転に要する時間と一致していた。次に羽根付き杭による地盤の締め固め効果を確認するために土圧計と同深度まで模型杭を貫入させた後に同深度において連続的に模型杭を回転させた。図-4 に正・負連続回転時の水平圧力と時間の関係を示す。土圧計の値は、回転方向によらず、羽根開口部が土圧計地点を通過すると水平圧力が低下し、開口部の反対側付近で水平圧力が最大を示すことが確認できた。また羽付き杭は、正回転時には砂を羽根に沿って上に運搬する作用が生じるため、回転数を重ねるごとに水平圧力が減少するが、逆回転では砂を下に運ぶため回転数を重ねる毎に地盤が締め固められ、水平圧力が増加する傾向が見られた。

3.2 繰返し貫入試験の実験結果

以上の実験結果から羽根付き杭を用いる事で水平方向の土圧増加が確認できた。そこで、更なる効果を確認するため繰返し貫入実験を実施した。実験手順として、実験実施前にレーザー変位計を用い地表面の地盤高を計測する。その後、杭IIIを用いて 175mm まで $s/p=1.00$ で回転貫入を行いレーザー変位計を用いて貫入後の地表計測する。模型杭を $s/p=1.50$ で正回転させながら 30mm 貫入させ後に $s/p=0.67$ で逆回転させながら 30mm 引き上げる。この貫入と引き上げを 5 回繰返し実験を終了し、地表面の変位量を計測した。

図-5 に時間と水平圧力の関係を、図-6 に地表面変位の分布をそれぞれ示す。繰返しの回数を重ねる毎に水平圧力が増加していることから繰返し締め固め効果があることが示されている。図-6 より回転貫入後に模型杭の貫入位置である 100mm 付近の両側で地表面が隆起するが、繰返し試験後では隆起が減り、杭周辺部において大幅な沈下が見られた。

4. まとめ

一連の実験結果より、杭に羽根を付け回転させながら貫入させることで周辺地盤への締め固め効果を有することが示唆された。

5. 参考文献

- 1) 山下雄輔, 末政直見, 伊藤和也, 田中剛, 佐々木隆光: 静的締め固め工法における繰返し圧入の効果に関する模型実験, 第 53 回地盤工学研究発表会, pp.819-820,2018
- 2) 田中剛, 末政直見, 佐々木隆光: 模型地盤を用いた静的締め固め工法における繰返し圧入による地表面隆起量の評価, 第 76 回地盤工学研究発表会, III-149
- 3) 久世 直哉, 末政 直見, 井上 波彦, 二木 幹夫: 回転貫入により施工される羽根付き杭の周辺地盤の土性変化と水平抵抗特性, 日本建築学会構造系論文集, p.1045-1054, 2016 年 81 巻 727 号

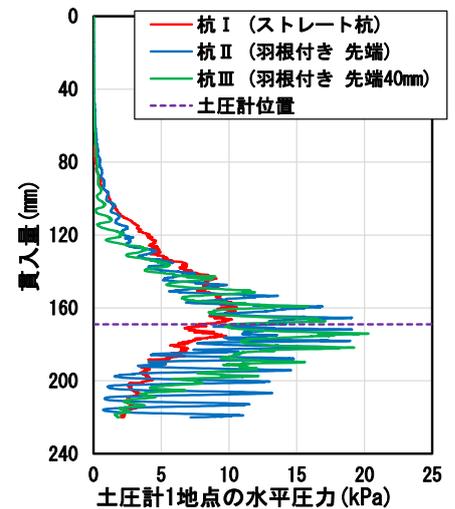


図-3 異なる杭の回転貫入試験

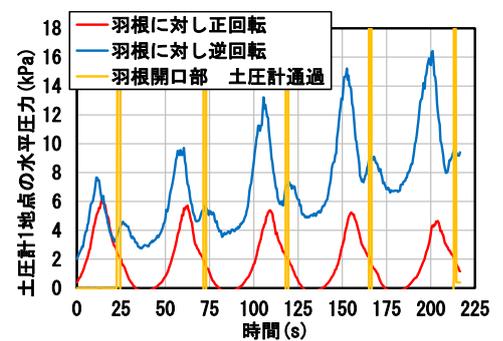


図-4 土圧計の設置地点

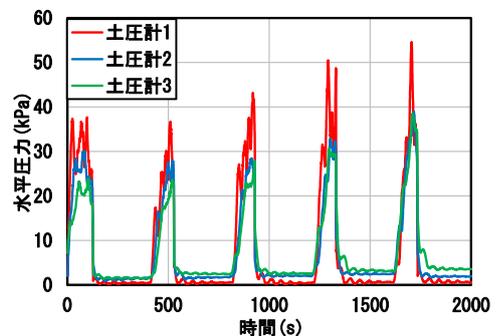


図-5 繰返し貫入試験

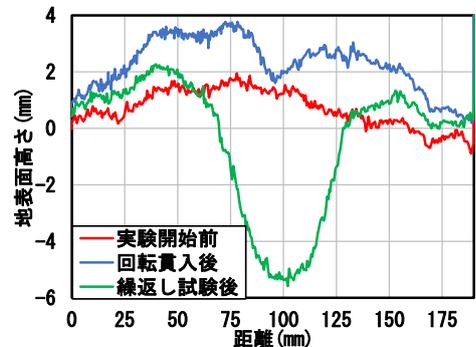


図-6 地表面変位の関係