

羽根付きロッドによる地盤の締固め効果に関する基礎的研究

東京都市大学大学院 学生会員 ○小澤 茉莉

東京都市大学 正会員 末政 直晃

東京都市大学 正会員 田中 剛

強化土エンジニアリング株式会社 正会員 佐々木 隆光

1. はじめに

地震による地盤災害の 1 つに液状化現象がある。2011 年の東日本大震災では、液状化現象が広範囲に発生し、道路、護岸施設、上下水道などのライフライン施設、家屋等に甚大な被害をもたらした。その一方で、地盤改良などの液状化対策が施された場所では、液状化による地盤沈下が抑制されたことが報告されている。液状化の発生を抑制する工法の 1 つに地盤内に流動性の低いモルタル等を圧入することで地盤内を締め固める「静的圧入締固め工法」がある。この工法は、無振動・低騒音で、施工機械がコンパクトであるため、既設構造物の直下・直近でも施工可能であるという特徴がある。しかしながら、施工時に地表面が隆起する可能性が懸念²⁾されている。これらの課題に対して本研究では、羽根付きロッドを用いて静的に地盤を締め固めることで狭隘地での近接施工や施工時の地表面隆起の抑制を目的とした新たな静的締固め工法の開発を試みている。これまでの既往の研究から、羽根付きロッドを回転貫入させることで地盤を締め固める効果³⁾があることを確認する事ができたが、周辺地盤に与えるせん断応力に関しては未確認であった。そこで本報告では、模型実験を実施し、羽根付きロッドによる周辺地盤の締固めおよびせん断応力の影響について検討した結果について述べる。

2. 実験概要

図-1,2 に本実験で使用した形状の異なる 3 種類の羽根付きロッド（以下、ロッドと呼ぶ）を示す。ロッドに取り付けられている羽根は、羽根の取付け角度を考慮し、短径 38mm、長径 57mm の楕円形状を採用し、厚さ 2mm の鉄製とした。ここでは羽根の開始点がある面を前面とし、その裏面を背面、左右を側面と呼ぶ。また、ロッドの形状に関しては、羽根のピッチが 27.4mm となるように設置し背面において羽根が接合されているロッド I を基準とし、ロッド先端から 2mm の位置に長径方向に 2 分割させた楕円形状の羽根を、30 度の角度で取り付けたものをロッド II、背面の位置において左右の羽根が 8.4mm の間隔を空けて取り付けられているものをロッド III とした。図-3 に土圧計の設置位置を示す。模型地盤は、珪砂 6 号を直径 200mm、高さ 480mm の土槽に相対密度が約 60%となるように空中落下法にて高さ 420mm で作製した。また、地表面から 170mm の深度に受圧面の向きを変えた 3 つの土圧計をそれぞれ 120 度の間隔で設置した。土圧計 1 はロッド回転時の水平圧力を確認するために受圧面が中心に向くように、土圧計 2 はロッド回転時に生じる周方向応力をせん断応力とし、これを確認する目的で中心方向から 90 度回転させた向きに、土圧計 3 は土被り圧を計測するために上向きになるように設置した。なお、いずれの土圧



図-1 模型ロッド

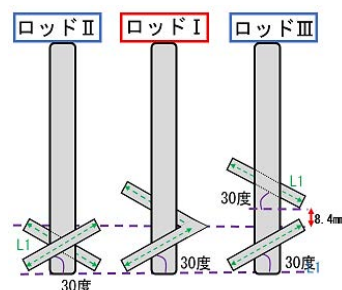


図-2 模型ロッド(側面図)

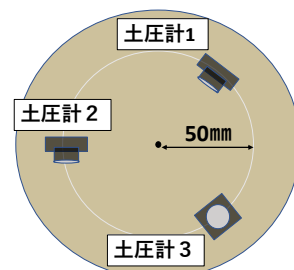


図-3 土圧計設置位置



図-4 貫入実験状況

キーワード 地盤災害、地盤改良、液状化対策、静的圧入締固め工法、地表面隆起

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL: 03-5707-0104

計も土槽中心より 50mm の地点に設置した。

図-4 に貫入実験状況を示す。実験手順として、まず所定の地表面から 170 mm の深度までロッドを回転貫入させる。その際のロッド貫入は回転貫入を模擬するため、土槽下部に正逆回転の切り替えが可能なターンテーブルを設置している。なお、模型ロッドの貫入速度は 0.58mm/sec とし、周辺地盤の乱れを考慮し 1 回転当たりの貫入量を s 、羽根のピッチを p とした場合、その比率が $s/p=1.00$ となるように回転速度を設定した。次にロッドの深度は固定したまま、正方向に 1 回転させた後に逆方向に 1 回転させそれを 2 回繰り返した。なお、ターンテーブルの回転速度は正逆の回転ともに 47 秒/回とし、羽根の螺旋と同様に、貫入時に上から見て時計方向を正回転とする。

3. 実験結果

図-5, 6, 7 にロッド I, II, III における土圧と時間の関係を示す。グラフ中の赤色は正回転、青色は逆回転を表す。ロッド I ~ III の全てにおいて逆回転時に水平圧力・周方向応力ともに上昇し、正回転時に減少する傾向があることがわかる。羽根を逆回転させると、ロッド周辺の砂は羽根によって下方方向に運搬され、運ばれた砂は羽根の底面部を介して圧縮・締め固めが行われるため、水平圧力・周方向応力ともに増加したと考えられる。一方で羽根を正回転させると、ロッド周辺の砂は羽根によって上方方向に運搬され、締め固められた地盤が緩むため水平圧力・周方向応力ともに減少したと考えられる。ロッド I ~ III において周方向応力はほとんど変わらない値をとったが、水平圧力はロッド I, ロッド III では正・逆回転を繰り返す度に上昇したが、ロッド II では横ばい状態であることがわかる。これは、ロッド II では形状から片側の羽根で締め固めた地盤がもう片側の羽根により乱されてしまうため、正・逆回転を繰り返し行っても水平圧力が上昇しないと考えられる。水平圧力の大小関係では、ロッド III > ロッド I > ロッド II となり、ロッド III に関してはロッド II の約 3.5 倍の値であることがわかる。ロッド I とロッド III の大小関係に関しては、開口幅がロッド III の方が大きいいため、ロッド周辺の運搬・圧縮される砂の量がロッド I と比較して多くなり、水平圧力も大きくなったと考えられる。

4. まとめ

一連の実験結果により以下の知見が得られた。

- ① 羽根付きロッドを逆回転させることで正回転と比較してより大きい水平圧力、および繰返しせん断応力が地盤に付与できることが確認できた。
- ② 羽根の位置や形状に関係なく、水平圧力・せん断応力の生じ方には同様の傾向が得られた。

参考文献

- 1) 原田健二ら：建築物における締め固め工法による液状化対策効果の検証，基礎工，Vol.40, No.12, pp.47-49, 2012.
- 2) 竹ノ内寛至ら：新たな CPG 工法の隆起抑制メカニズムと施工能率向上の検討，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.74, No.2, I_886-I_891, 2018.
- 3) 虻川恵大：羽根付き杭による繰返し締め固め工法の開発，第 49 回土木学会関東支部技術研究発表会，III-13.

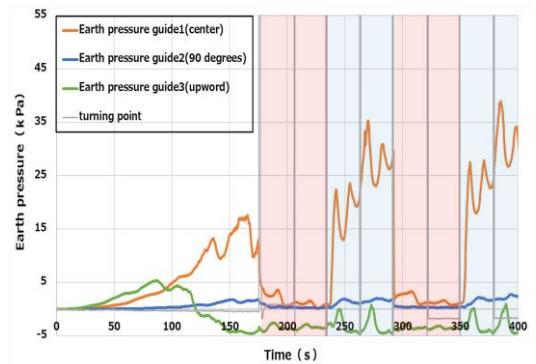


図-5 土圧と時間の関係（ロッド I）

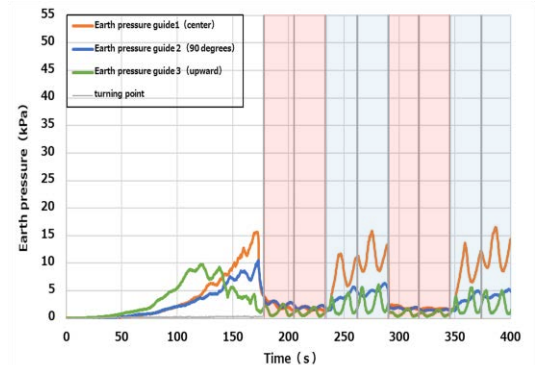


図-6 土圧と時間の関係（ロッド II）

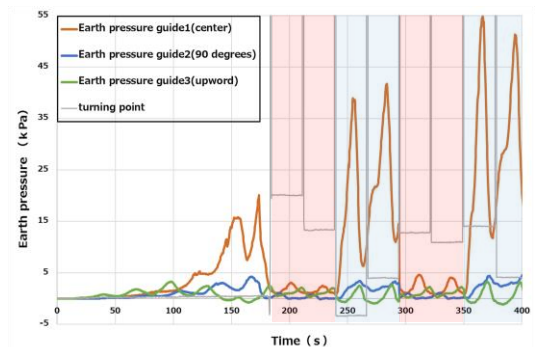


図-7 土圧と時間の関係（ロッド III）