

排水機能を有する回転鋼管杭の排水性能に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員○渡邊諭
新日鉄住金エンジニアリング

正会員 太田直之 正会員 西田幹嗣
正会員 中澤公博 正会員 和田昌敏
正会員 丸山 栄 正会員 澤石正道

1. 目的

周面摩擦を高めるため鋼管の周囲に螺旋状の羽根を溶接した補強材（以下、補強材という）を回転貫入させる無排土・回転杭工法がある¹⁾。この補強材に水抜き孔を設けて土構造物に水平に打設することで、地下水位抑制効果と力学的安定効果が同時に期待できると考えられる。本論では、補強材の排水能力の定量的な評価のために実施した模型地盤を用いた定水位透水試験について述べる。

2. 実験概要

補強材は螺旋状の羽根を有しており、開口率約 5%のスリットが設けられている（図 1）。表 1 に補強材の仕様を示す。

模型地盤は、底面に給・排水孔を有する 1m×1m×1m の土槽内に構築した（図 2）。地盤材料は表 2 の物性を持つ江戸崎砂を用い、実験ケースは目標締固め度 80, 85, 95%の 3 ケースとした。図 3 に、模型地盤内に設置した計測器の配置を示す。

実験手順は、1)模型地盤構築後に排水パイプを回転貫入、2)模型地盤の飽和化、3)排水パイプからの排水量の計測、の順である。飽和化は給・排水孔から水を供給し、水位が土槽上部まで到達してマンメータおよび間隙水圧の値が落ち着いたことを確認するまでとした。その後、水の供給を土槽上方からの継続的な供給に切り替え定水位条件を保持した。その後、補強材の止水を開放し、排水量および各計測データの経時変化を計測した。なお、飽和化の段階では、補強材からの排水を抑制するための止水を施している。

3. 実験結果

図 4 に排水量の経時変化を示す。図から、排水量がほぼ一定値に収束した後の排水量の平均値は、A, B, C でそれぞれ 271.5, 203.3 および 26.7cm³/min であり、緩い地盤ほど排水量が多い結果となった。全てのケースで止水の開放直後の排水量にばらつきが見られるが、これは回転貫入により乱された補強材周りの土粒子の排水に伴う再配列が収束するまでの時間と考えられる。図 5 は、上述の排水量の平均値と実験後に採取した試料から求めた飽和透水係数 k_{15} との関係を示したものである。図から、両者はほぼ線形に近似できることから、排水量の差異は補強材の貫入による乱れの影響を受けておらず、模型地盤の飽和透水係数の値に依存していると考えられる。なお、実験終了後の補強材の羽根部周辺には何れのケースにおいても顕著な隙間や特に緩い部分は確認できず、上述の状況を裏付けている。



図 1 補強材の外観

表 1 補強材の仕様

杭径 (mm)	鋼管厚 (mm)	羽根径 (mm)	羽根ピッチ (mm)	杭長 (mm)	開口率 (%)
φ60.5	3.2	160	152	1200	5

表 2 地盤材料の物理特性

材料	江戸崎砂		
実験ケース	A	B	C
目標締固め度(%)	80	85	95
実験後の実測締固め度(%)	83.3	85.3	90.2
実測乾燥密度 ρ_{dp} (g/cm ³)	1.409	1.442	1.526
土粒子の比重 G_s	2.683		
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.691		
最適含水比 w_{opt} (%)	17.1		
模型地盤の含水比 w (%)	17		
細粒分含有率(%)	15.3		

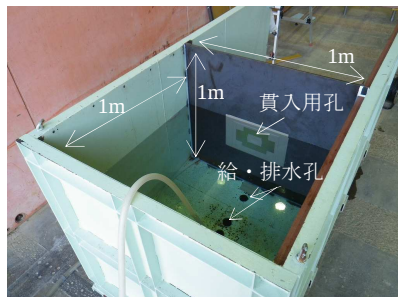


図 2 実験土槽の状況

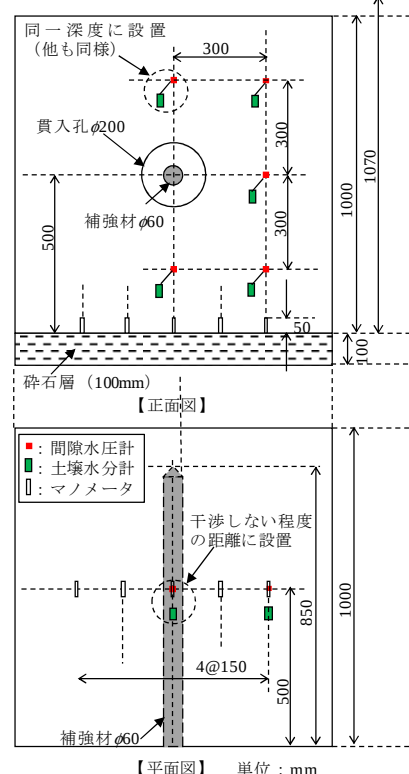


図 3 センサ等設置位置

キーワード 定水位透水試験, 補強材, 間隙水圧

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 042-573-7263

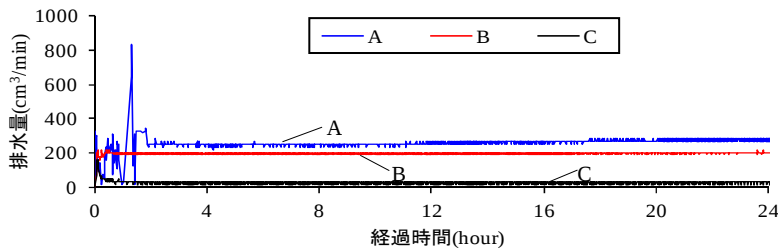


図4 排水量の経時変化

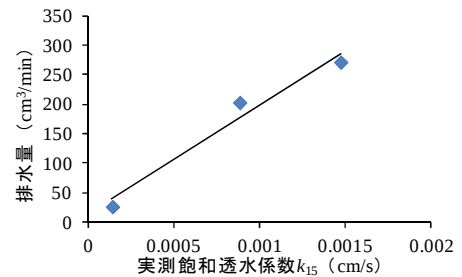


図5 排水量と実測飽和透水係数との関係

図6に、止水解放後の飽和度(Sr1~Sr5)の経時変化をケース別に示す。飽和度は模型地盤の表2中の乾燥密度 ρ_{dp} を用いて算出した。飽和度の挙動をみると、測定開始から24時間でAではSr4で約7%, Sr3, 5で約3%, Sr1, 2で約0.5%の低下が見られる。BではAと同様に徐々に低下しており, Sr1, 2で約1.5%, Sr3~5で約2%である。一方, Cについてはほとんど低下が見られない。これら各ケース間にみられる飽和度低下量の大小関係は、上述の排水量の大小関係と一致している。一方、土壌水分計の設置深度に着目すると、設置深度が浅い程、飽和度の減少量が大きい傾向が見られる。これは、重力の作用により補強材より上方に位置する地盤領域からの排水量が相対的に多くなっているためと考えられる。

図7に、止水解放後の間隙水圧の変化量の経時変化をケース別に示す。解放直後の間隙水圧の低下量は、AではWP1, 2で約1.7kPa, WP3で約1.5kPa, WP4, 5で約1kPaである。BではWP1で約2.8kPa, WP2で約2.5kPa, WP3で約2.3kPa, WP4で約1.7kPa, WP5で約1kPa, CではWP1で約3.4kPa, WP2で約3.2kPa, WP3で約2.5kPa, WP4で約0.5kPa, WP5で約0.3kPaである。間隙水圧計の設置深度に着目すると、設置深度が深いほど間隙水圧の低下量は大きくなり、補強材設置深度あるいはその深度以浅に設置されたWP3~5の間隙水圧の低下量は、C→B→Aの順に増大する傾向にある。これは、底面付近よりも表層付近の飽和度が低いため間隙水圧計の感度が下がったこと、締固め度が高い地盤ほどわずかな水分量の変化でも大きなマトリックサクシオンが発生する可能性があること、などが考えられるが詳細は不明である。

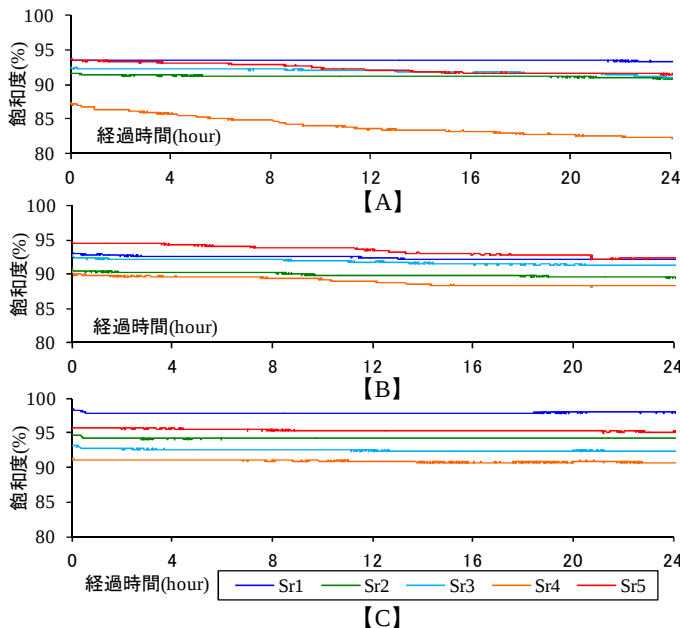


図6 飽和度の経時変化

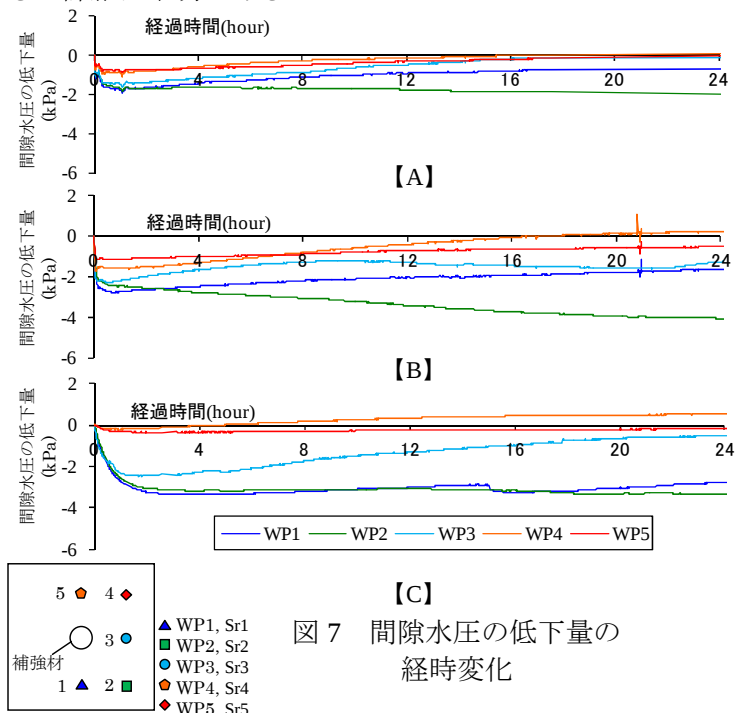


図7 間隙水圧の低下量の経時変化

4. まとめ

排水材からの排水量は、模型地盤の飽和透水係数とほぼ線形に近似できる関係にあり、排水量の大きさは補強材の貫入による乱れの影響ではなく模型地盤の飽和透水係数に依存していることが分かった。また、排水に伴う飽和度の減少や、間隙水圧の低下効果などを有することが分かった。今後は、これら補強材の持つ効果が土構造物の安定性にどの程度寄与しているかを数値解析等により評価・検証する予定である。

【参考文献】1) 公益社団法人土木学会：回転圧入鋼管杭（NS エコスパイラル）の設計施工法に関する技術評価報告書，2013.5