

海面処分場における杭基礎周面の遮水性に関する室内透水試験

海上・港湾・航空技術研究所	正会員	渡部要一
海上・港湾・航空技術研究所	正会員	○金子 崇
応用地質		島村章吾

1. はじめに

筆者らはこれまでに、実際の廃棄物海面処分場において杭の打設実験¹⁾ならびに杭周面透水実験²⁾を実施し、杭を打設する際の廃棄物の連れ込みや遮水性能を評価してきた。本稿では、杭の原位置打設実験の際に現地から採取した遮水層の不攪乱試料を用いて、これを杭の試験片と貼り合わせて合体させた供試体に対して三軸試験装置を用いた透水試験を実施し、境界面における遮水性能の定量的評価を試みた。

2. 試験内容

粘土試料は、東京湾中央防波堤外側処分場での試験杭打設¹⁾の際に、杭先端より先行させて杭の内側から採取したものである。採取深度はA.P.-13.65m～A.P.-14.49mである。粘土試料と合体させる杭片として、コンクリート杭と鋼管杭の2種類を準備した。コンクリート杭片は曲率半径 $R=200\text{mm}$ 、鋼管杭は曲率半径 $R=400\text{mm}$ のものから切り出した。なお、鋼管杭は鋼材が薄いため、境界面以外の部分はパラフィン成型機に流し込み成型した(写真-1)。処分場で杭を打設すると、遮水層と杭周面の間に未処理廃棄物(プラスチック類など)や焼却廃棄物(焼却灰)が連れ込まれ、遮水性が低下することが懸念される。その影響を定量的に評価するため、本研究では、幅15mmの梱包用プラスチックバンド(以下PPバンドと記す)と豊浦砂をそれぞれ未処理廃棄物と焼却灰に見立て、粘土試料と杭片との間に挟んだ状態で三軸透水試験を実施した。三軸透水試験用の供試体は、粘土と杭片とを貼り合わせた状態で、直径5cm、高さ10cmの円柱供試体となるように作製した。専用の治具を用意し、これを用いて杭片の曲率に合うように粘土試料を切り出し(写真-2)、そこに杭片を合わせた状態(写真-3)で三軸供試体成形用のトリマーにセットして供試体を切削した(写真-4)。試験条件は、コンクリート杭片と鋼管杭片それぞれに対して、杭片と粘土を合体させただけの廃棄物を挟まない供試体(写真-5)、杭片と粘土の間にPPバンドを挟んだ供試体(写真-6)、杭片と粘土の間に豊浦砂を挟んだ供試体(写真-7)の計6ケースとした。なお、写真-3～写真-7はいずれもコンクリート杭片での写真である。三軸透水試験では、飽和土の三軸圧縮試験の手順で圧密した供試体に対して変水位透水試験を実施した。上述の手順で準備した供試体に対して、ゴムスリーブの内側に漏水防止のためにグリースを塗布した状態で被せ、三軸試験機にセットした。次に、脱気水を通水して供試体の飽和化を図り、所定の圧密応力にて圧密した後、三軸透水試験を行った。圧密圧力 σ'_c は 50kN/m^2 、 100kN/m^2 、 200kN/m^2 とし、コンクリート杭でPPバンドのケースのみ 400kN/m^2 の条件も追加した。



写真-1 鋼管杭片



写真-2 曲率で切削

3. 試験結果

透水試験結果は、円筒供試体断面に対する平均値として透水係数(温度 15°C における透水係数 k_{15})を算出した。透水係数 k_{15} と圧密応力 σ'_c の関係を図-1に示す。いずれのケースでも圧密圧力の増加にともなって境界面の密着性が増して透水係数が低下する。廃棄物を挟まないケースでは、コンクリート杭、鋼管杭ともに境界面からの漏水はほとんどなく、杭周面の遮水性は十分に高い状態に



写真-3 境界面



写真-4 トリミング

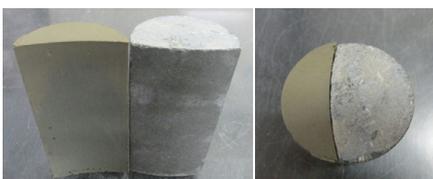


写真-5 廃棄物無しの供試体

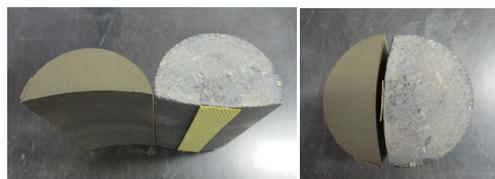


写真-6 PPバンドを挟んだ供試体



写真-6 豊浦砂を挟んだ供試体

キーワード 海面処分場, 杭, 遮水

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 地盤研究領域 土質研究チーム TEL 046-844-5053

あったと判断できる。境界面にPPバンドや豊浦砂を挟んだケースでは、豊浦砂については鋼管杭とコンクリート杭はほぼ同じ値が得られたのに対し、PPバンドについては、鋼管杭はコンクリート杭よりも2オーダー高い値となった。

4. 原位置杭打設実験を想定した透水量の検討

上記の試験結果を実際の杭の断面あたりの透水係数に換算するため、次のような仮定の下に簡易計算を行った。三軸透水試験の供試体の直径は5cmであり、三軸透水試験の結果は、打設した直径1mの試験杭^{1),2)}の周長(約3.15m)のうちの5cm分のモデルにほぼ相当する。杭周りに三軸透水試験の「廃棄物なし」の部分が63個(=315cm÷5cm)並んだ状態が、現場で廃棄物を連れ込むことなく理想的に施工できたときの状態を表している。廃棄物の連れ込みがある場合、その程度に応じて、63個のうちのいくつかを、「PPバンド」や「豊浦砂」の供試体に置き換わるものとした。三軸透水試験の結果を条件に応じて63個分組み合わせることで流量を算出し、これを杭の断面積で除すことにより、杭の断面積あたりに換算した透水係数を算出した。杭断面積あたりに換算した透水係数とPPバンド(幅5cmあたり1本)の本数との関係を図-2に、5cm幅の砂の帯の本数との関係を図-3に示す。いずれも拘束圧が200kN/m²のときの三軸透水試験結果に基づく計算結果である。杭と粘土とが密着しているケース(PPバンド0本、砂帯0本)では、鋼管杭でもコンクリート杭でも換算透水係数は10⁻⁸cm/sのオーダーであり、十分な遮水性を確保できていることがわかる。この値は、別途実施した段階載荷圧密試験から得られた透水係数が10⁻⁷cm/sのオーダーであったことと比較して、杭を打設することにより透水係数が小さくなっている。これは、水が流れる部分の面積が実質的に小さくなっているためである。このように、杭と粘土との付着が良ければ、杭を打設しても遮水性に問題はなく、原位置試験の試験杭2において透水係数を評価できないほどに遮水性が高かったこと²⁾と整合している。一方、PPバンドや砂(焼却灰を模したもの)を少量連れ込んでも、構造基準と照らし合わせて遮水性は基準を満足することがわかる。構造基準よりも1オーダーの余裕を持って換算透水係数が1×10⁻⁶cm/s以下であるためには、PPバンドについては、鋼管杭で3本まで、コンクリート杭で63本(つまり全数)まで、幅5cmの帯状の砂については、鋼管杭で26本まで、コンクリート杭で23本までは基準を満足する。ここで着目すべきは、鋼管杭の場合には、PPバンドがわずか3本連れ込まれただけで、基準に対する余裕が1オーダーになってしまうことである。これは、鋼管の表面に多数の凸凹があることに起因していると考えられる。

5. おわりに

本研究では、室内試験結果に基づいて杭の遮水性の評価を試みたが、実際には杭の根入れ全長(例えば10m)にわたってPPバンドが連れ込まれることはなく、また、鋼管とPPバンドは直接接触するのではなく粘土などを介していることから、上述の評価結果は実際にはあり得ないような極端な評価(遮水性の過小な評価)になっている可能性がある。しかし、実務において考慮すべき重要な指摘事項を示唆する研究成果として役立つものと考えている。

参考文献

- 1) 渡部要一, 水谷崇亮, 林 佳克, 別宮一幸 (2015): 海面処分場における杭基礎の適用性に関する検討(その1) - 杭の打設実験 -, 土木学会第70回年次学術講演会, VII, pp. 151-152.
- 2) 渡部要一, 金子 崇, 水谷崇亮 (2016): 海面処分場における杭基礎周面の遮水性に関する現地透水試験, 土木学会第71回年次学術講演会(投稿中)。

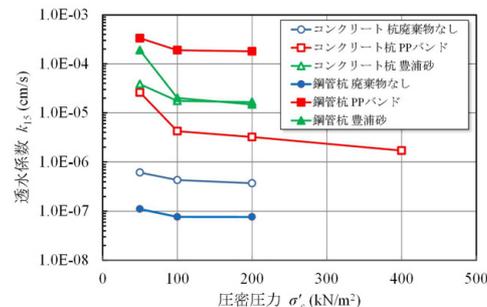


図-1 透水係数と圧密圧力の関係

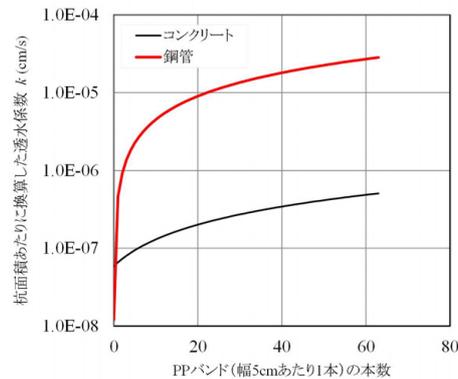


図-2 PPバンドを挟む場合の直径1mの杭の断面積あたりの換算透水係数

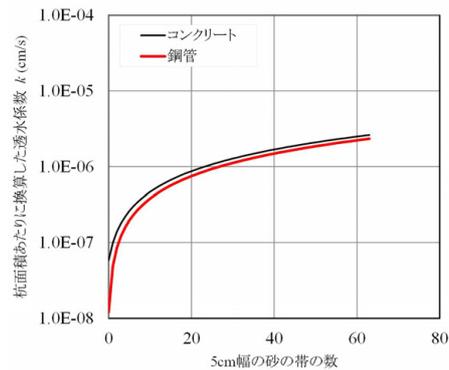


図-3 幅5cmの帯状の砂を挟む場合の直径1mの杭の断面積あたりの換算透水係数