

穴あきパイプの透水性と打設間隔について

九州大学工学部 学生会員 ○中村 大樹 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸
九州大学大学院 正会員 陳 光斉 西日本高速道路(株) 正会員 浜崎 智洋

1. 目的

地盤内に鋼材やジオテキスタイルなどの補強材を敷設あるいは挿入して土構造物全体を安定させる補強土工法がある。合成高分子材料を使用するジオテキスタイルを用いた補強土工法では織布・不織布・ネット類・ジオグリッド・ジオメンブレンなどが使用されてきた。本研究では斜面や盛土に穴付きパイプを挿入することで豪雨時や地震時に地盤内の間隙水圧の上昇を防止することにより、地盤の不安定化の防止しようとするものである。本文では、穴あきパイプの透水性を実験的に調査すると同時にサンドドレーンの圧密促進の考え方をベースに穴あきパイプの最適打設ピッチを検討した。

2. 実験および打設のピッチの考え方

実験装置の簡易的な図を図-1に示す。長さ100cm、直径10cmの透明な円柱を使用し、初期水位は90cmとした。この装置の下部に、厚さ1cmで開口率と穴の形状の異なるアクリル円盤を装着することにより開口率、穴の形状と透水係数の関係を実験的に求めた。穴の直径は5, 7, 10mm, 開口率は5, 10, 15, 20%, 穴の形状は、円形と5×50mmのスリットとした。

写真-1にアクリル円盤の1例(直径5mm、開口率10%)を示す。水がアクリル円盤の上部まで達する時間を計測し、3回の実験の平均値を透水係数とした。透水係数は、以下の変水位透水試験の式によって算出した。

$$k = 2.3 \frac{AL}{At} \log_{10} \frac{H_1}{H_2} \quad (1)$$

ただし、 $H_1=90\text{cm}$, $H_2=1\text{cm}$, $A=78.5\text{cm}^2$, $L=1\text{cm}$ である。

サンドドレーン工法の圧密促進の考え方をを用いて、穴あきパイプの間隔と脱水時間の計算法の概要を示す。サンドドレーン工法とは鉛直方向に軟弱層厚より小さい間隔でサンドパイルを打込み、軟弱層の排水を容易にすることにより圧密沈下を促進して地盤を安定化する方法である。今回用いた式は、以下のものであり、打設間隔 d 、パイプの直径 d_w 、地盤の圧密係数 c_v および圧密度 U を入力定数として、排水時間 t を算出した。ここで、 $n=d_e/d_w$ とする。

$$T_h = \frac{c_v t}{d_e^2} \quad (2) \quad T_h = \frac{\lambda}{8} \ln\left(\frac{1}{1-U}\right) \quad (3) \quad \lambda = \frac{n^2}{n^2-1} \ln(n) - \frac{3n^2-1}{4n^2} \quad (4)$$

それぞれのパラメータの値を表-1に示す。圧密係数の値はそれぞれ大きいものから砂地盤、シルト地盤、粘土地盤を想定した。配置は、三角形配置($d_e=1.05d$)と四角形配置($d_e=1.13d$)の二つの配置を考慮した。

3. 結果と考察

透水試験によって得られた結果を図-2に示す。穴の大きさや形状によらず透水係数は開口率の増加とともに直線的に増加した。同じ開口率での透水係数の違いは最大でも $4.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ 程度で、穴の直径、形状による透水係数の大きな違いは見られない。地盤材料と透水係数を比較⁽¹⁾してみると、どの形状、開口率でもきれいな砂以上の透水係数であり、例えば開口率10%の透水係数は $7.5 \sim 9.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ で、十分な透水性を有した。

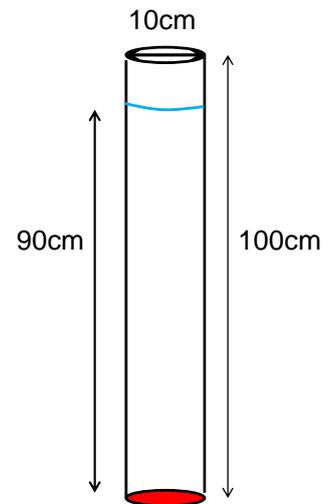


図-1 実験装置

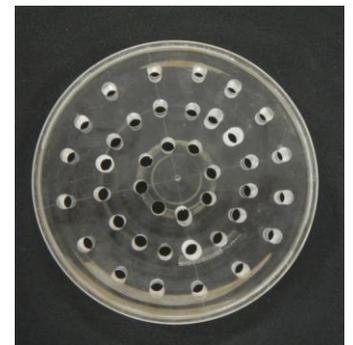


写真-1 アクリル円盤の例

表-1 計算に用いたパラメータ

打設ピッチ(m)	0.5, 1.0, 1.5, 2.0
ドレーン直径(m)	0.05
圧密係数(cm^2/min)	1.0, 1.0×10^{-1} , 1.0×10^{-2}
圧密度	0.5, 0.75, 0.9

図-3は、穴あきパイプの打設間隔と排水時間の関係である。三角形配置で排水時間が最も短いのは砂地盤、ピッチ0.5m, 圧密度0.5のもので38.8minであり、最も長いのは粘土地盤、ピッチ2m, 圧密度0.9で379512minとなりおよそ10000倍になった。三角形配置よりも四角形配置のほうがより排水に時間がかかることも確認できた。ドレーンのピッチによる排水時間の変化量に着目してみると、ピッチが0.5mから1.0mになった場合、排水時間は5.6倍、1.0mから1.5mでは2.6倍、1.5mから2.0mでは1.96倍とピッチが大きくなるにつれて排水時間の変化量が小さくなった。圧密度が50%に達する時間を降雨の50%を排水するための時間と等しいと仮定すると、三角形配置で穴付きパイプを1.5m間隔で打設した場合には、降雨の50%を排水するのに最低で約581分が必要となる。サンドドレーン工法の圧密促進の考え方をを用いることによって排水パイプを挿入した際の降雨の排水時間を推し量ることができた。

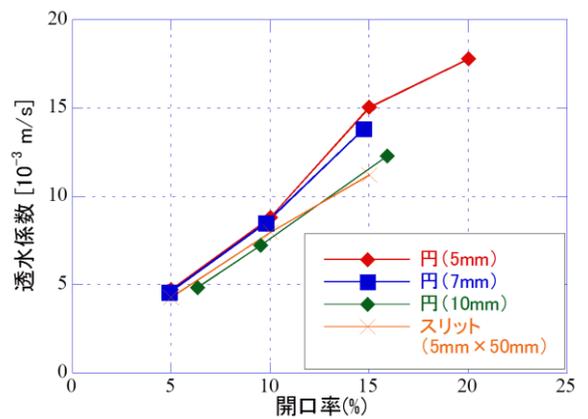


図-2 開口率と透水係数の関係

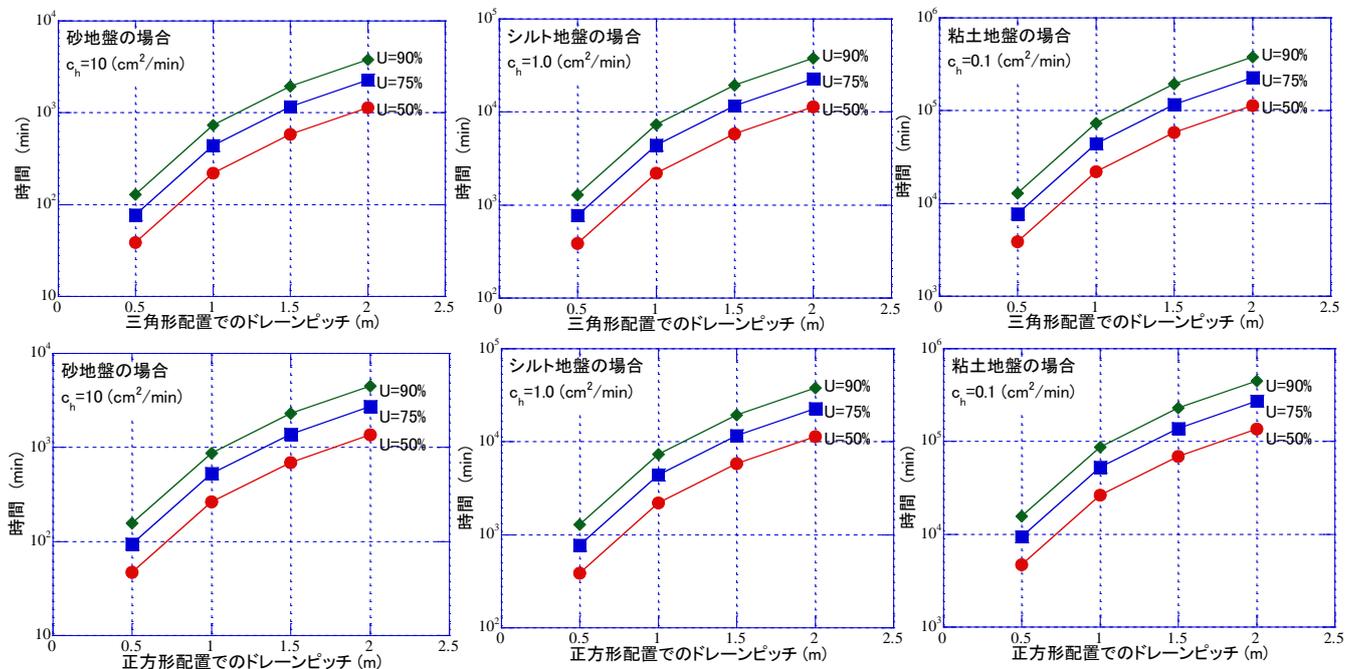


図-3 排水時間とドレーンのピッチの関係

4. まとめ

今回得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 穴の直径、形状によって透水係数が大きく変化することはない、透水係数と開口率は比例関係にある。
- (2) 開口率10%の透水係数は、 $7.5 \sim 9.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ できれいな砂に相当し、十分な透水性を有する。
- (3) 今回の計算において、排水時間の変化量はドレーンのピッチが短くなるほど大きくなり、ピッチの変化量0.5mに対して最大で5.6倍、最小で1.96倍となった。三角形配置で穴付きパイプを1.5m間隔で打設した場合には、降雨の50%を排水するのに最低で約581分が必要となる。

<<参考文献>>

- (1) 石原研而：土質力学, pp72