

簡易原位置透水試験 (SDS-Rocket) による透水係数の推定

東京都市大学 学生 ○中條優樹 非 土屋雄生 正 田中剛 正 末政直晃
 若築建設株式会社 正 水野健太
 日本基礎技術株式会社 非 京田裕二
 ジャパンホームシールド株式会社 非 辻浩平

1. はじめに

2016 年 4 月に発生した熊本地震では、液状化により宅地に甚大な被害が生じた。現在、宅地の液状化判定には F_L 法が用いられており、 N 値と細粒分含有率から液状化判定をしている。しかし、細粒分含有率推定のためのサンプリングや粒度試験は手間やコストがかかる欠点がある。そこで土試料を採取せずに細粒分含有率を推定するため、土の透水性に着目した。土の透水係数が分かれば、細粒分含有率が高精度で予測できる可能性がある。そこで本研究では、サウンディングに透水試験を併用することで、地盤の硬軟と土質を効率的に判定することが可能な簡易原位置透水試験 (SDS-Rocket) の開発を目的とする。本報告では、模型地盤に対して透水試験を実施した結果及び室内透水試験の結果について述べる。

2. SDS-Rocket 概要

SDS-Rocket とは SWS や SDS の試験途中に、水をスクリーポイントの先端から地盤中に排出して、計測された水圧から地盤の透水性を求める試験法のことである。ボーリング孔が必要な透水試験に比べて、低コスト・簡便さが特徴である。図1に SDS-Rocket の全体像を示す。水圧計はダンパーと中空ロッドの間に設置する。

3. 透水係数の推定

透水係数を算出する式として Maag の式¹⁾を用いた。この式は球対称な流れ場における質量保存則とダルシー則から導かれる。半径 R_a を有する送水孔から $P(R_a)$ の過剰水圧で放射された場合、半径 R_b における過剰水圧 $P(R_b)$ は次の式で表される。

$$\text{有限径} : P(R_a) - P(R_b) = \frac{\gamma q_1}{4\pi k} \times \left(\frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_b} \right) \quad \text{式(1)}$$

ここで $P(R_a)$: 送水孔の半径 R_a の時の有効送水圧力(kPa), $P(R_b)$: ブイの半径 R_b に作用する圧力, γ : 水の単位体積重(kN/m³), q_1 : スクリーポイントの断面損失を考慮したポンプの流量, k : 水の透水係数(m/sec) である。ただし, q_1 は, スクリーポイント(半径距離 14cm の位置に断面積 10.9cm² を有する)の部分には水が流れないことから実流量 q_0 に対して面積補正係数(=1.004)を乗した値である。

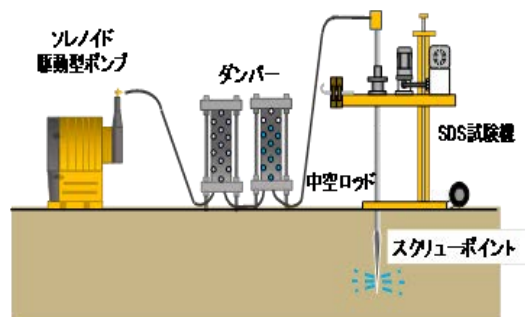


図1 SDS-Rocket の全体図



写真1 模型土槽

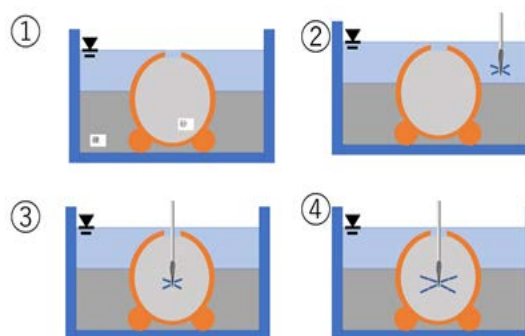


図2 模型地盤透水試験の概要図

キーワード 簡易原位置透水試験, 細粒分含有率, 透水係数

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1 丁目 28-1 東京都市大学

TEL : 03-5707-0104 E-mail : g2381629@gmail.com

4. 模型地盤透水試験

写真1に模型土槽を示す。この模型実験は SDS-Rocket による透水試験から透水係数が実際に求められるかを確かめるために実施した。土槽は内径 344mm のプラスチック製であり、排水孔として全面に直径 5mm の穴を約 20mm の間隔で開けている。また土槽内の砂が穴から放出するのを防ぐために、目開き 0.165mm のポリエステルメッシュを土槽内面に貼り付けた。本試験では珪砂 7 号を用いて相対密度 60% の地盤を作製し、それらに対して透水試験を実施した。ポンプからの流量は、2.00ml/sec ～9.00ml/sec の範囲に設定した。図2に模型地盤における透水試験の概要を示す。

ここで、Maag の式において送水孔の半径 R_a が未知数となっている。この値を適切に定めるために送水孔周辺の水圧を測定するための試験を行った。その様子を写真2に示す。試験では水位測定用中空針を用いた。3本の針を送水孔中心からそれぞれ 1.5cm, 2.5cm, 4.0cm の半径距離に設置した。流量 2.55ml/sec, 4.75ml/sec, 6.83ml/sec, 8.57ml/sec 時の水面からの水頭差を計測した。

Maag の式を用いて、管路抵抗を差し引いた水孔(半径 R_a)での有効送水圧(水頭差 H_a に換算)と半径 R_b で計測された水頭差 H_b の関係を求めると、

$$\frac{H_b}{H_a} = \frac{1/R_b - 1/R_0}{1/R_a - 1/R_0} \quad \text{式(2)}$$

となる。図3に各流量において計測された結果より水頭差比と半径の逆数の関係を示す。○で示した最大流量 8.6ml/sec の結果を除くと、両者は破線で示されるような良い線形関係にある。この直線関係から送水孔の半径 R_a を導出した結果、0.7mm となった。Maag の式にこの R_a を用いて透水係数を算出した結果、透水係数は $1.25 \times 10^{-3} \text{m/sec}$ となった。

5. まとめ

同様に、珪砂 8 号模型地盤透水試験を行い、また、両砂の室内透水試験を実施した。図4に珪砂 7, 8 号において模型実験と室内試験で測定した透水係数 k と細粒分含有率 F_c を中黒印(模型●, 室内▲)で示す。図中にはつくば市および大阪市において SDS-Rocket を用いて実施された現場実験結果(つくば市: ●▲, 大阪市: ●▲)¹⁾を加えた。参考として、金ら(2016)²⁾の現場データ(△)と小高ら(2020)³⁾の現場データ(○)・室内試験データ(×)を追記した。推定された送水孔径を用いて現場或いは模型実験における透水係数を推定した結果、他の現場で得られた砂の細粒分含有率と透水係数の関係とよく合致する結果が得られた。このことより、SDS-Rocket を実施することにより、土質の現場透水係数ならびに F_c を推定することが可能であると言える。

6. 参考文献

- 1) 新井ら：模型地盤を用いた簡易透水試験(SDS-Rocket)の透水係数に関する実験的検討，地盤工学研究発表会，2021
- 2) 金ら：河川堤防材料の細粒分含有率が浸透特性に及ぼす影響，地盤工学会中国史部論文報告集，vol. 34, No. 1, 2016
- 3) 小高ら：小田川堤防における開削調査時の現場透水試験と室内透水試験，地盤工学研究発表会，2020

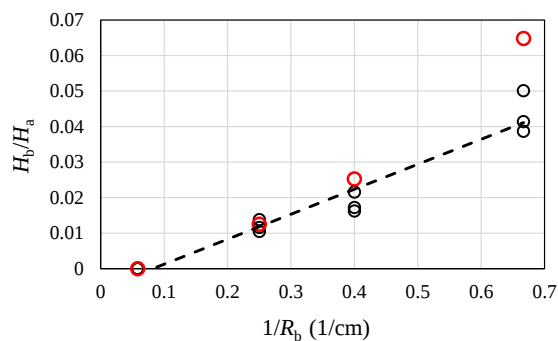


図3 送水孔の推定

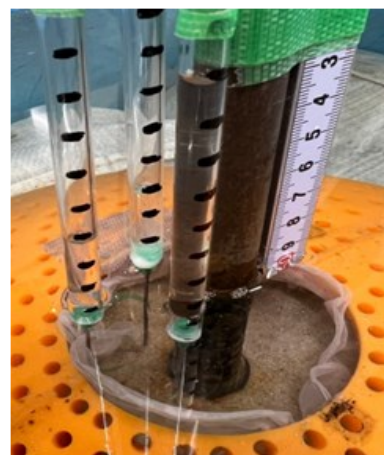


写真2 水圧分布測定実験

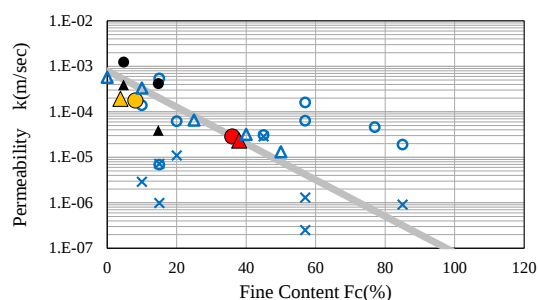


図4 細粒分含有率と透水係数