

サクシオン型ソイルポンプの基礎的研究

中部大学大学院 学生会員 ○梅基 哲矢
 中部大学工学部 正会員 杉井 俊夫
 (株)角文 非会員 伴 幸樹

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、河川堤防において不透水層地盤の堤防が崩壊する箇所がいくつか見つかった。今回の震災では、図1に示すような柔らかい堤防基礎地盤のめり込み部に溜まった雨水等による飽和域が液状化する堤体内液状化が多く発見された。堤体内部からの排水工としてドレーン工があるが、高低差を利用した排水設備であり、排水するは滞留水の水位以下に設置する必要がある。そこで、動力源なしで堤体内の低い部分から高いところへの排水が可能な土の持つ毛管上昇を利用することにした。本報告は、毛管現象による排水効果と繰り返しの性能について報告する。



図1 堤体内の閉封飽和域と部分液状化

2. 実験概要

土の不飽和特性である、毛管上昇と水分量増加による重力排水の確認を行った。アクリルパイプを用いて実験装置を作成した。ペッドボトルで給水側を定水位とし排水口を水位面より ± 40 mm

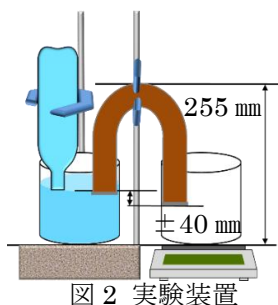


図2 実験装置

表1 実験ケース

	使用珪砂	水位面と排水口の高低差
Case1	珪砂 6 号	- 40mm
Case2	珪砂 8 号	- 40mm
Case3	珪砂 6 号	+ 40mm
Case4	珪砂 8 号	+ 40mm

の位置としている。珪砂 6 号 ($D_{10}=0.12$ (mm)、 $\rho_d=1.70$ (g/cm³)) と珪砂 8 号 ($D_{10}=0.06$ (mm)、 $\rho_d=1.60$ (g/cm³)) での粒度の違いや高低差から時系列的にみた排水量を計測しその特性を検討した。また実験終了後 6 時間あけて再度実験することで再現性も検討した。

3. 実験結果と考察

Case1・2 ではともに 4 回目が最も排水量が多いことが分かる。これは、回数を重ねる度に排水開始時の初期飽和度が高くなり、サクシオン型ソイルポンプの重力排水部分において吸引圧が弱くなった為だと考えられる。1~3 回目は空隙があり重力排水よりも毛管上昇による排水が多く行われていたと考えられる。排水量の差は 4 日目 18 時間後で比較すると、珪砂 6 号が 268 (mℓ) に対し珪砂 8 号が 42 (mℓ) と 6 倍以上の差があった。間隙径が小さい珪砂 6 号の方がより吸引圧の影響を受けて排水を妨げるためと思われる。

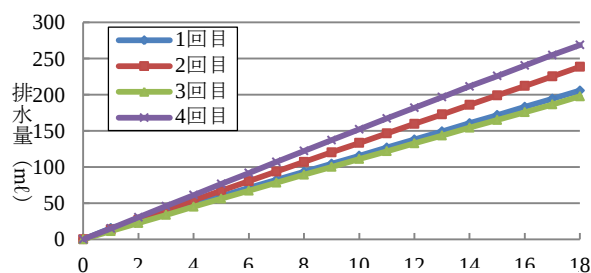


図3 繰り返し排水量の推移 (Case1)

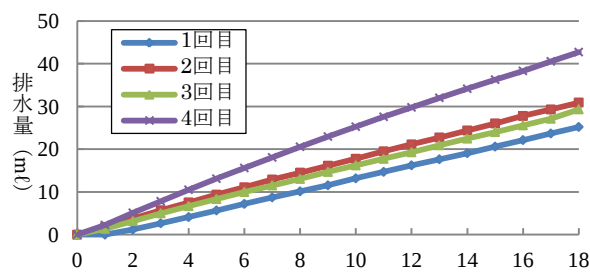


図4 繰り返し排水量の推移 (Case2)

キーワード 毛管現象 ドレーン工 サクシオン

連絡先 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 中部大学 工学部 電話 0568-51-9562

珪砂 6 号と珪砂 8 号で排水量に差が出た要因としては、透水係数の違いもあると考えられる。一般に粒径・間隙比などから算出する方法として Taylor 式が知られおり透水係数を推定した。

$$k = \frac{\gamma_w}{\eta} D_s^2 \frac{e^3}{(1+e)} C_k \times \frac{1}{10^4} \quad (\text{式 1})$$

γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m³) η : 粘性係数 (Pa・S) C_k : 形状係数 D_s : 土粒子の直径(cm)、 e : 間隙比

算出すると珪砂 6 号が (Case1・3) 5.15×10^{-7} (m/s)、珪砂 8 号 (Case2・4) が 2.06×10^{-7} (m/s) となり珪砂 6 号の排水量が増加したことを透水係数から裏付けられる。この透水係数の差は 2.5 倍であり、Case1・2 での 4 回目 18 時間後の排水量の差が 6 倍であった事を考慮すると別の要因があると考えられる。そこで、1 時間当たりの平均排水量と毛管上昇高や透水係数の差を評価した。なお、図 7～9 の凡例中にある改良土とは、珪砂 8 号に団粒化剤を混ぜた土である。図 7 に示す 1 時間当たりの排水量と、毛管上昇高の関係より、毛管上昇高が大きくなるほど、排水量が減少する傾向が見られる。このことから吸引圧が排水量に影響を及ぼすことが裏付けられる。図 8 に示す 1 時間当たりの排水量(時間排水量)と透水係数の関係より、透水係数が高くなるほど、排水量が増加している傾向が見られる。図 9 はこれまでに得られた実測値と珪砂 4 号から 8 号までの $\rho_d = 1.45 \sim 1.75$ (g/cm³) における毛管上昇高と透水係数の理論値を示したものである。これまでの実測データより赤で囲った範囲が最適な土質材料であると推測できる。吸引圧が高くなければならないが、高すぎると排水口でキャピラリーバリア現象のため、排水を抑制してしまうことが考えられ、透水係数 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ (m/s) の試料で毛管上昇高 70 cm 程度が最も排水の効率が良いことが得られた。

4.おわりに

以上の結果をまとめると(1)初期飽和度が高くなるほど、の排水機能(時間排水量)が高くなることといえる。(2)毛管上昇高が小さいほど、また透水係数が大きいほど、時間排水量が大きく効率がよい。(3)時間排水量は毛管上昇と透水係数の反比例の関係に依存することから、適切な組み合わせの試料がある。(4)毛管上昇高が高いとキャピラリーバリア現象が発生して排水を抑制することから、ポンプの形状を変えることでキャピラリーバリアを壊すことができ、効率を上げることができると考えられる。

本研究は科研費(萌芽研究)、中部大学特別研究 A の援助を受けた。ここに記して関係者に謝意を表する。

【参考文献】

- 1)梅基ら：地盤材料を用いたサイフォン型ドレーンの検討，土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集 pp389-390，2013
- 2)河川堤防耐震対策緊急検討委員会：東日本大震災を踏まえた今後の河川堤防の対策も進め方についての報告書，pp10-11，2011

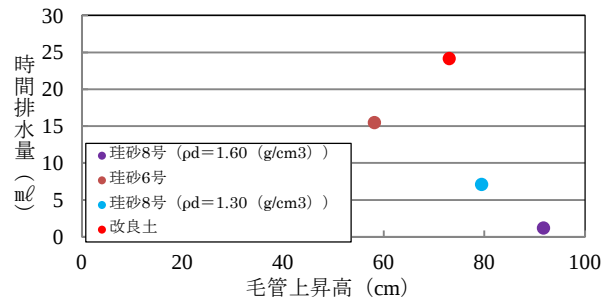


図 5 時間排水量と毛管上昇高の関係

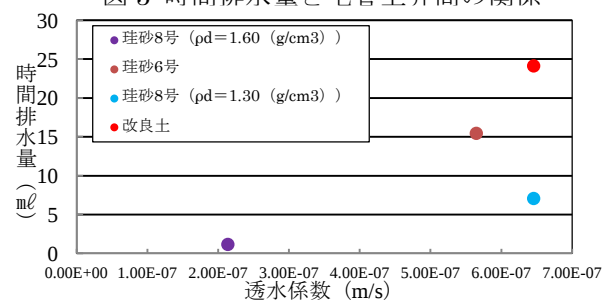


図 6 時間排水量と透水係数の関係

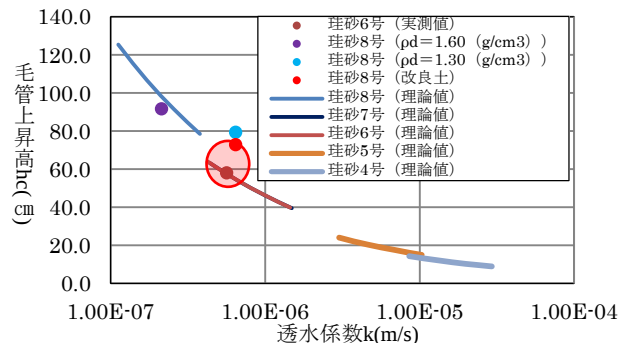


図 7 毛管上昇高と透水係数の関係