

地盤材料を用いたサイフォン型ドレーンの検討

中部大学 工学部 学生会員 ○梅基 哲矢
中部大学 工学部 正会員 杉井 俊夫 山田 公夫

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、東北地方から関東地方の広い範囲にかけて河川堤防が被災し、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(図1)が多く発見された¹⁾。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、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毛管現象に着目した。本報告は、毛管現象によるサイフォン効果と繰り返しの性能、また高分子ポリマーによって高い保水性、透水性を有する団粒化による改良効果²⁾について報告する。

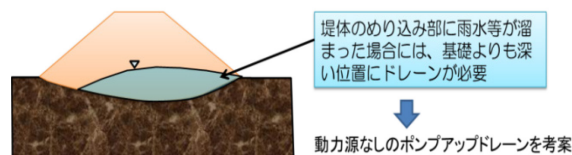


図1 堤体内の閉封飽和域と堤体内液状化

2. 毛管上昇を利用したサイフォン実験概要

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図2の実験装置で行った。熱収縮フィルムでパッキングした試料をU型に成形する。給水側を定水位とし、サイフォン排水口の高低差や珪砂8号($D_{50}=0.10$ (mm), 有効経 $D_{10}=0.041$ (mm))と珪砂8号に3%濃度の高分子ポリマーを混ぜ団粒化させた改良土での粒度の違いから時系列的にみた排水量を計測しその特性・条件を検討した。また、実験終了後24時間以上あけて再度実験することで、再現性も検証した。

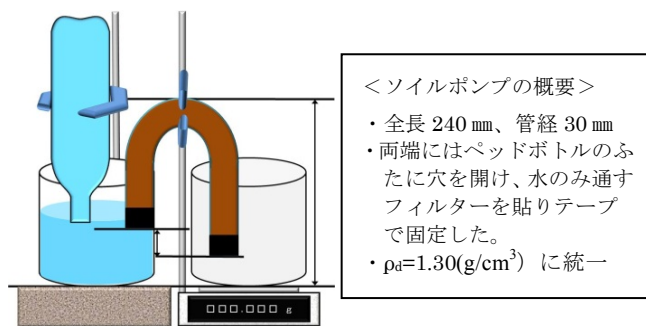


図2 サイフォン実験装置

3. サイフォン実験結果と考察

給水側の水面を一定とし、この水位よりも排水口を3cm高い位置で経過観察したところ、珪砂8号のみと改良土ともに20時間経過しても全く排水しなかった。そこで、給水側の水面も3cm低い位置での排水量を計測することとした。堤体内の水位が低下して排水が停止しても、再び堤体内の水位が上昇した場合にもサイフォン効果が期待できることが実験結果からわかる。また、珪砂8号のみ改良土ともに回数を重ねるほど増加し改良土のほうが、効果が高くなる傾向が顕著に表れた。原因としては、珪砂8号、改良土ともに回数を重ねるごとにサイフォン内の飽和域が拡大し新たな吸水により、押し出される形で排水されたことによると考えられる。

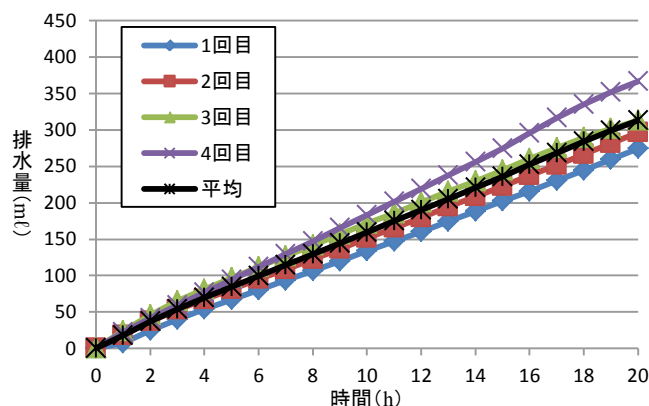


図3 繰り返し排水量の推移 (珪砂8号)

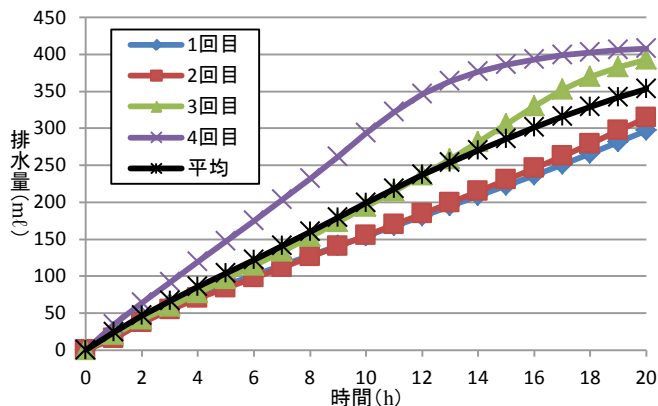


図4 繰り返し排水量の推移 (団粒化した珪砂8号)

キーワード 毛管現象 サイフォン ドレーン工 団粒化

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

4. 毛管上昇高の計測実験概要

全長 101 (cm)、管径 2.7 (cm) のアクリルパイプ内に珪砂 8 号と改良土を乾燥密度 $\rho_d=1.45$ (g/cm³) になるよう 4 層に分けて詰め込む。毛管現象を用いたサイフォン実験では $\rho_d=1.30$ (g/cm³) に調整したが、この値ではアクリルパイプ全体に詰め込むことが出来ない為、 $\rho_d=1.45$ (g/cm³) とした。アクリルパイプの片端には、サイフォン実験と同じ水のみ通すことが出来るフィルターを貼りつける。次に、スタンドとクランプでアクリルパイプと蒸留水を入れた水位を一定させるための 2 (ℓ) ペッドボトルを固定させる。蒸留水はバットに流し込むようにし毛管上昇高 h_c を実測するとともに、含水比 w (%)、飽和度 S (%) を実測した。また、合わせて理論値と実測値の比較も行った。

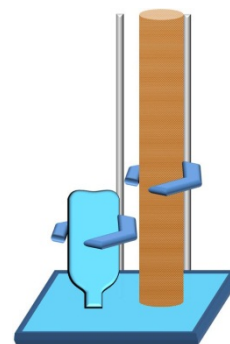


図5 毛管上昇高実験装置

5. 毛管上昇高の計測実験結果と考察

毛管上昇高の試験結果 (図 6 及び図 7) から、団粒化させない場合、飽和度 70% が 55 cm ほど、団粒化させた場合には 50 cm ほどであることがわかり、団粒化させることによって大きな間隙作成され、毛管上昇高が低くなるのがこの結果からわかる。また、パイプ外観からみての浸潤している水面までの高さから計測した毛管上昇高と近似式 (式(1)) から得られる毛管上昇高 h_c を表 1 に示す。

$$h_c = \frac{C}{e \cdot D_{10}} \quad (1) \quad \text{ここに、C: 粒径および表面の不純度で定まる定数 (0.1~0.5 の範囲)}$$

団粒化していない珪砂 8 号は $C=0.4$ 程度で近似値内であったが、改良土では理論値よりも実測値よりも高くなった。この要因としては、団粒化された場合には定数 C が一般の 0.1~0.5 と異なることが考えられる。

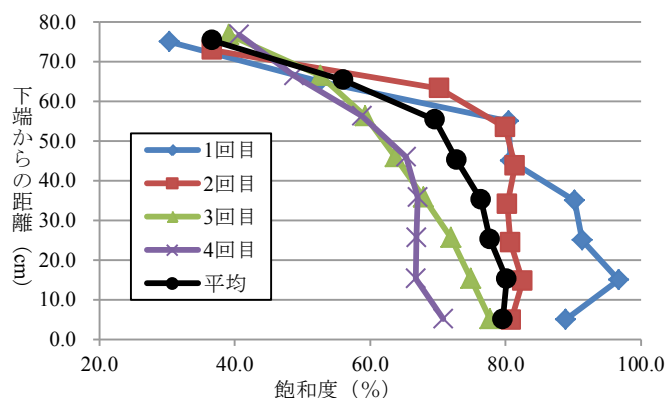


図6 飽和度の推移 (珪砂 8 号)

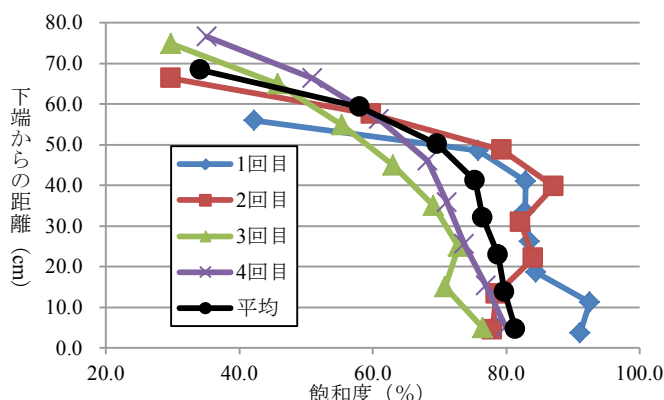


図7 飽和度の推移 (団粒化した珪砂 8 号)

表1 毛管上昇高の近似式による値と実測値

	C=0.1	C=0.2	C=0.3	C=0.4	C=0.5	実測値平均
珪砂 8 号	19.5 cm	39.1 cm	58.6 cm	78.1 cm	97.7 cm	79.5 cm
改良土	9.9 cm	19.8 cm	29.6 cm	39.5 cm	49.4 cm	73.0 cm

6. おわりに

サイフォン実験では団粒化した場合の方が流量も多く、サイフォン材料に適している結果を得た一方、毛管上昇高では団粒化しない方が毛管上昇高は大きい結果となった。サイフの場合、毛管上昇だけでは吸引圧が高く、排水を抑制する可能性があり、図 3,4 のような違いが現れたものと考えられる。サイフォン材料として吸引圧だけでなく、排水性も有する必要があることが本研究の結果から明らかとなった。

謝辞 本研究は、中部大学特別研究費 A の補助を受けた。ここに厚く御礼申し上げます。

【参考文献】1) 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，2011

2) 杉井・方・鶴留：団粒化構造による透水性保水型土系舗装の評価，土木学会中部支部研究発表会講演集，pp.241-241, 2010