

水平一次元透気試験における供試体の飽和度分布に関する検討

岡山大学大学院 正会員 小松 満

岡山大学大学院 学生会員○西原 直也

1. はじめに

近年、河川堤防の浸透による破堤への対策が課題となっているが、透水性基盤のパイピング現象に起因する堤体の進行性破壊は、その発生箇所の把握が課題となっている。現在、地盤内の透水層の特定には物理探査技術が用いられているが、実際に透水層の連続性を確認するためには間隙の連続性を把握する必要がある。調査対象とする地盤が地下水面より下に位置する場合は水圧の伝播挙動により把握することが可能であるが、出水期以外は地下水面より上に位置している場合も多い。そこで本研究では、亀裂性岩盤中の貯留量や不均質性の評価に用いられてきた空気圧トモグラフィーによる調査技術に着目し、水みちとなり得る弱点箇所の有無を判定する手法の開発を目的とし、空気圧トモグラフィーによる現場連通試験¹⁾の要素実験を別途実施している。試験装置の概念図を図-1に示す。透気試験²⁾は通常、鉛直方向で実施されることが多いが、本研究では水平一次元カラムを用いるため、あらかじめ設定した飽和度の供試体を作製するには、充填作業に時間を要すことから、水分移動に伴うカラム内の飽和度分布の変化が懸念された。そこで、本報では、試験実施の際に想定される供試体内の飽和度分布の時間変化を調査した結果について報告する。具体的には、4種の異なる直径のカラムを用い、供試体作成後のカラムの頂部及び底部の含水比と飽和度の経時変化について整理した。

2. 実験方法

図-2に示すように4種類の直径($\phi 5\text{cm}$, $\phi 8\text{cm}$, $\phi 10\text{cm}$, $\phi 15\text{cm}$)の塩ビ製のパイプを長さ10cmに切断したカラムを用い、片方に蓋を設置した後水平な台の上で横向きに所定の相対密度で飽和度になるように締固めて供試体を作製した。カラムの上端で成形した後、上蓋を設置し、回転しないように固定した状態で立て、一定時間経過後に再び横向きに戻して、カラムの頂部と底部からそれぞれ 10cm^3 程度サンプリングした後、カラム内に残った試料を混ぜて、それぞれの含水比を測定した。本研究では市販されている岡山県産の川砂と岡山県倉敷市内の小田川において過去に噴砂の発生が確認された地点で採取された砂試料を用いた。なお、試料の物理特性を表-1に、粒径加積曲線及び保水性試験結果を図-3及び図-4にそれぞれ示す。

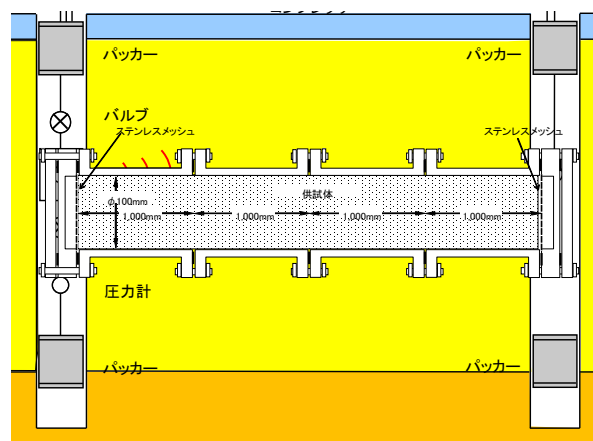


図-1 4m 水平一次元透気試験による実験装置の概念図

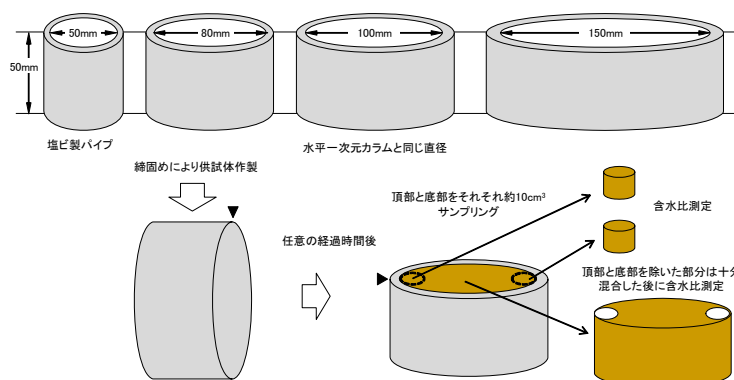


図-2 供試体内の飽和度分布の測定方法

表-1 試料の物理特性

試料		川砂	小田川現場
土粒子密度	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.682	2.676
最大乾燥密度	$\rho_{d\max}(\text{g/cm}^3)$	1.752	1.421
最小乾燥密度	$\rho_{d\min}(\text{g/cm}^3)$	1.444	1.184
最大間隙比	$e_{\max}$	0.858	1.260
最小間隙比	$e_{\min}$	0.530	0.884
透水係数($D_r=80\%$)	$k_{T15}(\text{cm/s})$	3.01×10^{-3}	2.25×10^{-3}

キーワード：室内実験, 透気試験, 供試体, 飽和度

連絡先：〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 Tel・FAX:086-251-8160

3. 実験結果と考察

川砂での実験結果の一例として、含水比の変化挙動を図-5に示す。10cmカラムで含水比の変化量の最大値が±2%程度であることが分かる。さらに、容器の

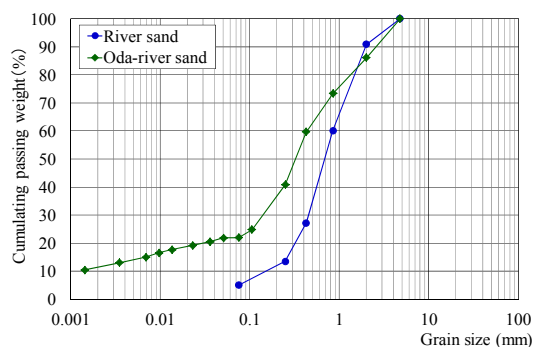


図-3 粒径加積曲線

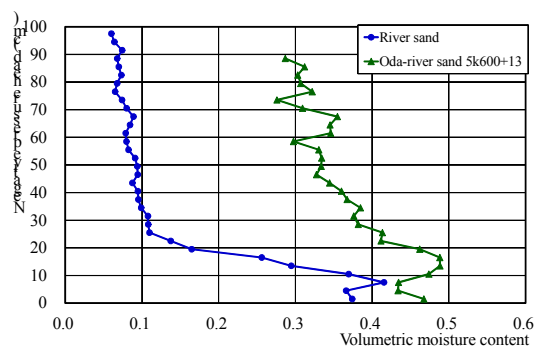
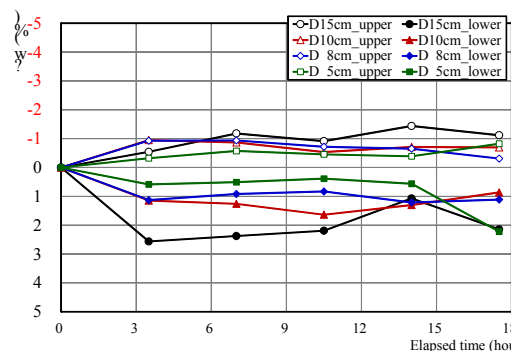


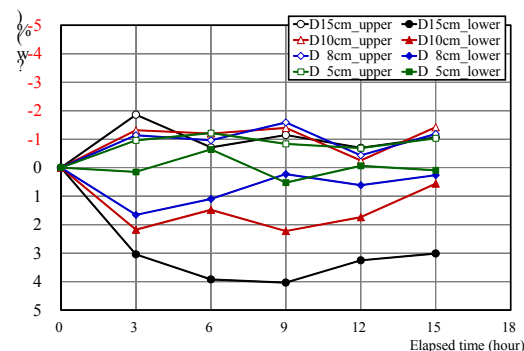
図-4 保水性試験結果

直径が15cmになると、下部の含水比が顕著に大きくなる結果を示した。本研究で実施した水平一次元試験は、飽和度の変化を考慮して、10時間程度で上下を反対にし、水分の均一化を図った。なお、15cmの直径のカラムでは、途中で上下を逆にしても飽和度で最大15%程度の変化を生じるため、水平で透気試験を行う際には供試体内での飽和度分布の変化の影響が顕著に表れることが分かる。

また、小田川現場砂の実験結果の一例として、飽和度の変化挙動を図-6に示す。小田川採取の試料は、保水性試験の結果からも判断できるように、高い保水性を有していることから、川砂のような供試体内での大きな水分変化は生じていない、しかし、供試体作成後の時間が長くなるにつれて特に、供試体下部での水分量の増加が顕著になることが分かった。

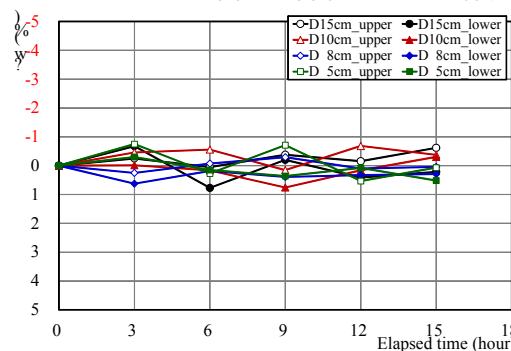


(a) 含水比 9%, 飽和度 40%

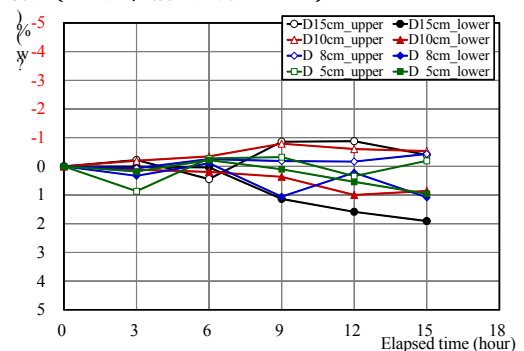


(b) 含水比 11%, 飽和度 50%

図-5 含水比と経過時間の関係 (川砂, 相対密度 80%)



(a) 含水比 14%, 飽和度 40%



(b) 含水比 18%, 飽和度 50%

図-6 相対密度と応答時間の関係 (小田川現場砂, 相対密度 80%)

4. まとめ

空気圧トモグラフィによる現場連通試験

の要素実験を実施する際には供試体作成後の水分移動に伴うカラム内の飽和度分布の変化について考慮する必要があるため、4種の異なる直径のカラムを用い、供試体作成後のカラムの頂部及び底部の含水比と飽和度の経時変化について整理した。その結果、保水性の高い試料を用いた供試体内では飽和度分布の変化は小さいが、保水性の低い試料を用いた供試体内では飽和度分布の変化が大きくなり、試験結果に影響を及ぼすことが判明した。

【参考文献】

- 1) 新村卓也, 西垣誠, 小松満, 館川逸朗: 空気圧を用いた連通試験の河川堤防への適用, 第 52 地盤工学研究発表会, 2017.
- 2) 西垣 誠, 瀬尾 昭治: 非定常法による不飽和土の透気係数の室内での計測法に関する研究, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.70, No.1, pp.83-95, 2014.