

## 供試体内部の細粒分移動を考慮した透水試験装置の開発

前橋工科大学 学生会員 ○植松 慶 前橋工科大学 正会員 森 友宏  
 前橋工科大学 学生会員 岩本 達憲

### 1. 研究の背景と目的

降雨浸透や、地下水位変化により、地盤内の細粒分の移動が推測される。これにより、地盤内の骨格構造が変化し、地盤の長期安定性に影響を及ぼすと考えられる。これまで、降雨による地盤の安定評価は、大まかに設定された地盤のパラメータによるつり合い計算によるものが多く、地盤内部の構造変化に着目したものはなかった。そこで本研究では、透水による地盤内の細粒分移動や供試体内部の微視的構造の変化を把握するための透水試験装置を開発し、その機能の検証を行った。

### 2. 研究の流れ

本研究では、透水による細粒分移動を確認することを目的とした透水試験装置の開発を行う。その後、異粒径混合ガラスビーズ供試体を用いた透水試験を行い、透水による細粒分の移動を観察できるかを検証する。本試験で試料として用いるガラスビーズの物理特性は表 1 に示す通りである。最後に、試験から得られた透水係数の実測値と、均質材料における透水係数の理論値との比較をし、両者の差分から地盤内の細粒分移動や供試体内部の微視的構造の理解を試みる。

### 3. 試験装置の開発

作製した透水・流出試験装置の概要を図 1, 2 に示す。本研究で作製した試験装置のコンセプトとして以下の二点が挙げられる。一点目は透水・流出試験中に供試体下方へと移動していく細粒分による透水係数の変化を、リアルタイムで計測できるようにすること。二点目は供試体を 1 つの大きな層として考えるのではなく、4 つの層に分けて考えることで、ミクロな視点での細粒分の移動と、それに伴う間隙の大きさの変化を把握することである。

装置内は上から  $\phi 0.8\text{mm}$  のみのバッファ層が 50mm、

表 1 ガラスビーズの物理特性

ガラスビーズの粒径	$\phi 0.1\text{mm}$	$\phi 0.8\text{mm}$
粒子密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.484	2.493

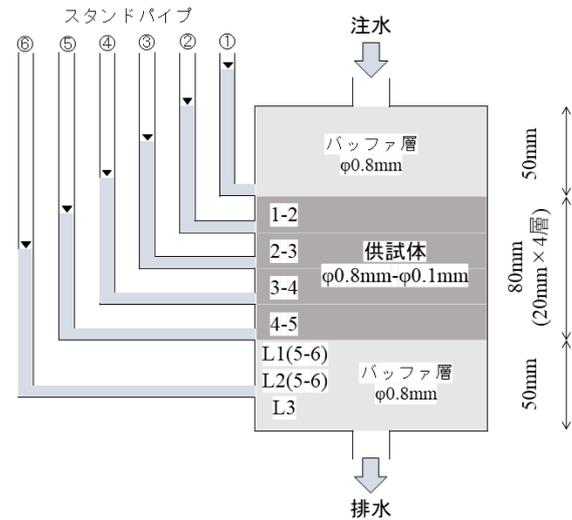


図 1 透水・流出試験装置の概要



図 2 透水・流出試験装置

$\phi 0.8\text{mm}$  と  $\phi 0.1\text{mm}$  の混合供試体が  $20\text{mm} \times 4$  層 =  $80\text{mm}$ 、そして一番下に  $\phi 0.8\text{mm}$  のバッファ層が  $50\text{mm}$  配置されている。従来の透水試験は供試体全体を対象として測定していたが、今回作製した装置では供試体内の水頭差を供試体高さ  $2\text{cm}$  毎に測定することができる。これにより供試体内部の細粒分の移動や間隙の増減などの供試体内部の細かい変化を捉えることが可能になった。

供試体内部が均一なら、損失水頭も一定であるた

め、スタンドパイプ1~6の水頭の減少も線形となる。しかし、供試体内部が偏ってくると損失水頭にも偏りが出てくるため、供試体内部の構造変化を観測することが可能となる。

#### 4. 透水・流出試験について

##### (1) 試験手順

本研究では、まずガラスビーズφ0.8mmとφ0.1mmの混合比を変えた最大密度試験を行い、混合比による充填率の違いを調べた(表2参照)。その後、製作した試験装置を用いてφ0.8mmとφ0.1mmの混合比9:1で透水・流出試験を行った。このとき、最大密度試験から得られた $\rho_d=1.818\text{g/cm}^3$ で供試体を作製した。供試体は4層に分けて作製した。透水時間は

表2 ガラスビーズの混合比に応じた最大密度

0.8:0.1 混合比	0:100	...	80:20	90:10	100:0
最大密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.610	...	1.902	1.818	1.680
充填率 (%)	64.81	...	76.35	72.95	67.39

表3 細粒分(φ0.1mm)の移動と間隙の変化

位置	φ0.1mmの増減(g)	間隙率の増減(%)
1-2	-0.96 (-13.48%)	0.010
2-3	-0.19 (-2.68%)	0.002
3-4	-0.81 (-11.37%)	0.008
4-5	-1.09 (-15.27%)	0.011
L1(5-6)	2.76 (純増)	-0.028
L2(5-6)	0.20 (純増)	-0.002
L3	0.09 (純増)	-0.001

表4 試験前後の透水係数の理論値の変化

	試験前(0分)	試験後(900分)
混合比	90:10	91.4:8.6
試料密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.818	1.799
透水係数の理論値 (m/s)	$4.49 \times 10^{-4}$	$5.62 \times 10^{-4}$

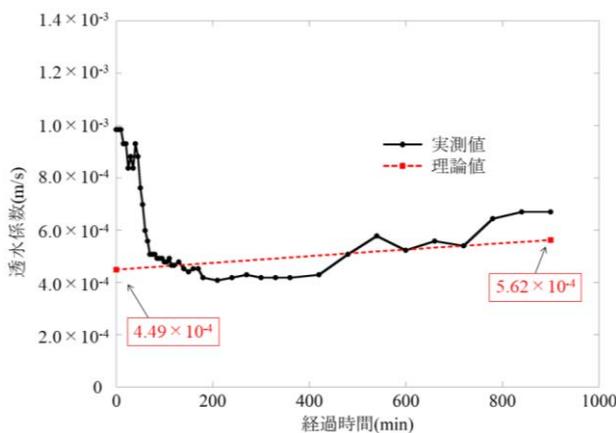


図3 透水係数の実測値と理論値の比較

15時間(900分)である。試験終了後は、1層ずつ丁寧にサンプリングし、各層の混合比と密度の変化を確認する。

##### (2) 試験結果・考察

表3より、供試体内のφ0.1mmがバッファ層へと流れ込んでいることが確認でき、細粒分が上方から下方へと移動していることがわかった。

また、スタンドパイプ④と⑤の水頭差から得られた透水係数の経時変化を図3に示す。透水係数の値が最終的に上昇しているのは、細粒分が流出したことで透水性が向上したことが原因だと考えられる。

#### 5. 透水係数の理論値について

大井の研究<sup>1)</sup>よりKozeny-Carman定数を慣用値の5とし、宇野らの研究<sup>2)</sup>から2種類の球状粒子の混合体における透水係数 $K$ の理論式を以下に示す。

$$K = \frac{1}{5} \frac{\varepsilon^3 \rho g}{S^2 \nu} \quad \text{(式1)}$$

ここで、 $\varepsilon$ :間隙率、 $\rho$ :流体の密度、 $g$ :重力加速度、 $S$ :比表面積(単位体積あたりの粒子の表面積)、 $\nu$ :動粘性係数である。ここでの理論値とは、供試体内が均質材料であると仮定した際の透水係数である。試験後の計測より、図1における4-5層の混合比は90:10から91.4:8.6に変化していることが確認できた。よって、試料密度が小さくなり、透水係数の理論値も $4.49 \times 10^{-4}$ から $5.62 \times 10^{-4}$ に変化した(表4, 図3参照)。

#### 6. まとめ

試験結果より、供試体上方から下方へと細粒分が移動していく経時変化が確認できた。また、実測値と理論値は比較的近い値を取っていることから、製作した装置を用いた比較は可能であると考えられる。

今後は実測値と理論値との差分から、細粒分の目詰まりや水ミチの発生についても検討していく。

#### 参考文献

- 1) 大井孝和:空気透過法におけるKozeny-Carman定数について, 愛知工業大学研究報告 第19号B, pp. 299-300, 1984.
- 2) 宇野尚雄, 杉井俊夫, 神谷浩二:比表面積測定に基づく土粒子物性と透気性・透水性の考察, 土木学会論文集 第469号, pp. 25-34, 1993.