

透水係数の変化に基づいた地盤の内部構造変化の推定

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

1. 研究の背景と目的

人工盛土は、時間経過により「安定化する」という論と、「不安定化する」という論が交錯し、全国に数多く存在する人工盛土のメンテナンス方針を迷走させる要因の一つとなっている。本研究では、透水係数の変化から「盛土内の細粒分の移動と内部構造の変化、およびそれに伴う透水係数の変化」を把握可能かどうかの検討を行う。

2. 研究の流れ

ガラスビーズの粒径 0.8mm+0.1mm を試料として異粒径混合の透水・流出試験を行い、地盤内の細粒分の移動・流出を観察する。また、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。次に、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. 実験手順

本研究では、まず異粒径ガラスビーズの質量混合比に応じた最大密度試験を行い、そこから得られた最大密度となるように透水・流出試験の供試体を作成した(表 1 参照)。その後、ガラスビーズの粒径 0.8mm+0.1mm、質量混合比 7:3、8:2、9:1 で透水・流出試験を行った。今回作製した装置では供試体内の水頭差を供試体高さ 2cm 毎に測定することができる(図 1 参照)。また、2 種類の球状粒子の混合体における透水係数の理論値と実験値を比較することで、供試体の内部の構造的変化を考察する。大井の研究¹⁾より Kozeny-Carman 定数を慣用値の 5 とし、宇野らの研究²⁾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。

$$K = \frac{1}{5} \frac{\epsilon^3 \rho g}{S^2 \nu} \tag{式 1}$$

ここで、 ϵ :間隙率、 ρ :流体の密度、 g :重力加速度、

表 1 実験条件

$\phi 0.8\text{mm}:\phi 0.1\text{mm}$	供試体層密度(g/cm^3)	$\phi 0.8\text{mm}/\text{層}(\text{g})$	$\phi 0.1\text{mm}/\text{層}(\text{g})$
9:1	1.818	64.25	7.14
8:2	1.902	59.75	14.94
7:3	1.949	53.58	22.96

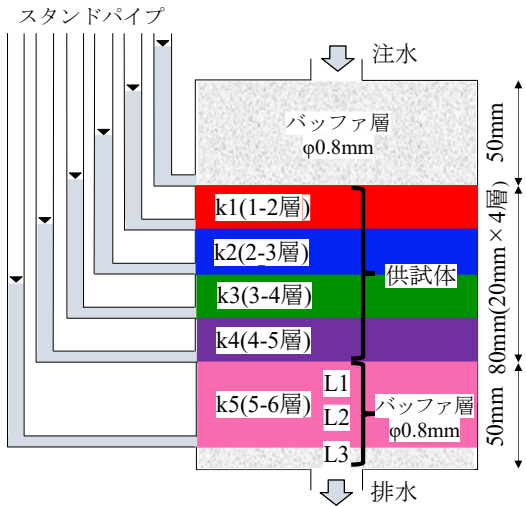


図 1 透水・流出試験装置の概要

S :比表面積(単位体積あたりの粒子の表面積)、 ν :動粘性係数である。

4. 実験結果・考察

(1) 細粒分移動量の比較

表 2 より、主に粗粒分が骨格を形成している 9:1 では 1-2~4-5 の層で $\phi 0.1\text{mm}$ が減少し、間隙率が増加しているため流入より流出する細粒分の方が多いことが確認できる。それに対し、粗粒分と細粒分で骨格が形成されている 7:3 では、混合層に挟まれる層 (2-3 層, 3-4 層) において流出より流入する細粒分の方が多いことが確認できる。また、流出率を比較すると明らかに 7:3 が低く、細粒分が移動しにくいことが分かる。これは 7:3 の間隙が小さいこと、細粒分が骨格に含まれていることが要因であると考えられる。

(2) 透水係数の時間変化

透水係数の時間変化と 1-2 層の透水係数 k_1 の理論値を表 3、図 2、3 に示す。試験後は下部バッファ層

表 2 細粒分移動量

位置	φ0.1mmの増減(g)	
	9:1	7:3
1-2	-0.96(-13.48%)	-1.33(-0.06%)
2-3	-0.19(-2.68%)	0.45(0.02%)
3-4	-0.81(-11.37%)	0.64(0.03%)
4-5	-1.09(-15.27%)	-1.26(-0.06%)
L1(5-6)	2.76(純増)	1.31(純増)
L2(5-6)	0.20(純増)	0.09(純増)
L3	0.09(純増)	0.10(純増)

に φ0.1mm の粒子が流出して供試体の密度が下がるため、理論上の透水係数は大きくなる．細粒分が流出すると間隙が大きくなり透水係数が上昇し、流入すると下降する．これより 9:1 と 7:3 は 1-2、2-3、3-4、4-5 の順に透水係数が下がるため上の層から細粒分が移動していると考えられる．また、7:3 は流出率が低いことから、9:1 と比較すると流出による透水係数の変化が小さい．

(3) 透水係数の時間変化と理論値との比較

図 2、3、4 より、供試体の内部構造は次のように変化していると推察される．はじめに供試体内の粒子が再配置されることで透水係数が下がり理論値に近づく(①→②)．その後、目詰まりが起きることで透水係数が理論値を下回る(②→③→④)．目詰まりにより局所的に水頭差が大きくなり、目詰まり部の粒子が水頭差に耐えられなくなると破瓜し(④→⑤)、水ミチが生成され透水係数が理論値を上回る(⑤→⑥)．

5. まとめ

透水試験装置の工夫により、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、2 種類の球状粒子の混合体における透水係数の理論値と実験値を比較することで、供試体内部の目詰まりの発生や、水ミチの形成を推察することができた．また、供試体の細粒分比率が大きくなり、細粒分が骨格に寄与するようになると、細粒分は流出しにくくなり、内部構造の変化は遅くなることが観察された．

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.

表 3 細粒分移動による透水係数の理論値の変化

	質量混合比	9:1		7:3	
		試験前(0分)試験後(900分)		試験前(0分)試験後(900分)	
		9:1	9.120.88	7:3	7.122.88
k1	供試体層密度(g/cm³)	1.818	1.801	1.949	1.943
	透水係数の理論値(m/s)	4.99×10 ⁻⁴	5.47×10 ⁻⁴	6.09×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵

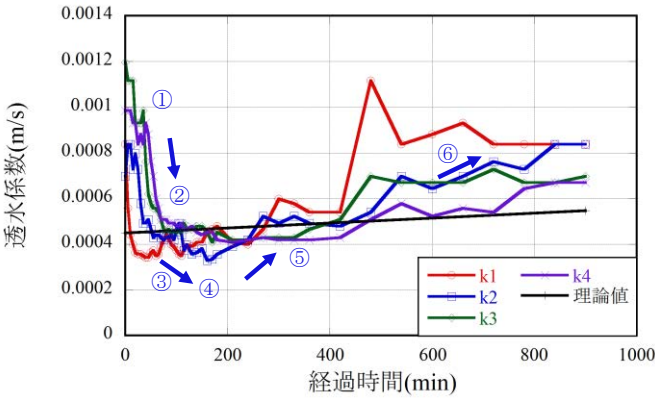


図 2 透水係数と理論値の時間変化(9:1)

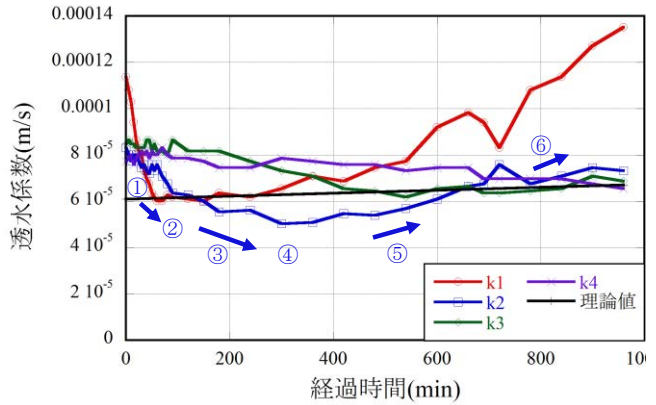


図 3 透水係数と理論値の時間変化(7:3)

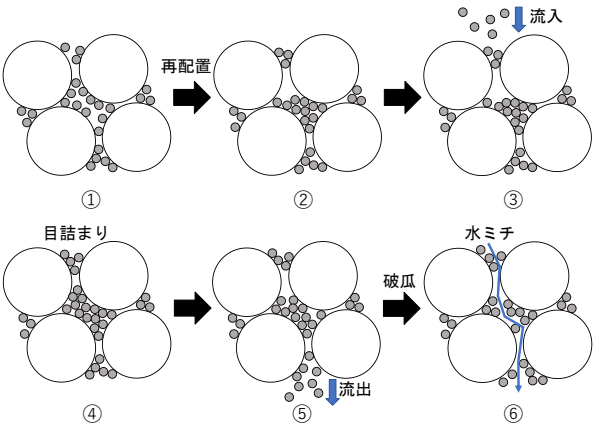


図 4 供試体内部の変化

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.