

不飽和透気試験に関する研究

中部大学工学部 正会員 杉井 俊夫
中部大学工学部 正会員 山田 公夫
中部大学大学院 学生員 ○與語 智之

1.はじめに

高飽和時の空気が閉塞するような場合の空気の流動性を正しくシミュレートする際に必要となる土の透気性を明らかにするとともに、土の透水性との関係についても調べることを目的とし、今回、簡便な透気試験装置を作成した。本報告は、本試験の方法と結果を示すとともに、試験における留意点について報告するものである。

2. 不飽和における透気試験

試験装置を図-1、本試験に用いる各種条件を表-1、また、試料長さの影響を調べるために2種類の試料長さの供試体を用いて実験を行った（表-2）。計測項目は、流量計により流入空気流量、圧力計により試料上端の空気圧、水銀を用いたマノメータにより供試体上下端の差圧、供試体質量、供試体内の温度（室温）、湿度とした。試験手順の概要を図-2に示す。飽和状態より試験開始後試料上端に加圧し、下端より排水させ、不飽和状態を作成する（初期状態）。その時の空気流量を初期空気流量としている。定常状態になったか排水量で判断する。透気試験は、ある不飽和状態となった供試体に加えている空気圧を段階的に小さくして透気試験を行うため試験中の飽和度は一定となる。各飽和度に対して数点、動気勾配と空気流量をはかり、供試体を分解し試料の飽和度を鉛直方向に採取計測し、一つの飽和段階での透気係数が算出される。鉛直方向に飽和度の分布がみられるため、透気に影響すると考えられる最も高い飽和度で整理する。この操作を繰返し、飽和度の異なる透気係数を求める。本試験を行う上で試験に必要な補正が3つある。以下にその点について言及する。

(1)空気流量の補正

体積流量値を指示する流量はある温度、圧力下で計測されているため測定流量の体積補正の式¹⁾を用いる。

(2)不飽和のフィルターによる圧力補正²⁾(図-3参照)

土試料に働く圧力差を求めるためフィルターの透気係数が必要となる。飽和状態のフィルターでは一定の透過性を示すが、不飽和状態の測定では飽和度毎に透過性が大きく異なり試料層の透気性に大きな影響を与える。そのため初期空気量を与えた際の不飽和フィルターの透気係数を求め、式(1)の実圧力差の算定式を用い圧力差の補正値を計算する。

$$\Delta P_a = \Delta P - \Delta P_{af} = \Delta P - \frac{Q_n}{A} \frac{d}{k_{af}} \tag{1}$$

ここに、 k_{af} :フィルター透気係数(cm/s)、 d :フィルター厚さ(cm)、 P_{af} : 損失空気圧力水頭(cmH₂O)、 Q_n :補正空気流量(cm³)、 A :断面積(cm²)、 ΔP :全損失空気圧力水頭(cmH₂O)、 ΔP_a :有効空気圧力水頭(cmH₂O)

キーワード 透気性, 飽和度, 不飽和土

連絡先 中部大学工学部土木工学科 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200, TEL0568-51-1111, FAX0568-52-0134)

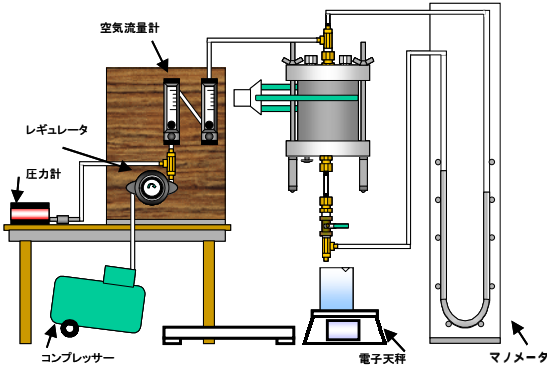


図 - 1 試験装置概要

表 - 1 試験条件

試料		豊浦砂
粒度(μm)		106～300
飽和透水係数(cm/s)		2.01×10^{-2}
試験方法		加圧法
水銀の比重		13.6
フィルター	種類	ステンレスメッシュ
	厚さ(cm)	0.0075
	開口径(cm ²)	0.0105

表 - 2 供試体長さや密度

	試料厚	試料質量	乾燥密度
供試体case①	5.1cm	150.0g	1.54g/cm ³
供試体case②	2.5cm	65.0g	1.50g/cm ³

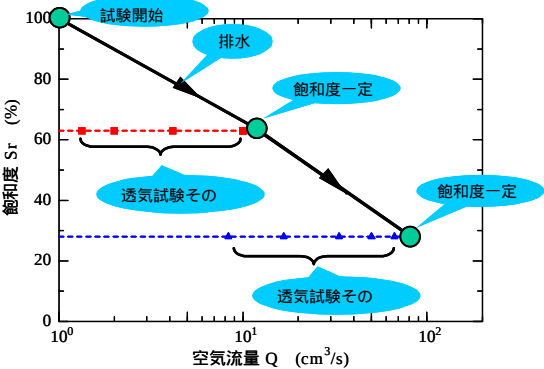


図 - 2 試験手順の概要

(3)装置内の損失圧力の補正

装置に多くのチューブ、バルブ使用のため経路内での管路やバルブによる損失圧を試料、フィルターの無い状態での試験を行い求める。

以上の補正を行い見かけの流速、動気勾配からダルシー則を用いて透気係数を算出した。平均粒径を用いた粒子レイノルズ数 Re' で層流-乱流の境界判断基準を考え、高飽和時ほど乱流による影響が大きく、高飽和時では $Re' = 0.1$ であればダルシー則が成立すると判断された。

3. 試験結果と考察

透気試験において(1)～(3)の補正を行い、ダルシー則の限界を考慮すると透気係数が得られる。補正の結果を図-3,4に示す。図-5に試料長さの異なる2つの結果を示すが、図-6の初期空気量-飽和度の結果より、本試験では通気性が依存すると考えられる鉛直分布の飽和度の最も高い点で整理しているため、試料長さの影響はないと考えられる。図-7は試験結果の比較検討のために阿部³⁾の試験データを示しているが、ほぼ同じ結果を得ていることがわかった。図-7より本試験の透気係数は $0.3 \sim 1.9 \text{ cm/s}$ の範囲内で得られた。そして不飽和透水係数と比べると飽和度増加による透気係数の減少率が小さく、飽和度約80%前後で間隙空氣の閉塞が推察された。

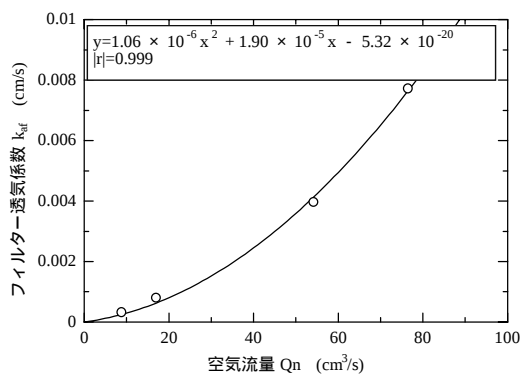


図-3 不飽和のフィルター補正

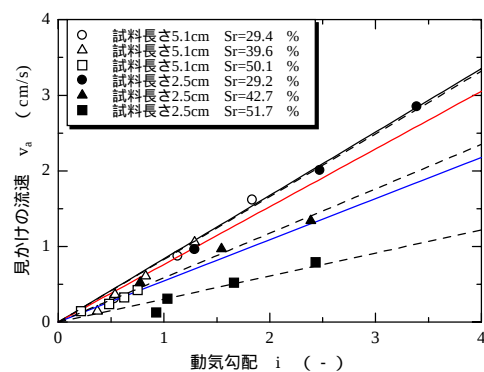


図-4 動気勾配-見かけの流速

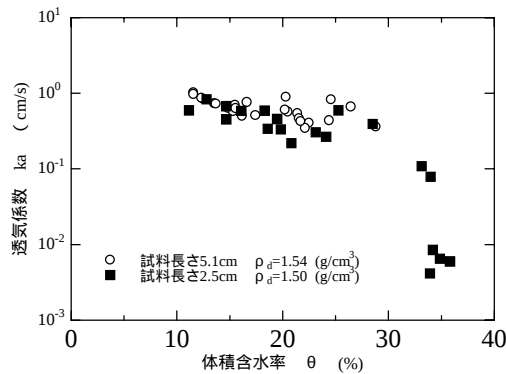


図-5 体積含水率 - 透気係数

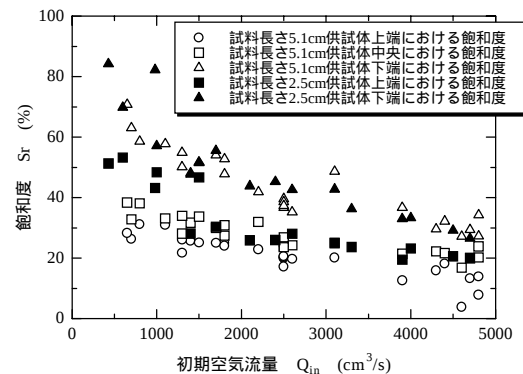


図-6 各試料長さにおける供試体内飽和度

4. おわりに

試験結果より得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 不飽和透気試験を行う上での3つの補正が必要であることを示した。
- 2) 平均粒径を用いた粒子レイノルズ数より層流-乱流の境界判断を行い、高飽和時ほど影響を大きく受けるが、 $Re' = 0.1$ でダルシー則は成立する。
- 3) 供試体内の飽和度分布は避けられないものの、最も高い飽和度により整理することでこの影響を解決することができた。
- 4) 飽和度80～90%で閉塞が生じると推察された。

【参考文献】

- 1) (社)日本電気計測器工業会：流量計の正しい使い方，日本工業出版株式会社，pp.20-235,1988.
- 2) 宇野尚雄・杉井俊夫・神谷浩二：飽和土への空気透過による間隙径分布測定，第28回土質工学研究発表会，pp.831-832,1993.
- 3) 阿部廣史：不飽和土の力学特性の評価手法に関する実験的研究，東京大学学位論文，pp.262-272,1994.

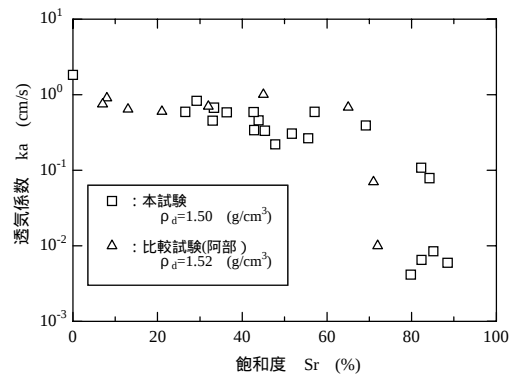


図-7 透気係数(供試体長 2.5cm)