

飽和度に依存する透気係数の計測について

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 学生会員 ○與語 智之

1. はじめに

現在、飽和・不飽和浸透流解析が頻繁に行われるようになったが、間隙中の空気圧が高くなる場合には、間隙空氣の流動をも考慮した解析が必要となる。しかし、氣・液二相流を考慮した浸透解析の開発に必要な透氣性については、閉塞時の飽和度の条件や蓄積データの不足などの問題がある。そこで、本研究では簡便な室内での透氣試験を行い、土の透氣性について明らかにすることを目的とし、今回、試験における注意する問題点について報告する。

2. 不飽和における透氣試験

試験装置を図-1、試料に用いた豊浦砂の粒度分布を図-2、本試験に用いる各種条件を表-1 に示す。モールド底面にフィルターを敷き、飽和状態の試料を3層に分け、所定の密度となるよう、高さ5.1cm、内径5.0cmの供試体を作成する。供試体上端からレギュレータを用い空氣流量を調節しながら、供試体下端から排水させる。設定飽和度まで排水した後、初期空氣圧から徐々に空氣圧を減少させることで試料内の飽和度を一定とし、通氣量と供試体上下端の圧力差から通氣性を評価する。計測項目は、流量計により流入空氣流量、圧力計により試料上端の空氣圧、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。流量計を用いて流量を測定する場合、得られる流量の値は一般的に測定時の温度圧力条件における体積流量値を指示する場合が多く、得られた流量と測定流体の温度・圧力を測定することによって必要とする基準状態における体積流量に補正する必要がある¹⁾。そこで、補正流量を式(1)から算出する。

$$Q_n = Q_i \cdot F_t \cdot F_p \cdot F_z \tag{1}$$

ここに、 Q_n :基準温度・基準圧力による測定流体の体積流量(cm^3)、 Q_i :流量計の測定状態による体積流量(cm^3)、 F_t :温度による補正係数、 F_p :圧力による補正係数、 F_z :圧縮係数による補正係数

試験装置の経路内での管路やバルブによる損失圧を調べるため、試料を入れずにマノメータによる差圧を読みとった。これを本試験の装置における損失空氣圧 $Pl(\text{cmH}_2\text{O})$ とし、 $0.4\text{cmH}_2\text{O}$ 程度と非常に小さいことがわかった。その関係を図-3 に示す。また、透氣係数の算出にあたり試験試料とフィルターの透氣性の違いにより、フィルターの透氣性に大きく影響を受けると考えられる。そこで、フィルターの透氣性を考慮するため、以下の式により有効空氣圧力差を算出した。

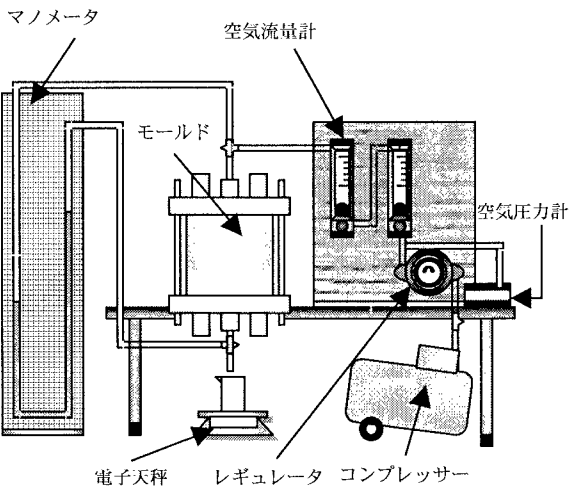


図-1 試験装置概要

表-1 試験条件

試料		豊浦砂
乾燥密度(g/cm^3)		1.55
粒径(μm)		106~300
飽和透水係数(cm/s)		2.01×10^{-2}
試験方法		加圧法
フィルター	種類	ステンレスメッシュ
	厚さ(cm)	0.0075

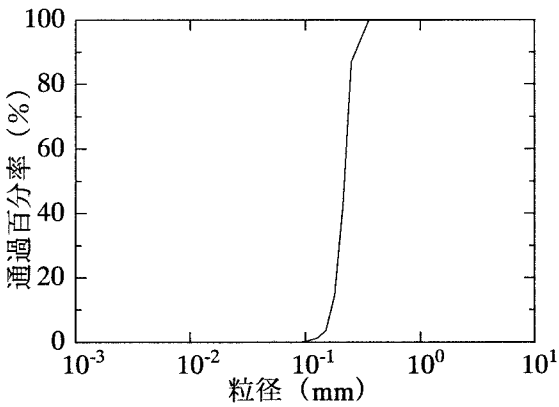


図-2 粒度曲線 (豊浦標準砂)

$$\frac{Q_n}{A} = \frac{k_a \Delta P_a}{L} = \frac{k_{af} \Delta P_{af}}{d} \quad (2)$$

$$\Delta P_a = \Delta P - \Delta P_{af} = \Delta P - \frac{Q}{A} \frac{d}{k_{af}} \quad (3)$$

ここに、 k_{af} : フィルター透過係数 (cm/s)、 d : フィルター厚さ (cm)、 ΔP_{af} : 損失空気圧力水頭 (cmH₂O)、 A : 断面積 (cm²)、全損失空気圧力水頭を ΔP : 全損失空気圧力水頭 (cmH₂O)、 ΔP_a : 有効空気圧力水頭 (cmH₂O)

3. 試験結果と考察

式(1)、(2)、(3)より得られた Q_n 、 ΔP_a にダルシー則を適用させる。その結果、得られた飽和度別の見かけの流速と動気勾配の関係を図-5 に示す。また、図-5 から導き出される透過係数を用いて透過係数と飽和度の関係を図-6 に示す。以上から、飽和度が低い状態ほど透過係数の変化が大きく、飽和度の低い状態では透過係数の変化は小さいことを示している。また、透過係数が急激に低下する飽和度が存在することがわかる。

阿部の試験結果²⁾を比較すると低飽和域では一致しているものの、高飽和域での透過係数のばらつきが大きい。これは通気中に生じる供試体中の飽和度の分布によるばらつきや水分蒸発が考えられる。

4. おわりに

- 試験結果より今後の課題を以下にまとめる。
- ① 本試験で平均飽和度として算出しているため水分分布を調べる必要がある。
 - ② 本試験中に実際にどの程度の水分蒸発が生じているか測定する必要がある。その結果によっては水分蒸発の補正も検討する必要がある。
 - ③ 透過係数-飽和度の関係において測定できていないデータ不足の領域を測定する。

謝辞：本実験は同研究室に所属する4年生の末松久典・高野哲郎君と共同に行った。ここに記すとともに謝意を表します。

5. 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) 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，東京大学学位申請論文，pp. 262-272，1994.

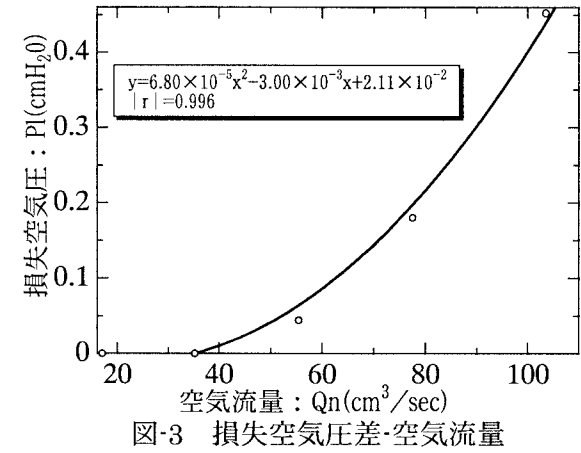


図-3 損失空気圧差-空気流量

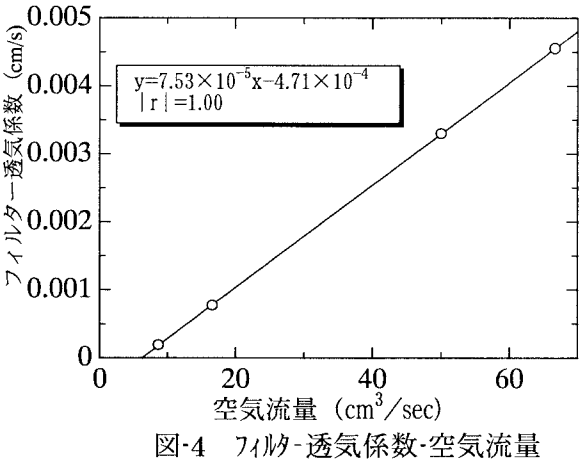


図-4 フィルタ-透過係数-空気流量

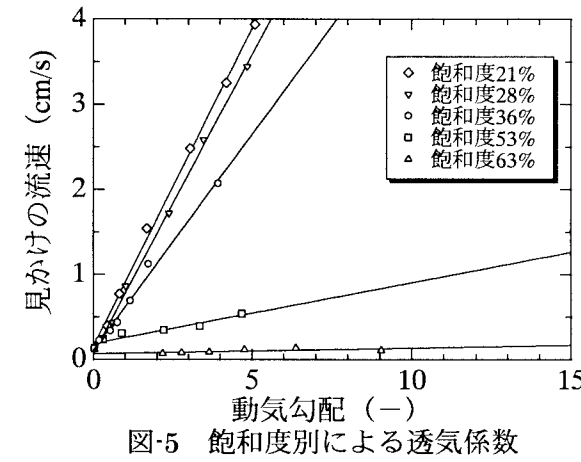


図-5 飽和度別による透過係数

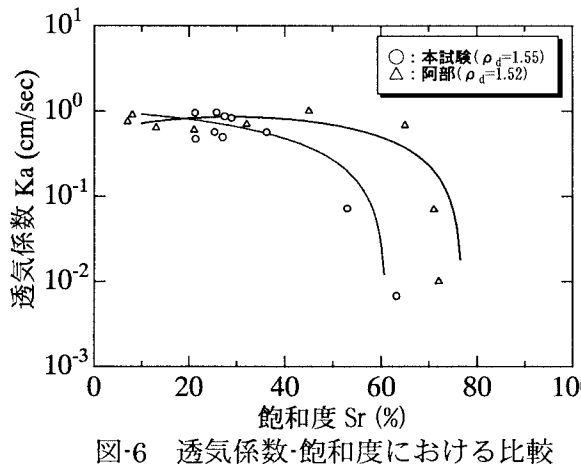


図-6 透気係数-飽和度における比較