

水分分布を近似した不飽和透水試験法の提案

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
(株)アイエスシー 正会員 ○植村 真美

1. はじめに

著者らは、不飽和土を対象とした試験法の研究を行ってきた。これまで、提案されている不飽和透水試験法の中には様々あるが、その中でも短時間に計測が可能であり、かつ広範囲の水分量域に対するデータを得ることができる瞬時水分計測法は代表的な方法とされる。しかし、これまでの瞬時水分計測法では、多量の試料を使用するため、細粒土では試料準備段階においての締固めが難しく、また境界条件に限界があり排水条件を作り出すことも困難であった。そこで今回、これまでの瞬時水分計測法の特徴でもある水分分布を線形近似する方法を援用し、砂はもちろん、細粒土の測定をも考慮した不飽和透水試験法の開発を行った。

2. 試験装置

試験装置の詳細図を図-1に示す。受器にOリング、金網、フィルターの順に重ね、アクリル製円筒(縦15cm、内径10cm)を固定できるようになっている。アクリル製円筒内に供試体を入れる。そして、上端にはテンシオメータとADRが接続できるようになっている。また、この試験法の特徴として、上部の加圧口より空気圧を加えた、加圧法も可能である。ただし、アクリル製円筒の強度を100MPaとする。次に、全体の試験概要図を図-2に示す。パワーユニットに接続し、データロガーとパソコンに連結させることで、体積含水率、間隙水圧(サクション)、空気圧、排水量の測定が可能となる。

3. 試験原理

これまで鉛直一次元を対象とした、式(1)に示したダルシーの方程式より、分子を流速、分母を動水勾配として求めることができる。

$$K(\theta) = \left(\int_0^z \frac{\partial \theta}{\partial t} dz \right)_{z,t} / \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right)_{z,t} \quad (1)$$

$k(\theta)$: 透水係数(cm/sec)
 ψ : 圧力水頭(cm)
 z : 鉛直高さ(cm)
 θ : 体積含水率(%)
 t : 時間

(1) 流速の求め方

図-3に示すように、ADRによって供試体上端の体積含水率の経時変化を計測する。同時間隔で上端から下端にかけての排水流量を計測する。試験終了後、炉乾燥法により供試体下端の含水比 W_n から体積含水率 θ_n を求め、任意時間における流量変化は電子天秤より明らかになり、試料下端の体積含水率 $(\theta_{n-1} \dots)$ は逆算して求められる。さらに供試体中間までの流量変化 A を求め、式(2)より流速が算出できる。

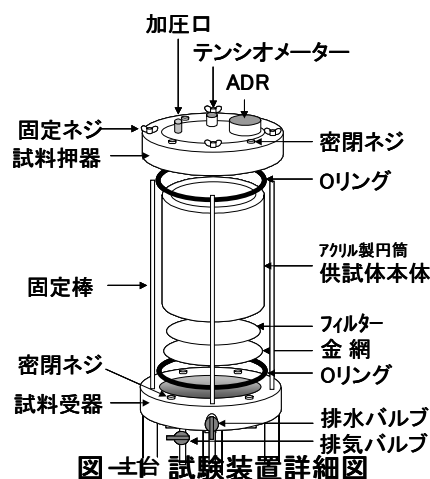


図-1 土台試験装置詳細図

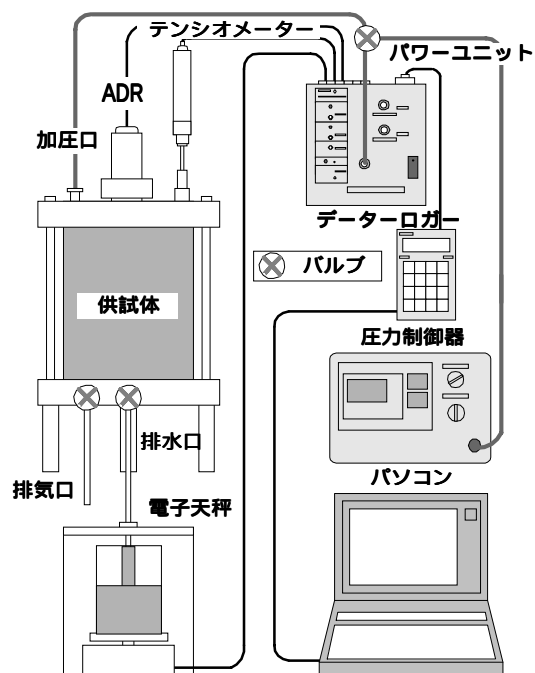


図-2 水分分布近似法試験装置概要図

$$\left[\int_0^z \frac{\partial \theta}{\partial t} dz \right]_{z, \frac{t_n + t_{n-1}}{2}} = \frac{A}{t_n - t_{n-1}} \quad (2)$$

(2) 動水勾配の求め方

図-4 に示すように、 Z_1 (上端)と Z_2 (下端)のサクションの経時変化をテンシオメーターにより測定する。任意時間での供試体中心の動水勾配を求めるには、計測点 Z_1 と Z_2 のサクションの差と試料の高さから式(3)のように求めることができる。

$$\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 = \frac{\psi_1 - \psi_2}{Z_1 - Z_2} + 1 \quad (3)$$

試料下端 Z_2 のサクションは、式(4)のようにフィルターの抵抗を差し引くことにより求めることができる。

$$h = H - \frac{d \times Q}{A} \left(\frac{1}{k_f} \right) \quad (4)$$

ここに、

H : 試料に掛かっていると考えられる圧力差 (cmH_2O) d : フィルターの厚さ (cm) k_f : フィルターの透水係数 (cm/sec)
 A : 断面積 (cm^2) Q : 単位時間あたりの流量 (cm^3/sec) h : 実際に掛かかる圧力差 (cmH_2O)

4. 試験結果と考察

図-5 に下端吸引(吸引法)による方法を、図-6 には上端加圧(加圧法)による方法の結果をそれぞれ示す。なお、比較に瞬時水分計測法の結果²⁾を合わせて示した。これより、両者ともよい精度で一致していることがわかる。しかし、高飽和時において、加圧法ではやや大きくなっている。加圧法は、初期飽和の段階で上端から加えられる空気圧によって間隙水が下部へ押し出される。空気の層が下端まで到達しない間は、空気と水の2層流の流れが卓越することにより水分量が下端に溜り、S字型の分布が生じることが考えられ、本試験法のように線形近似を仮定したことで、誤差が生じたものと判断された。また、空気の層が下端に達した後は線形分布に近似できる傾向にある。本試験法は、最終水分量から逆算しているため、低飽和域には誤差がなく、このことから以上の考察が裏づけされる。

5. おわりに

今回、水分分布を近似した不飽和透水試験法の吸引法、加圧法を標準砂に適用した結果を示したが、両者の間で、加圧法では水分分布を線形近似できない初期の高飽和域において誤差が生じることが明らかとなった。また本試験法では、最終水分量から逆算しているため、低飽和域においては誤差は影響せず、水分分布を近似した不飽和透水係数の測定が可能であることがわかった。

【参考文献】1) 杉井俊夫・山田公夫・植村真美：不飽和透水試験装置の開発の試み,平成11年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集,pp.275-276,2000 2)杉井俊夫・山田公夫・植村真美：室内試験における不飽和浸透特性の評価,第11回地盤工学会シンポジウム論文集,1999,pp21~26

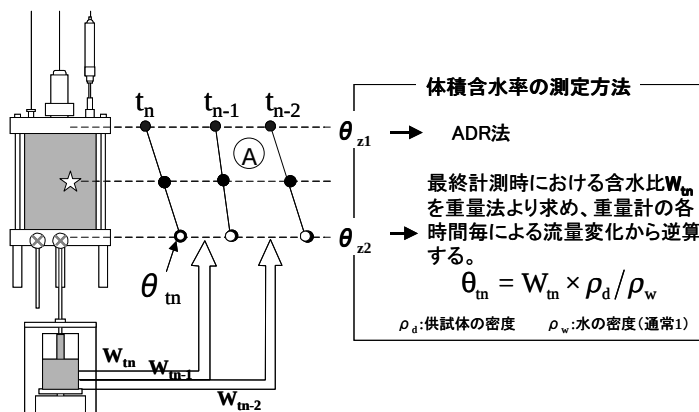


図-3 体積含水率の求め方

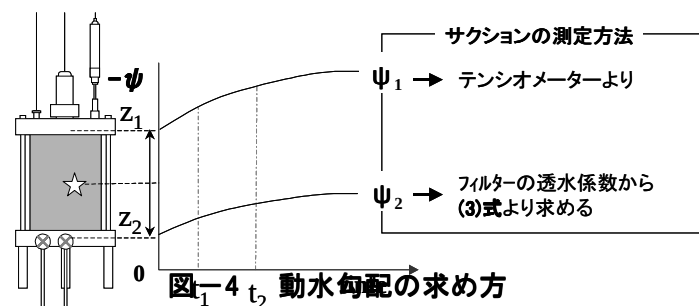


図-4 動水勾配の求め方

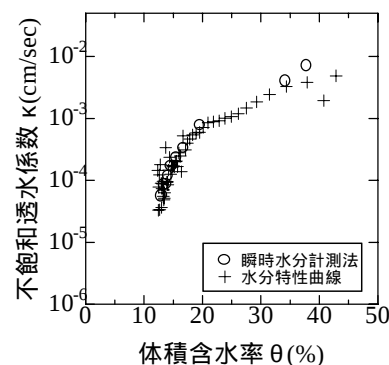


図-5 不飽和透水係数(吸引法)

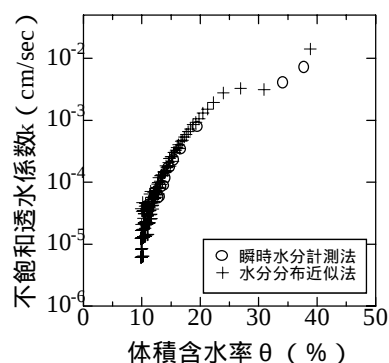


図-6 不飽和透水係数(加圧法)