

不飽和透水試験装置の開発の試み

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
中部大学工学部 学生員○植村 真美

1.はじめに

これまで著者らは不飽和透水試験である定常法と非定常法を実施してきた¹⁾。その中でも近年、極めて短時間で不飽和浸透特性を評価することができるとされる瞬時水分計測法（非定常法）の研究を行ってきた。しかし、これまでの試験装置では、試料を多量に要することや、準備段階において粒径が小さい試料になると供試体をセットすることが困難であったり、飽和に近い一点の透水係数を測定するのでも、その点を挟む測定機器が必要となり、比較的高価な試験装置となるなどの問題点があった。そこで、これらの問題点を改善すべく、新しい瞬時水分計測法の試験装置を提案する。

2.試験装置

図-1 に今回、提案する瞬時水分計測法の試験装置の概要図を示す。アクリル製円柱（内径 10cm、高さ 15cm）の容器を使用し、上部からテンシオメーター、ADR（Amplitude-Domain-Reflectometry）が差し込めるようになっており、上端のサクションと体積含水率が計測できるようになっている。また、加圧口より空気圧が調整可能であり、試料によっては加圧型も可能となっている。

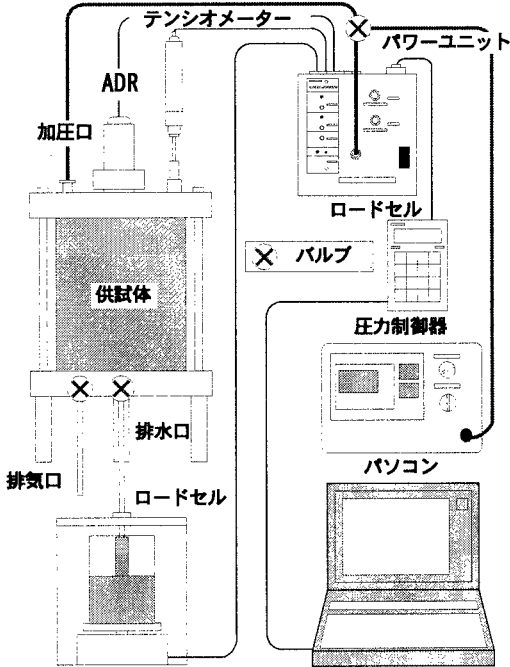


図 - 1 試験装置概要図

3.不飽和透水係数の算出方法

これまで提案されている瞬時水分計測法²⁾の鉛直一次元排水実験を対象とした場合の Darcy 式と同様に(1)式のように示される。

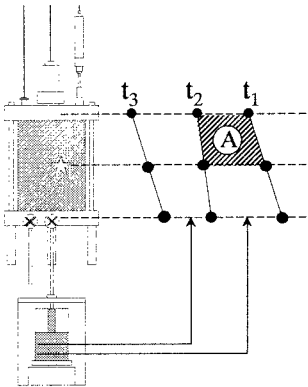


図-2 流速の求め方

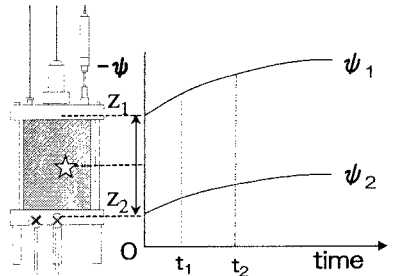


図-3 動水勾配の求め方

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

さらに、任意の点における不飽和透水係数は、(1)式を展開し、(2)式のように示すことができる。

$$K(\theta) = \left(\int_0^z \frac{\partial \theta}{\partial t} dz \right)_{z,t} / \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right)_{z,t} \tag{2}$$

ここでの分子は流速、分母は動水勾配である。

a) 流速の求め方

図-2 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は、ロードセルにより計測する。試験終了後、炉乾燥法により供試体下端の含水比から体積含水率を求め、任意時間あたりの流量変化はロードセルより明

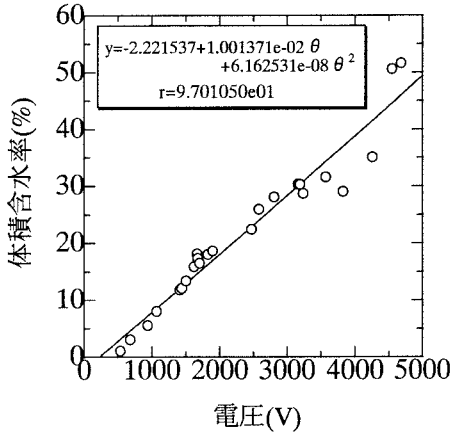


図 - 4 ADR キャリブレーション

らになるため、試料下端の体積含水率は逆算できる。さらに供試体中間までの流量変化 A を求め、(3)式より流速が算出できる。

$$\left[\int_0^z \frac{\partial \theta}{\partial t} dz \right]_{z, \frac{t_1+t_2}{2}} = \frac{A}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

b) 動水勾配の求め方

図-3 に示すように、 Z_1 (上端)と Z_2 (下端)のカシンの経時変化をテンシ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 のカシンの差と試料の高さから(4)式のように求めることができる。

$$\left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right)_{z, \frac{t_1+t_2}{2}} = \left(\frac{\psi_1 - \psi_2}{Z_1 - Z_2} \right)_{\frac{t_1+t_2}{2}} + 1 \quad (4)$$

試料下端 Z_2 のカシンを求め方は、試料下端にフィルターを敷くため、そのフィルター-の透水係数の抵抗により(5)式で求めることができる。

$$h = H - \frac{d \times Q}{A} \left(\frac{1}{k_f} \right) \quad (5)$$

H : 試料に掛かっていると考えられる圧力差 (見かけの圧力差) d : フィルター-の長さ
 k_f : フィルター-の透水係数 A : 断面積 Q : 流速 h : 実際に掛かる圧力差

<試験方法>今回は豊浦標準砂を使用し乾燥密度は $\rho_d 1.5\text{g/cm}^3$ で設定した。

- ① アクリル円柱の下にメンブレンフィルター、金網を敷く。
- ② 乾燥密度 ρ_d を設定し、飽和した試料をアクリル円柱内に入れる。
- ③ 供試体上端に ADR、テンシメーターを差し込み固定する。
- ④ 測定を開始すると同時に下端より、排水させる。(試料によって、加圧口より圧力も可能である)
- ⑤ 測定終了後、炉乾燥法で供試体下端の体積含水率を求める。

5. 試験結果と考察

<不飽和透水係数> 体積含水率の経時変化、鉛直分布、カシンの経時変化を図-5,6,7 に示す。図-7 においての時間の経過と共に試料下端 No.2 のカシンが上端よりも大きくなる。これは、試料上端にセットしたテンシメーターが大気圧の状態に近い状態、カシンが緩くなることが考えられる。図-8 に不飽和透水係数を示す。試験結果とこれまでの試験結果を比較したものである。今回得られた不飽和透水係数は全体的に変動範囲が狭いことが分かる。これはメンブレンの透水性が小さいため非定常流がフィルターにより抑制されており、排水されにくいことに起因していると推察される

7. まとめ

今回、新たな試験装置の開発を試みたが、供試体内に非定常流を作るフィルター-材の選択が重要であると考えられた。

[参考文献]

- 1) 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
- 2) 河野伊一郎・西垣 誠: 不飽和砂質土の浸透特性に関する実験的研究 土木学会論文報告集 第 307 号 1981 年 3 月

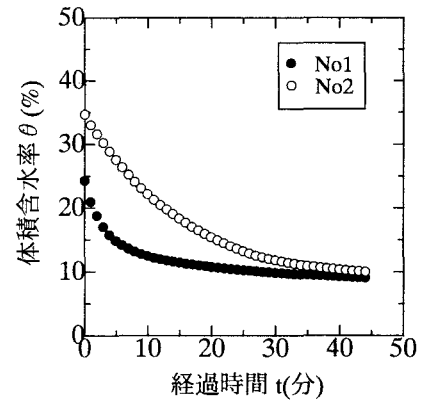


図-5 体積含水率の経時変化 (豊浦標準砂)

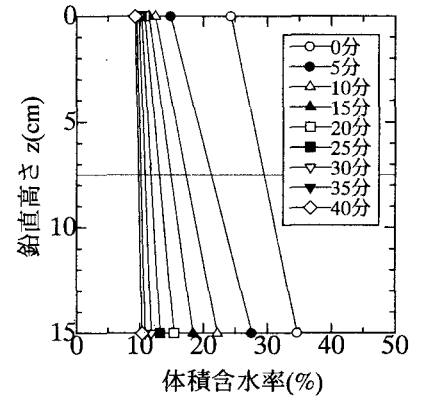


図-6 体積含水率の鉛直分布 (豊浦標準砂)

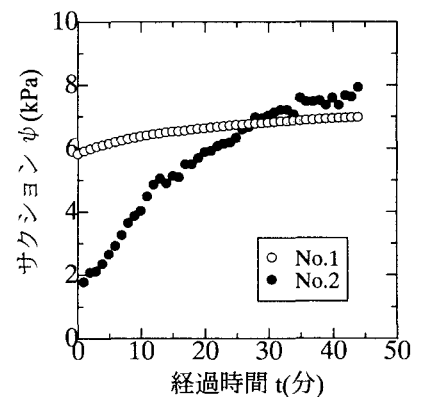


図-7 サクションの経時変化 (豊浦標準砂)

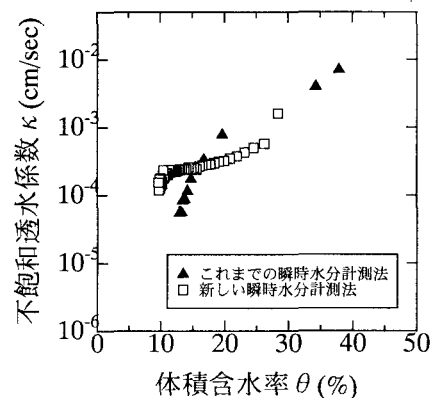


図-8 不飽和透水係数 (豊浦標準砂)