

非定常法(水分分布近似法)による不飽和浸透特性の評価について

中部大学工学部 正会員 山田 公夫
中部大学工学部 正会員 杉井 俊夫
中部大学工学部 学生員○奥村 恭

1.はじめに

不飽和土に関して室内における不飽和透水試験法は、様々な方法が提案されているが、現在、研究レベルであり、規格化されてはいない。著者らは、そこで供試体内における水分の分布を近似した土の不飽和透水試験法(以下、水分分布近似法と呼ぶ)を提案してきた。本報告は、提案する試験法を用いて土の保水性も同時に求めることを検討したものである。

2.試験装置

図-1 に今回、提案する水分分布近似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、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。

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の鉛直一次元排水実験を対象にした場合の Darcy 式²⁾と同様に(1)式のように示される。

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

θ : 体積含水率(%), ψ : サクション(cmH₂O), $K(\theta)$: 不飽和透水係数(cm/sec), z : 鉛直高さ(cm), t : 時間

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

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

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、図-4 を用い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らかになるため、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、式(3)より流速が算出できる。

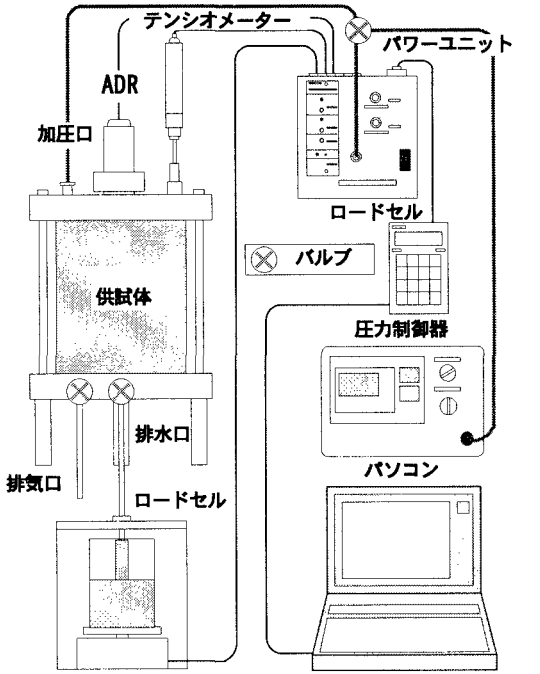


図-1 試験装置概要図

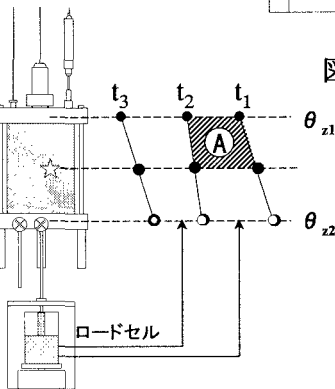


図-2 流速の求め方

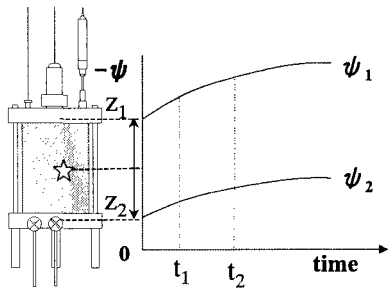


図-3 動水勾配の求め方

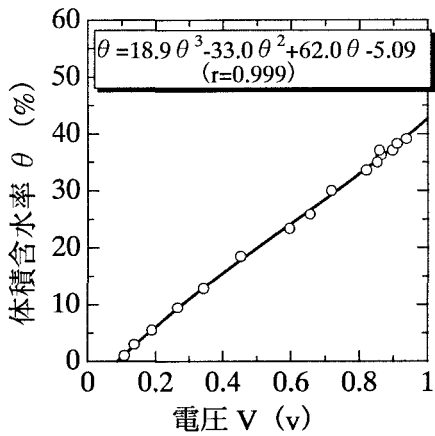


図-4 ADR キャリブレーション

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

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)のカシヨンの経時変化をテンシオメータにより測定する。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 のカシヨンの差と試料の高さから式(4)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 のカシヨンを求め方は、試料下端にフィルタを敷くため、そのフィルタの透水係数の抵抗により式(5)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)(cm/ H_2O)

d : フィルタの長さ(cm) k_f : フィルタの透水係数(cm/sec) A : 断面積(cm^2) Q : 流速(cm/sec)

h : 実際に掛かる圧力差(cm/ H_2O)

4. 試験方法

今回、水分特性曲線を求めるため、図-5 に示すように排水を段階的に分け、定常時の間隙水圧を計測することとした。なお同時に示した値は、それぞれの境界条件を示す。

5. 試験結果と考察

図-6,7,8 に間隙水圧の経時変化、不飽和透水係数、水分特性曲線を示す。図-7 において、今回の計測結果が高飽和領域を除いては一致した値が得られたと思われる。高飽和領域に関して、境界条件が豊浦砂の A.E.V. (Air Entry Value) を下回る値であるため、結果に影響したと考えられる。図-8 において、水分分布近似法の結果が全体的に大きな結果となっていることがわかる。これは、今回、定常時の間隙水圧を計測したが図-6 を見ても分かるように排水が完全にとまっていなかったことから、定常にはなっていないものと思われ、そのためにサクションが大きめの結果となり、今回の水分分布近似法における水分特性曲線が得られたと考えられる。今回の結果から今後、図-5,6 を用いて定常に至までの所要時間を算出し、その結果と定常法の結果をもとに比較を行い、非定常法を用いて水分特性曲線を求めることについて検討していくつもりである。

【参考文献】

- 1) 不飽和地盤の透水性評価に関する研究委員会：不飽和地盤の透水性評価手法ワークショップ'97' (地盤工学会), p23, 平成9年12月
- 2) 山田公夫・杉井俊夫・植村真美・奥村恭・佐宗隆幸：水分分布を近似した非定常法による不飽和透水試験, 第12回地盤工学シンポジウム論文集, 地盤工学会中部支部 pp7-12, 2000, 8

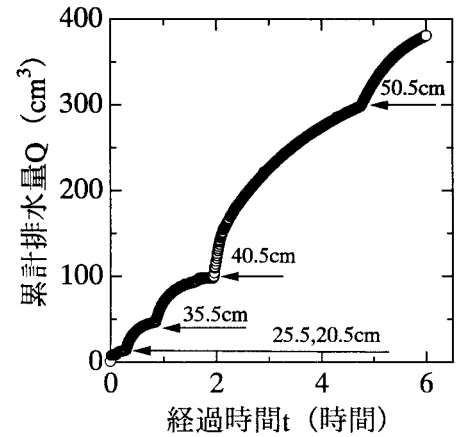


図-5 累計排水量

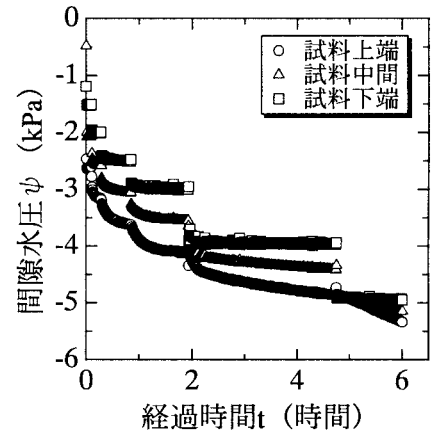


図-6 間隙水圧の経時変化

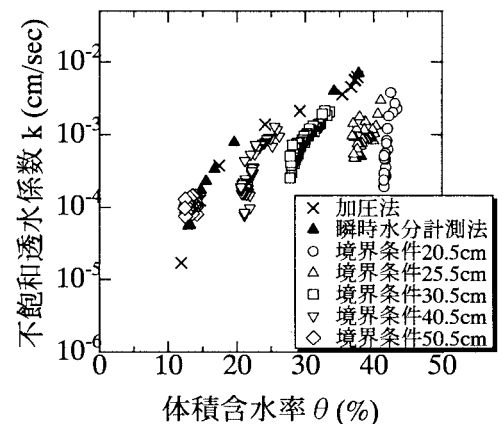


図-7 不飽和透水係数

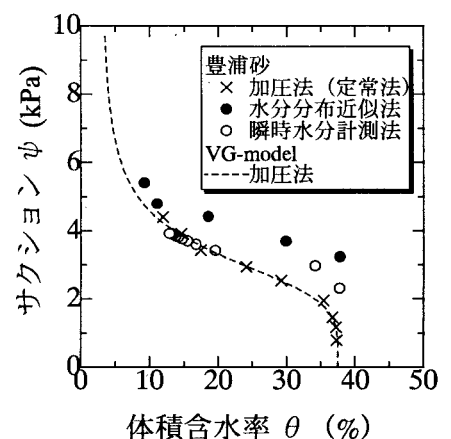


図-8 水分特性曲線