

高飽和領域における不飽和透水係数の計測

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 ○奥村 恭

1. はじめに

本研究では、これまでの瞬時水分計測法をもとに水分分布近似法(Approximated-profile-method)を提案し、この試験法の確立と不飽和浸透特性の早期解明を目的として砂質土についての試験を行ってきた。しかし、今回、砂質土でも珪砂においては、高飽和領域において水分分布近似法での計測が困難であることが認められたため、高飽和領域についての測定結果を間隙水圧計から推定した供試体内の水位を用い、計算によって不飽和透水係数を導き、水分特性曲線を用いた間接法(van Genuchten-Mualem モデル¹⁾)との比較検討した結果について報告する。

2. 試験装置と試験方法

本研究で使用した水分分布近似法の試験装置を図-1 に示す。モールドに円筒型アクリル製容器(内径 10cm, 高さ 15cm)を使用し、ADR (Amplitude-Domain Reflectometry) およびテンシオメーターが取り付けられるようになっており、それぞれ供試体上端における体積含水率と間隙水圧が計測できる仕組みになっている。今回の試料としては、粒径範囲 0.106 ~ 2.000mm の珪砂 4 号を用い、フィルターにおいては、定性濾紙($k=2.36 \times 10^{-5}$ cm/sec)を採用した。試験方法は、飽和させた試料をモールド内に入れ、供試体上端まで完全に飽和させた後、供試体下端の吸引圧(-26cmH₂O)より排水し、計測を開始する。計測終了後、試料を取り出して炉乾燥法により供試体下端の体積含水率、乾燥密度 ρ_d を算出する。

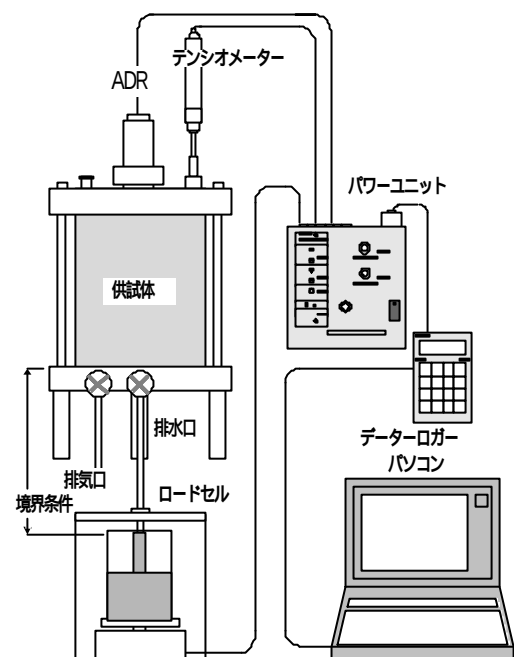


図-1 試験装置図

3. 推定水位を用いた算出方法と結果

図-2 にフィルター補正を含んだこれまでの水分分布近似法の原理²⁾によって求めた珪砂 4 号における不飽和透水係数の結果を示した。同時に珪砂 4 号における飽和透水係数と $k=1.0 \times 10^{-2}$ cm/sec の境界線を記載した。これらの結果から体積含水率約 20%以上における高飽和領域では、透水係数が一定となる結果が得られた。この原因として、試料飽和時の透水係数が高いため、供試体下端の濾紙上に水分が貯まり、試料内の水分分布を線形近似できないということが考えられる。そこで、体積含水率約 20%以上における高飽和領域について、図-3 に示した間隙水圧計より推定した水位を用いて鉛直一次元浸透場における Darcy 則²⁾の流速と動水勾配の算出を試みることにした。以下にその方法を示す。

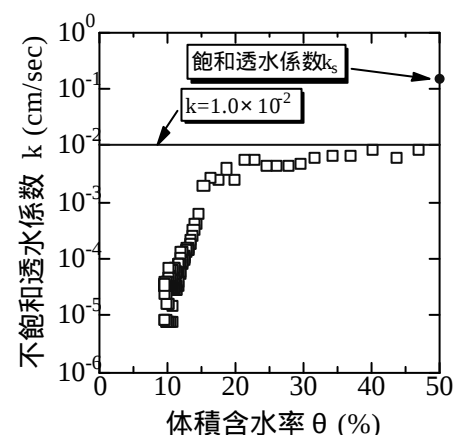


図-2 不飽和透水係数

キーワード 砂質土, 不飽和浸透特性, 水位, Darcy 則

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)

1) 流速の求め方

図-4 に示すように、供試体上端 h_1 、各時間における推定水位の高さを h_2, h_3 とし、試験開始時の水面と供試体上端とを同じ高さにし、吸引開始と同時に供試体上端 h_1 における体積含水率の経時変化を ADR によって計測する。そこで供試体内の鉛直方向の水分分布を線形と仮定することにより、各時間における流量変化を示すことができる。 $t_1 \sim t_2, t_2 \sim t_3$ 時における h_1, h_2, h_3 間の中間を流れる排水流量は、斜線部分で示した四角形の面積と考えることができ、この面積を式(1)の A に代入することにより、各時間での流速を求めることができる。

$$\left[\int_0^z \frac{\partial \theta}{\partial t} dz \right]_{z, \frac{t_0 + t_{n-1}}{2}} = \frac{A}{t_n - t_{n-1}} \quad (1)$$

2) 動水勾配の求め方

動水勾配の求め方について図-5 に示すようにテンシオメーターによって供試体上端 z_1 における間隙水圧 ψ_1 を時間の経過とともに計測する。また、供試体下端 z_2 については、推定水位の水面とするために各時間における間隙水圧 ψ_2 は、常に 0 とする。よって供試体中央部における動水勾配は全水頭差を試料長さで割った式(2)で求めることができる。

$$\left(\frac{\partial \psi}{\partial t} + 1 \right)_{z, \frac{t_n + t_{n-1}}{2}} = \left(\frac{\psi_1 - \psi_2}{Z_1 - Z_2} \right)_{\frac{t_n + t_{n-1}}{2}} + 1 \quad (2)$$

以上から算出した珪砂 4 号における不飽和透水係数を図-6 に示した。珪砂 4 号における不飽和透水係数は、これまでの結果と比べて大きくなり、ADR、テンシオメーターより求めた水分特性曲線から描いた VG-model との比較をみるとほぼ一致した値が得られた。このことから水分分布近似法において高飽和領域を考える上で供試体内の水位を考慮する必要があると考えられる。

4. おわりに

以上のことから、水分分布近似法について高飽和領域での不飽和透水係数においては、供試体内の水位を考慮する必要があることがいえ、同時に水分分布近似法は、室内の不飽和透水試験法として有効な手段であることがいえた。

【参考文献】

- 1) M. TH. VAN GENUCHTEN : A closed - form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. Soil Sci Am. J. 44 , pp.892 ~ 893 , 1980.
- 2) 杉井俊夫・山田公夫・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 回地盤工学会シンポジウム論文集(環境と地下水の環境問題), 地盤工学会中部支部, 2000, 8

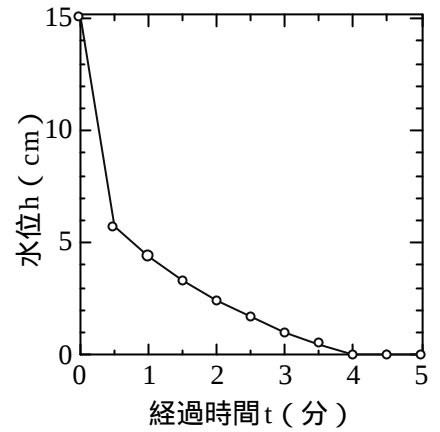


図-3 推定水位

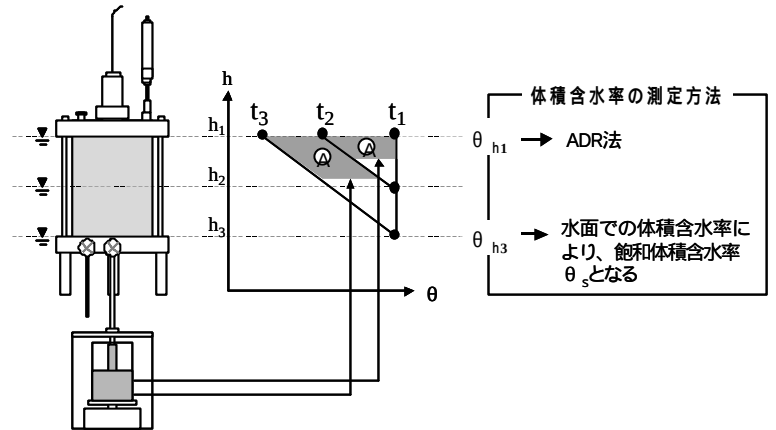


図-4 流速の求め方

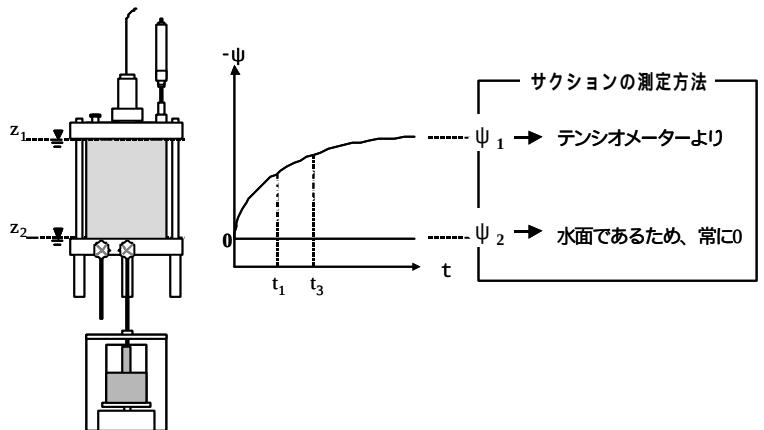


図-5 動水勾配の求め方

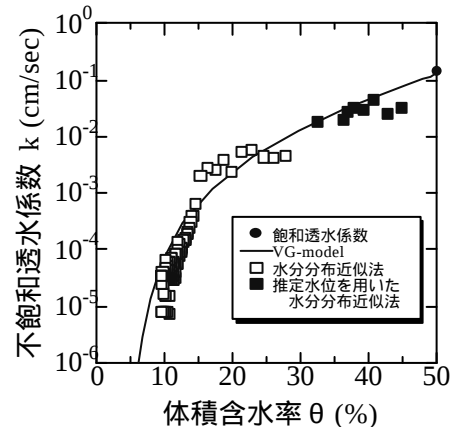


図-6 不飽和透水係数