

体積変化を考慮した不飽和透水係数の算出

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

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実験を行ってきた。今回、実験を行ってきた中で細粒土(シルト)においては、時間の経過とともに体積変化が生じていることが認められたため、試験中の体積変化の補正を行い、水分特性曲線を用いた間接法(van Genuchten-Mualem モデル)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

本研究で使用した細粒土における不飽和透水試験の試験装置を図-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、それぞれ試料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。細粒土の不飽和透水試験は、試料の透水性が低いため上端の加圧口から空気圧を送る加圧型試験として行なった。今回は、細粒土の試料としてシルトを用い、フィルターにおいては、開孔径0.2 μmのメンブレンフィルターを採用した。試験方法は、飽和させた試料をモールド内に入れ、試料上端まで完全に飽和させた後、上部から加圧させると同時に排水し、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試料下端の体積含水率、乾燥密度 ρ_d を計測する。

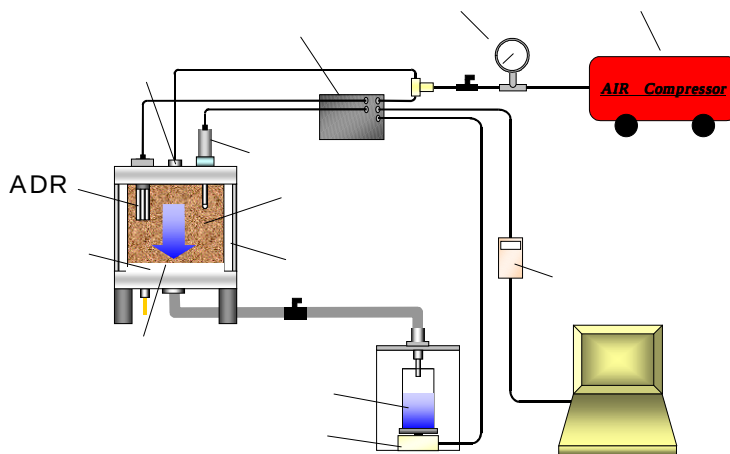


図-1 試験装置概要図

3. 体積変化を考慮した不飽和透水係数の算出

加圧法(Axis Translation Method)を用いたシルトの保水性試験によって密度ごとに求めた水分特性曲線群¹⁾を図-2に示す。この図は、密度を考慮したサクション、水分量、体積の関係を表わす関係式によって求められており、その関係式を式(1)に示す。

$$\log S = 1.67 + \left\{ \frac{1}{0.783} \times \frac{\ln(V - V_s + V_w)}{V_w} \right\} + 1.06 \times \left(\frac{m_s}{V} - 1 \right) \quad (1)$$

S: サクション, V: 試料体積, V_s : 土粒子体積
 V_w : 水分体積, m_s : 試料乾燥試料

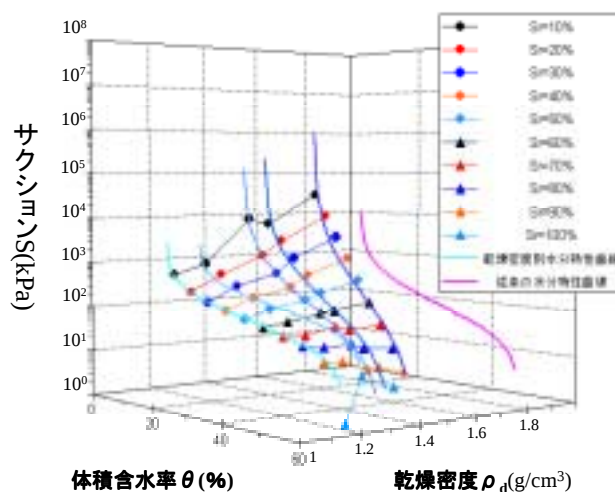


図-2 三要素における水分特性曲線

キーワード 不飽和, 体積変化, 流量変化, 透水係数

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)

式(1)を用いて、水分分布近似法で計測されるサクション S 、水分体積 V_w 、試料乾燥質量 m_s を与えることによって、試料の体積 V が求まり、その V を試料の断面積で除することによって得られた供試体高さの時系列を図-3 示した。

4. 試験中の体積変化を考慮した不飽和透水係数の算出

供試体の高さは、図-3 に示すように時間の経過とともに変化していることから、今回体積変化を考慮するにあたり、次の2つの方法を行った。()排水量から前時間の体積含水率を求めるステップ間の試料高さの変化はないものとして台形面積で算出する方法(図-4)、()

ステップ間における試料の高さの変化を考慮し、計算過程においての流量変化を四角形面積として考え、試料下端における体積含水率を算出する方法(図-5)。いずれも水分分布近似法の原理²⁾を用いて、不飽和透水係数を算出している。

図-6 にステップ間供試体高さ一定の場合()と、ステップ間供試体高さを変化させた場合()の不飽和透水係数を、さらに計測時の平均乾燥密度に対する水分特性曲線より van Genuchten-Mualem モデル³⁾を用いて求めた推定曲線とともに示した。

ステップ間の供試体高さ一定の場合()と、ステップ間の供試体高さを変化させた場合()の二つの不飽和透水係数について見てみるとやはり体積変化が著しい高飽和流域に違いが見られる。また、ステップ間の供試体高さを変化させた場合()の方が、ばらつきも少なく、正しく補正できている。このことから、体積変化が大きい試料については体積変化を計測するか、今回のような補正が必要であることがいえる。また、二つの不飽和透水係数と推定曲線は、飽和の透水係数の違いにより、一致してはいないが、試験終了時の乾燥密度 $\rho_d = 1.68 \text{ g/cm}^3$ (破線) に近づく結果となっていることから、シルトについても正しく不飽和透水係数が計られているものと推察できる。以上から体積変化を生じやすい試料についても本試験法での計測が可能であると判断される。

6. おわりに

以上ことから計算過程においての流量変化の面積は、各時間での高さを考慮し、四角形の面積計算で行ったほうが、ばらつきが少なく、高飽和領域まで求めることができると判断できた。また、体積変化を生じやすい試料についても水分分布計測法での計測が可能であることを示した。

【参考文献】1)山田公夫・杉井俊夫・近藤智美：土の密度と水分特性曲線の関係について，土木学会第55回年次学術講演会，2000年(投稿中)

2) Sugii, T., Yamada, K. & Uemura, M. : Measuring hydraulic properties for Unsaturated Soils, Asia Conf. on Unsaturated Soils, 2000 (to be in the press.).

3) 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 .

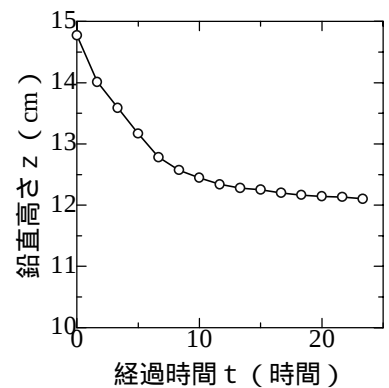


図-3 経過時間と鉛直高

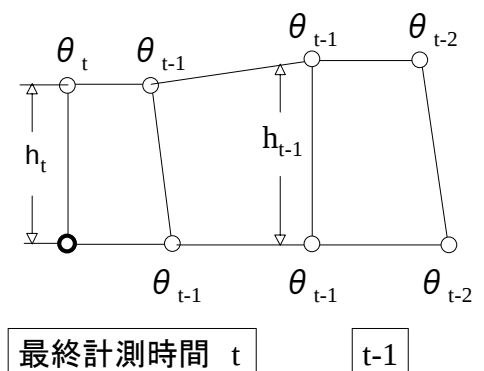


図-4 体積変化図(台形)

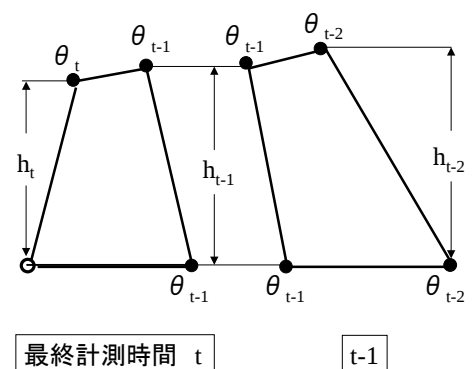


図-5 体積変化図(四角形)

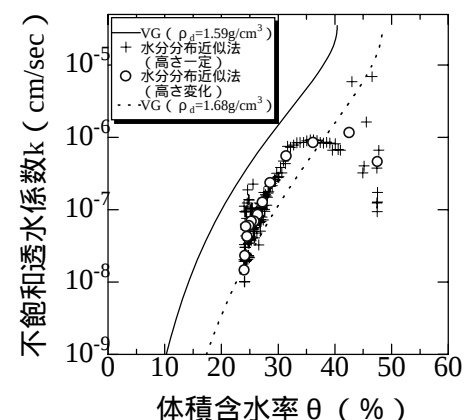


図-6 不飽和透水係数の比較