

III - A286

非定常法による不飽和浸透特性評価に関する考察

中部大学大学院 学生員○植村 真美
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

1. はじめに

近年、誘電率を用いた水分計測法が注目され、以前よりも簡便かつ合理的に不飽和浸透特性が算出できるようになった。しかし、一方では試験法（定常法、非定常法）の違いによるばらつきが報告されている¹⁾。そこで、本研究室においても ADR (Amplitude Domain Reflectometry)²⁾ 法を用いて、瞬時水分計測法（非定常法）³⁾ の実験を行い、不飽和透水係数、水分特性曲線を求めた。また、連続試験により同一供試体で同時に測定できる加圧法（定常法）⁴⁾ との比較・考察を行った。

2. 試験装置と試験方法

図-1に、瞬時水分計測法の試験装置を示す。7角製角柱（幅10cm・奥行10cm・高さ50cm）を使用し、上部から10cm間隔でデシオメータと ADR⁴⁾ を各面に設置し、それぞれ間隙水圧と体積含水率が測定されるようになっている。試料は豊浦標準砂（粒径106~300 μ m）とガラスビーズ（粒径45~150 μ m）を用いて、1分間隔で5時間計測した。両試料乾燥密度 $\rho_d=1.51\text{g/cm}^3$ で設定し、排水条件で試験を行った。試験方法の手順として、試料をセットした後、供試体の低部から給水し浸潤させ、試料の上部まで浸透されたことを確認後、低部からの排水を行った。浸潤と同時に計測も開始する。排水面は、図-1中のA点（試料下端を豊浦標準砂は-1.76kPa、ガラスビーズは-1.96kPaで固定）とする。

3. 試験結果と考察

豊浦標準砂、ガラスビーズで行った加圧法と瞬時水分計測法の不飽和透水係数の結果を図-2,3に示す。不飽和透水係数については非定常法である瞬時水分計測法と定常法である加圧法の両者と

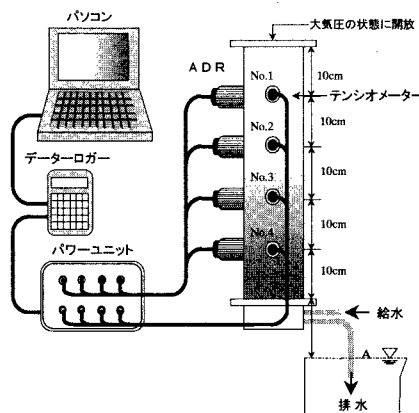


図-1 試験装置

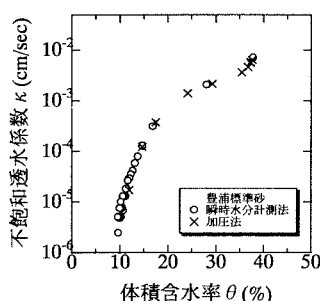


図-2 不飽和透水係数

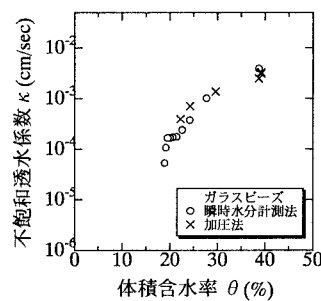


図-3 不飽和透水係数

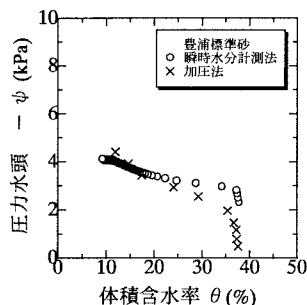


図-4 水分特性曲線

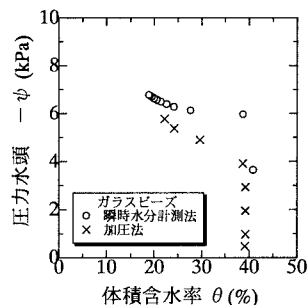


図-5 水分特性曲線

キーワード：非定常法 定常法 ADR 豊浦標準砂 ガラスビーズ 水分特性曲線 サクション 流速 メニスカス 接触角 粒径
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 TEL:0568-51-1111.Fax:0568-52-0134）

もに一致する。加圧法の結果は一斉試験¹⁾でも確認されており、両法とも高い精度で不飽和透水係数が評価されていると考えられる。一方、**図-4.5**に示す水分特性曲線では、高飽和域において、瞬時水分計測法は加圧法よりも大きく、計測時間が経過した低飽和域になるほど、両者が一致する傾向にある。非定常法では水分の移動が生じており、その影響を調べるため、**図-4.5**による瞬時水分計測法での流速経時変化を**図-6**に示した。体積含水率の減少に伴い流速も減少しており、**図-4.5**とも合わせてみると、非定常法と定常法の結果が漸近するのと同時に流速が小さくなるのがわかる。サクシオンはメニスカスの形状により大きく変わることから⁹⁾ 個体と液体の接触角（退行角）と排水速度の関係を考え、その関係をメニスカス試験により求めることにした。

＜メニスカス試験＞ **図-7**にメニスカス実験装置を示す。直径0.7cmのガラス管に水を入れ、ガラス管下部のバルブにより、流速を変え排水させ、その際のメニスカスの状態をデジタルビデオで撮影する。水道水を用いて水温は11°とする。

撮影されたメニスカスから接触角を式(1)⁹⁾より求め、流速変化に伴う接触角の変化を**図-8**に示した。

$$a = \frac{D}{2} \frac{1 - \sin \theta}{\cos \theta} \quad (1)$$

（a：表面のくぼみ D：ガラス管の直径 θ ：接触角 **図-7**参照）

図-8 流速が増加することにより明らかに接触角が小さくなるのがわかり、メニスカス下の圧力差⁷⁾の**図-9**より、接触角が小さくなるほど圧力差が小さくなる。このことから非定常時の流速が速い場合、接触角は小さく、サクシオンが大きめに測定されることがいえる。定常法、非定常法の水分特性曲線の誤差はこのことが原因と考えられる。また、標準砂より間隙径が小さいと考えられるガラスビーズの方が誤差が大きいのは**図-9**の式の分母より容易に理解できる。

4. おわりに

今回行った瞬時水分計測法（非定常法）と加圧法（定常法）の比較から不飽和透水係数は両者ともに一致するが、水分特性曲線において瞬時水分計測法での高飽和域の値が大きめに評価されることを示した。非定常法による水分特性曲線を求める場合、粒径の細かい土ほど流速が速いと高めのサクシオンが測定される可能性があり、注意する必要がある。最後に岐阜大学工学部助教授 佐藤健先生には大変参考になるご助言をいただき、ご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

【参考文献】 1) たとえば、不飽和地盤の透水評価に関する研究委員会：不飽和地盤の透水評価手法ワークショップ '97（地盤工学会），pp82から90,1998 2) 井上 光弘：塩分を含んだ砂に対する誘電率水分計の測定精度の評価 水文・水資源学会誌 Vol.11, No.6(1998), pp.555-564 3) 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 4) 宇野尚雄・佐藤 健・杉井俊夫・柘植 浩史：空気圧制御による不飽和砂質土の透水係数試験法,土木学会論文集, No.418/III-13, pp.115~124, 1990 5) 三輪茂雄：粉粒体工学, 朝倉書店, p357, 1972 6) 椿 東一郎：水理学 I, 森北出版 pp6~7, 1973 7) 岩田進午・高見晋一・内嶋善兵衛：土壌物理学概論, pp39~40, 1997

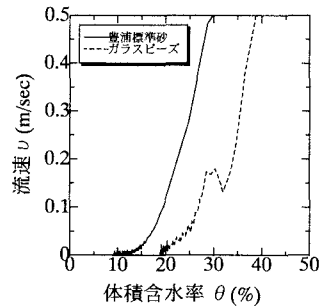


図-6 体積含水率と流速の関係

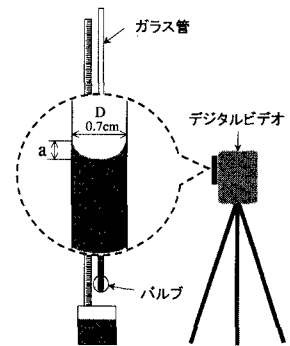


図-7 メニスカス試験装置

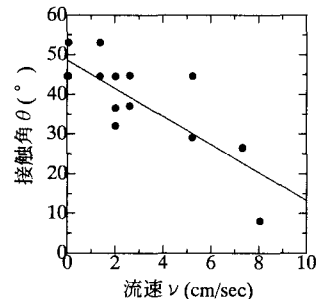


図-8 流速と接触角の関係

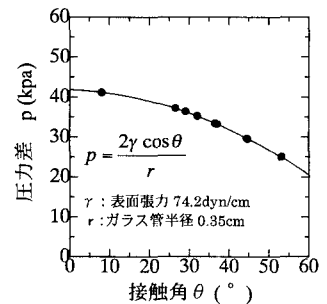


図-9 圧力差と接触角の関係