

Ⅲ-A334

FDR法を用いた室内不飽和透水試験法に関する研究

岡山大学環境理工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学大学院 学生会員 小松 満
 岡山大学大学院 ○学生会員 渡邊 徹

1. はじめに

現在、不飽和浸透特性を求める試験を実施する上で、装置が非常に複雑になることや、測定に長時間を要するといった問題点が存在することから、飽和土と比べて不飽和土の透水試験は一般的に広く行われているとは言い難い¹⁾。その中でも、用いる水分量測定法に制約を受けることが多い。そのため、より簡便で正確な計測装置が必要とされている。そこで、本研究では近年注目されてきている誘電法の1つであるFDR法²⁾を用い、より簡便で精度の高い不飽和透水試験法を提案する。具体的には、極めて短時間でフィルターや試料の不均質性の影響が少ないため、より正確な不飽和浸透特性を求めることができるとされる瞬時水分計測法を行うが、従来、この方法の水分量計測には中性子線・ガンマ線を透過させるRI(ラジオ・アイソトープ)法が使われてきた³⁾。しかし、この方法では装置が比較的大きくなり、線源の強さに規制があるため取り扱いが難しい。また、定期的な校正が必要であるといった問題がある。これに比べてFDR法は測定範囲が0.5cm程度と非常に狭いため正確な座標で水分量を計測でき、校正が不要で、かつ装置が非常にコンパクトであるという利点がある。誘電法には他にもTDR法、ADR法があるがFDR法は電極が1本タイプでも高精度の測定が可能であるため、室内試験に用いるには有効である。

2. 実験装置及び手順

今回、行った瞬時水分計測法の実験装置を図-1に示す。内径10cm、高さ約80cmのアクリル製の円筒カラムの上端より2cmの位置から5cm間隔で6本のFDRプローブと間隙水圧計を設置した。最上部のプローブの位置を80cmの高さに固定した。試料には豊浦標準砂を用い、 $\rho_d=1.57\text{g/cm}^3$ の状態で作成した。変水位透水試験により飽和透水係数 k_s を求めた後、飽和状態からの排水過程に対して5分間隔で120分間計測を行った。

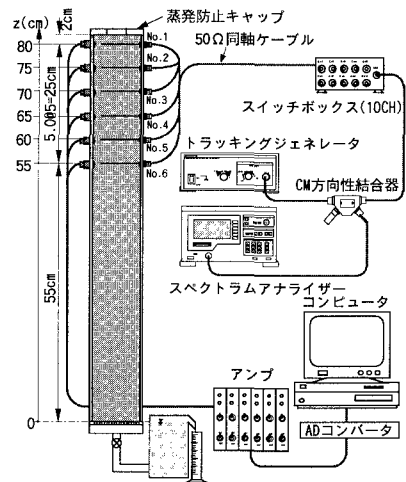


図-1 実験装置図

体積含水率の経時的変化を図

-2に、体積含水率の分布を図-3に示す。RIではカラムの最上端の水分量の測定が困難であるが、FDR法により上端極近傍の水分量の計測が可能となった。カラムの上部から徐々に体積含水率が減少している様子が分かる。また、圧力水頭の経時の変化を図-4に、圧力水頭の分布を図-5に

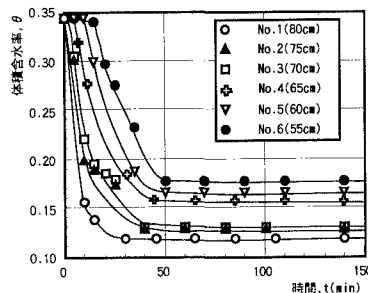


図-2 体積含水率の経時変化

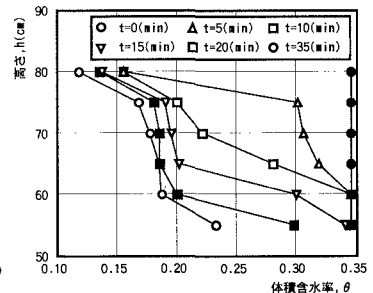


図-3 体積含水率の分布

キーワード：FDR法、体積含水率、瞬時水分計測法、不飽和浸透

連絡先：〒700-8530 岡山市津島中2-1-1 TEL.086-251-8167, FAX.086-253-8257

示す。負の圧力水頭の値は最終的には排水面からの高さの値に等しくなるものであるが、まだこの状態では平衡状態には至っていない。各体積含水率に対する不飽和透水係数を求めた結果を図-6に示す。体積含水率は排水前線の付近で急変するようなピストン状の排水曲線を示すため幾分値にばらつきがあった。

4. 不飽和浸透特性の計測法

負の圧力水頭を測定するのは技術的に非常に難しく、試料への接地状況によって測定精度上の問題が生じる。したがって、より簡便な試験を行うには経時的な体積含水率の変化でのみこれを求めるのが望ましい。そこで今回次の3つの手法による不飽和透水係数の測定値を比較することで水分量測定手法の妥当性を検討した。

- ①体積含水率と圧力水頭の両方の値を計測して不飽和透水係数を求める方法 ((θ, ψ) 法)
- ②圧力水頭の値だけを計測し、水分特性曲線を用いて体積含水率を予測し不飽和透水係数を求める方法 ($(pF\text{-curve}, \psi)$ 法)
- ③体積含水率の値だけを計測し、水分特性曲線を用いて圧力水頭を予測し不飽和透水係数を求める方法 ($(\theta, pF\text{-curve})$ 法)

得られた結果を図-7に示す。 (θ, ψ) 法に比較して $(\theta, pF\text{-curve})$ 法はよく一致しているが、 $(pF\text{-curve}, \psi)$ 法はかなり低い値を示している。これは、圧力水頭の計測値から体積含水率を推定する場合の誤差を含んでおり、また圧力水頭の分布自体のばらつきや間隙水圧計のタイムラグのための結果であると考えられる。結論として負の圧力水頭の計測精度が問題であるため、体積含水率の計測値のみを用いる方法は簡便さを考えても非常に有効であることが分かった。

5. おわりに

今回FDR法を用いて不飽和透水試験の1つである瞬時水分計測法を行った。結果として、従来用いられてきたRI法に比較して装置が非常に簡単で、そして短時間にかつ局所的な測定が可能であり測定座標が正確に把握できることから室内試験において十分適用可能であることを示した。さらに、体積含水率のみを計測することにより不飽和透水係数を求める方法の有用性を示した。ただし、用いる試料によりキャリブレーションが必要である場合があり注意が必要である。今後の課題としては、加圧板法、遠心法などのpF試験やその他の不飽和透水試験にも適用し、また原位置においての試験にも用いる予定である。

【参考文献】

- 1) 西垣誠・竹下祐二：室内及び原位置における不飽和浸透特性の試験及び調査法に関する研究, 岡山大学土木工学科地下水工学研究室, 1995.
- 2) 冀北平・三野徹・赤江剛夫：FDR計測法による土壌誘電率測定と特定深さの土壌水分測定, 農業土木学会論文集, No.182, pp.25-30, 1996.
- 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, pp.59-69, 1981.

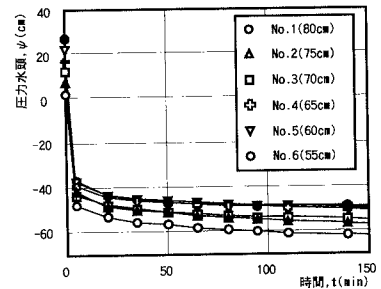


図-4 圧力水頭の経時変化

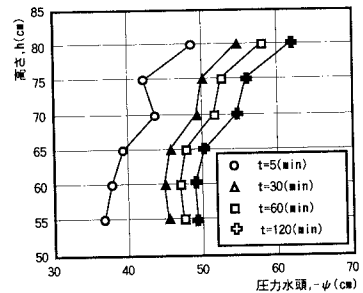


図-5 圧力水頭の分布

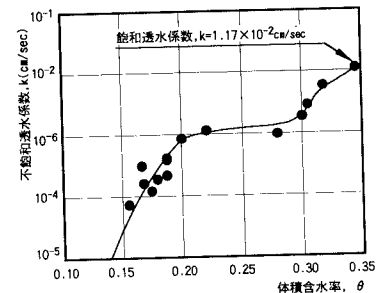


図-6 不飽和透水係数の算定結果

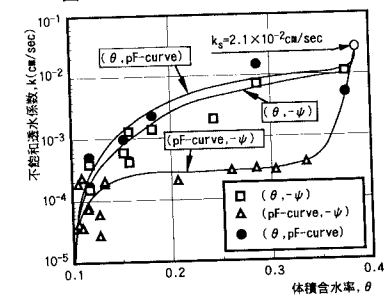


図-7 3種類の算定方法による不飽和透水係数の比較