

(III-8) FDR水分計を用いた不飽和土の透水係数の測定法

東海大学 学員 吉原 周作

// 正員 本間 重雄

1. まえがき

不飽和土の透水特性を表す不飽和透水係数の室内測定法としては、これまで定常法・非定常法に基づくいくつかの方法が提案されている。代表的な試験法としては加圧型不飽和透水試験（定常法・準定常法）や γ 線・中性子密度計による瞬時水分計測法などが用いられているが、試験操作および測定装置の特殊性等のため簡便に実施し得る試験法としては普及していない。近年、不飽和土の水分保有率を簡便に計測し得るものとして電磁波を利用した瞬時水分計（FDR水分計）が開発・市販され、土壌の水分測定や盛土の水分管理に利用されている。

本研究では、この高周波瞬時水分計とテンシオメータの併用による不飽和土の透水係数の非定常測定法に関して基礎的な実験を行い、不飽和土の透水試験におけるFDR水分計利用の有効性について検討した。

2. 実験概要

実験装置は図1に示すように、アクリルカラム（内径13.0cm、高さ20.0cm）の側壁の2カ所（10cm間隔）にFDR水分計とテンシオメータを対面同位置に設置したものである。テンシオメータは先端のポーラスキャップ内および圧力計までの管路を脱気水で完全に満たし、外部より既定の負圧を作用させて正しい指示値となるよう事前に調整を行った。このカラム内に表1に示す試料を一定密度で締め固め充填し飽和させた後、真空ポンプにより供試体下部に-0.05MPa~-0.1MPaの負圧を作用させ、試料が不飽和状態に変化する過程においてFDR水分計による試料中2点の体積含水率 θ の変化と

テンシオメータによる負の圧力水頭 ϕ の変化を測定した。

表1 実験試料

試料名	粒径(mm)	間隙比e
豊浦砂	0.425~0.105	0.765
砂混りローム	$D_{max}=2.0$	1.545
ローム	$D_{max}=2.0$	1.703

3. 実験結果および考察

(1) 不飽和透水係数 $K(\theta)$ の算出

排水過程における土中2点の体積含水率変化および圧力水頭の変化より、次式に基づき試料の不飽和透水係数 $K(\theta)$ を算出した。

$$K(\theta) = \frac{\int_0^z \frac{\partial \theta}{\partial t} dz}{\frac{\partial \phi}{\partial z} + 1}$$

ここに、 θ : 体積含水率 (V_w/V) ϕ : 負の圧力水頭 (cm)

t : 時間 (sec) z : 測定間隔 (cm)

上式中の右辺分子は測定区間における単位時間あたりの試料土の平均的な含水率変化(すなわち浸透流量)を表し、分母は測定区間の全水頭勾配を表しており、ダルシーの法則に基づいて透水係数を直接算出するものである。一般に、土の含水率とサクシオン圧とは乾燥・湿潤過程ごとに一定の関係が存在し、両者の関係をあらかじめ検定しておく方法も考えられるが、ここでは θ および ϕ をそれぞれ独立に同時測定を行った結果を計算に用いた。

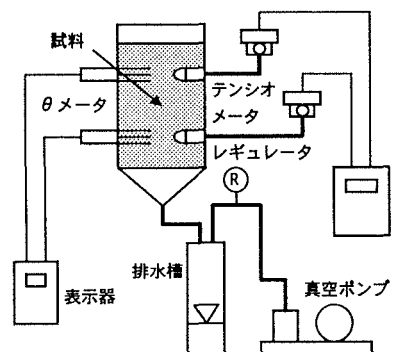


図1 実験装置

キーワード：FDR水分計・不飽和土・透水性・電磁波

東海大学工学部土木工学科

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117

T E L 0463-58-1211 F A X 0463-50-2045

(2) 体積含水率および圧力水頭の変化

均一含水状態の土に対しては、FDR水分計は数秒で指示値が一定する。図2は豊浦砂について試料中2点(上・下)における体積含水率の変化を示したものである。試料下部からの排水により、試料の含水率は上部が先に減少する状態で推移し、5分経過頃より試料全体がほぼ一定の含水状態となり、約15分で変化が無くなっている。

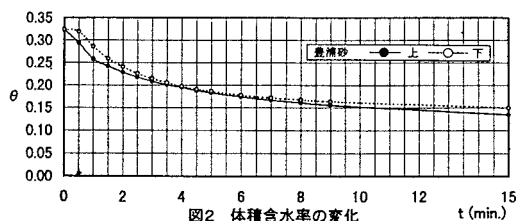


図2 体積含水率の変化

図3は試料中同位置におけるテンシオメータにより測定された負の圧力水頭の時間変化を示したものである。

試料の含水率の減少に伴い負の圧力水頭は次第に増加していくが、同時刻による上下の含水率の差に比べ圧力水頭の差はより顕著に表れている。これは、試料間隙における体積含水率が等しい状態であってもメニスカスの発達によるサクション圧の発揮が異なる為と思われる。なお、含水率が試料全体で一定となった時には、試料中の圧力水頭も一定の状態となる。

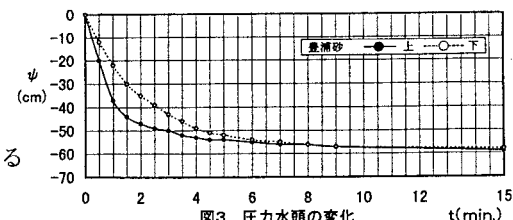


図3 圧力水頭の変化

(3) 測定結果および比較

図4は本法により測定された不飽和透水係数 $K(\theta)$ を試料の飽和度 S_r との関係として既存測定データとの比較を含め示したものである。豊浦砂については既存測定値に比べ飽和度が40%~60%の区間でやや大きめの値が得られている。これは、メニスカスの発達によるサクション圧の発揮が試料の不飽和化の速度に追従できず、テンシオメータによる負圧測定が時間的に遅れる為ではないかと考えられる。従って、試料の透水性に応じ適切な負圧吸引力を選定することが実験技術上重要であると思われる。砂混じりロームおよびロームについては飽和度の低下につれ不飽和透水係数は急激に減少していくが、吸引圧を一定に保った状態で測定に十分時間を費やせばかなり低い飽和度まで不飽和透水係数を求め得るものと思われる。

4. あとがき

FDR水分計を利用した不飽和透水係数の非定常法について検討した結果、非常に簡便に不飽和土の透水係数を求めることができることが確認され、不飽和透水試験におけるFDR水分計の利用は十分な実用性があるものと思われる。今後は、作用吸引圧と飽和度の下限界等について検討していく必要がある。

参考文献：

- 1) 冀 他：FDR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)
- 2) 河西 他：不飽和土中の水分移動特性とその測定法，電力中央研究所報告，U87002 (1987)

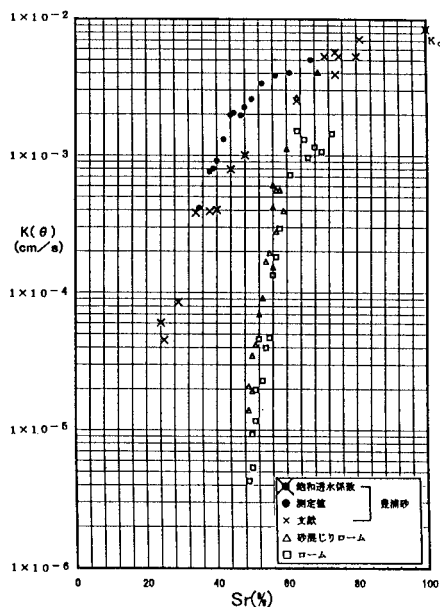


図4 不飽和透水係数の測定結果