

東洋大学工学部 学生員 富貴 恵
 東洋大学大学院 学生員 谷中 仁志
 東洋大学工学部 正会員 石田 哲朗

1 はじめに

室内での不飽和透水試験方法としては、これまでもいくつかの方法が提案されている。しかしながら、現状では得られたデータに関する客観性や信頼性については再度検討を要すると思われるし、また複雑な計測手法や長期間にわたる計測を必要とするなど試験方法自体にも残された課題は多い。本報では、水分量を直接計測できるFDRを用いての瞬時水分計測法と、比較的簡易に短い時間での不飽和浸透特性の計測が可能とされるマルチステップ法を用いて不飽和透水係数の計測を行い、これまでに実施した定常法や非定常法による室内試験結果との比較や、提案されている経験式との適合性について検討を行う。

2 室内試験の詳細

不飽和透水係数の測定には、非定常法として瞬時水分計測法を用いた。図1に示すように直径15cm、高さ8cmのカラムを5段積み上げて、その高さ方向におよそ8cm間隔で合計4カ所ずつテンシオメータとFDR (Frequency-Domain Reflectometry)¹⁾を挿入し、時間の経過による圧力水頭と体積含水率の変化について計測している。FDRを用いる方法は、土壤中の電磁波の伝搬特性から土壤水分量を比誘電率として求めるので、予め試料に対するキャリブレーションを行い、水分量を求めている。このタイプは、自動圧力調節器を用いて試料底部から吸引し、強制的に排水させる方法であり、飽和後の排水開始から計測終了までの時間は砂質土では2~3時間、粘性土で約1日程度とした。

また、比較的簡易に不飽和浸透特性を測定できる方法とされている逆解析法として、図2に示すマルチステップ法を用いて試験を行った。予め十分に飽和させておいた直径8.5cm、高さ6.9cmの試料に25mmφのテンシオメータを試料上面から3.5cm埋設して任意の段階で加圧を行い、時間の経過による流出量と圧力水頭の変化について計測を行っている。加圧段階とその詳細は表1に示す。フィルターの開孔径は0.45μmで、予め脱気水で完全に飽和させておいたものを使用している。また、解析に必要な土質定数を表2に示す。標準砂と珪砂はほとんど乾燥状態にある。またDLクレイは含水比15%にシルトは24%に調整したものをそれぞれ用いている。

3 結果と考察

2で述べた試験の計測結果および既報^{2,3)}で示した室内での

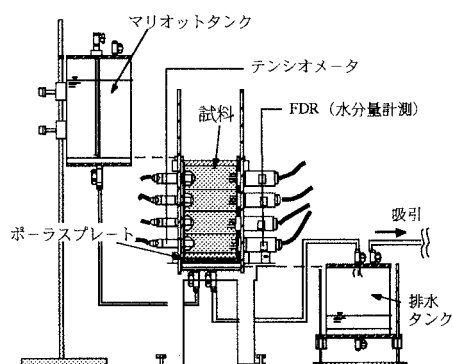


図1 瞬時水分計測法試験装置

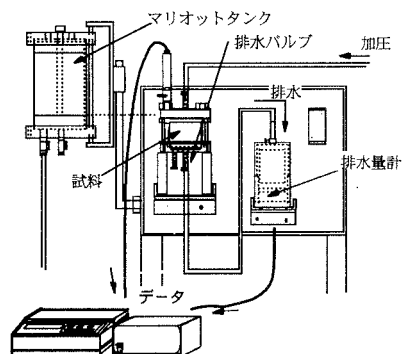


図2 マルチステップ法試験装置

表1 マルチステップ法の加圧段階の詳細

試料名	初期加圧量 (kgf/cm ²)	最終加圧量 (kgf/cm ²)	加圧 段階の数	加圧幅 (kgf/cm ²)	測定に 要した期間
標準砂	0.03	0.15	9	0.01~0.03	約6時間
珪砂	0.03	0.16	9	0.01~0.03	約8時間
DLクレイ	0.08	1.00	15	0.03~0.20	約7日間
シルト	0.08	1.10	16	0.03~0.20	約8日間

表2 試験に用いた試料

試料名	土粒子の比重 (G_s (g/cm ³))	透水係数 (k_s (cm/s))	乾燥密度 (ρ_s (g/cm ³))
標準砂	2.632	4.09E-02	1.50
珪砂	2.629	1.64E-02	1.54
DLクレイ	2.413	3.73E-04	1.50
シルト	2.632	7.72E-06	1.18

Key Words : 室内試験、不飽和透水試験、不飽和透水係数、水分特性曲線

〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100 東洋大学工学部環境建設学科 Telephone / Telefax : 0492-39-1409

不飽和透水試験やpF試験から得られた不飽和浸透特性の計測結果についてまとめたものを図3～図6に示す。また、マルチステップ法の計測結果およびpF試験結果について、VGモデルを用いて同定し得られたパラメータを表3に示す。結果から、不飽和透水係数について検討を行うと、図3、図4の砂質土では定常法での値と非定常法での値にほとんど差が見られず、全体的にVGモデルの同定結果、特にpF値を用いたものと大略一致している。一方、図5、図6の粘性土では両者の差が大きく表われている。非定常法の値は、いずれも探査プローブとしてFDRを用いない場合の値が、用いた場合の値と比較的

近似する傾向を見せ、水分量の推定がうまく行われたことが推察できる。図5のDLクレーの場合、非定常法での値がpF値を用いたVGモデルの同定結果に良く一致している。

次に、VGモデルによる $\theta \sim \psi$ の同定結果について比較してみると、マルチステップ法での水分特性曲線について、一定の加圧段階で急激に水分量が減少し、pF値を用いての水分特性曲線と異なる傾向を表わしている。その傾向は砂質土に比べ粘性土で顕著に表われ、特にシルトでは表3から、 θ_r （最小含水量）に0.1もの差がある。不飽和透水係数についても、砂質土では比較的近似しているものの、シルトでは数オーダーも異なる傾向を見せている。

4 あとがき

マルチステップ法は比較的簡易な方法で不飽和浸透特性を把握できる方法であるが、テンシオメータの測定精度やフィルターの適用範囲など、試験装置自体が抱えている問題点も現状では多く、今後とも装置や測定機器などを改良するなどして、様々な試料について試験を行う予定である。最後に、本報のデータは卒業研究として実験を担当してくれた古地絹枝君の協力を得ている。記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 不飽和地盤の透水性評価に関する研究委員会：「同委員会成果報告書」、地盤工学会、pp.77-78、1997
- 2) 谷中仁志・石田哲朗：不飽和土の室内透水試験の検討、土木学会第52回年次学術講演概要集、Ⅲ-A236、pp.472-473、1997
- 3) 谷中仁志・石田哲朗：室内試験による不飽和浸透特性の検討、土木学会第53回年次学術講演概要集、Ⅲ-A327、pp.650-651、1998

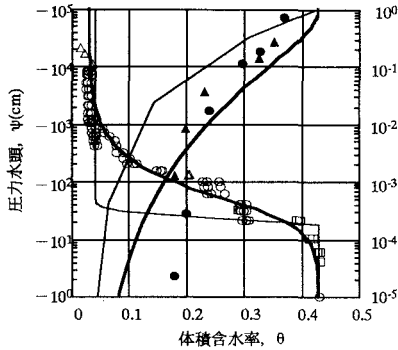


図3 標準砂

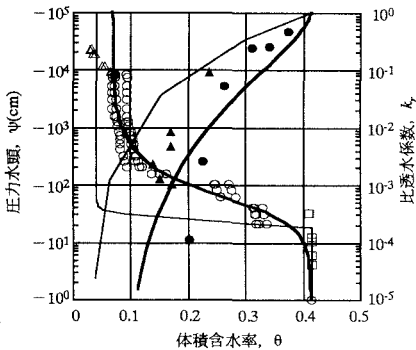


図4 珪砂

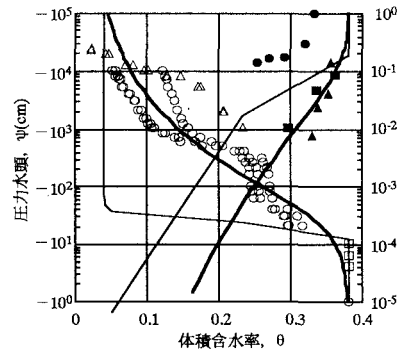


図5 DLクレー

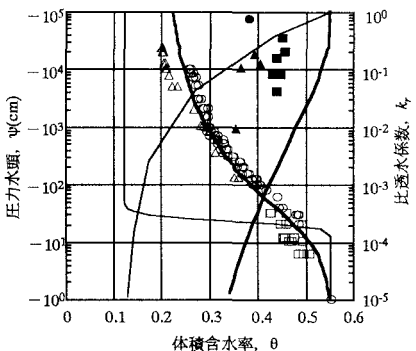


図6 シルト

凡例

- 加圧法
- △ 遠心法
- 砂柱法
- 定常法
- 非定常法 (探査プローブ無)
- ▲ 非定常法 (FDR使用)
- pF値を用いた VGモデルの同定結果
- - - Multistep法による結果

表3 実験データの同定結果

試料名	試験名	α	n	θ_r	θ_s	k_s
標準砂	pF試験	0.0318	1.824	0.03	0.430	4.09E-02
	マルチステップ	0.0301	2.039	0.04	0.430	4.09E-02
珪砂	pF試験	0.0262	1.934	0.07	0.414	1.64E-02
	マルチステップ	0.0686	3.173	0.03	0.414	1.64E-02
DLクレー	pF試験	0.0339	1.287	0.04	0.380	3.73E-04
	マルチステップ	0.0091	4.735	0.04	0.380	3.73E-04
シルト	pF試験	0.0819	1.298	0.23	0.552	7.72E-06
	マルチステップ	0.01173	3.549	0.13	0.552	7.72E-06