

蒸発法およびマルチステップ法による不飽和浸透特性の検討

東洋大学大学院 学生会員 横山 博司
 東洋大学工学部 正会員 石田 哲朗

1 はじめに

室内の不飽和透水試験は、定常法、非定常法の2種類がある。しかし、定常法は計測が、大変時間がかかったり、計測手法が複雑であったりするのが現状である。そこで、比較的短時間で計測が可能な非定常法である、蒸発法とマルチステップ法に注目した。これらは、計測結果から逆解析により必要なパラメータを求め不飽和浸透特性を推定する方法である。ここでは、蒸発法、マルチステップともに他の室内試験で得られた結果と比較を行い、その適合性や試験方法について検討を行う。

2 試験および解析の概要

1) 非定常蒸発法

非定常蒸発法¹⁾(以下、蒸発法と記す)は、モールドに試料を充填させ、圧力水頭を計測するためにマイクロテンシオメータを試料に2本挿入する。フィルターは脱気水によって飽和させたガラスフィルターを用いた。試料を飽和させ電子天秤上に設置し、試料上面に上方から電球によって熱を加え、その過程での水分蒸発量と圧力水頭を計測するものである。今回、試料内の温度変化を測定するため熱伝対を挿入した。熱伝対を挿入した位置を図1に示す。その他、測定中に一時蒸発を止め(1日程)、再度蒸発を開始するなどの測定手法をとった。計測時間は、3日~6日間である。

2) マルチステップ法

マルチステップ法²⁾は、フィルターに厚さ5.1mmのセラミックフィルター($k_s=8.6 \times 10^{-6}$ cm/sec)を脱気水で飽和させたものを用いた。試料を底面より給水し飽和させた後マイクロテンシオメータを挿入し、段階的に加圧を行い、その経時変化による排水量、圧力水頭の変動を計測する。加圧段階は5段階で測定時間は約5時間である。

両試験とも結果は、逆解析で不飽和透水係数と水分特性曲線の関数のパラメータ、 n 、 r 、 s を求める。

3 結果と考察

1) 蒸発法

測定した圧力水頭と水分蒸発量より逆解析し、最適化させ得られた van Genuchten の不飽和浸透特性モデル(以下、VGモデルと記す)のパラメータである、 n 、 r 、 s とDLクレーのpF試験結果を用いたVGモデルの同定結果をまとめたものを表1に示す。図2は、関東ロームの試料内の温度変化である。関東ロームは、測定中試料の表面をパラフィンで覆い、一端蒸発作用を止めて試料にインパクトを与えてみた。図2のインパクトを与えた時間帯では、水分量が減少していないことが分かる。図からは読み取りにくいですが、温度変化については、それぞれの深さにおいて蒸発作用が終

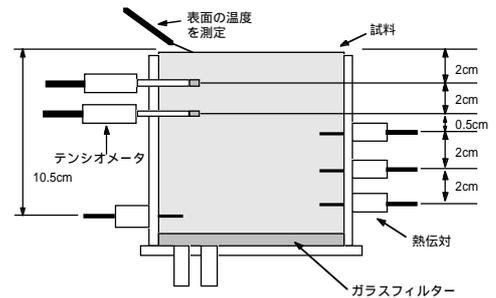


図1 熱伝対の挿入位置

表1 VGモデルに用いるパラメータ

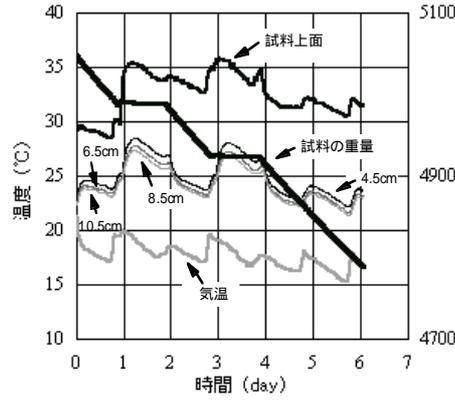
試料名	d (KN/m^3)	試験名		n	r	s	k_s (cm/sec)
DLクレー	14.70	pF試験	0.0339	1.287	0.04	0.38	3.73E-04
	14.90	蒸発法	0.0005	3.434	0.04*	0.37	3.51E-04
DLクレー	14.70	pF試験	0.0339	1.287	0.04	0.38	3.73E-04
		マルチステップ	0.0339	1.288	0.05	0.38*	3.73E-04

固定した値(他の室内試験から求めた値)

Key Words : 室内試験、不飽和透水試験、不飽和浸透特性、逆解析法解析

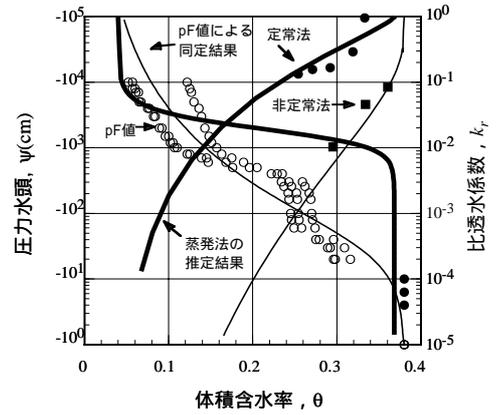
〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学工学部環境建設学科 Telephone/Telefax : 0492-39-1409

了していることがその値の挙動から把握できると思われる。図3はDLクレーについて蒸発法の結果より求めた不飽和浸透特性とpF値からVGモデルを用いて不飽和浸透特性を同定した結果を比較したものである。限界毛管水頭の逆数である



関東ローム ($\rho_d=6.76\text{kN/m}^3$)

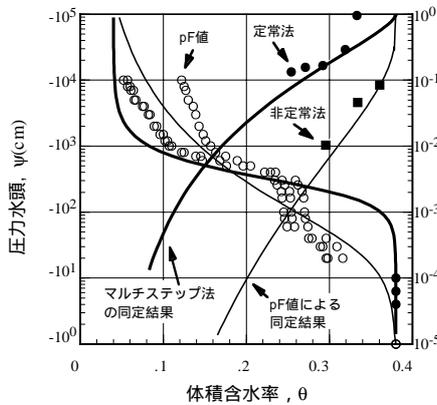
図2 試料の温度変化



DLクレー ($\rho_d=14.90\text{kN/m}^3$)

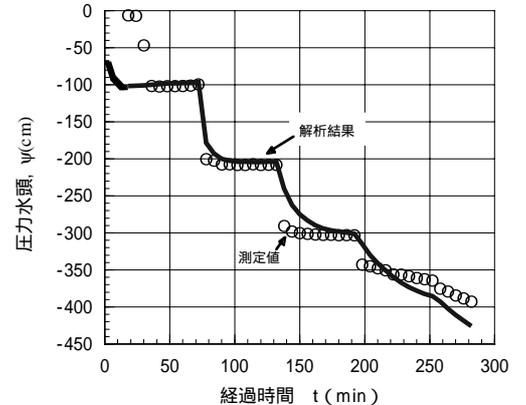
図3 不飽和浸透特性の比較

は、pF値からVGモデルを用いて同定した結果よりも小さい値が得られた。この限界毛管水頭が大きいことは比透水係数を大きく推定している。逆解析の結果、 n は大きい値が得られた。図3を見て分かるように n の値が大きい



DLクレー ($\rho_d=14.70\text{kN/m}^3$)

図4 不飽和浸透特性の比較 (マルチステップ法)



DLクレー ($\rho_d=14.70\text{kN/m}^3$)

図5 圧力水頭の実測値と逆解析結果 (マルチステップ法)

と同じ水分量で比較すると比透水係数を大きく推定している。蒸発法の結果から更に精度の高いパラメータを得ることはなかなか難しいと思われるが、様々な範囲にある試料で検討を加えていきたい。

2) マルチステップ法

マルチステップ法でもDLクレーについて、得られた不飽和浸透特性とpF試験結果を用いてVGモデルで同定した結果を表1と図4に示す。表1に示した、pF値の同定結果に近似した値が得られたが、図4より見てわかるように水分特性曲線が異なる形状を示している。逆解析の結果は、より近似したグラフが得られてもよいと考えられる。なお、図5には圧力水頭と計測時間の関係における測定値とそのフィッティングカーブを示す。

4 あとがき

蒸発法やマルチステップ法によって逆解析結果から精度良く不飽和浸透特性を推定するには、まだまだ、問題点があるように思える。その解明のために、再度、試験方法の見直しや試験装置の改良などをしながら様々な土質材料を試験し、より良い結果を得られるように問題点を改善していきたい。最後に、本研究の実験にあたっては東洋大学の卒論生である安倍伸一君、渡辺星児君、諏訪部誠君、荻原鉄平君、浦道高君らの協力を得た。心から感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1)石田哲朗 谷中仁志: 非常蒸発法を用いた不飽和浸透性の推定方法の検討, 土木学会第55回年次学術講演要集, A-222
- 2)谷中仁志 石田哲朗 関口浩昭: マルチステップ法による不飽和浸透性の推定方法の検討, 土木学会第55回年次学術講演要集, A-224