

Ⅲ-A 327

室内試験による不飽和浸透特性の検討

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 まえがき

不飽和地盤での透水性評価を目的とする室内および原位置試験は、様々な研究機関等で実施されているが、試験装置やその方法の相違により、統一化されていないのが現状である。室内試験により不飽和透水係数を求める方法としては、不飽和透水試験により直接測定する方法と、pF試験によって得られる水分特性曲線から理論式や経験式を用いて不飽和透水係数を推定する方法の2つが挙げられるが、いずれの方法による結果も、現状ではデータの客観性や信頼性について再度検討を要するものであると思われる。そこで本報では、同一に調整した試料を用いて行った数種類の室内試験から得られた結果を比較すると同時に、土質材料の違いによる不飽和浸透特性の相違点や経験式との適合性についても検討を行っている。

2 試験装置および試験の概要

不飽和透水係数の測定には、定常法については短土柱法である Richards タイプのものを、非定常法では瞬時水分計測法の探査プローブが無いものを用いた。後述する加圧法を含めた仕様の詳細は既報¹⁾に示すとおりである。どちらも体積含水率が直接計測できないために、pF試験によりサクシジョンと含水比の関係を抽出し、相互の試験結果を相関させて体積含水率を求めている。また、pF試験としては、主として加圧法により12,000cmH₂Oまで計測を行い、加圧法での計測が困難なサクシジョン領域については、図1と図2に示す砂柱法や遠心法²⁾を用いて値を補った。砂柱法では直径5cm、高さ5cmの試料円筒を用い、32cmH₂O以下の体積含水率を計測している。遠心法はアングルロータ内に直径5.65cm、高さ3.16cmの試料円筒を、遠心のバランスを保つよう同一状態の試料を対にしてセットし、20,000cmH₂Oまで計測を行った。試料や密度を変えて行った試験ケースの中から本報で扱う試料の試験時の状態および不飽和透水係数の計算に用いた係数値を表1に示す。標準砂は殆ど乾燥状態にある。DLクレイは含水比15%に調整したものを、また、関東ロームと黒土は含水比がそれぞれ95%、85%のものをそれぞれ用いている。高有機質土として、本報では安定処理した上水汚泥($\rho_s=2.25\text{g/cm}^3$)により試験を行っているが、ピートなどの有機質土を想定して用いている。

3 結果と考察

以上の室内試験より得られたpF値や定常法・非定常法の実測結果および計測値を基に経験式・理論式から求めた計算結果を図3～図8に示す。水分特性曲線の関数モデルとしてはVGモデルを利用して同定を行い、比透水係数 k_r と体積含水率 θ の関係を表す曲線(以下、比透水係数曲線と記す)に関しては、Averjanov法、Jackson法、Campbell法、VGモデルを用いた法の各計算法³⁾を用いて計算を行った。そのとき用いた各係数は表1に示してある。結果から、図3～図6に示す砂質土や粘性土では、加圧法により得られたpF試験結果が、VGモデルより得られた水分特性曲線と大略一致しているのに対し、同曲線について、砂柱法による計測値はやや大きめに、また遠心法では高いサクシジョンになると小さめの計測結果が得られ

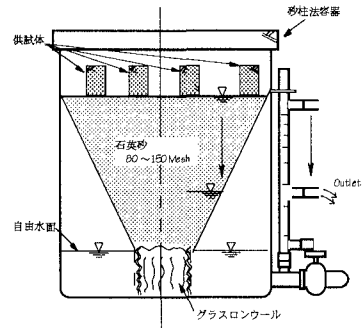


図1 砂柱法原理

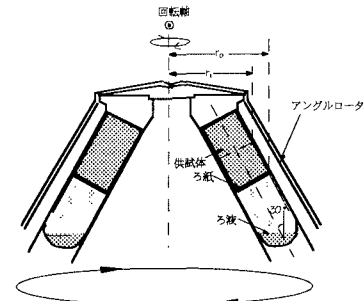


図2 遠心法原理図

表1 試料状態および各計算に用いた係数

試料名	乾燥密度 (g/cm ³)	透水係数 (cm/s)	強熱減量 (%)	Mualem α	n	Campbell B($p=1.0$)	Burdine, WG λ
標準砂	1.50	4.09E-02	—	0.0318	1.824	1.535	1.100
DLクレイ	1.50	3.73E-04	—	0.0339	1.287	1.379	0.172
関東ローム	0.55	8.78E-04	20.408	0.0517	1.231	4.400	0.313
黒土	0.57	1.02E-05	32.188	0.0761	1.206	4.100	0.545
高有機質土	0.33	6.04E-04	41.711	0.8185	1.066	9.300	0.358
				5.5280	1.196	—	0.521

Key Words: 不飽和浸透特性、水分特性曲線、比透水係数、高有機質土

〒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

る傾向にある。一方、高有機質土では、加圧法での計測値と砂柱法・遠心法でのそれとに大きな差異が生じたため、図7には加圧法のみでの計測値から、図8には砂柱法と遠心法の計測値より、それぞれ水分特性曲線を同定し不飽和透水係数を計算した結果を表わした。砂柱法と遠心法を用いた場合に、大きな水分変化が見られることから、高有機質土が外力によって変化を受け易い傾向にあることが推察される。また、不飽和透水係数は定常法に比べ、非定常法で小さめの実測結果が得られる。

次に、不飽和透水係数の計算値を比較してみると、いずれの試料を用いた場合にも、Averjanov法が最も大きく、WG法やVGモデルらが飽和に近い領域で急激に減少し、数オーダーも小さく算出された。図3に示した砂質土の標準砂では、図4～図6に示す粘性土の各試料に比べ限界毛管水頭が小さいことから、Jackson法の計算値では、飽和領域の近くで比透水係数曲線の勾配が急になる傾向を見られる。

不飽和透水係数の実測値と経験式を用いた計算値との比較では、図3に示すように多少の差異が生じている砂質土に比べ、粘性土では、図4のDLクレイは非定常法とVGモデルの同定結果が、また、図5や図6では定常法とJackson法の計算値がそれぞれ比較的良く一致している。このことから、関東ロームと黒土が類似した浸透に関する性状を持っていることが推察される。図7の高有機質土では、Campbell法の付近に位置しているが、図8ではその傾向は見られない。このように、差異が生じたり、試験法によって適合性が異なるのは、異なる複数の試験結果を連結して求める不飽和土の透水性の評価の難しさが表れているとも考えられる。

4 あとがき

数種類の室内試験器を用いて、様々な試料に関する不飽和浸透特性の報告を行ってきたが、現状では抱えている課題も多く、それらの点を明らかにしていくとともに、今後は、更に他の計測機器を用いて精度良い実験を行うなどして、精査していきたい。

参考文献

- 1) 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
- 2) 土質試験法編集委員会編：「土質試験の方法と解説」、地盤工学会、p.92、1990
- 3) 谷中仁志・石田哲朗：砂質土における比透水係数曲線（ $\theta-k$ ）の検討、第33回地盤工学研究発表会（投稿中）、1998

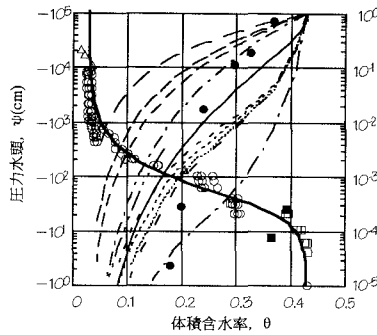


図3 標準砂

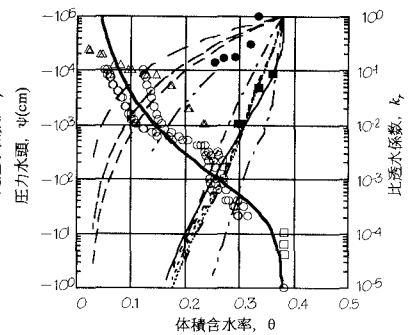


図4 DLクレイ

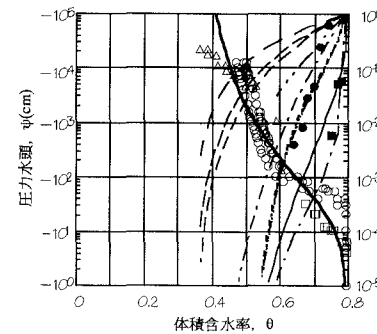


図5 関東ローム

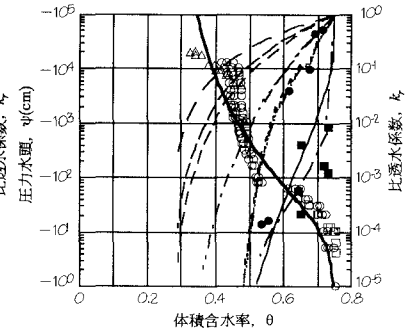


図6 黒土

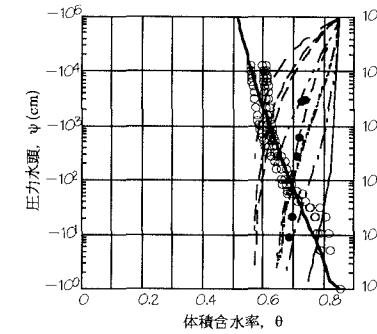


図7 汚泥（加圧法）

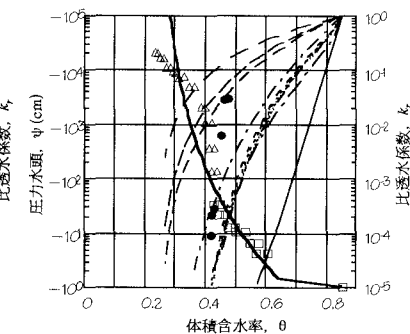


図8 汚泥（砂柱法～遠心法）

凡例

○	加圧法
△	遠心法
□	砂柱法
—	Yusker
---	Irma
---	Averjanov
---	Marshall
---	Ragab
---	Kunze
---	MQ
---	Campbell
---	Burdine
---	WG
---	Mualem
●	定常法
■	非定常法