

Ⅲ - A236

不飽和土の室内透水試験の検討

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

まえがき

不飽和土の透水係数や水分特性曲線は、土中の水分移動を理論的に扱ったり、シミュレートするときに必要なとなる。数値解析上では、飽和一不飽和浸透流解析が一般的な解析手法となったが、その入力データとして必要なこれらの土の定数の蓄積が不十分で、実務的には参考資料としての範囲を越えてはいないように思われる。また、多くの試験方法が提案されている割には、確立された試験方法もその評価方法にも決め手を欠いているのが実情である。ここでは、数種の室内不飽和透水試験器を用いて、同一に調整した試料に対して実験を行い、得られた結果を比較すると同時に、データの蓄積を進める一助を少しでも担えればと考え、実験条件とその結果をでき得る限り詳細に報告するよう心掛けた。

試験装置

不飽和透水係数を求める試験方法には、時間的に変化しない流れの中で土中の圧力水頭と流出水量を求める定常法と、時間の変化に伴う体積含水率と圧力水頭を計測するなど、直接透水係数を求めずに水分特性曲線から算出される非定常法に大別できる。本報では、定常法から図1に示す短土柱法であるRichardsタイプのものと、図2に示したカラムを積み上げて、その高さ方向に数カ所テンシオメータを挿入し、時間の経過による圧力水頭の変化を計測する非定常法(瞬時水分計測法)の探索ブローグは無いを用いた。したがって、どちらも体積含水率が直接計測できないために、加圧法¹⁾によりサクションと含水比の関係を抽出し、水分特性曲線を求めている。

試料の調整と仕様の詳細

標準砂と珪砂は、ほとんど乾燥状態にある。関東ロームは採取したときの含水比89.0%のものを用いた。また、DLクレイは含水比15%、13%、11%に調整したものに対して、それぞれプロクター(R.R. Procter)のエネルギー計算で表わすなら $5.625\text{cm} \cdot \text{kg}/\text{cm}^3$ (第1方法の $10\text{cm}\phi$ のモールドなら3層、25回突き/層の締固めエネルギーに相当)になるように締固めてある。飽和透水係数 k_s は定水位、変水位透水試験より求めた。

次に、不飽和透水試験に用いた試料の寸法やフィルターについて述べる。Richardsタイプでは直径 $10\text{cm}\phi$ 、高さ 4cm で、 $6\text{mm}\phi$ で長さ 15mm のテンシオカップが 2cm の間隔をあけて挿入されている。メンブレンフィルターの開孔径は砂質土では $5\mu\text{m}$ 、粘性土は $1.25\mu\text{m}$ を使用した。非定常法では、直径 $15\text{cm}\phi$ 、高さ 5cm のカラムを、間にシリコングリースを充填し、側面をビニールテープで巻いて重ね、所定の位置に $8\text{mm}\phi$ で長さ 5cm のテンシオメータを挿入してある。飽和後の排水開始から計測終了までの時間は、砂質土で3~4日間、粘性土で1~2週間を要した。加圧法におけるフィルターは、 $1000\text{cmH}_2\text{O}$ 以下では 3bar をそれ以上では 15bar のもの

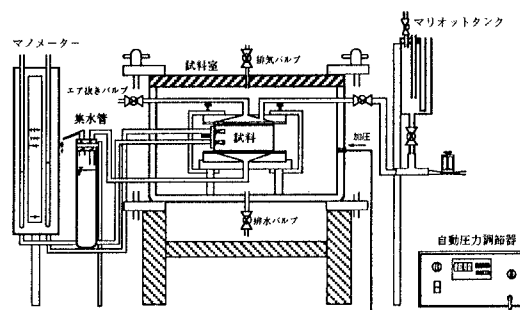


図1 不飽和透水試験装置(定常法: Richardsタイプ)

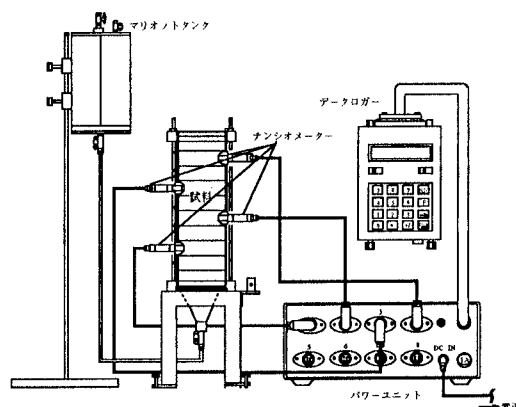


図2 不飽和透水試験装置(非定常法)

Key Words: 不飽和浸透特性、比透水係数、地下水

〒350 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

を使用し、
1200cmH₂O ま
では自動圧力
調整器から空
気圧を与え、
それより高い
圧力では窒素
ガスを介して
加圧した。

考察とまとめ

加圧法による
pF試験結果
を用いて竹下
ら²⁾が示した
van Genuchten
による不飽和
浸透特性の関
数モデルによ
り同定を行う
と、水分特性
曲線(θ - ψ の
関係)と比透
水係数曲線

(Mualem モ
デル)が求めら
れる。この θ - ψ
の関係を利用し

て、定常法と非定常法の計測結果を整理す

ると、図3～図6に示した関係が得られた。試料の
状態と浸透特性を構成するパラメータは表1にまと
めてある。結果から、図3、図4の砂質土では、水分
特性曲線を利用した Mualem モデルと大略一致して
いるのに対し、図5、図6の粘性土では差が大きく表
われている。また、不飽和透水係数は定常法の値に
比べ非定常法では、小さな計測結果が得られる傾
向にある。図5の関東ロームの場合、pF試験にお
いて小さな圧力段階から体積含水率が低い。そのた
めか、水分特性曲線の α の値は粘性土ほど大きくな
っている。体積含水率を加圧法だけで計測したことが
影響しているとも考えられる。異なる試験結果を連
結して求める値の評価の難しさを痛感している。実
測した不飽和透水係数との差異もこの点が影響しているのだろうか。今後も更に実験を精度よく進め、この点
も明らかにしていくと共にデータの蓄積を重ねたいと考えている。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村松直敏君に負う処が多い、彼の実験に対する熱意と努力に心から感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 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.93、1990年。
- 2) 竹下祐二・河野伊一郎：不飽和浸透特性の推定方法とその適用について、地盤と建設、Vol.11, No.1, pp.95-113、1993年。

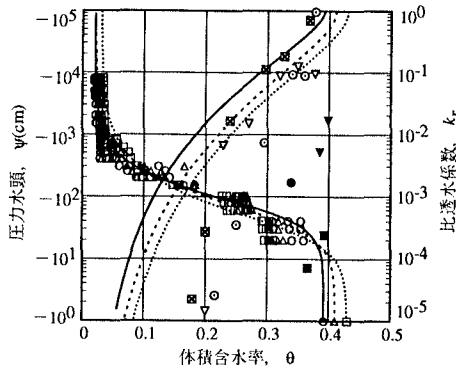


図3 標準砂

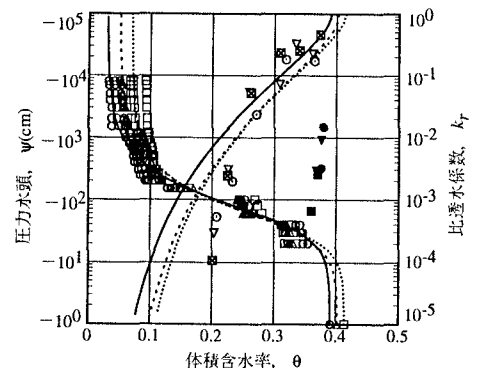


図4 珪砂

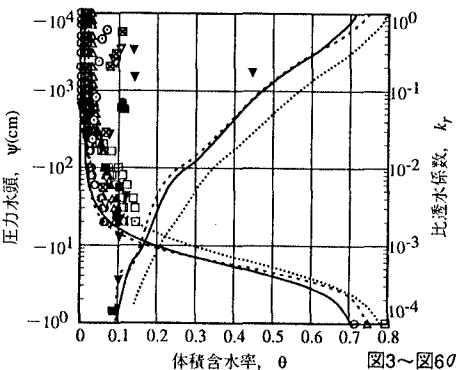


図5 関東ローム

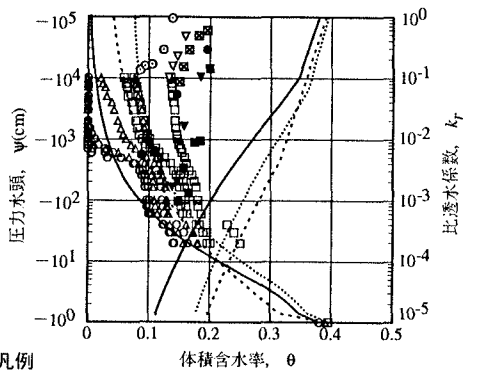


図6 DLクレイ

図3～図6の凡例

同定値	pF値	定常	非定常
密度大	○	○	●
密度中	△	△	▼
密度小	□	□	■

表1 試料の状態と実験データの同定結果

試料名	乾燥密度 (g/cm ³)	van Genuchtenモデルのパラメータ				
		α (cm ⁻¹)	n	θ_r	θ_s	k_s (cm/s)
標準砂	1.60	0.0150	2.153	0.02	0.392	2.83E-02
	1.55	0.0219	1.867	0.02	0.411	3.73E-02
	1.50	0.0318	1.824	0.03	0.430	4.09E-02
珪砂	1.60	0.0195	1.893	0.03	0.391	1.01E-02
	1.57	0.0255	1.811	0.05	0.403	1.23E-02
	1.54	0.0262	1.934	0.07	0.414	1.64E-02
関東 ローム	0.79	0.2290	2.530	0.01	0.714	1.28E-04
	0.75	0.2120	2.975	0.02	0.749	4.66E-04
	0.66	0.2210	2.184	0.01	0.794	2.49E-03
DL クレイ	1.50	0.3357	1.425	0.00	0.380	3.73E-04
	1.47	1.3412	1.243	0.02	0.391	4.02E-04
	1.46	0.4116	1.376	0.07	0.395	6.28E-04