

飽和・不飽和浸透特性の透水試験方法

岡山大学環境理工学部 正会員 竹下祐二
岡山大学大学院 学生員 ○新宮信也
岡山大学環境理工学部 フェロー 河野伊一郎

1. はじめに

不飽和浸透特性値の室内試験方法として、加圧板法を改良した非定常浸透試験方法を提案した。供試体に複数段階の空気圧を作用させ、排水重量と圧力水頭値の経時変化を測定する¹⁾。本試験で得られた計測データは不飽和浸透特性の関数モデルの同定に有用な情報を提供すると考えられる。本方法の適用性は、まさ土試料によって吟味した。

2. 不飽和浸透特性値の室内試験方法

図-1に試験装置図を示す。供試体は内径80mmの円筒形モールドに高さ62mmとなるように作成する。圧力水頭の測定のためにマイクロテンシオメーターを供試体中心に取り付け、排水重量の測定には電子上皿天秤を用いる。供試体下部には従来より用いていたセラミックディスクの代わりに、マイクロフィルター（富士フィルム社製）、親水性デュラポア（日本ミリポア社製）を用いた。脱気後、まず、水位を供試体の表面まで下げる間に、透水試験を行い供試体の飽和透水係数を求める。そして表-1に示す複数段階の空気圧を順次作用させ、圧力水頭および排水重量の経時変化を測定する。マイクロフィルターと親水性デュラポアは、長時間の加圧ではフィルターが乾燥し、空気を通してしまう恐れがあるため、空気圧を0.400kgf/cm²までとし、セラミックディスクは0.900kgf/cm²まで加圧する。実験パターンを表-2に示す。

表-1 空気圧表

	空気圧
Step1	0.05
Step2	0.10
Step3	0.20
Step4	0.40
Step5	0.90

Unit(kgf/cm²)

3. フィルターの特性

セラミックディスクは品質にばらつきがあり、目詰まりしやすいため材質が不安定で飽和透水係数 k_c の評価が難しいことが考えられる。それに比べ、マイクロフィルターは品質が安定している上に目詰まりしにくく、実験ごとの交換が容易であるので再現性のある実験が行えると思われる。また、マイクロフィルターは飽和透水係数 k_f がセラミックディスクのそれよりも大きく、厚さもセラミックディスクに比べ格段に薄いという利点がある。それぞれのフィルター材の特性を表-3に示す。また供試体の飽和透水係数について、フィルターの影響を考慮して算出した値 k_s と考慮しないで算出した値 k' の比 ϵ ($=k_s/k'$)は、図-2のようになる。特に $k_s=2.5 \times 10^{-3}$ cm/sの時に、マイクロフ

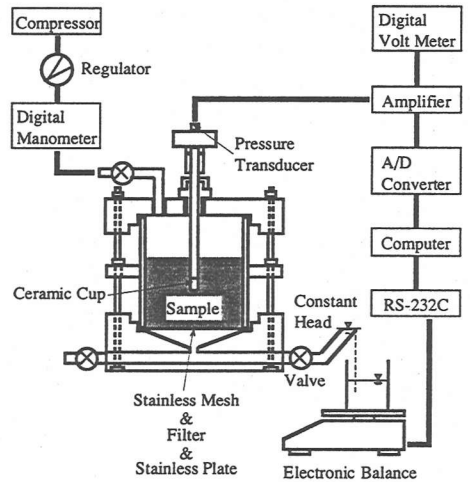


図-1 実験装置図

表-2 実験パターン表

	フィルター材	加圧段階 (cmH ₂ O)
実験1	マイクロフィルター	50,100,200,400
実験2	親水性デュラポア	50,100,200,400
実験3	セラミックディスク	50,100,200,400,900

表-3 フィルターの特性

	厚さ (mm)	透水係数 (cm/s)	透過空気圧 (kgf/cm ²)	強度	材質の安定性	耐久性
マイクロフィルター	0.135	2.96E-06	2.0以上	○	◎	△
親水性デュラポア	0.125	1.57E-06	1.7	○	◎	△
セラミックディスク	4	6.00E-07	2.0以上	◎	△	○

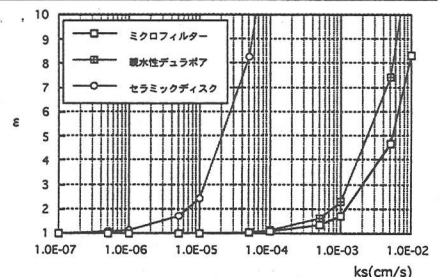


図-2 試料の飽和透水係数に対するフィルターの影響

ルターとセラミックディスクを比較してみると表-4のように、セラミックディスクは、測定した飽和透水係数に少しでも誤差が含まれていると供試体の飽和透水係数に大きな影響を及ぼすことが分かる。

4. 実験結果および考察

各実験における体積含水率とそれによって得られる水分特性曲線を表-5、図-3に示す。この結果より実験1、2はほぼ同じ値を示しているが、実験3の値とはかなり異なっている。次に、各実験より得られた圧力水頭および排水重量の経時変化を図-4～6に示す。図-4に示すようにマイクロフィルター・親水性デュラポアは、セラミックディスク同様、step1の圧力水頭の

表-4 kc, kfの測定誤差による影響

kc	ε	kf	ε
9.00E-07	179.5	3.30E-06	2.6
8.00E-07	201.8	3.20E-06	2.7
7.00E-07	230.5	3.10E-06	2.8
6.00E-07	268.7	3.00E-06	2.8
5.00E-07	322.3	2.90E-06	2.9
4.00E-07	402.6	2.80E-06	2.9
3.00E-07	536.5	2.70E-06	3.0

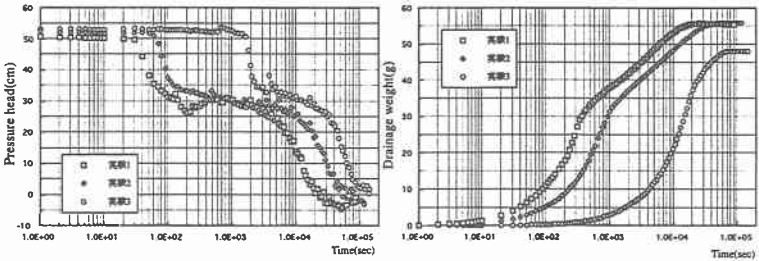


図-4 step1における非定常データ

表-5 体積含水率

	実験1	実験2	実験3	実験4
飽和体積含水率 θ_s	0.350	0.350	0.350	0.350
θ (ステップ1)	0.178	0.171	0.171	0.195
θ (ステップ2)	0.156	0.157	0.156	0.183
θ (ステップ3)	0.153	0.145	0.143	0.173
θ (ステップ4)	0.136	0.131	0.129	0.162
θ (ステップ5)				0.147

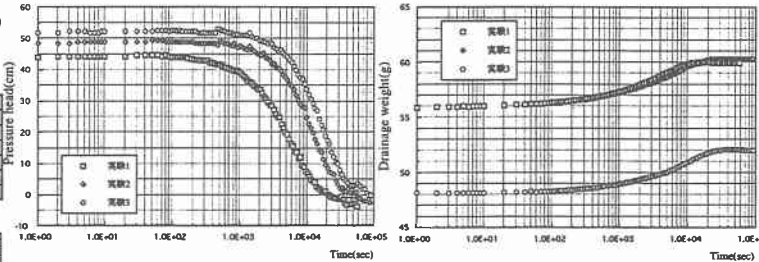


図-5 step2における非定常データ

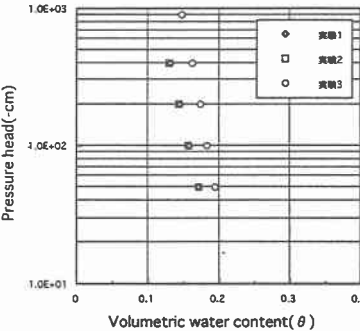


図-3 水分特性曲線

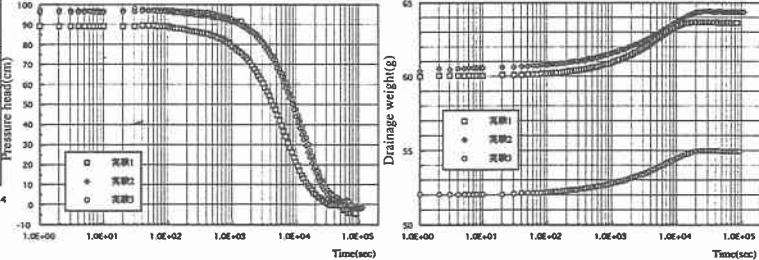


図-6 step3における非定常データ

経時変化は非常に乱れていて、解析に用いることはできない。しかし、図-5、6に示すstep2以降では乱れない安定した非定常データを得ることができる。よって、step1は低い空気圧を加えて試料を不飽和状態にするstepとし、step2からのデータを解析に用いることで非定常データの乱れる現象を解消できる。図より、定常状態では、圧力水頭はどの実験においても同じ値に落ち着いているが、排水重量は差が大きいので、重量計測システムの改良が今後の課題である。また、フィルターが非定常データの形状へ及ぼす影響を考えると、不飽和浸透実験に適したフィルターの選択が望まれる。

<参考文献>

1) J.W.Hopmans, J.C.Van Dam, S.O.Eching and J.N.M.Stricker: "Parameter estimation of soil hydraulic functions using inverse modeling of transient outflow experiments.", Trends in Hydrology, pp.217-242, 1994.