

## 加圧膜法と加圧板法で求めた水分特性曲線の違い

足利工業大学 正会員 ○西村友良  
 東京大学 生産技術研究所 古関 潤一

## 1 まえがき

不飽和地盤の工学的性質の予測は土の水分特性曲線の正確な把握が不可欠である。保水性試験は実務レベルへの広がり期待される一方で、試験時間が一つの課題となっている。西村・古関<sup>1)</sup>はセラミックディスクを用いる加圧板法に比べ、微細多孔質膜を使用する加圧膜法が測定時間長期化の解決手法の一つであると報告している。本研究では非接触型変位計を備えたSWCC計測装置を製作し体積含水率、間隙比の変化を加圧膜法で測定する。また透水性が非常に低いあるいは実質上不透水と考えられる非塑性シルト、カオリン、関東ロームの水分特性曲線を微細多孔質膜（加圧膜法）・セラミックディスク（加圧板法）の両方で比較する。

## 2 試料・装置・試験方法

豊浦砂、非塑性シルト、カオリン、関東ロームの水分特性曲線を加圧膜法、加圧板法で測定した。微細多孔質膜のAEV値（空気侵入値）は250kPa、膜厚（液膜）は0.45 $\mu$ mである。セラミックディスクはAEV値が500kPa、厚さは7mmであった。透水係数はそれぞれ $5.19 \times 10^{-7}$ cm/secと $7.95 \times 10^{-8}$ cm/secであった。図-1にSWCC計測装置を示す。微細多孔質膜はペDESTALとモールドで挟み込む。このモールドは砂の最大密度試験・最小密度試験方法（JIS A

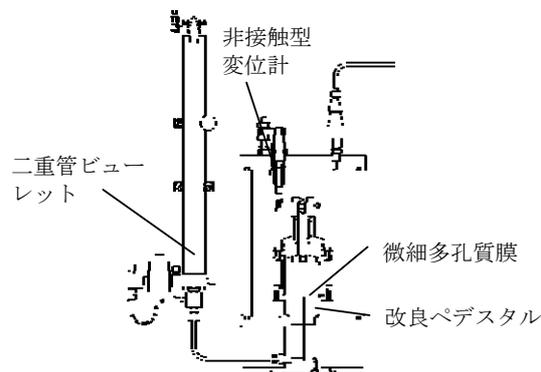


図-1 SWCC計測装置

1224)が規定する条件を満たすものである。圧力室の空気圧供給口から加圧・減圧をし、圧力の変化に伴う試料内の水分量の変化を差圧計付二重管ビューレットで計測する。非接触型変位計で供試体高さを計測する。試験方法を次に述べる。配水管路内を脱気水で満たす。ペDESTAL上に飽和微細多孔質膜を空気が入り込まないように置き、モールドを被せ固定する。非塑性シルト、カオリン、関東ロームは液性限界を上回る含水比（スラリー状態）にしてモールドに入れ沈降させる。豊浦砂は10層100回で打撃し締め固めた後、ペDESTALをモールドに取り付ける。締め固めた豊浦砂の乾燥密度は $1.591\text{g/cm}^3$ 、間隙比は0.659であった。装置全体を組み上げた後、加圧・減圧して二重管ビューレットに排水・吸水される水量を測定する。二重管ビューレット内を大気圧にしているので圧力室内の圧力がマトリックサクシオン（以後サクシオンと呼ぶ）である。飽和状態の試料のサクシオンを段階的に高めることで主排水曲線を測定した。次に主吸水曲線は最大サクシオン値よりも圧力室内の圧力を段階的に減少させることで測定した。試験ケースの中には再びサクシオンを増加する試験も行っている。サクシオン載荷時間は水分量の時間変化の確認結果と西村・古関<sup>1)</sup>の報告を参考にした。

## 3 実験結果

微細多孔質膜（加圧膜法）、セラミックディスク（加圧板法）で測定した非塑性シルト、カオリン、関東ロームの水分特性曲線を図-2から図-7に示す。図中の記号◇は主排水曲線、記号□は主吸水曲線を示す。また記号△は湿潤過程後の繰り返し乾燥過程を意味している。加圧膜法で測定した非塑性シルトとカオリンの主排水曲線は、加圧板法の結果に比べ、原点側に寄っており、サクシオンがゼロ付近では、同一サクシオンに対する含水比が小さい。よって加圧膜法は同じ試料でも加圧板法に比べ保水性が小さい結果を与えている。図-6と図-7の関東ロームの場合、非塑性シルトやカオリンの結果のような水分特性曲線の違いは見られない。ところが、1段階の負荷サクシオンの平衡時間が加圧膜法では380分、一方加圧板法の場合165時間を要しており、平衡時間に明らかな大差があった。また飽和状態の含水比が異なったのは、沈降後の上澄み水の水量の違いに関係している。

キーワード: 不飽和土, 加圧膜法, 水分特性曲線/連絡先: 栃木県足利市大前町268 TEL 0284-62-0605 tomo@ashitech.ac.jp

次に湿潤過程の結果（主吸水曲線）を見ると、加圧膜法の場合サクシオンが消失するにつれ、吸水による水分量の増加を測定している。ところが加圧板法ではセラミックディスク中を流れて吸水する量が極めて小さいことがわかる。その結果、主排水曲線と主吸水曲線のヒステリシスが示すループの大きさにフィルター素材が影響を与えるといえる。

次に豊浦砂の水分特性曲線を図-8から図-10に示す。主排水曲線がサクシオン3kPaをAEV値として示している。飽和度はサクシオン18kPaに至ると31.7%まで低下している。その乾燥過程での間隙比を見ると飽和度100%の時に0.659（乾燥密度1.591 g/cm<sup>3</sup>）であったが、18kPaのサクシオンを受け水分量が減少しても間隙比変化はきわめて小さく、0.657（乾燥密度1.593 g/cm<sup>3</sup>）であった。この乾燥密度の差異（0.002 g/cm<sup>3</sup>）は豊浦砂の最大密度試験の目標値の許容値（±0.010 g/cm<sup>3</sup>）<sup>2)</sup>よりも小さい。また主吸水曲線と主排水曲線の間にはヒステリシスが確認された。

4 まとめ

SWCC 計測装置によって豊浦砂の水分特性曲線を求め、体積変化が小さいことを明らかにした。また加圧膜法と加圧板法のフィルター素材が水分特性曲線に影響し、同一試料でも保水性が

小さい結果を与え、ヒステリシスのループの大きさにも影響が見られた。

謝辞 本研究を進めるにあたり平成19年度科学研究費補助金萌芽研究（代表：

東京大学古関潤一、課題番号19656117、豪雨と地震の同時期生起に対する盛土のマルチハザード分析）の補助を得ました。また社団法人鋼材倶楽部からの補助を得ました。ここに記して深く謝意を表します。

参考文献 1) 西村友良, 古関潤一: セルロース膜を用いた非塑性シルトの水分保持曲線, 平成19年度第62回土木学会年次学術講演会, pp.197-198, 2007年. 2) 地盤工学会編:第8章砂の最小密度・最大密度試験(JIS A 1224), 土質試験の方法と解説(第一回改訂版), pp.136-144, 平成16年.

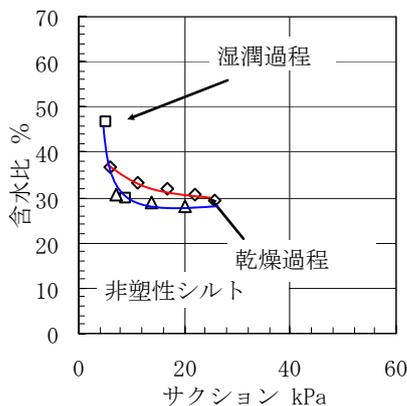


図-2 微細多孔質膜(加圧膜法)

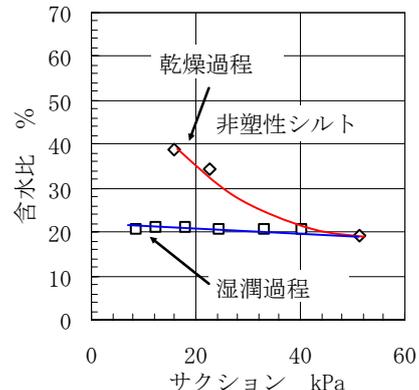


図-3 セラミックディスク(加圧板法)

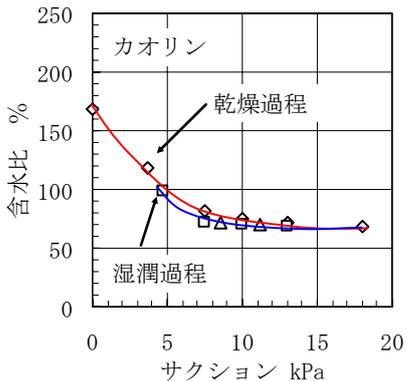


図-4 微細多孔質膜(加圧膜法)

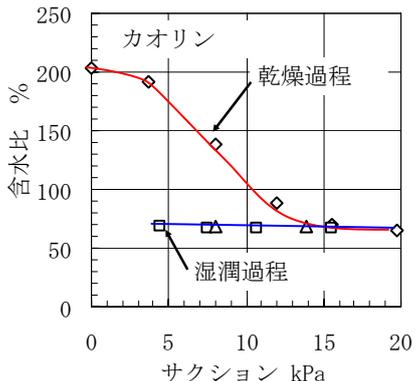


図-5 セラミックディスク(加圧板法)

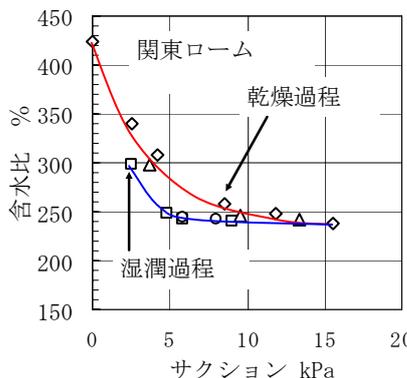


図-6 微細多孔質膜(加圧膜法)

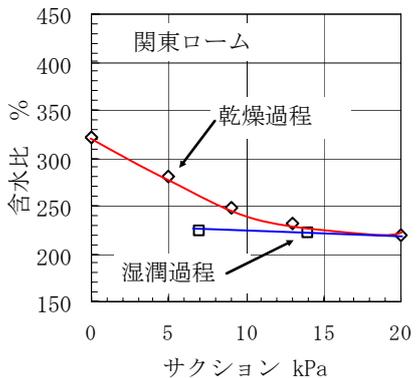


図-7 セラミックディスク(加圧板法)

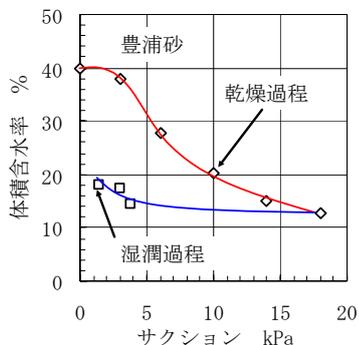


図-8 微細多孔質膜(加圧膜法)

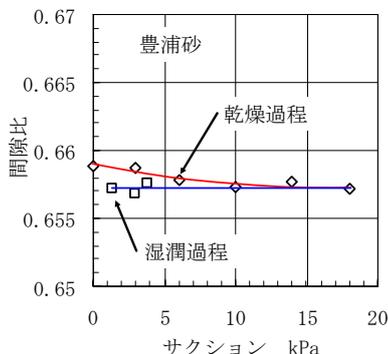


図-9 微細多孔質膜(加圧膜法)

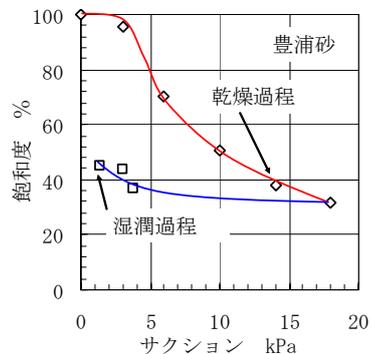


図-10 微細多孔質膜(加圧膜法)