

セルロース膜を用いた非塑性シルトの水分保持曲線

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課題を解明するためには、サクションを制御・測定することが不可欠である。その一方でサクション制御・測定のための全体の試験時間を短縮化する必要性は高い。土の保水特性試験では加圧板法が一般的に広く用いられているが加圧膜法については試験方法ならびに試験結果の報告が少ないのが現状である。これまでに西村ら¹⁾は透析膜を使用して不飽和土の水浸試験を通して膜の透水性を検討した。西村・古関²⁾はセラミックディスクに代わりセルロース膜を使用し、セルロース膜の加圧法への適用性について検討を行った。さらに西村・古関³⁾はセルロース膜の拡散現象の観察や負の間隙水圧測定への利用さらには不飽和土の定圧一面せん断試験への適用も試みた。本報告はセルロース膜の透水係数やセルロース膜内を拡散する空気量の計測結果から拡散スペクトルを求め明らかにしている。さらに計測した非塑性シルトの水分保持曲線をセルロース膜で計測した場合とセラミックディスクを使用した場合で比較を行っている。

2 試料と実験方法

本実験に使用したセルロース膜の空気侵入値(AEV 値)は250kPa、膜厚は $0.45\mu\text{m}$ であり、蒸留水に浸すことで飽和し膜内には液膜が形成される。一方、セラミックディスクはAEV 値が500kPaであり、その厚さは7mmであった。セルロース膜の透水試験や拡散空気量の測定ならびに土の水分保持曲線の計測には三軸室を利用している。写真-1のように三軸圧縮試験で使用するペDESTALを改良し、Oリング、ポラスストーンを設けた。その上面に飽和させたセルロース膜を慎重に置き、プレートを重ね、平ねじで固定する(写真-2)。試料と接するセルロース膜の直径は20mmである。セルロース膜には高い引張り強度があるので土粒子が直接、セルロース膜に接しても容易には測定不能にはならない。図-1には改良ペDESTALを三軸圧縮室底盤に取り付け、さらに排水量測定システムを連結した試験装置全体を示す。排水量は二重管ビューレットの底部にある差圧計によって連続的に測定が出来る。透水試験では改良ペDESTALが十分水没されるまでセル内に脱気水を入れ、その後所定の空気圧をセルに供給しセルロース膜を透過した脱気水を二重管ビューレットで測定した。比較のためにセラミックディスクおよび濾紙についても実験を行った。拡散空気計測には透水試験で使用した図-1の試験装置を使用した。セルロース膜およびポラスストーンを飽和し、管路内を脱気水で満たした後、セルロース膜表面の余剰水を拭き取り三軸室全体を組み上げる。

拡散空気計測試験では、三軸室に空気圧を载荷し、時間の経過とともに変化する二重管ビューレット内の水量の増分をセルロース膜から拡散した空気量として仮定した。水分保持特性試験にはスラリー状態の非塑性シルトを用いた。試験装置を図-2に示す。本装置は改良ペDESTALに剛性モールドが備わった構造である。モールド内

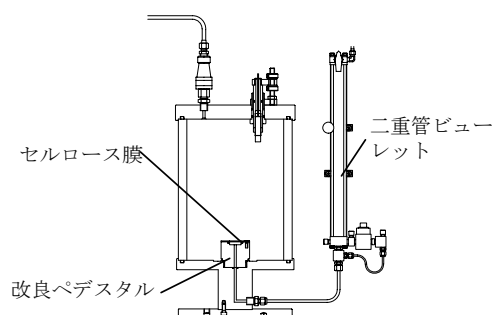


図-1 拡散計測装置

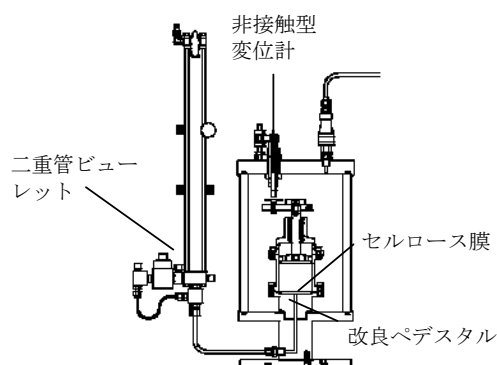


図-2 SWCC計測装置



写真-1 改良ペDESTAL



写真-2 膜装着後

径は 60mm であり、そのモールドとポーラスストーンの間にセルロース膜が装着されている。飽和したセルロース膜を取り付け、剛性モールドを固定した後にスラリー状態の試料をモールドに入れる。三軸室を組み上げた後所定の空気圧を供給し、加圧法によってサクション（マトリックサクション）を制御し水分保持曲線を求めた。

3 実験結果

図-1 に示す拡散計測装置を用いてAEV値が 250kPa のセルロース膜、AEV 値が 200kPa のセラミックディスクの透水係数を求めた。その結果、セルロース膜は 1.67×10^{-9} cm/sec、 7.95×10^{-9} cm/sec であり、透水係数はセラミックディスクの方が高い結果となった。一方、濾紙について同様の試験手順で透水係数を求めたところ、 2.41×10^{-4} cm/sec であった。

写真-2 の改良ペデスタルを使って飽和したセルロース膜表面に 60kPa、100 kPa、120kPa の空気圧を 1440 分間作用し拡散空気量を計測した。横軸に空気圧、縦軸に拡散空気量と空気圧の比をプロットしたものを拡散スペクトルとして図-3 に示す。空気圧载荷開始から 250 分、750 分、1440 分の拡散スペクトルを示しているが、セルロース膜内の液膜が壊れずに安定していることがわかる。

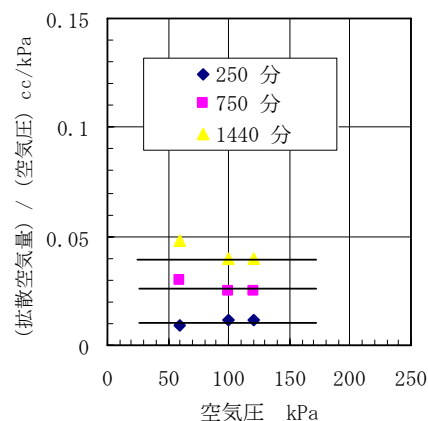


図-3 拡散スペクトル

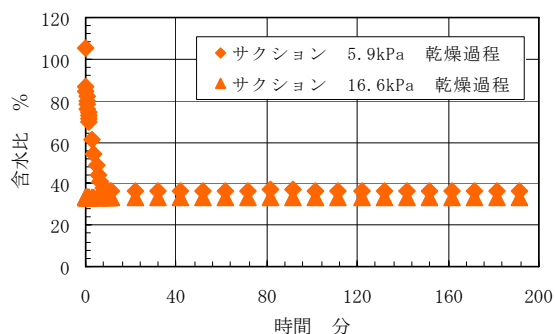


図-4 含水比の経時変化(セルロース膜)

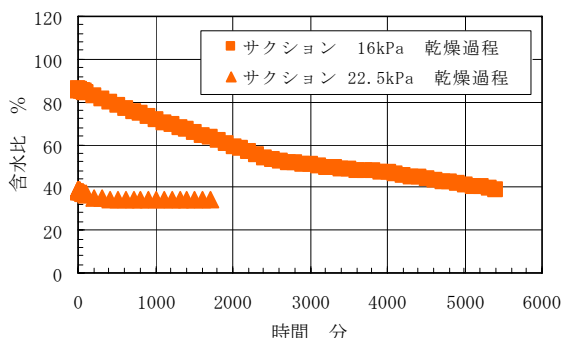


図-5 含水比の経時変化(セラミックディスク)

次に図-2 のSWCC 計測装置を用いてスラリー状態の試料の水分保持曲線の計測を試みた。図-4 と図-5 はサクション载荷開始からの含水比の時間変化を示している。セルロース膜はセラミックディスクよりも明らかに含水比の値が平衡状態に至る時間が短いことがわかる。セルロース膜とセラミックディスクは透水係数を比較するとセルロース膜の方が低い、膜厚はセラミックディスクよりも極めて薄いので膜内の水の流れがダルシー則に従うとすると、液膜の厚さの相違が計測時間の短縮化に効果を示しているといえる。同じ条件の試料の水分保持曲線を計測しても図-6 と図-7 が示すように、フィルターが異なると大きな違いが

見られる。セルロース膜は短時間に膜内を水分が透過するので、セラミックディスクを使用した場合に比べて水分保持曲線が左側に位置している、また湿潤過程はセラミックディスクの場合に含水比の増分が得られなかった。

4 まとめ

計測された水分保持曲線はセルロース膜とセラミックディスクでは大きな相違があり、またセルロース膜を用いた方が試験時間の短縮化を実現できる。

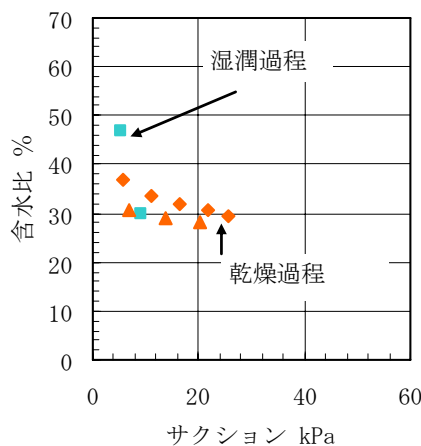


図-6 セルロース膜

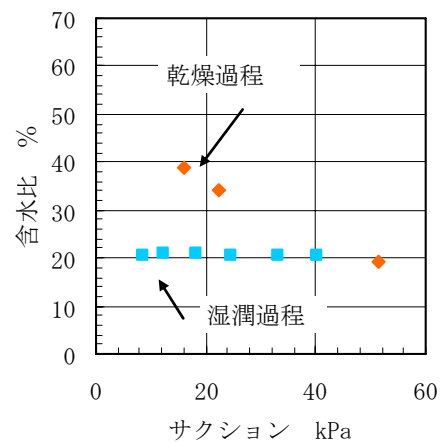


図-7 セラミックディスク

参考文献 1) 西村友良, 柿崎佳和, 和栗将貴: 不飽和土の水浸試験への透析膜の利用, 土木学会関東支部第 33 回技術研究発表会, 2006 年. 2) 西村友良, 古関潤一: セルロース膜の加圧法への適用性に関する検討, 土木学会関東支部第 34 回技術研究発表会, 2007 年. 3) 西村友良, 古関潤一: 不飽和一面せん断試験へのセルロース膜利用の試み, 第 42 回地盤工学研究発表会, 名古屋, 平成 19 年 (投稿中).