セルロース膜の加圧法への適用性に関する検討

足利工業大学　正会員　西村友良
東京大学生産技術研究所　正会員　古関潤一

１　まえがき

現在、不飽和土のせん断試験の方法は不飽和土の三軸圧縮試験方法（JGS 0527-1998）に明示され、サクション制御方法として加圧板法が示されている。サクション制御・測定方法は土の保水性試験方法（JGS 0151-2000）にもいくつかの試験方法がサクション範囲に応じて示され、一般的に不飽和土のせん断特性、浸透特性、体積変化の測定には、セラミックディスクを用いた加圧板法が非常に広く用いられているのが現状である。セラミックディスクの使用頻度は高いが、セラミックディスク自体の透水性は極めて小さく、そのためサクションに平衡するための試験時間が長時間におよぶ。そこで本研究では試験時間の長期化を改善するために、加圧板法で使用されているセラミックディスクに代わるフィルターとして、セルロース膜を使用し、拡散現象の確認や加圧法への適用を検討する。

２　試料と実験方法

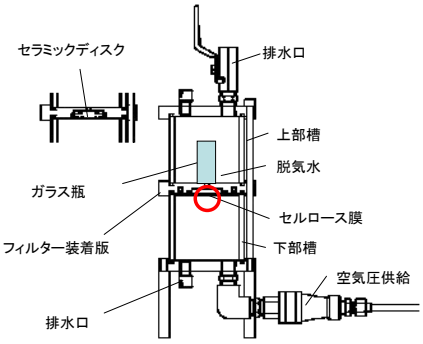
セルロース膜　セルロース膜とは、ブドウ糖（グルコース）からなる多糖類であり、年間生産量 1000 億トン以上のバイオマス（生物資源）である。また親水性であるが、不溶性、化学的にも安定で、生物分解性を持っている。セルロース膜は工業分野に限らず、医療の分野では血液透析にも使われている[1)]。セルロース膜の特徴は透水性がセラミックディスクよりも高い点にある。西村[2)]は、再生セルロース膜を使用して不飽和土の水浸試験に取り組んだ経緯から、膜をサクション制御・測定のために適用するにはペデスタルへの装脱着性が求められることから、引張強度も確保されるセルロース膜を選定した。使用したセルロース膜の透水係数は 3.0×10^{-5}cm/secであり、一方AEV値が 200kPaのセラミックディスクの透水係数が 4.5×10^{-6}cm/secであった。セルロース膜の厚さ（膜厚・液膜）は 0.2 から 0.8 μ mm程度であるのにたいして、一般的に 7 mm程度のものが使用されている。なお、不飽和土の三軸圧縮試験方法（JGS 0527-1998）の基準の解説e)セラミックフィルターには、セラミックディスクの厚さは記載されていない。フイルター内での透水がダルシー則に従うものと仮定しても、セルロース膜の方が、セラミックディスクよりもサクション制御時間が短くなることは自明である。

拡散現象　本実験では、セルロース膜およびセラミックディスク表面に空気圧を作用させた場合の拡散空気量を計測するために図－１に示す拡散空気量計測装置を製作した。この装置はフイルター装着版を挟んでアクリル円筒が 2 個設けられている。このフイルター装着版を２体製作した。１体はセルロース膜を挟み込むためのもの。他方はセラミックディスク（AEV値 200kPa）がエポキシ樹脂で固定されている。セルロース膜とセラミックディスクの表面は下向きに設置されている。セルロース膜は深さ 2mmの溝にＯリング（G－30:内径 30mm、太さ 2.3mm）と厚さ 1mmのドーナッツ形状の剛性プレートで締め付けている。平ボルトを使って３箇所を締め付けている。

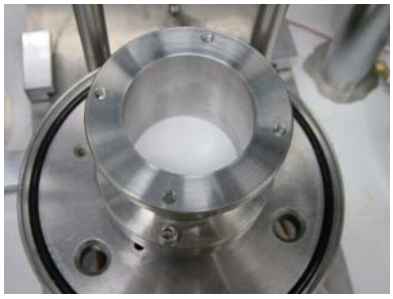
飽和させた後に、拡散空気量計測装置を蒸留水内で組み上げ蒸留水で満たす。その際、上部の部屋には孔を被せるようにガラス瓶口を当てる。装置上部の排水口を開放し大気圧にし、下部の空気圧供給口から空気圧を供給する。このとき、下部の部屋の蒸留水を多少排水させ、空気の層を設ける。セルロース膜およびセラミックディスクが空気圧を受けると拡散現象によって空気の拡散が発生し、時間の経過とともに気泡が上部側の孔に出現し、やがて浮遊する。浮遊した気泡をガラス瓶内に集積し、試験終了時に拡散空気量を測定する。

加圧法によるサクション制御と比較　不飽和土のサクション制御・測定で広く実施されているのはセラミックディスクを使用する加圧板法である。本実験では、加圧法によるサクション制御で、透水性が高くまた、膜厚・液膜が小さいセルロース膜を用いることで試験時間がどれだけ短縮化されるかを実験から検証した。写真－１のよう

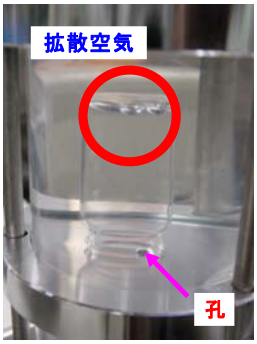
キーワード：セルロース膜，サクション，拡散現象
連絡先：〒326-8558 栃木県足利市大前町 268 足利工業大学 都市環境工学科 Tel 0284-62-0605　Fax 0284-64-1061



図－１　拡散空気量計測装置



写真－１　セルロース膜を装着したモールド



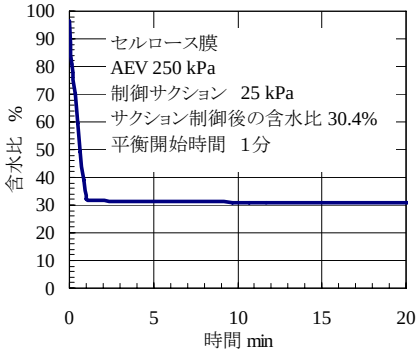
写真－２　セルロース膜

写真－３　セラミックディスク

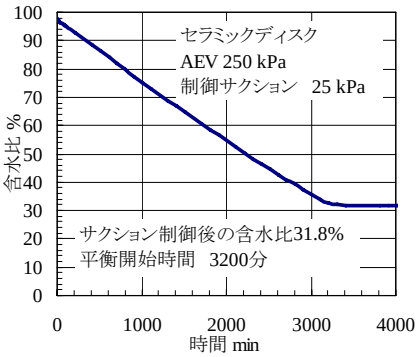
にペデスタル上に飽和させたセルロース膜（AEV250kPa）を静置しＯリングとモールドで固定し、スラリー状態（初期含水比 100%）の非塑性シルトを準備し、三軸室を組み立て加圧法でサクションを載荷した。排水量を二重管ビューレットで集積しながら排水量の変化を計測した。載荷したサクションは 25kPa であった。同様の条件でセラミックディスク（AEV200kPa）をエポキシ樹脂で固定したペデスタルを準備し実験を行った。

３　実験結果

写真－２と写真－３に拡散現象を撮影した様子を示す。写真－２は AEV 値 250 kPa に空気圧 20kPa を 18 時間連続的に載荷した時のセルロース膜内を拡散した空気をガラス瓶に集積した様子である。孔に気泡が留まる一方、約 0.5cc の気泡が浮遊し集積されていることがわかった。一方写真－３には、AEV 値 200kPa のセラミックディスクに空気圧を段階的に高め、最終的には 180kPa まで制御し、19 日間後のセラミックディスク内を拡散した空気（気泡）の様子である。試験後拡散した空気量は約 2cc であった。空気量の計測は、蒸留水中でポリメチルペンテン樹脂性の 10cc メスシリンダにガラス瓶内の空気を移し測定した。セルロース膜およびセラミックディスクともに AEV 値以下で拡散現象が確認された。一方、加圧法によるサクション載荷で排水される土中水から含水比の経時変化をセルロース膜の場合とセラミックディスクの場合とで比較を行った。それらの結果を図－２、図－３に示す。ここで含水比の減少が見られなくなった時点を平衡開始時間とする。セルロース膜では平衡開始時間が 1 分、セラミックディスクでは 3200 分であり、圧倒的にサクション制御時間が短縮されることが検証された。またサクション平衡後の含水比はセルロース膜の場合とセラミックディスクの場合で相違がないとがわかり、セルロース膜の加圧法への適用性が確認された。



図－２　セルロース膜



図－３　セラミックディスク

４　まとめ

透水性の高いセルロース膜を用いることでサクション制御・測定の試験時間短縮化を目的として、セルロース膜を使って拡散現象およびセラミックディスクとの比較試験を実施した。セルロース膜はセラミックディスクよりも圧倒的にサクション制御時間が短縮されることが検証された。また AEV 値以下での拡散現象はセルロース膜およびセラミックディスクに見られた。今後は Fick の法則から定量的な拡散現象の評価に取り組む。

謝辞　本研究を進めるにあたり平成 18 年度足利工業大学同窓会“学内研究助成”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)磯貝　明：セルロースの科学，朝倉書店，平成 17 年.　2)西村友良：不飽和土の水浸試験への透析膜の利用，第 33 回関東支部技術研究発表会，2006.