

京都大学大学院 学生会員 ○南野 佑貴  
 京都大学大学院 正会員 矢野 隆夫

京都大学大学院 フェロー会員 三村 衛  
 京都大学大学院 学生会員 澤田 茉伊

1. はじめに

近年温暖化の影響により集中豪雨や局所的大雨の増加に伴って斜面崩壊や盛土の沈下・崩壊などの不飽和地盤の災害が多く発生している。本研究では、このような災害の発生メカニズムの解明に不可欠な不飽和土の浸透・力学特性と密接な関係を持つ水分保持特性を実験的に評価するための保水性試験装置を開発した。試験装置の仕様を検討し、開発した試験装置の基本的性能を確認した上で、保水性試験を実施した。また、既存の試験装置より得られた結果と比較をすることで開発した試験結果の妥当性について検証を行った。

2. 目標とする試験装置の仕様

本研究では以下の性能を有する保水性試験装置を開発することを目標とした。

- ①砂質土から粘性土まで幅広い土試料を対象とする
- ②水分特性曲線のヒステリシスを把握できる
- ③供試体の体積含水率を精緻に捉えることが可能

保水性試験におけるサクシジョンの制御方法にはいくつかの方法がある<sup>1)</sup>が、①の条件を実現するためには、微小領域から数百 kPa までの幅広いサクシジョンの制御が求められる。しかし、単一の制御方法ではこれを満たすことが困難なため、微小領域には水頭法を適用し、水頭法の制御範囲を超える領域についてはセラミックディスクを用いた加圧法(以後加圧板法と呼ぶ)を適用することにした。両方を用いて、単一の供試体で連続した試験を行うことができる。②を満たすためには、供試体からの吸水量と排水量の両方を測定できることが条件となる。そこで、供試体に接続する二重管ビューレットの水位変化を差圧計で測定する方法を採用した。③については、例えば試験中の供試体の体積変化量の考慮が挙げられる。一般には体積変化は考慮されないことが多いが、実際には排水や吸水に伴って、供試体の体積は変化することが予想される。本試験装置では二重セルを用いる方式を採用することにした。二重セルは、内セルと外セルに同じ大きさの圧力を与えることで、セルの膨張を防ぎ、供試体の体積変化を内

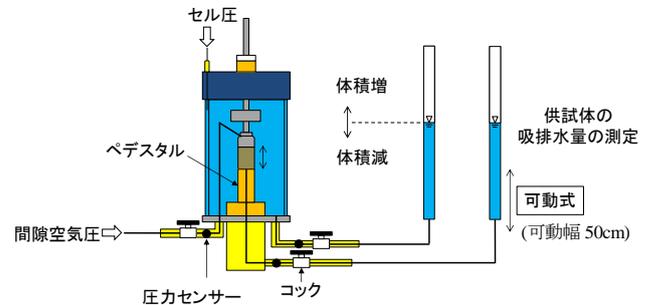


図 1. 保水性試験装置

セルの水量の変化としてとらえることができる。これらの仕様を満たす試験装置として、図 1 に概略を示す試験装置を開発した。

3. 基本的性能の確認

開発した試験装置の基本的性能の確認としてセラミックディスクの透水性および AEV(空気侵入値)と供試体の体積変化量の測定精度について検証した。セラミックディスクの透水性は透水試験で調べた。透水試験の結果、セラミックディスクの透水係数は  $1.0 \times 10^{-8} \text{cm/s}$  程度であり、既往の研究<sup>2)</sup>で用いられるセラミックディスクの透水係数と比較すると透水性がやや低い傾向がみられた。なお、2 種類の空気圧について透水試験を行ったが、セラミックディスクの透水係数の動水勾配への依存性は見られなかった。また AEV の検証については、セラミックディスクを三軸室内に設置し、ディスクの表面に水膜が張った状態で空気圧を負荷した際の排水量から空気の透過の有無を判断した。AEV の検証方法の概略を図 2 に、検証の結果を図 3 に示す。空気圧を 80kPa 負荷した際に持続的な排水が見られ、空気の透過を許してしまっている可能性が高いと言える。したがって、用意したセラミックディスクの AEV は仕様上では 100kPa であるが、実際には 80kPa よりも低いことが推測される。そのため、試験を行う際にはこれを超えないように注意する必要がある。また、10kPa を負荷した際、水位が低下しているが、これは二重管ビューレット内の水の乾燥によるものであると考えられる。

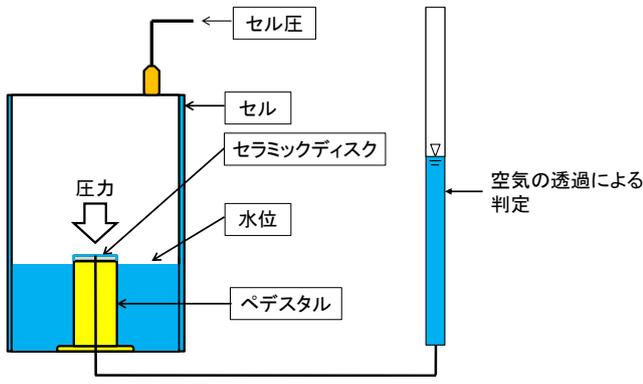


図 2. AEV の検証方法

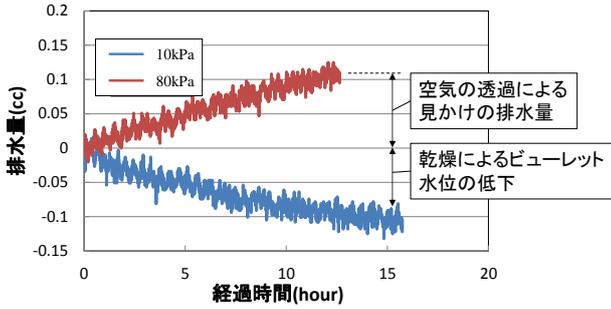


図 3. セラミックディスクの AEV の検証

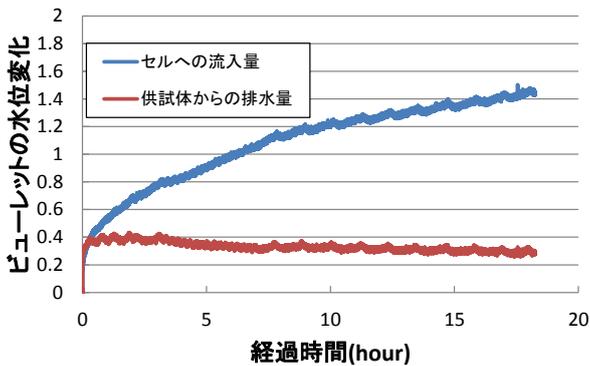


図 4. 体積変化測定精度の検証

体積変化量の測定精度については、飽和試料の圧密では供試体からの排水量と体積変化が一致することに着目して、圧密時の供試体からの排水量とセル水の変化量を比較することで検証した。その結果を図 4 に示す。図 4 を見ると、供試体からの排水量が定常状態になって以降も、ビューレットからセルへの流入は続いている。この原因を調べたところ、セルの微細な傷からの漏水が疑われたため、セルの改良を検討中である。

#### 4. 保水性試験

検証の結果、供試体の体積変化は現状では測定できないことがわかったため、試験中の体積変化はないと仮定して、砂質土を用いて保水性試験を行った。また、試験の一連を効率よく確認することを優先し、前述のセラミックディスクの 1000 倍程度の透水係数を持つセルローズ膜を用いた加圧法(以後加圧膜法と呼ぶ)を適用した。排水過程の結果を図 5 に示す。図中には、

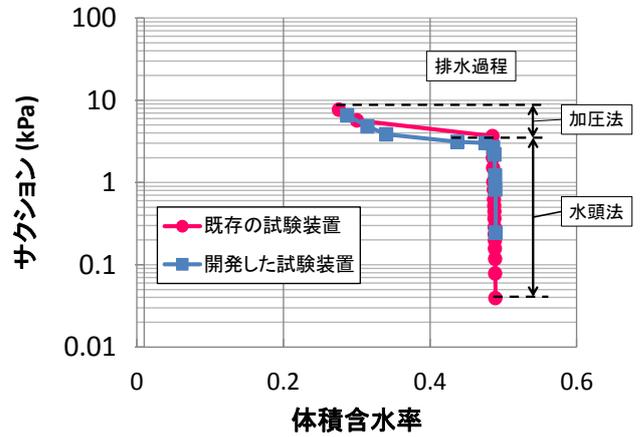


図 5. 水分特性曲線の比較

試験結果の妥当性を検証するため既存の試験装置<sup>3)</sup>を用いた結果も併記している。既存の試験装置は、供試体寸法は異なるが、サクシオン制御方法や使用したセルローズ膜は開発した試験装置と条件を統一して保水性試験を行っている。図 5 を見ると 2 つの水分特性曲線は概ね一致しており、本試験条件では、開発した試験装置を用いて既存のものと遜色ない試験結果を得ることができるといえる。

#### 5. まとめ

本研究では、水分特性曲線のヒステリシスの把握や供試体の体積変化量の測定を目標に、水頭法と加圧板法を用いた保水性試験装置の開発に取り組んだ。試験装置の基本的性能を確認したところ、目標とする仕様を十分に満たしていないことがわかり、改良点を見つけることができた。改善点としては、まずはセルの漏水を解決することが必須の課題である。また加圧板法は加圧膜法に比べて空気の拡散現象<sup>2)</sup>が起きにくい利点があるが、試験時間が長期化することが問題となる。加圧板法を適用するために、透水性を考慮したセラミックディスクの選定と吸排水経路の改良することで試験時間の短縮化を図る必要がある。

#### 参考文献

- 1) (社)地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説一二冊分の 1, pp169, 2009
- 2) 西村友良, 古関潤一：セルローズ膜の加圧法への適用性に関する検討, 第 34 回土木学会関東支部技術研究発表会, No.3, pp72, 2007
- 3) 矢野隆夫, 西山哲, 中島伸一郎, 森石一志, 大西有三：粒状路盤材および路床材の不飽和浸透特性, 土木学会論文集(舗装工学), Vol.67, No.2, pp120-130, 2011