

1.はじめに

水分特性曲線は、不飽和土の保水特性を表す曲線であり、土の保水性試験などから得られる。従来の試験法では、排水および吸水履歴の水分特性曲線を得るには、長時間かかることが課題となっており、水分特性曲線を短時間かつ精度よく得ることができる試験法の開発が必要である。森本ら¹⁾は、保水性試験の短縮化を目的に、三軸試験装置を改良した装置を試作し、新たな試験法を提案しており、サクシオン制御を行い、土中の間隙水圧が平衡状態に達する前の値で水分特性曲線を描くことで、時間短縮化を図っている。この方法では、サクシオン制御した後、土中の間隙水圧がどのように変動しているのかを把握することが、得られる水分特性曲線の精度向上につながると考えられる。本研究では、サクシオン制御後に、土中の間隙水圧が平衡状態に至るまでの含水比とサクシオンの変動を観測した。

2.試験概要

図-1 に今回試作した保水性試験装置の概要図を示している。この装置で、サクシオン制御後の、供試体下部におけるサクシオンを連続的に測定できるようにした。排水容器と電子天秤が入れられた圧力チャンバーに間隙水圧 u_w, BP として、一定の背圧 (BP) を負荷し、圧力セル内に間隙空気圧 u_a, CP としてセル圧 (CP) を負荷することで、サクシオン制御を行なう。また、供試体下部では、間隙水圧 u_w が 1 分間隔で計測されている。間隙空気圧 u_a, CP (セル圧) と計測された間隙水圧 u_w の差が、その時点のサクシオン s_u となる。

図-2 にセル圧 100kPa、背圧 50kPa に制御した場合における供試体下部での間隙水圧の計測値 u_w の経時変化の模式図を示す。通常、サクシオン制御後の供試体の間隙水圧は、時間とともに背圧に近づいていく。長期間経過後、供試体からの水の出入りが無くなった時 (排水容器の重量変化がほとんどなくなる時) が平衡状態であり、供試体内の間隙水圧 u_w は、背圧とほぼ等しくなる。従来の保水性試験では、この平衡時の吸排水量とセル圧と背圧で制御されたサクシオンのプロットを結んで水分特性曲線を描いていた。一方、森本らの試験法では、平衡に至る過程での間隙水圧値と吸排水量から水分特性曲線を得ており、平衡状態になるのを待たずに次の段階のサクシオン測定過程に移ることで、時間短縮を図っている。その際、サクシオン制御後に間隙水圧の値がどのように変動するか把握することは重要であり、その挙動が不明確であるため、実験により間隙水圧の変動の観測を行った。

3.試験結果および考察

試験試料として豊浦砂を用いた。供試体は直径 60mm、高さ 20mm のモールドに含水比 $w=25.0\%$ 、間隙比 $e=0.78$ で、締固めたものを用いた。

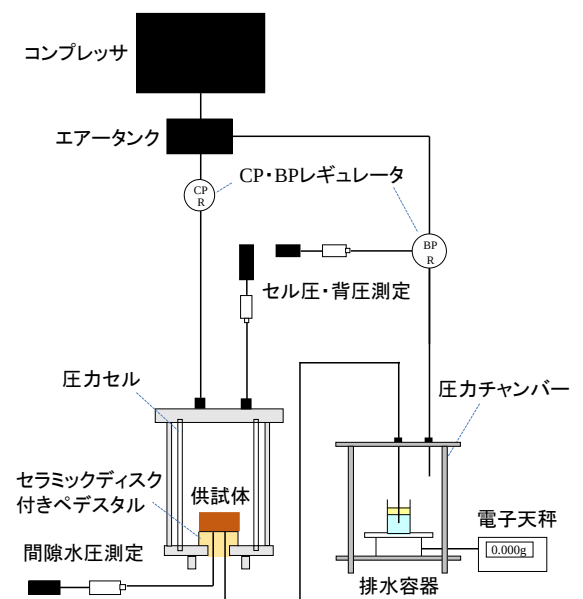


図-1 保水性試験装置の概要図

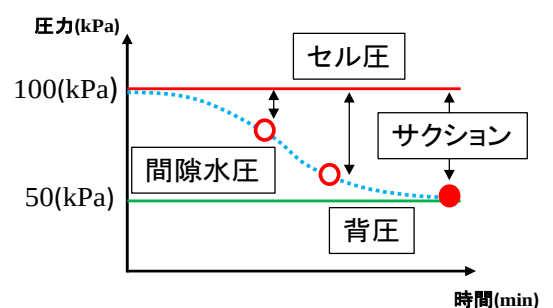


図-2 セル圧、背圧、間隙水圧の経時変化

試験は、背圧を 50kPa で一定としセル圧を 50kPa、60kPa、65kPa、70kPa と段階的に増加（排水過程）させ、70kPa に達した後、60kPa、55kPa、50kPa と段階的に減少（吸水過程）させて、サクシオン制御を行なった。またセル圧は、平衡状態に達した（電子天秤で計測される給排水量が 0.01g/hour 以下）後に、次の段階へ手動で変化させた。図-3 は、1 分間隔で計測されたサクシオンと含水比の関係である。含水比は、試験後に供試体の含水比を計測し、電子天秤で計測された吸排水量から計算されたものである。図-3 より、セル圧を 60kPa に増加させた排水過程とセル圧を 50kPa に減少させた吸水過程において、水分特性曲線が乱れている様子が見られる。この原因は、セラミックディスクの透水係数が悪い可能性があるためと考えられる。そこで、供試体がない状態での間隙水圧変動を観測したところ、約 30 分のタイムラグがあることが確認された。

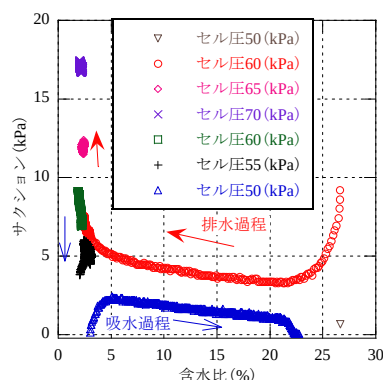


図-3 水分特性曲線

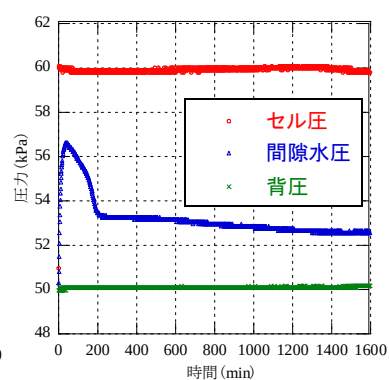


図-4 60kPa 時の間隙水圧変動
(排水過程)

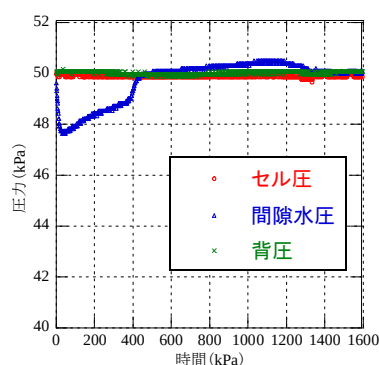


図-5 50kPa 時の間隙水圧変動
(吸水過程)

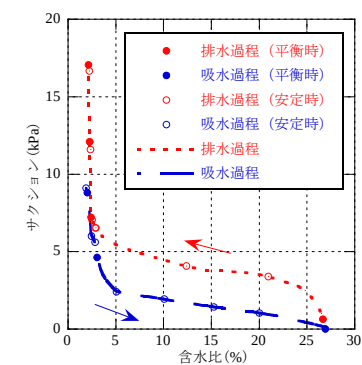


図-6 水分特性曲線
(平衡時と安定時のデータ)

図-5は、排水過程のセル圧60kPa時のサクシオン制御し始めてからの間隙水圧を観測したものである。約45分間、間隙水圧はセル圧に近づいていき、その後、200分近くまで急激に背圧に近づいていく。65kPa、70kPa時の間隙水圧は、60kPaと同様にセル圧に近づこうとする様子が見られたが、供試体からの水の排水がごくわずかで間隙水圧の変動はほぼなかった。次に吸水過程であるが、図-5より、セル圧50kPa時は、セル圧55kPaからセル圧を5kPa減少させたため、一旦間隙水圧が減少し始め、その後、背圧に近づいていくことが分かる。そのため、背圧に近づくまでに約400分の時間が必要であることがわかった。また、55kPa時の間隙水圧変動も同等の結果を示した。以上のことから、セル圧を変動させたあとの間隙水圧計のタイムラグを考慮する必要があることが分かった。図-6にサクシオン制御後に平衡状態に至った時の間隙水圧と含水比から得られた水分特性曲線（平衡時）と間隙水圧の値が落ち着いた時の間隙水圧と含水比から得られた水分特性曲線（安定時）を示す。図より、従来の水分特性曲線と同様な傾向を持つ曲線が描かれている。

森本らの新試験法では、平衡状態に至る過程で水分特性曲線のデータを得ているが、今回の試験により、間隙水圧計のタイムラグに注意を払う必要があることが分かった。また、間隙水圧の値が落ち着き始めた時のデータを用いれば従来の水分特性曲線と同様な結果が短時間で得られる可能性があることが分かった。

4.おわりに

今回の実験で、サクシオン制御後に間隙水圧の変化が安定した状態でのサクシオンと含水比の関係を得ることで、従来法に比べて試験時間を短縮できる可能性を示した。また、今後は加圧膜法を利用して、間隙水圧計測のタイムラグを少なくする工夫を検討したい。

謝辞：本研究は、科学研究費（若手 A）（24686056、酒匂）の支援を受けた。ここに謝意を示す。

参考文献：1) 森本紘文ほか；新しい保水性試験による乾湿繰り返しについて、第 41 回地盤工学会研究発表会講演概要集 pp.865~886,2006.