

加圧板法の吸水過程の効率化における真空蒸発法の適用

信州大学工学部 正会員 河村 隆, 正会員 梅崎健夫
信州大学工学部 学生会員○和田光司, 非会員 豊田富晴

1. はじめに 水分特性曲線を求めるために加圧板法や蒸気圧法などの保水性試験が実施される。しかし、粘土のように透水性の低い試料の保水性試験は、試験時間が非常に長く、容易に実施することができない。

本文は、不飽和粘土に対する加圧板法の吸水過程における前処理としての真空蒸発法^{1),2)}の適用性について検討したものである。

2. 試験概要 真空蒸発法^{1),2)}は、供試体を静置した真空デシケータ内を水の飽和蒸気圧付近である真空圧 $p_v \leq -95\text{kPa}$ に減圧し、間隙水を蒸発させて不飽和供試体を作製するものである。本手法は、締固めによる動的荷重や空気圧負荷による透水力など予圧密圧力以外の応力履歴を供試体を与えることが少なく、透水性の低い粘土に対して不飽和供試体を短時間で容易に作製するものである。

試料には、カオリン(B)粘土(土粒子密度 $\rho_s = 2.630\text{ g/cm}^3$ 、液性限界 $w_L = 72.6\%$ 、塑性限界 $w_p = 35.4\%$ 、収縮限界 $w_s = 35.2\%$ 、塑性指数 $I_p = 37.2$)を用いた。 w_L の約2倍で練返したスラリー試料を予圧密容器内で3時間脱気した後、予圧密圧力 $p_0 = 98\text{kPa}$ で一次元圧密して飽和粘土試料を作製した。直径 $d = 6\text{cm}$ 、高さ $h = 5\text{cm}$ に成形した飽和試料を真空デシケータ内に静置し、真空圧を負荷した。所定時間ごとに、真空圧を解除して供試体を取り出し、質量、直径および高さを測定した。所定の飽和度となった後、 $d = 5\text{cm}$ 、 $h = 4\text{cm}$ に成形して不飽和供試体とし、加圧板法(吸水過程)による保水性試験を実施した。

内セル型の三軸圧縮試験装置を改良して用いた。試験装置の概略を図-1(a)~(c)に示す。空気浸入値 $AEV \approx 270\text{kPa}$ のセラミックディスク付きペDESTALを用いた。試験時間を短縮するために、セラミックディスクの厚さを 1.2mm とした。脱気水で飽和した内セルに接続した二重管ビューレットの水位変化により体積変化を測定し、飽和度の変化を連続的に算定する。一方、吸水量は電子天秤により測定する。

供試体設置時のキャビテーションを防止するために、直径 1mm のガラスビーズ4個をセラミックディスク付きペDESTAL上に置き、その上に不飽和供試体を設置した(図-2(a), (b), 図-1(c))。ゴムスリーブを被せ試験装置を組み立てた後、バルブAを閉じた状態で内セル、外セル内に 98kPa の空気圧を負荷することにより、供試体とセラミックディスク付きペDESTALを密着させた。バルブAを開け、供試体内に加圧する

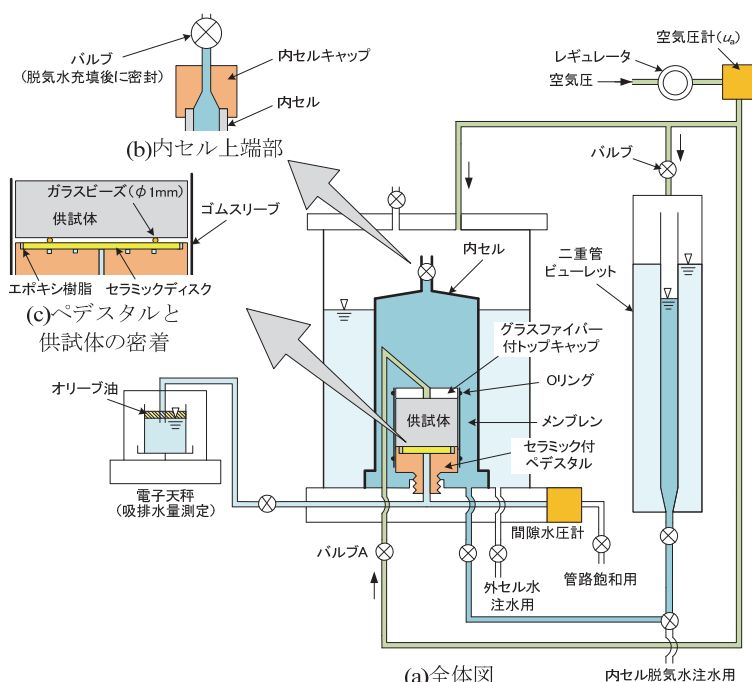


図-1 試験装置の概略

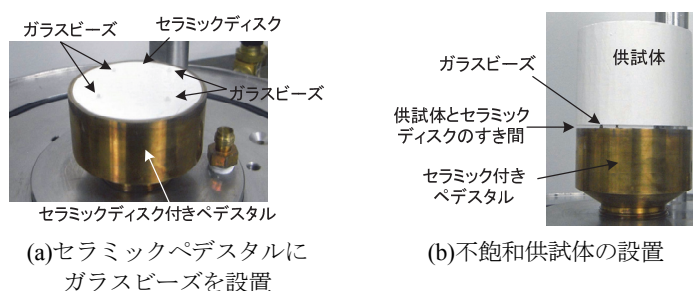


図-2 供試体の設置方法

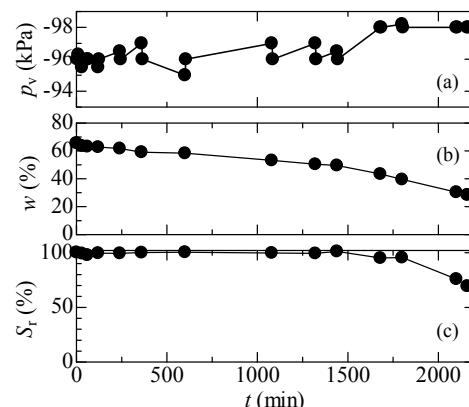


図-3 真空蒸発における真空圧, 含水比, 飽和度の経時変化

空気圧を 49kPa, 20kPa と段階的に減圧して供試体に吸水させ、その間の体積変化および吸水量を測定した。1 時間あたりの吸水量が 0.1g (含水比の変化約 0.1%) 未満になったのを確認して次の段階に移行した。

3. 試験結果および考察 図-3 に真空蒸発による不飽和試料作製過程における p_v , 含水比 w , 飽和度 S_r の経時変化を示す。真空蒸発法を用いることにより、約 1 日半の短時間で $w \approx 27\%$, $S_r \approx 65\%$ の不飽和試料を作製することができる。真空蒸発後の状態は $d=5.3\text{cm}$, $h=4.5\text{cm}$, $w=26.8\%$, $S_r=65.5\%$, 成形後は $d=5.0\text{cm}$, $h=4.1\text{cm}$, $w=26.8\%$, $S_r=65.2\%$ であった。

図-4 に加圧板法の吸水過程における間隙空気圧 u_a , 体積 V , 吸水量 Δm_w , w , S_r の経時変化を示す。 $u_a=49\text{kPa}$, 20kPa のそれぞれの過程において、 V , Δm_w , w , S_r は 1 日以内に一定値に収束している。

図-5, 6 に、カオリン(B)粘土に対して実施した加圧板法の排水過程および蒸気圧法から得られた水分特性曲線 ($s \sim w$ 関係および $s \sim S_r$ 関係) を示す²⁾。本試験の結果は●として示した。本試験の不飽和供試体の初期状態 ($w=26.8\%$, $S_r=65.2\%$) が排水過程の水分特性曲線上にあると仮定すると (図中の○), 破線のように吸水過程の曲線が得られる。ただし、本試験では $AEV \approx 270\text{kPa}$ のセラミックディスクのみを用いたため、2 点しか求められていないが、 AEV の高い複数のセラミックディスクを用いることにより、本試験結果よりも高いサクシジョンの範囲における結果も短時間で得られる。真空蒸発法を前処理として適用することにより、不飽和供試体の作製から吸水過程 (2 段階) までの試験を 4 日程度の短時間で実施することができた。

一方、真空蒸発法を適用しない場合は、加圧板法の排水過程によって、所定の含水比、飽和度の不飽和供試体を作製した後、引き続き吸水過程を実施する。吸水過程におけるサクシジョンの範囲が大きく異なる場合には、試験時間を短縮するために、試験装置を解体して供試体を一旦取り出し、適切な AEV のセラミックディスクに交換して再度設置した後に、吸水過程の試験を実施する必要がある。すなわち、従来法においては、透水性の低い粘土供試体の吸水過程の結果を得るために長期間を要する。また、空気乾燥法を適用したとしてもやはり長期間を要する。図-5, 6 中の $s=1200\text{kPa}$, $w=26.8\%$, $S_r=65.2\%$ の結果 (図中の●) は、高圧三軸試験装置に高ポテンシャル測定用 ($AEV \approx 1500\text{kPa}$) セラミックディスク付きペDESTAL を設置し、窒素ガスボンベを用いて 1200kPa の加圧を 7 日間行って得られたものである²⁾。このように、初期状態の不飽和粘土供試体を作製するだけでも、複雑な試験方法で長期間を要する。

4. まとめ 真空蒸発法を加圧板法の吸水過程の前処理に適用することにより、従来法では 1 週間以上を要する試験を 1 日程度の短時間で実施することができる。

【参考文献】1)井上友博, 梅崎健夫, 河村 隆: 真空蒸発法による不飽和粘土供試体の作製法 (その 2), 第 40 回地盤工学研究発表会, pp.883-884, 2005. 2)梅崎健夫, 河村 隆, 黒田幹裕, Dini Budiani, 豊田富晴: 真空蒸発法による不飽和粘土供試体の作製法 (その 4), 第 44 回地盤工学研究発表会, pp.653-654, 2009.

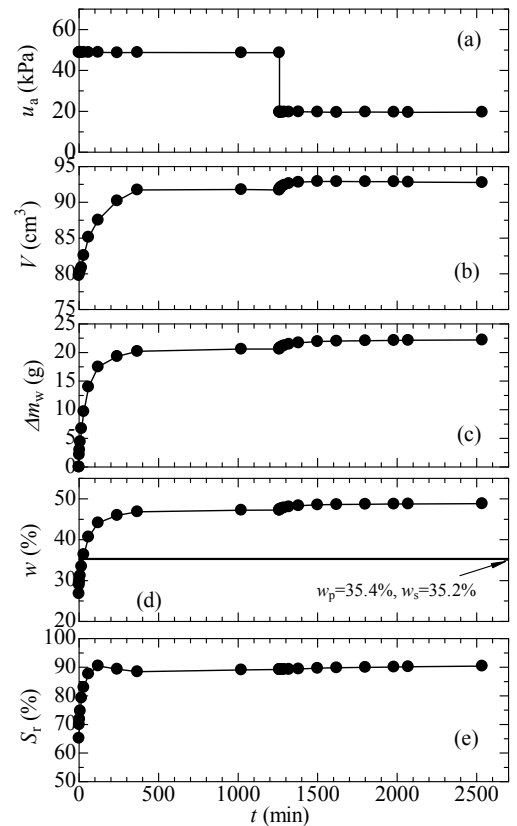


図-4 保水性試験の吸水過程 (加圧板法) における経時変化

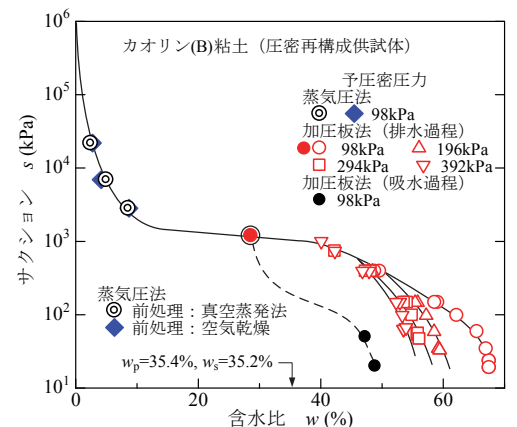


図-5 含水比とサクシジョンの関係

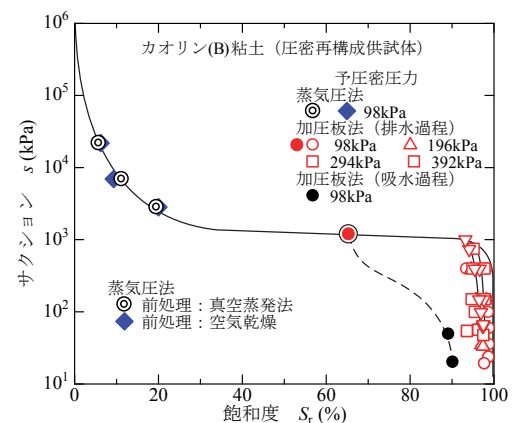


図-6 飽和度とサクシジョンの関係