

不飽和粘性土の1次元圧縮試験における除荷時の吸水・排水挙動

清水 正喜・南部 啓太
鳥取大学工学部土木工学科

Swelling and draining behavior of an unsaturated clayey soil subjected to unloading in one-dimensional compression test

Masayoshi SHIMIZU and Keita NAMBU

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Tottori University
Koyama, Tottori, 680-8552 Japan
E-Mail: mshimizu@cv.tottori-u.ac.jp

Abstract: One-dimensional compressive loading and unloading tests were made on clayey soil specimens having been unsaturated with the suction applied using the pressure plate technique. The results showed that, under any vertical pressure in the process of unloading, swelling phenomenon at first was observed and draining one followed it while the volume being expanding. To explain the phenomenal change from swelling to draining, the tests in which air pressure applied to the saturated ceramic plate without a soil specimen were also conducted. A conclusion says that the observed phenomenon of draining could be explained if taking into account the fact that the air may intrudes into the ceramic plate with time.

Key Words: Unsaturated soil, One-dimensional compression test, Suction, Unloading, Pressure plate technique

1. 序論

日本のような湿潤な環境にある国では飽和状態にある土が土木工学の対象となる機会が多い。しかし、降雨時の斜面地盤の不安定化に見られるように不飽和から飽和状態に変わるときの強度低下の問題や、浅い基礎を支持する不飽和地盤の圧縮性など、不飽和土の力学特性を基に考えないと解決できない工学的問題も多い。しかも不飽和土の力学特性には未解明な点が多い。

地盤材料の構成関係を一般力学体系の枠組みで構築する研究が精力的に行われてきたが、対象は飽和粘性土または乾燥砂質土であり、不飽和の土に対する構成関係に関する研究は漸く一部の研究者によってその端緒が切り開かれた段階である。

本研究の目的は不飽和状態にある粘性土の一次元圧縮・圧密挙動を明らかにすることである。特に圧縮・圧密挙動に対するサクシジョンの影響を定量的に評価することが課題である。

所定のサクシジョンを作用させて不飽和状態にした粘性土供試体に対して載荷および除荷する試験を行った。サクシジョンは加圧板法によって制御した。この方法では供試体の間隙水は難透気性板(セラミック)を通して出入りするの排水・吸水に関する

時間依存的現象はセラミック板の透水性に左右される。観察される現象から真の時間依存的現象を抽出するためにセラミック板の特性に由来する時間依存現象を定量的に評価しなければならない。そこで、土供試体を設置しない状態でサクシジョンを作用させる実験も行い、セラミック板の時間依存的透気特性を調べた。

本論文では、セラミック板への時間依存的空気侵入特性を考慮して、特に除荷段階での吸水・排水現象を詳細に考察する。

2. 試料及び供試体作製方法

試料は藤の森粘土で、425 μ mふるい通過分のうち

表1 試料の物理的性質

土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.70
粒度	中砂分 (%)	11.5
	細砂分 (%)	21.9
	シルト分 (%)	46.1
	粘土分 (%)	20.5
	液性限界 w_L (%)	52.4
コンシステンシー	塑性限界 w_p (%)	37.2
	塑性指数 I_p	15.2

75 μm ふるい残留分を用いた(表1)。気乾状態でふるい分けをしたため、細粒分が多く含まれる結果となった。含水比約100%で十分練り返した後、直径6 cm、高さ14 cmの一次元圧密モールドに入れ、最大荷重49 kPaで予圧密した。予圧密後、高さ2 cmに成形したものを供試体とした。この時点で供試体は飽和している。

3. 試験装置及び方法

サクシオン一定、排気・排水一次元圧縮試験を行った。予圧密された、ほぼ飽和している供試体に所定のサクシオンを段階的に作用させ、供試体を不飽和にした。その後サクシオンを一定に保ち、荷重を載荷・除荷した。

3.1 試験装置

試験装置を図1に示す。試験装置は圧力系統、圧力セル、圧密容器及び計測装置から成る。

圧密容器底盤にはセラミックディスク(直径50 mm、厚さ1.5 mm)、さらにその下にポーラスストーン(直径10 mm、厚さ8 mm)を装着している(図1(b))。セラミックディスクの空気侵入値(Air Entry Value: AEV)は77 kPaである。このセラミックディスクの素材は従来の研究[1]で用いたものと同じ種類である。

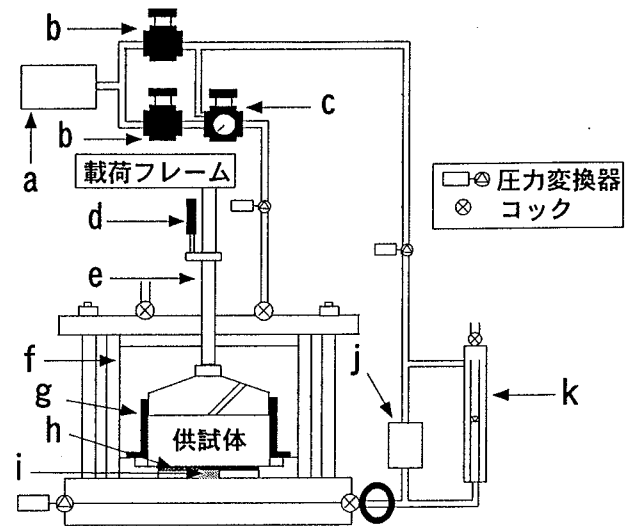
鉛直変位は軸変位計で測定した。供試体底面からの排水または吸水量は二重管ビュレット内の水面の変動量を差圧変換器で計測して評価した。

載荷棒は軸受け部にYリングを装着したものである[2]。Yリングによってセル軸受け部での空気の流通を断つので、供試体からの水分の蒸発を抑制することができる。尚、供試体上面(排気面)からの蒸発と排水を軽減するために供試体上面にはガラス繊維布を敷いた。

供試体設置の際に、供試体及びセラミックディスクの間隙水を連続させるために、セラミックディスク上に約0.5 gの水を残した。

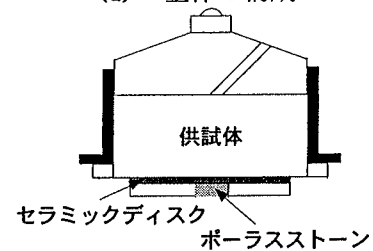
3.2 試験方法

サクシオンは加圧板法により作用させた。圧力セル内に空気圧 u_a を作用させることにより、供試体に正の間隙空気圧 u_a を与えた。間隙水圧 u_w は、二重管ビュレットを通してセラミックディスク下から与えた。サクシオン $s=u_a-u_w$ を所定の値で一定になるように差圧レギュレーターで制御した。



- | | |
|-------------|-------------|
| a コンプレッサー | g 圧密容器 |
| b 圧カレギュレーター | h セラミックディスク |
| c 差圧レギュレーター | i ポーラスストーン |
| d 軸変位計 | j 差圧変換器 |
| e 載荷棒 | k 二重管ビュレット |
| f 圧力セル | |

(a) 全体の構成



(b) 拡大図

図1 試験装置

ここで、間隙水圧 u_w はセラミックディスク外から作用させるので、常に真の間隙水圧を表すとはいえない。この意味で u_w を外部間隙水圧、 s を外部サクシオンと呼ぶことにする。供試体内の真の間隙水圧や真のサクシオンは、外部間隙水圧 u_w と外部サクシオン s と区別する必要がある時にそれぞれ内部間隙水圧 u_w' 、内部サクシオン s' と呼ぶ。

3.3 試験条件

表2に試験条件を示す。試験名の数字は、載荷した最大のサクシオンの値(単位:kPa)を表す。サクシオンは表に示したように段階的に作用させた。圧密圧力の増減は段階的(表2に"⇒"で示した)または1回で("→")行った。一つの荷重段階での載

表2 試験条件

試験名	サクシオン (kPa)	圧密圧力 (kPa)
s73	0→10→20→14→ 43→53→63→73	0⇒1256⇒10
s69	0→10→20→49→ 69	0⇒314⇒10⇒314 →39
s59	0→10→20→39→ 59	0⇒314→39
s29	10→20→29	1⇒158→40→21

荷時間は、載荷過程では原則的に1日、除荷過程では目的に応じて変化させた（詳細は後述する）。

また、s73、s69及びs59試験は供試体設置の際に、加圧板、供試体及びセラミックディスクの密着性を高めるために、加圧板を軽く手で押さえた。s29試験においては、同じ目的のためサクシオン載荷前に荷重1kPaを載荷した。したがって、表2に示すように、圧密圧力は1kPaから始まっている。

s73試験及びs69試験は、供試体の飽和度をできるだけ低くするために、セラミックディスクのAEVに近いサクシオンを作用させたものである。また、後述のように高いサクシオンでは、セラミックディスクを通して排水経路に空気が侵入したので、より低いサクシオンを作用させたs59試験及びs29試験を行った。なお、これらの試験では長期にわたる除荷時の挙動を調べるために、除荷過程において一つの荷重段階で10000分以上試験した。

セラミックディスクの透水（または透気）特性を調べる目的で、土の供試体を置かないで試験を行った（本論文では「空気侵入試験」という）。セラミックディスク上に水が盛り上がっている状態で、所定のサクシオン（s=59及び29kPa）を与えて、排水量の時間的変化を調べた。

4. 試験結果及び考察

結果の表示に“見かけの排水量” ΔV_w と体積圧縮量 ΔV を用いる。ここに、“見かけの排水量” ΔV_w は、ビュレット内水位の上昇量を Δh とすると、 $\Delta V_w = \Delta h \times A_b$ （ A_b はビュレット内断面積）で求めたものである。 ΔV_w の増加は二重管ビュレット内水面の上昇を、 ΔV_w の減少は水面の下降を表す。これらは、必ずしも供試体の排水量および吸水量をそれぞれ表すものではないので、“見かけの排水量”と呼ぶ。

また、体積圧縮量 ΔV は、測定された鉛直変位を

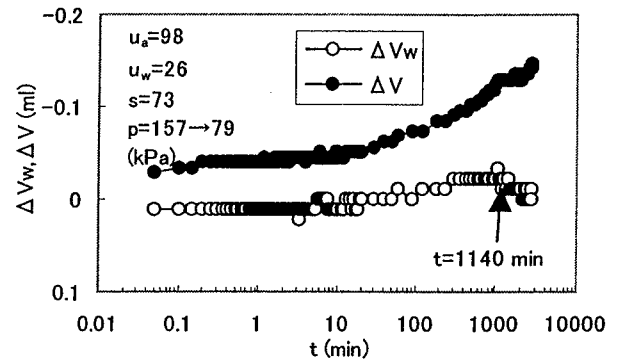


図2 s73試験の結果

Δd （圧縮する時を正）とする時、 $\Delta V = \Delta d \times A$ （ A は供試体の断面積）で求めたものである。

4.1 除荷時の吸・排水挙動

(1) s73試験

図2にs73試験において圧密圧力 p を157から79kPaに除荷した時の見かけの排水量 ΔV_w 及び体積圧縮量 ΔV と経過時間 t との関係を示す。

図2より、体積は常に膨張し続けているが、 ΔV_w は最初減少して、 $t=1140$ min以降増加に転じていることがわかる。

(2) s69試験

図3(a)、(b)に、s69試験の結果を示す。(a)は p を157から79kPaに（第1回目の除荷過程）、(b)は p を314から39kPaに（第2回目の除荷過程）それぞれ除荷した時の ΔV_w 及び ΔV と t との関係を示す。

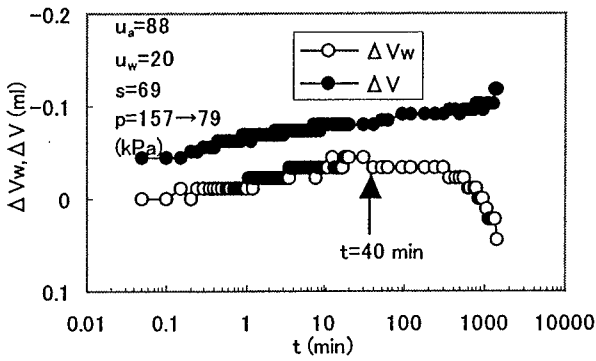
これらの図より、s73試験同様、体積は常に膨張し続けているが、 ΔV_w は最初減少して、(a)では $t=40$ min、(b)では $t=300$ min以降増加に転じていることがわかる。

$p=39$ kPa（図3(b)）において、 $t=4260$ minに試験装置底盤の排水用コックにつながっている管の根元の部分（図1(a)の○で囲った部分）に1~2cmの長さで気泡が見られた。

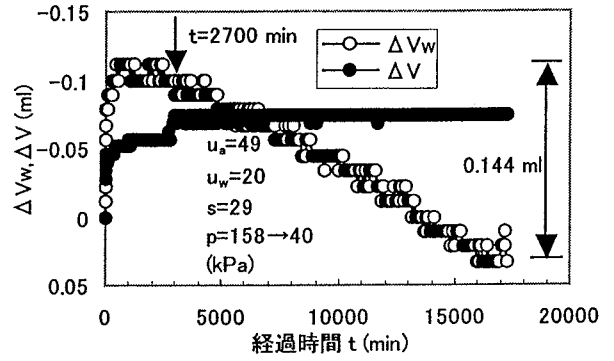
(3) s59試験

図4にs59試験において p を314から39kPaに除荷した時の ΔV_w 及び ΔV と t との関係を示す。

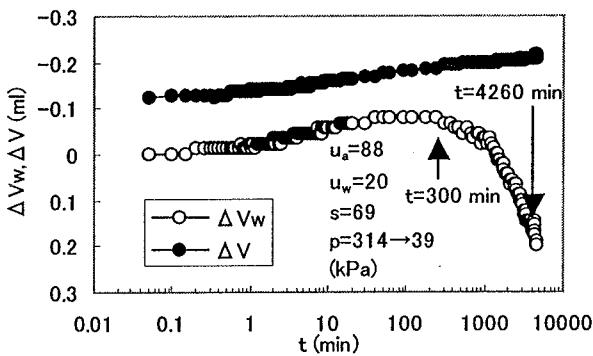
図4より、このサクシオンにおいても体積は常に



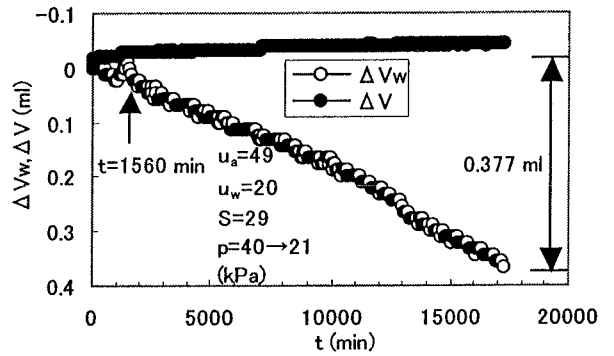
(a) $p=79(\leftarrow 157)$ kPa (第1回目の除荷過程)



(a) $p=40(\leftarrow 158)$ kPa



(b) $p=39(\leftarrow 314)$ kPa (第2回目の除荷過程)



(b) $p=21(\leftarrow 40)$ kPa

図3 s69試験の結果

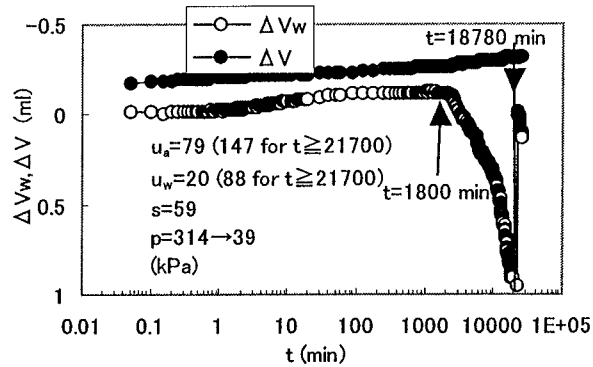
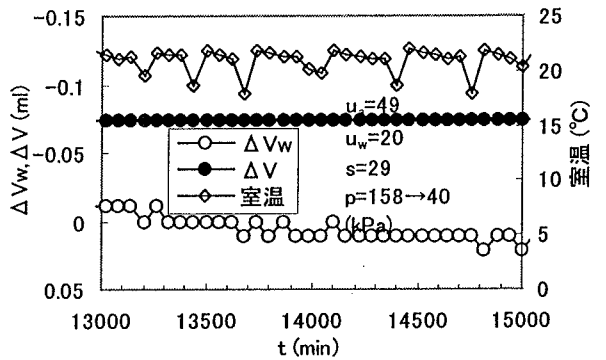


図4 s59試験の結果

膨張し続けているが、 ΔV_w は最初減少して、 $t=1800$ min以降増加に転じた。その後、 ΔV_w は時間が経っても落ち着く様子はなく増加し続けている。

$t=18780$ minの時に、試験装置底盤の排水用コックにつながっている管の根元の部分(図1(a)の○で囲った部分)に1~2 cmの長さで気泡が見られた。そこで、外部間隙水圧 u_w を上昇させると排水経路内に存在する気泡が溶存するのではないかと考え、サクシオンは一定にしたまま u_w および間隙空気圧



(c) 温度の影響

図5 s29試験の結果

u_a を増加させたところ、排水経路内に存在した気泡は無くなった。この操作によって二重管ピュレット内の水面が急に下がり、 ΔV_w が急に減少した(図4)。

(4) s29試験

これまでに示したように、s69およびs59試験において排水経路に間隙空気が侵入したので、サクシオンをさらに低下させて $s=29$ kPaで試験した。またこの試験では二重管ピュレット内水面の変動に対する温度の影響も調べた。即ち、室温が上昇すると水

が膨張して二重管ピュレット内の水面が上昇し、室温が減少すると反対に水面が下降する可能性がある。したがって、室温も測定し記録した。

図 5(a), (b)に s29 試験の結果を示す。図(a)は p を 158 から 40 kPa に、図(b)は p を 40 から 21 kPa にそれぞれ除荷した時の ΔV_w 及び ΔV と t との関係である。また、図 5(c)に室温を測定した期間の一部を拡大して示す。

まず、図 5(c)より、室温の変化と ΔV_w の変化には相関関係は見られないので、室温の変化は ΔV_w の挙動には影響していないと仮定した。

図 5(a)及び(b)より、体積は常に膨張し続けているが、 ΔV_w は最初減少して、(a)では $t=2700$ min, (b)では $t=1560$ min 以降増加に転じていることがわかる。ただし排水経路内に気泡は出なかった。

(5) 考察

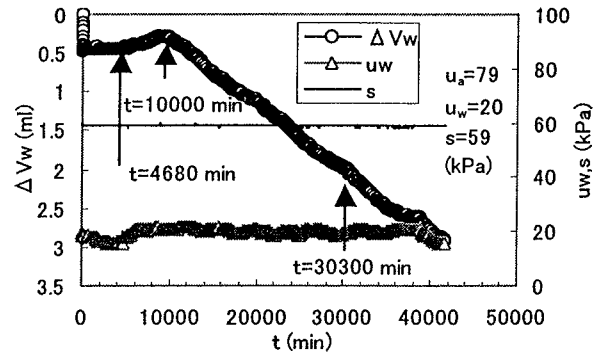
以上のように体積が膨張しつつ、 ΔV_w が減少から増加に移る現象を説明するために以下の仮説を立てた[3]。この仮説は間隙空気の漏出が無いという前提で立てたものである。

- ① 荷重を除荷することによって今まで保たれていた粒子間力のバランスが崩れ、土の変形が始まり、体積を膨張させようとする。そして、摩擦抵抗の小さい空気が吸気され、供試体の間隙が増加する。
- ② 吸気により飽和度が下がる。したがって、土の水分保持特性より内部間隙水圧 u_w' が減少し内部サクシオン s' が増加する。
- ③ 供試体に作用させている外部間隙水圧 u_w は一定なので、セラミックディスクの上下面で圧力の勾配が生じ、吸水が起こる。
- ④ u_w' が u_w に釣り合うことによって吸水が終わる。
- ⑤ ところが、間隙が増加して、土構造は疎な状態に変わっているので、外部サクシオンが一定であっても排水する。

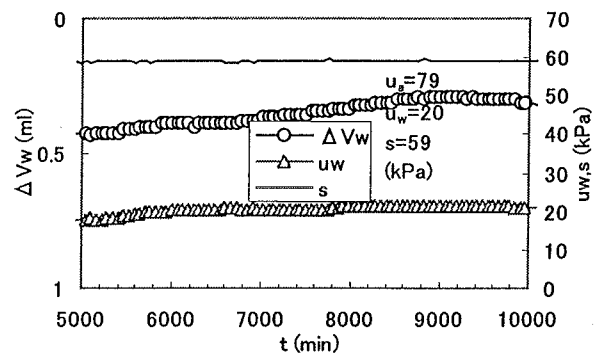
しかし、除荷した時の体積の膨張量は少ないので、⑤で述べたような、土構造が疎な状態に変わっていることの影響が本当に現れているのかどうか確かではない。

また、s29 試験では、排水経路内において気泡が見つからなかったが、目では見えない部分である試験装置底盤内において空気侵入が起こっているかもしれないので検討する必要がある。

さらに、载荷段階では 1 日間隔で载荷していたので、除荷に先行する载荷時において、 ΔV_w の増加(排水)は完全には落ち着いていなかった。従って、その時に残った ΔV_w の潜在的变化量が除荷時におい



(a) 全試験時間



(b) 拡大図

図 6 空気侵入試験 ($s=59$ kPa) の結果

て排水量となって現れた可能性がある。このことも検討する必要がある。

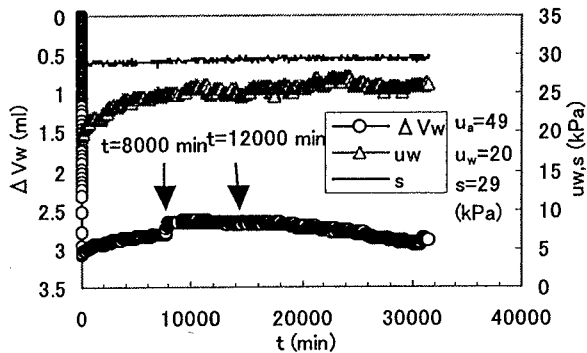
次節で述べる空気侵入試験の結果を用いてこれらの疑問点を解明する。

4.2 空気侵入試験

(1) サクシオン $s=59$ kPa

図 6(a)と(b)に空気侵入試験 ($s=59$ kPa) における ΔV_w , u_w 及び s と t との関係を示す。図 6(b)は、(a)の $t=5000 \sim 10000$ min の部分を拡大したものである。

図 6(a)で、最初、極めて短時間で ΔV_w が増加しているのはセラミックディスク上に残った過剰な水が排水したためである。 u_w は、空気圧供給源であるコンプレッサーの不調のため変動しているが、その変動によらず、 s はほぼ一定に保たれている。 $t=4680$ min までは ΔV_w はほぼ一定だが、その後減少している。減少したのは u_w が上昇したことによって二重管ピュレット内の水面が低下したことによる。また、図 6(b)より、 u_w が一定になると ΔV_w は一定になっているのがわかる。しかし、図 6(a)よ

図7 空気侵入試験($s=29$ kPa)の結果

り、 $t=10000$ min あたりから ΔV_w が増加しているのがわかる。この時にも u_w の変動はあるが、 u_w が上昇しているにも拘らず ΔV_w が増加している。そして、 $t=30300$ minの時に、試験装置底盤の排水用コックにつながっている管の根元の部分(図1(a)の○で囲った部分)に1~2 cmの長さで気泡が確認された。

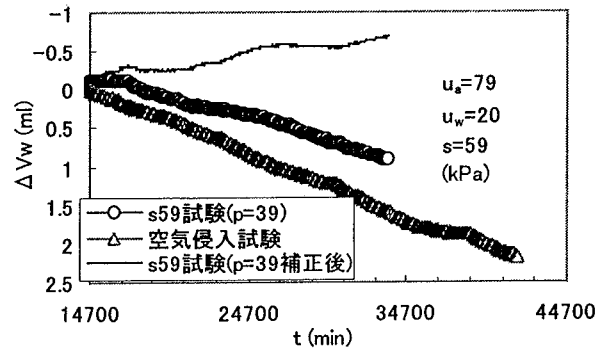
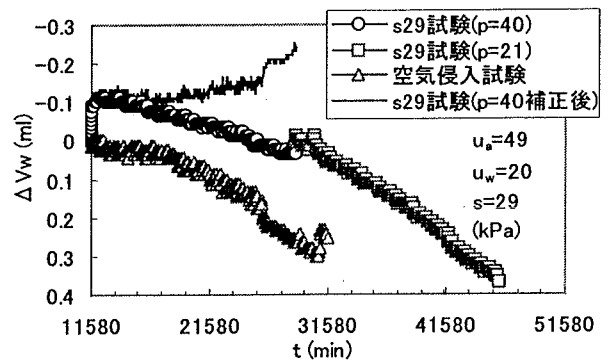
(2) サクション $s=29$ kPa

図7に空気侵入試験($s=29$ kPa)における ΔV_w 、 u_w 及び s と t との関係を示す。

図7より、ここでも最初、極めて短時間で ΔV_w が増加しているが、これはセラミックディスク上に残した過剰な水が排水したためである。また、 $t=8000$ min くらいまで ΔV_w は減少しているが、それは u_w が上昇したことによって二重管ピュレット内の水面が低下したためである。そして、 u_w が一定になると ΔV_w は一定になり、 $t=12000$ min あたりから ΔV_w が増加しているのがわかる。しかし、図6の $s=59$ kPaの結果に比べると ΔV_w の時間的変化はかなり小さく、 $t=30000$ min 経っても空気侵入は観察されなかった。

以上より、 $s=59$ kPaの場合の結果も考慮して、土供試体のすべての試験において除荷過程の荷重段階で見かけ上吸水から排水に転じた現象は、供試体間隙空気がセラミックディスク内へ侵入またはセラミックディスクを経て排水経路内に侵出したことによって、二重管ピュレット内の水面が上昇したためであると推測できる。この点に関して4.3においてさらに検討する。

また、間隙空気がセラミックディスクに侵入し始める時間とセラミックディスクを通して排水経路内へ侵出し始める時間は、いずれも、サクションが高いほど短く、サクションが低いほど長いこともわかる。

(a) $s=59$ kPa(b) $s=29$ kPa図8 見かけの排水量 ΔV_w の補正

4.3 除荷時の排水挙動の原因

(1) 見かけの排水量 ΔV_w の補正

図8(a)、(b)に $s=59$ および $s=29$ 試験の結果と空気侵入試験の結果を比較した。図(a)は $s=59$ 試験において p を314から39 kPaに除荷した時と空気侵入試験($s=59$ kPa)の結果を、(b)は $s=29$ 試験において p を158から40 kPaに、また40から21 kPaに除荷した時と空気侵入試験($s=29$ kPa)の結果である。

図において、 t はサクションを作用させてからの経過時間である。図8(a)の $s=59$ 試験の結果では、間隙空気圧 u_a 及び外部間隙水圧 u_w を上昇させてからの部分(図4の $t \geq 18780$ minの部分)は省いた。また、比較をするために、空気侵入試験($s=59$ kPa)の $t=14700$ min、同($s=29$ kPa)の $t=11580$ minでの ΔV_w を0に補正して示している。

図8(a)より、 $s=59$ 試験と空気侵入試験を比較すると、 $s=59$ 試験の ΔV_w の時間的変化が小さい。真の ΔV_w の時間的変化は、 $s=59$ 試験から空気侵入試験の ΔV_w の値を差し引いたものであると考えられる。その結

果を図8(a)に「s59試験($p=39$ 補正後)」として示した。補正した結果をみると、s59試験において、 $p=39$ kPaに除荷した時には、常に吸水し続けていることがわかる。

また、図8(b)より、s29試験の $p=40$ kPa段階及び $p=21$ kPa段階と空気侵入試験とを比較すると、 $p=40$ kPa段階において ΔV_w の時間的変化は空気侵入試験よりも小さい。また、 $p=21$ kPa段階と空気侵入試験の ΔV_w の時間的変化はほぼ同じである。真の $p=40$ kPa及び $p=21$ kPaに除荷した時の ΔV_w の時間的変化は、それぞれから空気侵入試験の ΔV_w の値を差し引いたものであると考えられる。その結果を図8(b)に「s29試験($p=40$ 補正後)」として示した。補正した結果より、s29試験においても、 $p=40$ kPaに除荷した時には、常に吸水であることがわかる。なお、空気侵入試験の測定時間が足りなかったので、 $p=21$ kPaにおいては補正していない。

載荷過程では各荷重段階で1日間(=1440分)しか載荷していないので、 ΔV_w の変化は終了していなかった。除荷過程に入る直前の載荷荷重での排水が除荷過程に入ってから引き続いて生じる可能性がある。この点について検討する。

s29試験において、もし、載荷過程の排水が除荷過程に入ってから継続して生じていると仮定すると、 $p=40$ kPaで約18000分、次の $p=21$ kPaで約18000分載荷しているので、 ΔV_w の時間的変化は $p=21$ kPaにおいて小さくなくなると考えられる。しかし、図8(b)より明らかなように、 ΔV_w の時間的変化は寧ろ大きくなっている。よって、載荷過程で残った潜在的排水は除荷過程に入ると起こっていないと推測できる。

(2) 試験装置底盤の間隙への空気侵入量

間隙空気がセラミックディスクに侵入したとしても、その体積が試験装置底盤の間隙体積より小さい限り、排水経路内に気泡となって現れない。換言すれば、侵入した空気が試験装置底盤の間隙内にとどまっている限り気泡は観察されない。即ち、

見かけの排水量 $\Delta V_w \leq$ 試験装置底盤間隙体積 V_v の条件を満たしていれば、気泡が見えなくても空気侵入が起こっている可能性がある。また、 ΔV_w が V_v より大きくて、かつ排水経路内で気泡が確認されていない時は、 ΔV_w は供試体からの排水によるものを含むといえる。

セラミックディスクは直径50 mm、厚さ1.5 mm、乾燥質量6.243 gのもので、真の密度 $\rho_s=2.70$ g/cm³とすると間隙率は0.215、間隙体積は0.633

cm³となる。また、ポーラスストーンは、直径10 mm、厚さ8 mmのものを使っているが同じ大きさのものが無かったために同じ材質のもので代用したところ、間隙率は0.345、間隙体積は0.217 cm³となった。以上より試験装置底盤の間隙体積は $V_v=0.850$ cm³となる。

次にs29試験において $p=40$ kPaおよび $p=21$ kPaに除荷した時の見かけの総排水量はそれぞれ0.144 cm³および0.377 cm³(図5(a), (b))なので全体で0.521 cm³が見かけ上排水したことになる。0.521 cm³ $\leq V_v$ であり、確かにs29試験では排水経路内で気泡は確認されなかったが、セラミックディスクへの空気侵入は起こっている可能性がある。

(3) 含水比による検討

試験前の供試体含水量と見かけの排水量から求めた含水比を w_1 、実験終了後の供試体含水量と見かけの排水量から求めた含水比を w_2 とすると、両者の差 w_1-w_2 が正の時は、試験中に供試体上面を通して排出した水分(蒸発及び排水による)を表す。一方負の時は、供試体の間隙水でない水が排水したことを意味する[4]。以下の含水比の算定にあたり、供試体の炉乾燥質量は試験後に実測したものをを用いた。

s29試験における w_1-w_2 の値は-1.00%となった。Yリング装着型載荷棒を用いているので供試体からの水分の蒸発を軽減することができていて、上面排水も起こらなかったため本来ならば含水比 w_1-w_2 の差はほとんどないはずである。負の値となっているのは、装置底盤内間隙への空気侵入が起こっているか、供試体の間隙水でない水が排水したことが原因であると考えられる。供試体の間隙水でない水として考えられるのは、供試体設置の際に供試体とセラミックディスクの間隙水を連続させるためにセラミックディスクに若干の水を残していたものであるが、その分を考慮しても-1.00%は大きい。(セラミックディスクに残した水の量はおよそ0.5 cm³であった)

s29試験で用いた試料の炉乾燥質量 m_s は55.75 gで、先に述べたように除荷時の見かけの総排水量が0.521 cm³なので、含水比になおすと(水の密度を1 g/cm³とする)0.93%となり、含水比 $w_1-w_2=-1.00$ %と絶対値においてほぼ同じ値になっている。もし、1.00%より大きくなっていたら実際に排水していると考えられる。また、残りの0.07%は、供試体設置の際に滴らしたセラミックディスク上の水であるか、載荷段階で侵入した空気分であると

考えられる。

空気侵入試験によると、 $s=29$ kPa ではサクシオンを与えてから 12000 min くらいまでは空気侵入は起こらないということがわかった (図 7)。載荷段階で要した時間は 12000 min 未満であったので、載荷段階での空気侵入量は無視できる程度であると予想できる。

5. 結論

所定のサクシオンを作用させて不飽和状態にした粘性土試料に対して載荷および除荷するような試験を行った。その結果、除荷過程では、体積は増加しつつあるが、排水量測定用ビュレット内の水面がまず低下しその後上昇する現象が見られた。ビュレット内水面の上昇が本当に供試体からの排水を意味しているのかを調べるために土の供試体を置かないでサクシオンを与える試験 (空気侵入試験) を行った。

空気侵入試験の結果から、与えているサクシオンが AEV を超えていなくても、ビュレット内水面が上昇することがわかった。これは時間が経つと徐々にセラミックディスクの間隙に存在するメニスカスが下がっていき空気が侵入していくためであることを定量的に示した。

空気侵入は時間を要する現象である。空気侵入試験で作用させたサクシオンでは約 10000 分経過してから空気侵入が起こった。荷重を一日程度の間隔で変えるような試験ではほとんど影響が見られませんが、長時間載荷するような試験では結果を評価する上でこの影響は無視できない。

以上のことより、除荷段階において排水量測定用ビュレット内の水面が上昇する現象は、供試体から

の排水だけに起因するのではなく、セラミックディスクへの空気侵入によるものを含むと結論できる。

本研究では、除荷時にビュレット内水面が上昇し次いで下降する現象に対して、当初、空気侵入の影響を考えないで、供試体の吸水と排水を意味すると考えて、次の仮説を立てた：

荷重を除荷すると、吸気により飽和度が下がり、土の水分保持特性により吸水する。しかし、体積膨張によって間隙比が大きくなり土構造が疎な状態に変わっているため、与えているサクシオンが一定であっても排水する可能性がある。

この仮説は全面的に支持されるものではないことが明らかになったが、今回行った試験では間隙比の増加がかなり少なかったため、土構造が疎な状態に変わっていることの影響を確かめるには不十分であった。よって、今後、セラミックディスクへの空気侵入の影響が少なく、除荷による間隙比の変化が大きくなるような試験をすることによってさらに検討したいと考えている。

参考文献

- [1] Shimizu, M. and Tabuchi, T. : Effective stress behavior of clays in unconfined compression tests, *Soils and Foundations*, Vol.33, No.3, pp.28-39, 1993.
- [2] 清水正喜・今村乗仁・小川博史：第 52 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp.361-362, 2000.
- [3] 清水正喜・南部啓太：第 53 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp.267-268, 2001.
- [4] 清水正喜・時高政志：土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集Ⅲ-A, pp.344-345, 1999.

(受理 平成 13 年 9 月 28 日)