

一次元圧縮試験による不飽和土の排水・吸水現象

鳥取大学工学部（正） 清水正喜

鳥取大学大学院（学）○南部啓太

1. はじめに

不飽和土の一次元圧縮試験方法や試験装置の改良を行ってきた^{1),2)}。また、荷重・荷重段階においてサクシオンは変化させず一定で行った。本報告では、不飽和土の一次元圧縮試験時の、特に除荷段階での排水・吸水現象について報告する。

2. 試料及び供試体作製方法

粒度調整（425 μm ふるい通過 75 μm 残留分）した藤の森粘土を用いた（表 1）。気乾状態でふるいわけしたため、細粒分が 60 % 以上含まれていた。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 49.1 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、供試体は飽和している。

表 1 試料の物理的性質

土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.697
粒度	中砂分 (%)	11.5
	細砂分 (%)	21.9
	シルト分 (%)	46.1
	粘土分 (%)	20.5
コンシステンシー	液性限界 w_L (%)	52.4
	塑性限界 w_p (%)	37.2
	塑性指数 I_p	15.2

3. 試験装置及び方法

後述の方法で所定のサクシオン S を作用させ、供試体を不飽和にしてから圧密荷重を段階的に荷重及び除荷した。

(1) 装置 S を与える方法として加圧板法と吸引法の二つの方法で行った。加圧板法の装置を図 1、吸引法の装置を図 2 に示す。両装置とも圧力系統、圧密容器、圧力セル及び計測装置から構成される。鉛直変位は軸変位計で、排水量は二重管ビュレット内の水位の変動量を差圧変換器で測定する。圧密容器底盤にはセラミックディスク (AEV=76.5 kPa) を装着している。載荷棒は、軸受け部との隙間を無くし、蒸発を抑制するため

に Y リング装着型載荷棒を用いた。なお、供試体上面（排気面）からの蒸発と排水を防ぐために供試体上面にはガラス繊維布を敷いた。

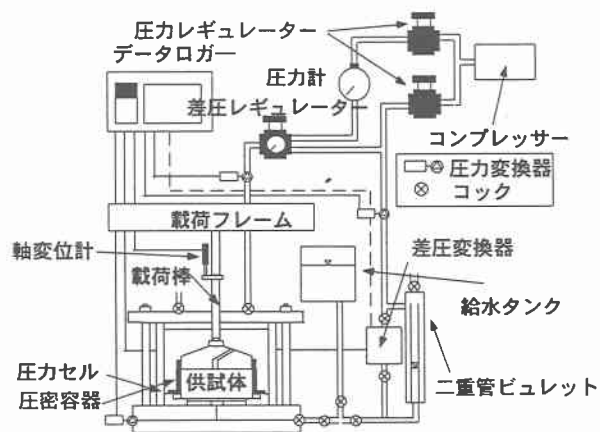


図 1 加圧板法による試験装置

(2) サクシオンを与える方法

加圧板法 加圧板法では、供試体に正の間隙空気圧 u_a と間隙水圧 u_w を与えサクシオン $S=u_a-u_w$ を作用させる。差圧レギュレーターは S を一定に制御する。ここで、 u_a はサクシオンプレート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。

吸引法 吸引法では、圧力セルを大気開放して、 u_a を大気圧にし、負の圧力を二重管ビュレット内の水面に与えて u_w を負圧にすることで S を作用させる。

ここに試験名の表示について説明する。負圧は吸引法による試験を、正圧は加圧板法による試験を表す。数字は、載荷した最大のサクシオンの値（単位：kPa）を表す。

4. 結果及び考察

サクシオン・載荷時の挙動 図 2 に正圧 72.6 試験における荷重を載荷している時に S を増やした時の排水量 ΔV_w 及び体積圧縮量 ΔV と経過時間 t との関係を示す。 $S=43.2$ kPa で圧密圧力 p を 157→314 kPa に増加させた時に上面排水がおこった。 $p=314$ kPa のままで S を増やすことによって上面排水した水が供試体に戻る²⁾

かどうか確かめたが、上面排水した水はほとんど減っていないかった。

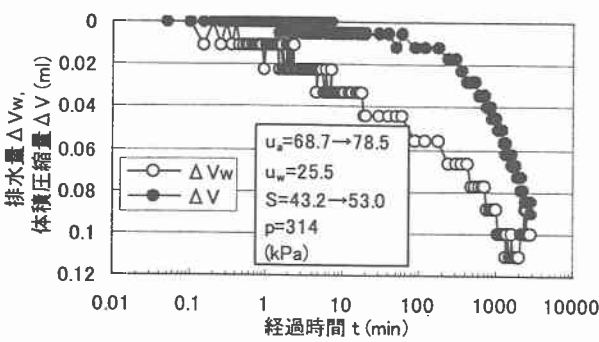
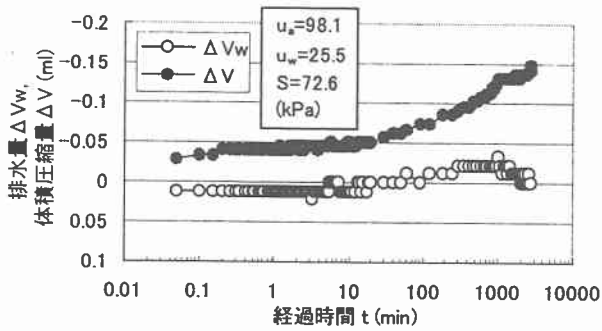


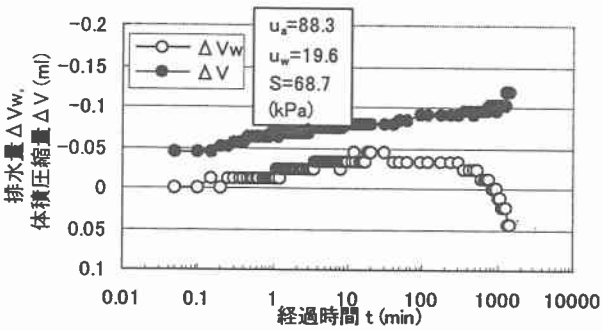
図2 S 载荷時の ΔV_w , ΔV —logt 関係

荷重除荷時の挙動 図3(a)に正圧72.6試験、図3(b)に正圧68.7試験の除荷時における排水量 ΔV_w 及び体積圧縮量 ΔV と経過時間 t との関係を示す。体積は膨張したが、排水量は最初吸水して時間が経つとともに排水がおこっている。これは、次のように説明できる。荷重を除荷することによって今まで保たれていた粒子配列のバランスが崩れ、土の変形が始まり、摩擦抵抗の小さい空気がまず吸气され、供試体の間隙が増加する。吸气により飽和度が下がり、供試体内部間隙水压 u_w' が減少し供試体内部サクシオン $S' = u_s - u_w'$ が増加する。供試体に作用させている u_s 及び S は一定なのでそれに釣り合うために吸水がおこる。 u_w' が u_s に釣り合う、即ち、 S' が S に釣り合うことによって吸水が終わる。しかし、間隙が増加し、土構造が疎な状態に変わっているので、 S に変化がなくても排水がおこる。

蒸発量の評価 正圧72.6試験及び負圧72.6試験における $w_1 - w_2$ の値を表2に示す。初期含水比より計算によって求めた含水比 w_1 、実験終了後の含水比より求めた w_2 の差は供試体からの蒸発量を表す¹⁾。正圧72.6試験において、 $w_1 - w_2 = 1.91\%$ と非常に小さい値となったので、Yリング装着型载荷棒を使うことによって蒸発は軽減できているといえる。一方、負圧72.6試験において、 $w_1 - w_2$ の値は -17.07% と大きく負の値を示している。これは、負圧を作用させた時、排水経路内容存空気が気泡となり膨張して二重管ビュレット内の水位が上昇したために、排水量を過大に評価しているためと考えられる。よって今回行った吸引法の精度はよくないと考えられる。



(a) 正圧72.6試験



(b) 正圧68.7試験

図3 $p=157 \rightarrow 78.5$ kPa 除荷時の ΔV_w , ΔV —logt 関係

表2 $w_1 - w_2$ の値

試験名	正圧72.6	負圧72.6
$w_1 - w_2$ (%)	1.91	-17.07

5. 結論

- (1) Yリング装着型载荷棒を用いることで、加圧板法による試験では蒸発を軽減することができる。
- (2) 一度上面排水した水は、サクシオンを増やしても供試体にはほとんど戻らない。
- (3) 除荷することにより u_w' が減少し S' が増加するが u_s 及び S は一定なので、それに釣り合うために吸水し、釣り合うことによって吸水が終わる。しかし、土構造は疎な状態になっており、 S が変化しなくても排水する。

参考文献

1) 清水・時高：土木学会第54回年次学術講演会講演概要集Ⅲ-1, pp. 344-345, 1999.
2) 清水・小川・今村：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.