

Ⅲ-A172

不飽和土の1次元圧密試験における蒸発量の評価と対策

鳥取大学工学部（正） ○清水正喜
（株）荒谷建設コンサルタント（正） 時高政志

1. はじめに

粒度調整シルト質土を用いて不飽和供試体の排気・排水1次元圧密試験を行った^{1),2)}。試験中に無視できない量の間隙水の蒸発が起ることがわかった。そこで、蒸発量を左右すると思われる可能な要因の影響を評価するために基礎的な実験を行った。要因として、供試体排気面に装着したフィルターの材質、加圧板ポーラスストーンの有無、試験時間、間隙空気圧を取り上げる。

2. 試験装置

セルに圧密容器を入れ、セル圧で間隙空気圧を作用させる。間隙水压は二重管ピュレットを通して作用させる。排水量は二重管ピュレット内水位の変動量から測定する。間隙空気圧 u_a と間隙水压 u_w の差 (= サクション S) を差圧レギュレーターで制御する (図1)。圧密容器底盤にはセラミックプレート (AEV $\approx$ 80kPa) を装着している。尚、供試体上面 (排気面) には、排水と蒸発を防ぐためマイクロポーラスメンブランまたはガラス繊維布 (またはその両方) を用いた。

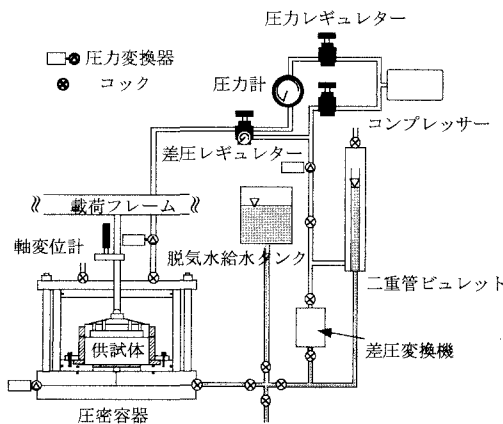


図1: 1次元圧縮試験装置

3. 試料及び供試体作製方法

乾燥藤森粘土の425 μ mふるい通過・75 μ m残留分を用いた (表1)。細粒分が多く含まれているのは気乾状態で団粒化していたためである。粒度調整した試料を液性限界の1.5倍の含水比で練り返し、1次元圧密モールド (直径6cm) で予圧密した (最大圧密荷重49.1kPa)。予圧密後、高さ2cmに成形して、飽和供試体を作製した。含水比60~63%、間隙比1.667~1.775となった。

3. 試験方法

2種類の試験を行った。所定のサクション S のもとで排水

表1: 試料の物理的性質

ρ_s Mg/m ³	コンシステンシー		粒度 (%)		
	wL (%)	wP (%)	細砂	シルト	粘土
2.765	54.4	34.9	36.6	27.3	33.5

条件で荷重 p を段階的に載荷する試験 (圧密試験) と、ある荷重段階で非排水にして蒸発を確認するための試験を行った。いずれも、まず圧密荷重 $p=9.8$ kPa を作用させ、所定の S を段階的に作用させて供試体を不飽和にした。

圧密試験の各供試体に作用させた S と間隙空気圧 u_a 、加圧板の種類 (ポーラスストーンの有無)、フィルターの材質を表2に示す。

蒸発を確認するための試験は $p=9.8$ kPa の下で S を19.6, 38.9, 58.9 (kPa) と段階的に上げた。 $S=58.9$ kPa で排水と圧縮が収まってから、非排水にして間隙水压を測定した。蒸発が起こつていれば間隙水压が減少すると予想した。排気面の条件は表2のNo.2と同じである。

表2: 各供試体の試験条件と排気面の条件

No.	S kPa	u_a kPa	記号	フィルター	
				ポーラスストーン	ガラス繊維布
1	19.6	39.2	△	無	有
2		58.9	▲	有	有
3		39.2	●	有	有
4	39.2	58.9	□	無	有
5		78.5	□	無	有
6	58.9	58.9	(●)	有	有

4. 結果と考察

試験直前 ($t=0$) および直後 ($t=t_f$) の供試体全質量をそれぞれ m_0 および m_f 、対応する含水比を w_0 および w_f とおくと:

$$w_0 = (m_0 - m_s) / m_s, \quad w_f = (m_f - m_s) / m_s \quad (1)$$

ここに m_s は供試体炉乾燥質量 (= 土粒子質量)。 w_0 と w_f の差 (従って m_0 と m_f の差) は間隙水の排水 (または吸水) と供試体からの蒸発によって生じる (ただし間隙水の漏れなどの装置の欠陥はないと仮定する)。蒸発した水は、空気圧経路内蒸気になったりフィルターやポーラスストーンなどに蒸着する。

全試験期間 $t_0 < t < t_f$ に排水した間隙水の質量 (測定値) を m_{wD} 、蒸発した間隙水の質量 (非測定値) を m_{wE} とおくと

$$m_0 - m_f = m_{wD} + m_{wE} \quad (2)$$

キーワード: 不飽和土, 1次元圧密, 蒸発

連絡先: 〒680-8552 鳥取市湖山町 鳥取大学工学部土木工学科 清水正喜

試験開始からある時間 t 経過した時の排水量を $m_{wD}(t)$ 、 t から試験終了までの期間に排水した量を $m_{wD}(t')$ とすると

$$m_{wD}(t) + m_{wD}(t') = m_{wD} \quad (3)$$

の関係がある ($m_{wD}(t)$ と $m_{wD}(t')$ は測定値)。試験開始からある時間 t 経過した時の排水に起因する含水比変化は、2通りの方法で算定できる。 w_0 と $m_{wD}(t)$ から算定される含水比を $w_{(1)}$ 、一方 w_f と $m_{wD}(t')$ から求められる含水比を $w_{(2)}$ とおく：

$$w_{(1)} = w_0 - m_{wD}(t) / m_s, \quad w_{(2)} = w_f + m_{wD}(t') / m_s \quad (4)$$

このとき $w_{(1)}$ と $w_{(2)}$ の差は

$$w_{(1)} - w_{(2)} = w_0 - w_f - m_{wD} / m_s = m_{wE} / m_s \quad (5)$$

となり、試験期間中の全蒸発量に起因する含水比変化量を表わす。なお、この差は考える時間 t に依らない。

図2は $w_{(1)}$ と $w_{(2)}$ の差の実例である（供試体 No. 4）。各荷重段階後の時点での $w_{(1)}$ と $w_{(2)}$ を算定した。

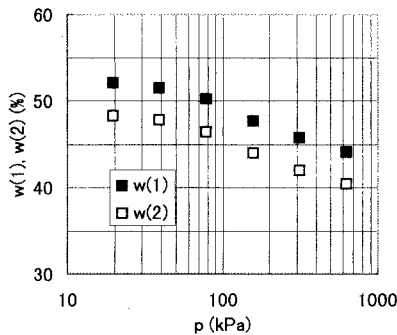


図2：2通りの方法で求めた含水比と圧密圧力の関係（供試体 No. 4）

蒸発量は試験時間と加圧版の構造および供試体上面のフィルターの材質、さらに作用させている間隙空気圧と間隙水圧によっても異なると予想できる。

図3に表2の6つの供試体の $w_{(1)}$ と $w_{(2)}$ の差を試験時間 (t_f) に対してプロットした。

なお、 $w_{(1)} - w_{(2)}$ が負の値を取っているものがあるが（No. 6）、これは、セル内湿度を上げるためにセル内に溜めた水が圧密リング内に流入してしまい、流入した水が空気圧を载荷することによって供試体の中を通過して排水したことによって起こったためである。ビュレット水面水位変動量を間隙水の排水と見なして含水比を計算したため、式(5)の m_{wD} を過大評価したことになる。この点は考察の対象外とする。

図3から、ポーラスストーン無しでメンブレンとガラス繊維を装着した場合に蒸発量が最も少なくなっており、ポーラスストーンを装着するとフィルターの材質に依らず蒸発量が多くなるようである。また、蒸発量は予想に反して試験時間の長さに関係していないと

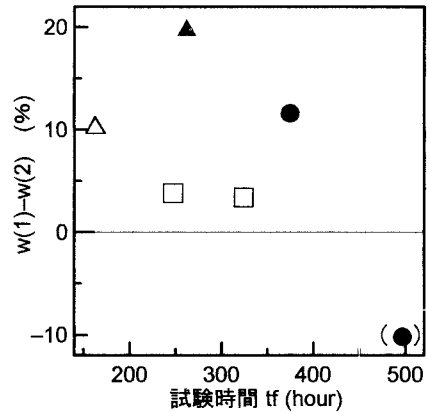


図3：蒸発量と载荷時間の関係
（記号は表2に対応）

推察できる。さらに、蒸発量は作用させたサクシオンや間隙空気圧の大きさとも相関がないようである（表2参照）。以上より、蒸発量は排気面の条件に強く依存するといえる。

図4は蒸発を確認するための試験結果である。間隙水圧が減少しており、蒸発が実際に起こっていると考えられる。

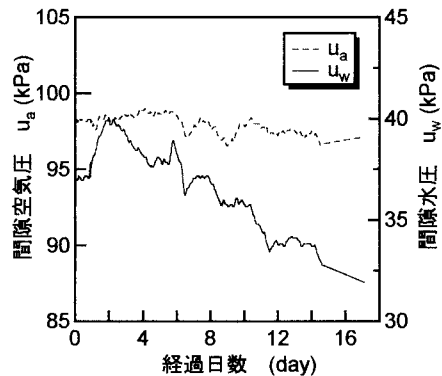


図4： u_a 、 u_w と経過日数の関係

5. おわりに

不飽和土の1次元圧密試験中に生じる蒸発量の評価と要因の分析を行った。ポーラスストーンを用いると蒸発量が多くなることがわかった。解明すべきことも多く残っており、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 清水・時高(1999)：「不飽和土の1次元圧密試験－サクシオンの影響－」，地盤工学研究発表会（投稿中）
- 2) 清水・時高(1999)：「不飽和土のサクシオンを制御した1次元圧縮試験」，土木学会中国支部研究発表会（投稿中）