

再圧密した島尻粘土の時間依存性挙動

琉球大学大学院 学生会員 ○酒井 康司
琉球大学 正会員 原 久夫

1. はじめに

現行の段階载荷圧密試験法（以下、標準圧密試験とする）は試験を終了するまでに 8 日間要し、土質試験法の中でも最も時間を要するものの 1 つである。著者らは試験時間の短縮を目的とし、これまでに载荷時間が圧密特性値に与える影響について着目し、標準圧密試験と急速圧密試験とで得られる圧密特性値の比較を行ってきた¹⁾。本文ではこれらの圧密試験より得られた沈下曲線を、5 要素一般化 Voigt モデルで表し、実験値と比較することでモデルの適用性について検討する。また、同モデルを使って载荷時間が異なる場合の沈下曲線を表現できることを示す。

2. 5 要素一般化 Voigt モデル

一般化 Voigt モデルは単純 Maxwell モデルと単純 Voigt モデルを直列につないだ粘弾性モデルであり、応力入力に対するひずみ応答の計算に適している。本研究で用いるモデルを図 1 に示す。5 要素の一般化 Voigt モデルの単位ステップ応力に対するひずみ応答は式(1)となり、5 つの係数 C_M , C_{V1} , C_{V2} , T_{V1} , T_{V2} を実験値より決定し圧密試験中のひずみの算出を行う。表 1 中のひずみ時間関係を表したグラフは標準圧密試験における全ひずみを一次圧密ひずみ ε_I と二次圧密ひずみ ε_{II} に分離して示したものとなっている。

$$\varepsilon(t) = C_M + C_{V1} \left\{ 1 - \exp \left(\frac{-t}{T_{V1}} \right) \right\} + C_{V2} \left\{ 1 - \exp \left(\frac{-t}{T_{V2}} \right) \right\} \quad (1)$$

$t < t_{c1}$ における二次圧密ひずみ量は微小であるためゼロと仮定すると、二次圧密ひずみは 2 本の直線関係で表され、前半部のひずみ ε_{II-1} 、後半部 ε_{II-2} を図 1 に示す Voigt 要素で表し、一次圧密ひずみ ε_I を Maxwell 要素のバネ要素で表している。

3. 残留ひずみ

既往の研究¹⁾では、1 段階の载荷時間を 30 分とした圧密試験（以下、30 分载荷試験とする）の場合、標準圧密試験に比べ一次圧密量が増加し、载荷時間が短いと二次圧密量が減少するという結果が得られた。また表 1 中のグラフに示すように、二次圧密挙動については载荷時間範囲内において標準圧密試験とひずみ量が同程度であったことから、载荷速度に依存しないと考えられる。このように载荷時間が短いと本来ひずむべき二次圧密量を発現する前に次の荷重が载荷され、この未発現のひずみ量は次载荷重に対しての残留ひずみとなる。残留ひずみ量は、二次圧密挙動が载荷速度に依存しないと仮定すると、標準圧密試験の結果より推定できる。この残留ひずみ量が次载荷段階での一次圧密ひずみに含まれることによって、一次圧密量が増加すると思われる。

表 1 標準圧密、急速圧密試験結果の抜粋¹⁾

	段階载荷	7 段階目	7 段階目におけるひずみ時間関係
a)標準圧密試験	24 時間×8 段階 (全 8 日)	$m_{v1}=1.37 \times 10^{-4}(\text{m}^2/\text{kN})$ $c_v=182(\text{cm}^2/\text{d})$ $c_{a1}=0.01017$ $c_{a2}=0.00497$ $t_{c1}=3.00(\text{min})$ $t_{c2}=28.1(\text{min})$	
b)30 分载荷試験 (一段階の载荷時間を 30 分とした急速圧密試験)	30 分×8 段階 (全 4 時間)	$m_{v1}=1.60 \times 10^{-4}(\text{m}^2/\text{kN})$ $c_v=196(\text{cm}^2/\text{d})$ $c_{a1}=0.00978$ $t_{c1}=3.00(\text{min})$	
	m_{v1} : 一次圧密ひずみに対応する 体積圧縮係数, $m_{v1} = m_v \times r$ (r : 一次圧密比)		

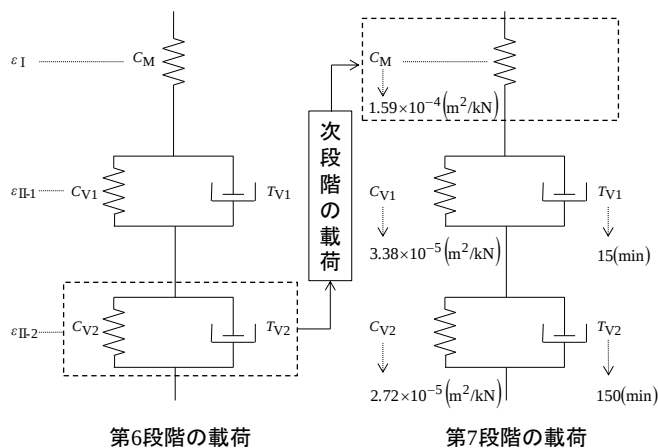


図1 残留ひずみ概念図

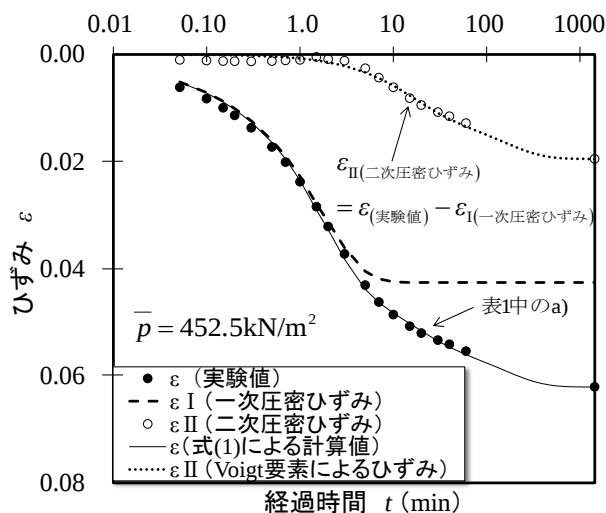


図2 標準圧密試験結果 (第7段階)

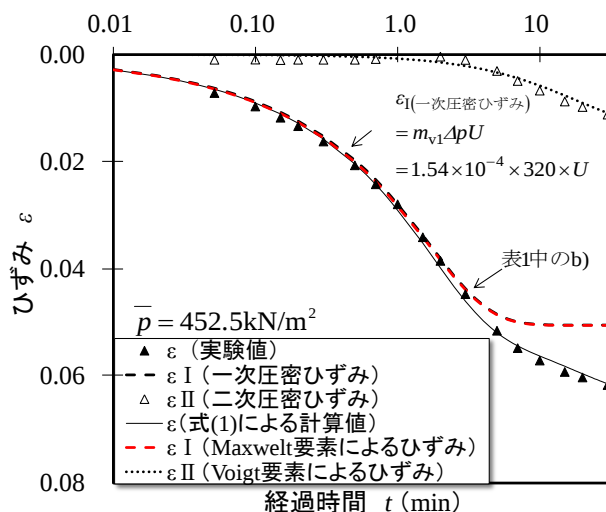


図3 30分載荷試験結果 (第7段階)

4. 5要素一般化 Voigt モデルの適用性

本研究では表 1 中の a) の沈下曲線を 5 要素一般化 Voigt モデルで表し, その係数から b) の m_{v1} および沈下曲線を求めることを試みた. 実験は, 標準圧密試験と 30 分載荷試験の 2 種類である. 実験結果の一部を表 1 に示す. 標準圧密試験結果 (第 7 段階) の沈下曲線を 5 要素 Voigt モデルで表すと, 図 2 の実線のようになりほぼ実験値を再現することができる. 紙面の制約で省略しているが, その他の正規圧密領域でも同様の結果が得られている.

次に載荷時間が 30 分の場合の沈下曲線について考える. 30 分載荷試験の場合, 残留ひずみ量はちょうど図 1 に示す ε_{II-2} 部分となる. この ε_{II-2} 部分が次段階の一次圧密部に含まれるものとして計算を行った. 図 3 に 30 分載荷試験より得られた試験結果と計算値の比較を行ったものを示す. 図 3 に示すように実験値と計算値はおおむね一致している. また一次圧密ひずみによる曲線も同程度であることから, 一次圧密ひずみの増加には残留ひずみ量が影響していると思われる.

5. まとめ

本研究では圧密試験より得られた沈下曲線を, 5 要素一般化 Voigt モデルで表し, 実験値と比較することでモデルの適用性について検討した. その結果次のことが明らかになった.

- 1) 沈下曲線を 5 要素一般化 Voigt モデルで表すと, 標準圧密試験の沈下曲線を再現することができる.
- 2) 載荷時間が短い場合の一次圧密ひずみの増加については, 残留ひずみが次載荷段階での一次圧密ひずみに含まれるためであると考えられる.
- 3) 標準圧密試験結果より決定した係数から残留ひずみの考えをもとに計算を行うと, 30 分載荷試験の沈下曲線を再現できる.

今後の課題としては, さらに異なる載荷時間の試験を行い, 実験値と計算値を比較することで残留ひずみの妥当性を検証することがあげられる.

参考文献

- 1) 酒井康司, 原久夫: 載荷速度が圧密特性値に与える影響に関する実験的研究, 平成 23 年度 土木学会西部支部研究発表会/III-58, P463-464