

一次元圧密沈下解析に対する多要素 Voigt モデルの適用性に関する実験的研究

元琉球大学大学院 学生会員 ○酒井 康司
琉球大学 正会員 原 久夫

1. はじめに

一般的に載荷時間を変更して行った急速圧密試験より得られる $f-\log p$ 曲線は各曲線で互いにほぼ平行で、載荷時間が短いものほど右上方にずれ圧密降伏応力 p_c が増加すること、また $\sqrt{t}$ 法あるいは曲線定規法などの弾性圧密理論とのフィティングから評価される圧密係数 c_v は、前載荷段階での載荷時間の長短によって差異が生じること¹⁾が言われている。これは、急速圧密試験より得られる沈下曲線が標準圧密試験結果と異なるためであると考えられる。そこで本研究では、正規圧密領域を対象とし、急速圧密試験結果に、二次圧密のような時間依存性挙動を表現できる粘弾性モデルを利用して、標準圧密試験結果と同等な圧密特性値を得る手法を提案することを目的としている。具体的には、急速圧密試験結果から、標準圧密試験による沈下曲線を推定し、その推定沈下曲線から圧密特性値の算出を行った。

2. 試料及び実験方法

ここでは、圧縮性を表す体積圧縮係数 m_v 、圧密速度を表す圧密係数 c_v を比較の対象とした。表 1 に沖縄県南城市大里字高原地内で採取した不攪乱試料についての物理特性値を示す。供試体層厚はすべて 2cm とし、 $p=10\sim 1280\text{kPa}$ まで荷重増分比 $\Delta p/p=1$ で段階的に載荷し、1 段階の載荷時間を 30, 42, 60 分および 1440 分とした一連の圧密試験を行った。

3. 多要素 Voigt モデルによる計算方法²⁾

図 1 に示す多要素($n=500$)Voigt モデルを用いて、圧密中の応力～ひずみ～時間関係を表すと(1)式のようなになる。載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載荷され、この未発現のひずみ量は次載荷重に対しての残留ひずみとなる。この残留ひずみ量が次載荷段階での一次圧密ひずみに含まれることによって、一次圧密ひずみ量が増加すると仮定する。すなわち、残留ひずみの程度によってその段階における圧縮性が異なるため、得られる

沈下曲線が異なると思われる。そこで、前載荷段階における残留ひずみ量が次載荷段階での圧密ひずみ量に加算され一次圧密ひずみが増加するものと仮定し、急速圧密試験による沈下曲線の再現を行った。その結果、図 2 に示すように実験値と計算値が一致することがわかった。計算に必要な T_{vi} , C_{vi} ($i=1, 500$) などは、すべて標準圧密試験結果から得られるものでその決定法の詳細は参考文献²⁾に示した。このことから一次圧密ひずみの増加についての仮定が妥当であったことが言える。逆に、急速圧密試験結果において残留ひずみを推定して T_{vi} , C_{vi} が得られる。そこで、急速圧密試験結果から、標準圧密試験による沈下曲線の再現を行った。図 3, 4 には不攪乱試料を用いて行った急速圧密試験(1 段階の載荷時間 60 分)結果から標準圧密試験より得られる沈下曲線を再現し、再現沈下曲線から m_v , c_v を算出した結果(凡例中の Δ)と実験結果($\circ$)の比較を示す。急速圧密試験から得られる圧密特性値($\times$)よりも、標準圧密試験より得られる圧密特性値($\circ$)に近い値を示す結果となった。なお、再圧密した供試体で行っても同様な結果が得られた²⁾。

$$\varepsilon(t) = 2 \int_0^{\bar{H}} \left[J(t) \sigma'(t) + \int_0^t J(t-\tau) \frac{d\sigma'(\tau)}{d\tau} d\tau \right] dz \quad (1)$$

$$J(t) = C_M + \sum_{i=1}^n C_{vi} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{t}{T_{vi}}\right) \right\} \quad (2)$$

$$\sigma'(Z, t) = \left(1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M} (\sin MZ) \exp(-M^2 T_v) \right) \sigma$$

$$\sigma'(t) = \int_0^1 \sigma'(Z, t) dZ \quad (3)$$

$$\because M = (2m+1) \frac{\pi}{2}, \quad T_v = \frac{c_v t}{\left(\frac{H}{H}\right)^2}, \quad Z = \frac{z}{H}$$

ここで、 $J(t)$ ；単位応力あたりのひずみ、 C_M , C_{vi} ；コンプライアンス、 T_{vi} ；遅延時間、 T_v ；時間係数、 c_v ；圧密係数、 $\bar{H}$ ；排水長、 Z ；無次元化深さ

表 1 不攪乱試料の物理特性値

土粒子の密度 ρ_s	2.699 ~ 2.701g/cm ³
液性限界 w_L	65.4 ~ 72.8%
塑性限界 w_P	22.9 ~ 27.9%
塑性指数 I_P	42.5 ~ 44.9%
砂礫分	1.1 ~ 2.4%
シルト分	39.9 ~ 43.6%
粘土分	54 ~ 59%
分類名	粘土(CH)

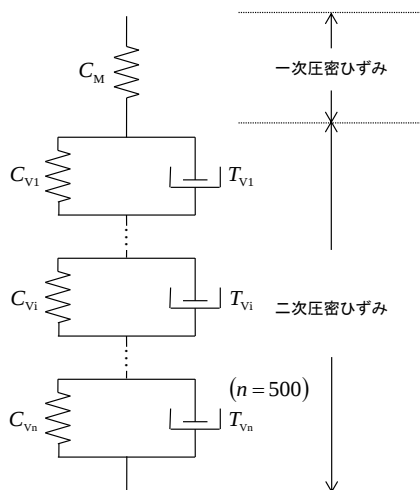


図 1 多要素 Voigt モデルの概念図

4. まとめ

多要素 Voigt モデルを用いて沈下曲線を再現することでモデルの適用性について検討し、そのモデルを利用して標準圧密試験結果と同等な圧密特性値を得る手法の提案を行った。その結果および考察について以下にまとめた。

- ① 標準圧密試験結果から多要素 Voigt モデルの諸係数を定めれば、急速圧密試験による沈下曲線を推定することができる。またその逆も可能で急速圧密試験から標準圧密試験による沈下曲線を推定できる。
- ② 標準圧密試験条件での推定沈下曲線から得られる圧密特性値は、標準圧密試験の実沈下曲線から得られる圧密特性値に近い値となることを示した。

参考文献

- 1) 村上幸利: 荷重時間と荷重増分比が圧密試験結果に及ぼす影響とその解釈, 土質工学論文集, Vol.34, No.2, pp153-157, 1994.
- 2) 酒井康司: 一次元圧密沈下解析に対する多要素 Voigt モデルの適用性に関する研究, 琉球大学大学院修士論文, 2013.

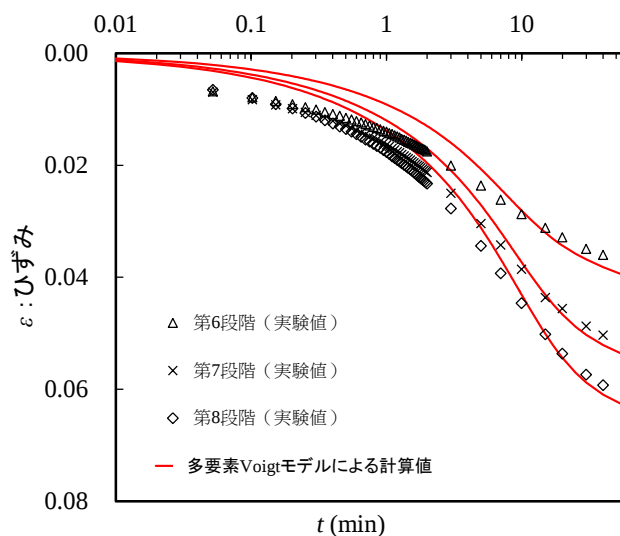


図 2 急速圧密試験結果 (代表例として 60min)

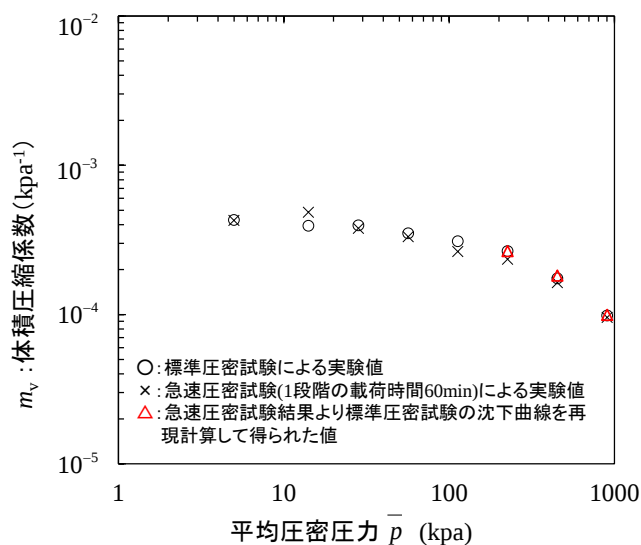


図3 平均圧密圧力-体積圧縮係数

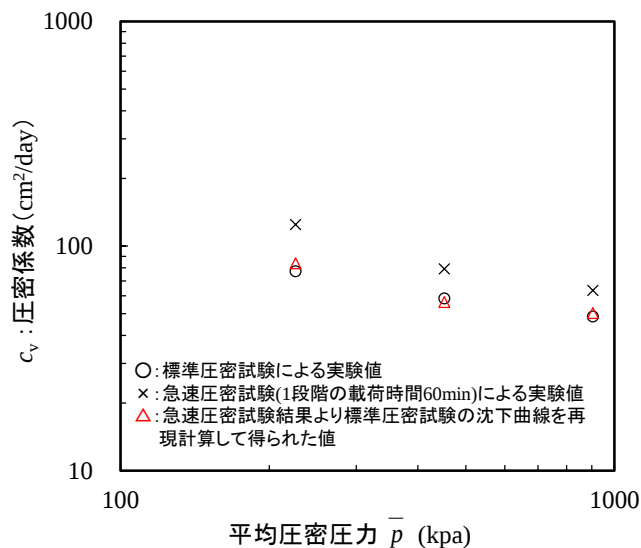


図4 平均圧密圧力-圧密係数