

クリープと応力緩和に着目した飽和粘性土の圧密機構に関する基礎的研究

山口大学大学院 学生会員 ○大石雄也 正会員 松田博
 正会員 原弘行 学生会員 TRAN Thi Phuong An
 学生会員 李超 学生会員 山本純平

1. はじめに

我が国は、都市機能が狭い平野部に集中しているため海岸部の埋立地や沖積層上に建造物を建設することが多い。そのため、軟弱地盤では残留沈下や不等沈下などに対する正確な沈下の予測が重要となる。飽和した粘土の圧密沈下に関する圧密理論としてはTerzaghi理論が定着しているが、理論値に基づいて沈下量を予測した場合、実測値と一致しないことが多い。その大きな問題として粘土のクリープ特性がある。本研究では層別計測型圧密試験およびEVP(弾粘塑性)モデルに一次圧密終了後の除荷過程におけるクリープの影響を調べた。

表-1 解析パラメータ

ψ	0.010
λ	1.70
K	0.009
t_0 (min)	1000
k(cm/s)	6.03E-08

2. YinのEVPモデル

Yin と Graham(1996)¹⁾ は粘弾性モデルを組み入れた非線形の圧密方程式を導き、一次圧密中に生じるクリープの影響を考慮した圧密モデルを提案している。以下に基本式を示す。

$$C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{1}{m_v} g(u, \varepsilon_z) \quad (1)$$

$$\frac{\partial \varepsilon_z}{\partial t} = -m_v \frac{\partial u}{\partial t} + g(u, \varepsilon_z) \quad (2)$$

$$g(u, \varepsilon_z) = \frac{\psi/V}{t_0} \left\{ \exp\left(-\varepsilon_z \frac{V}{\psi}\right) \right\} \left(\frac{\sigma_z - u}{\sigma'_{z0}} \right)^{\lambda/\psi} \quad (3)$$

ここでEq.(3)はEVPモデルのクリープ関数である。ここに u ：間隙水圧、 m_v ：体積圧縮係数、 V ：体積比、 σ_z ：圧密圧力、 ε_z ：沈下ひずみを示す。また、解析に用いた主要な解析パラメータを表-1に示す。

3. 実験方法

1) 試料作製

試料土には東京湾粘土を用いた。試料土の物理的性質を表-2に示す。試料土の含水比は、液性限界の約2倍に調整し、異物を取り除いた後予圧密を行った。圧密圧力は4.2～19.6kPaの範囲で24時間毎に段階的に载荷し、最終荷重は49kPaとした。

2) 試験方法

本実験では、層別計測型圧密試験装置を用いた。1層あたりの試料の厚さは2cmとし、各層の沈下量や各分割層底部の間隙水圧が測定できる仕様となっている。本稿では、各分割層を排水面からの距離(z)と全層厚(H)の比(z/H)で表記する。

表-2 試料土の物理的性質

粘土分 (%)	シルト分 (%)	砂分 (%)	r_s (g/cm ³)	w_L (%)	C_c
38	26	36	2.78	66.6	0.46

表-3 载荷条件

TEST No.	Sample	σ_0 (kPa)	$\Delta\sigma_1$ (kPa)	U (%)	$\Delta\sigma_2$ (kPa)	H_0 (cm)
I	Tokyo Bay Clay	78.4	78.4	100	78.4	10
II					39.2	
III					19.6	

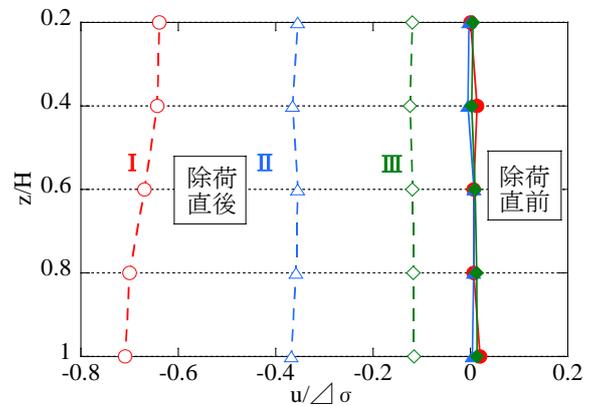


図-1 間隙水圧分布

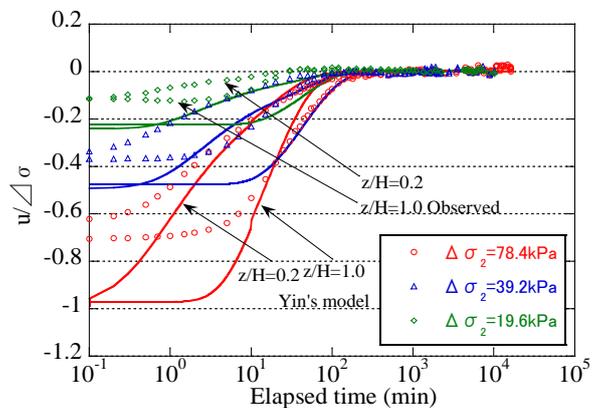


図-2 過剰間隙水圧の経時変化(除荷過程)

試験は以下の手順で実施した。まず、作製した試料を $\phi=60\text{mm}$, $h=20\text{mm}$ に成形し、各圧密容器に設置する。次に片面排水条件で圧密圧力 $\sigma_0/2=39.2\text{kPa}$, $\sigma_0=78.4\text{kPa}$ で二段階の圧力で予圧密を行った。間隙水圧 u がゼロになる時を EOP と定義し、予圧密を終了した。その後バルブ操作により供試体を直列に連結して層全体で片面排水となるようにして、 $\Delta\sigma_1$ を載荷した。EOP に達したことを確認した後、表-2 に示す除荷応力 $\Delta\sigma_2$ で 10000 分程度除荷を行った。載荷過程・除荷過程において各分割層の沈下量ならびに間隙水圧を経時的に計測した。

4. 実験結果

図-1 に各分割層の底部 ($z/H=0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$) における、水圧を $\Delta\sigma$ で正規化した除荷直前直後の過剰間隙水圧比の分布を示している。除荷応力によらず除荷の直前・直後では過剰間隙水圧の分布は平行に移動していることが分かる。またその量は除荷応力の大きさに比例している。

図-2 に除荷開始時を原点とした過剰間隙水圧の経時変化を示す。同図には Yin の EVP モデルも併記した。また、図中には $z/H=0.2, 1.0$ の結果のみを示した。図より、時間経過とともに排水層に近い層から過剰間隙水圧が上昇していることが分かる。また、負圧は除荷応力が大きいほど大きいことも分かる。解析値は、実測値と同様な傾向を示した。

図-3 に沈下ひずみの経時変化を示す。図中 $z/H=0.2$ は排水面側の層を、 $z/H=1.0$ は非排水面側の層を示している。また Yin の EVP モデルも併記した。同図より、沈下ひずみは排水層側に近いほど早く生じることが分かる。また除荷過程においても、Yin の EVP モデルとほぼ同様の形状となった。

図-4 は除荷開始点を原点としたひずみの平均値の経時変化を示す。除荷応力が小さいほど早期に膨張から圧縮への変化が確認できる。また、解析結果もほぼ同様な傾向を示している。

図-5 に各分割層について有効応力とひずみの関係を示す。載荷過程において排水面側の状態経路が最も右側に張り出している。その後、除荷することによって有効応力の減少が生じるが、除荷後のひずみに着目すると有効応力が一定となった後もクリープ沈下が生じている。

5. 結論

- 1) 除荷過程において、粘土層内部では膨張ひずみが生じるとともに、クリープ沈下の影響も受ける。
- 2) 除荷過程において、除荷応力が小さいほどクリープ沈下の影響を大きく受ける。

【参考文献】

- 1) Yin J.H. and Graham J.: Elastic visco-plastic modeling of one-dimensional consolidation, Geotechnique, 46, No3, 515-527, 1996.

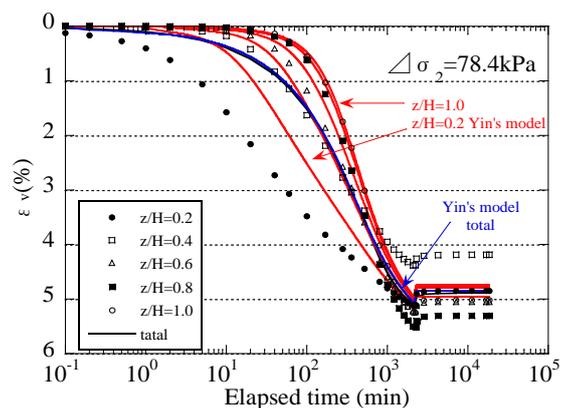


図-3 沈下ひずみの経時変化

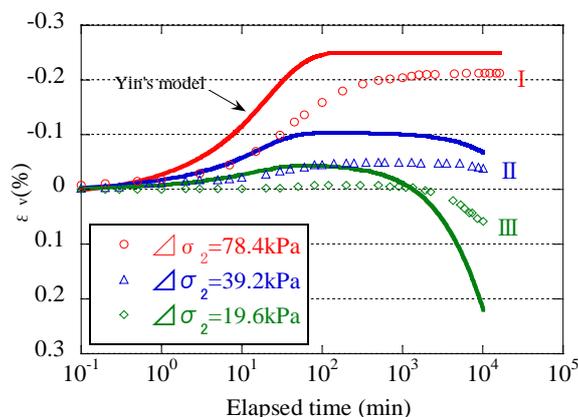


図-4 ひずみの経時変化(除荷過程)

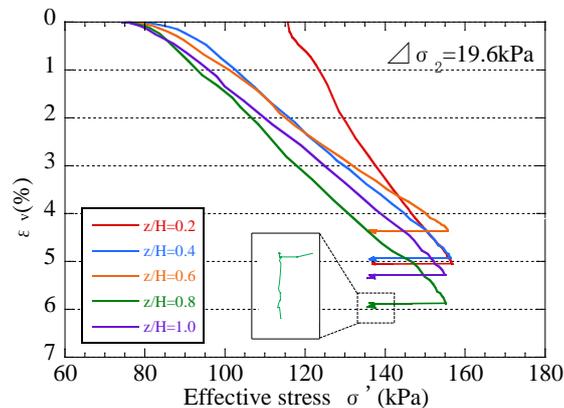


図-5 有効応力とひずみの関係