

飽和粘性土における一次圧密中のクリープ特性に関する基礎的研究

山口大学院 学生会員 ○ 李超 正会員 松田博
正会員 石蔵良平 学生会員 白宗和
学生会員 山田和昌 丸山八大

1.はじめに

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。一次圧密と二次圧密の関係には3通りの考え方がある。仮説Aは一次圧密終了後にクリープが生じ始め、仮説Bは一次圧密中も粘性圧縮であるクリープが生じると考えるアイソタック説である。さらに網干ら¹⁾は大型圧密の比較実験によって仮説Cを提案している。これらの仮説に対し圧密のメカニズムを明確にするためには一次圧密中のクリープ沈下について明確にする必要がある。本研究では層別計測型圧密試験およびEVP(弾粘塑性)モデルによる解析を行い、一次圧密中のクリープ沈下に関する考察を行なった。

2. 実験および解析方法

1) 実験方法

試料は東京湾粘土を用いて、次に示す実験方法で実験を行った。まず、圧密圧力 $\sigma_0/2$, σ_0 で分割層ごとに片面排水状態で2段階の予圧密を行った。ここで、間隙水圧 u がゼロ ($\Delta\sigma$ の99%) になる時をEOPと定義し、予圧密を終了した。続いて、バルブ操作によって各層を直列に連結し、層全体として片面排水条件としたうえで $\Delta\sigma$ を载荷した。そして、間隙水圧より求めた平均圧密度 $\bar{U}$ が所定の圧密度の時、上部バルブを閉め非排水条件とし10000分後排水を許した。Table 1, 2に試料の物理的性質および载荷条件を示す。

Table 1 試料の物理的性質

Clay	Silt	Sand	ρ_s (g/cm ³)	W_L (%)	W_P (%)	I_P
38%	26%	36%	2.78	66.6	41.6	25.0

Table 2 载荷条件

Test No.	σ_0 (kPa)	$\Delta\sigma$ (kPa)	$\bar{U}$ (%)	n	e_0
I	78.4	78.4	30.0	5	1.38
II			64.2		1.39
III			97.3		1.30
IV	39.2	39.2	97.7		1.48

Table 3 解析パラメータ

Ψ	0.00980
λ	0.183
K	0.0199
to(min)	1.00×10^3
k (cm/s)	1.53E-07

2) Yin の EVP モデル

YinとGraham (1996)²⁾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。本研究では下式を用いて解析を行なった。

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

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

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 ：沈下ひずみである。また今回、解析に用いた主要な解析パラメータをTable 3に示す。

3. 実験結果および考察

Fig.1は間隙水圧 $u/\Delta\sigma$ の経時変化を示す。図中には $z/H=0.2$, 1.0を示している。同図より、排水過程においては、载荷応力状

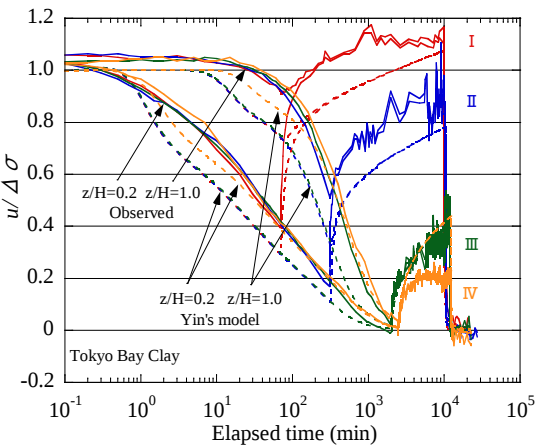


Fig.1 間隙水圧の経時変化

態によらずほぼ同様の間隙水圧の消散傾向がみられる．非排水過程においては，特に実験Ⅰ，Ⅱでは各要素で圧密度が異なるため，間隙水圧の再配分が生じ，その後は一様に上昇傾向を示す．

実験Ⅰの間隙水圧比をみると，非排水中に間隙水圧が荷重増分を超え上昇していることが分かる．一次圧密中にクリープ沈下が生じなければ $u/\Delta\sigma=1$ を超えることはないため，一次圧密中にクリープ沈下が生じているものと推察される．また，解析結果に同様の傾向を示し，実験結果の傾向をよくとらえている．

Fig.2 は層全体の平均沈下ひずみの経時変化を示したものである．同図より，非排水期間中では体積一定となるため平均沈下ひずみが生じていない．解析結果は載荷条件の異なる実験結果の傾向をよくとらえている．

Fig.3 は実験Ⅰについての粘土層内部の沈下ひずみの経時変化を示したものである．図中 No.1 は排水層，No.5 は非排水層側の要素となっている． $\Delta\sigma$ を載荷直後，排水層側の No.1 から順に沈下が生じている．非排水過程では，間隙水圧の再配分の影響により，沈下ひずみについても再配分が生じ，No.1, 2 では膨張し，No.4, 5 では沈下が生じている．そして，再配分後は各要素で体積が一定化に収束している．最後に再排水過程において，No.1 は先の排水過程において大きく沈下しているため他の要素に比べ早く二次圧密的な直線を示している．そして No.2 から No.5 については No.1 に接する点付近で直線関係となり，全要素が平行となる結果になった．通常，非排水を含まない瞬時載荷においては排水層側の要素の方が沈下速度は速いため，No.1 は沈下ひずみが最も大きく生じる．今回の実験では，再配分によって先行的に生じていたクリープが一度リセットされることで，その後の沈下ひずみに影響を与えたと推測される．

Fig.4 は実験Ⅰの状態経路を示したものである．同図より，各要素で異なる状態経路を示すことが分かる．この理由は，今 No.1 の状態点は No.5 のそれよりも急速度で移動するので，同一の σ' 点を通過するときのひずみ速度は No.5 のそれよりも No.1 のほうが大きくなる．即ち，各要素の状態経路が異なるということは一次圧密中にも骨格は粘性による圧縮成分を持っているということを意味している．

4. まとめ

一次圧密中のクリープ沈下について，実験的，解析的に検討を行なった．解析結果は排水条件によらず沈下ひずみ，間隙水圧といった実験結果の傾向を比較的精度よく捉えることができることを確認した．

【参考文献】

- 1). 網干壽夫，松田博：粘土の二次圧密と沈下解析，土と基礎，29-3，pp.19-24，1981
- 2). Yin J. H. and Graham J.: Elastic visco-plastic modeling of one-dimensional consolidation, Geotechnique, 46, No3, 515-527, 1996.

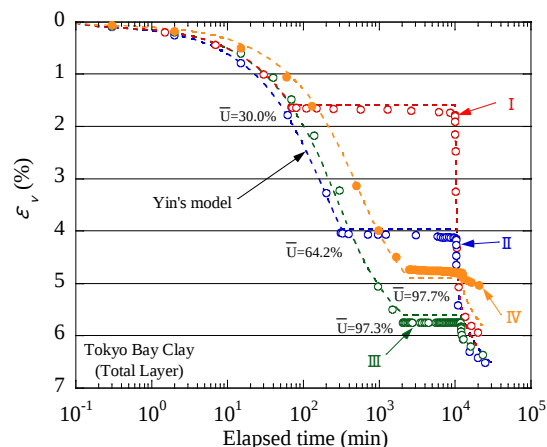


Fig.2 沈下ひずみの経時変化

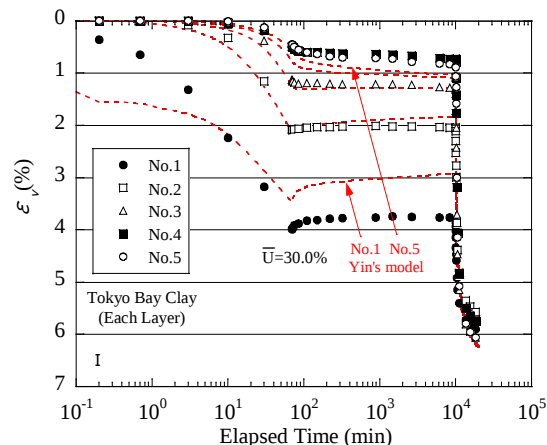


Fig.3 沈下ひずみの経時変化 (供試体内)

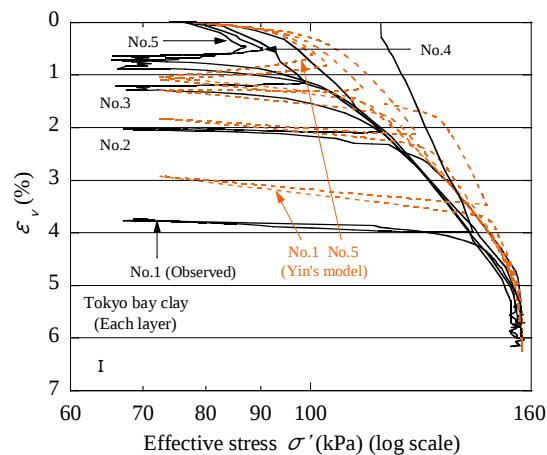


Fig.4 沈下ひずみと有効応力の関係