

再圧密有明粘土のクリープ特性および初期含水比の影響

佐賀大学理工学研究科 学生会員 ヨス チャンラダ
 佐賀大学理工学部 齋藤 昭則
 佐賀大学理工学研究科 正会員 柴 錦春

1. まえがき

粘土地盤上の盛土構造物等の長期沈下量の計算・予測には粘土のクリープ（二次圧密）特性を考慮する必要がある。粘土のクリープ特性の研究論文は多く見られ、一般的に一種類の粘土は一定のクリープ特性があるとされている。しかし、最近の研究では、粘土のクリープ特性には粘土の初期含水比が影響を及ぼし、また、二次圧密係数は一定ではなく、時間の経過に伴って減少するとある。佐賀平野に堆積している有明粘土については、そのクリープ特性及び初期含水比の影響程度について、まだ十分に検討されていなかった。本研究では、初期含水比が異なる再圧密有明粘土を用いてクリープ試験を行い、クリープ特性及び初期含水比の影響を検討した。

2. 試験装置・試験方法・試料

本研究に使われる実験装置は低応力圧密試験装置（図-1）と標準圧密試験装置である。前者に 0.5 kPa～128.0 kPa まで載荷し、後者には 512.0 kPa～1024.0 kPa まで載荷した。高含水比試料の圧縮量が大きいと考えて、供試体の高さは 30 mm、直径は 60 mm とした。

用いた有明粘土の液性限界は 116%、塑性限界は 43%、粘土粒子（< 5 μm ）含有量は 78%である。試験した初期含水比は粘土の液性限界の 1.2 倍、1.5 倍、1.8 倍で、それぞれ 140%、174%、209%であった。圧密応力は 0.5 kPa から 1024.0 kPa までで、順に 2 倍ずつ段階的に載荷し、各荷重の試験期間は 7 日であった。

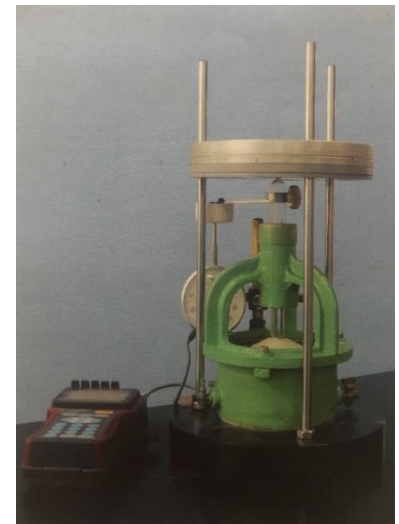


図-1 圧密試験装置

3. 試験結果

3.1 クリープひずみの経時変化

一般的に粘土のクリープひずみと時間の対数 $\log(t)$ の関係は直線であると理解しているが、時間が無限になるとひずみ（間隙比）も無限になる。これは現実的なものではない。Yin ら(1999)¹⁾は粘性土のクリープひずみ ε_z^c と $\log(t)$ の関係は非線形で、クリープひずみの経時変化は下記の式を提案した。

$$\varepsilon_z^c = \frac{\psi_0^c/V}{1 + \frac{\psi_0^c}{\varepsilon_z^{cl}V} \ln\left(\frac{t_0^c + t_e^c}{t_0^c}\right)} \ln\left(\frac{t_0^c + t_e^c}{t_0^c}\right) \quad - (1)$$

ここで、 ε_z^c はクリープひずみ、 t_0^c は一次圧密の終了時間、 t_e^c はクリープ時間である。 ψ_0^c/V はクリープパラメーターである。 ε_z^{cl} はクリープひずみ限界値といい、時間が無限になったときのクリープひずみ限界値である。

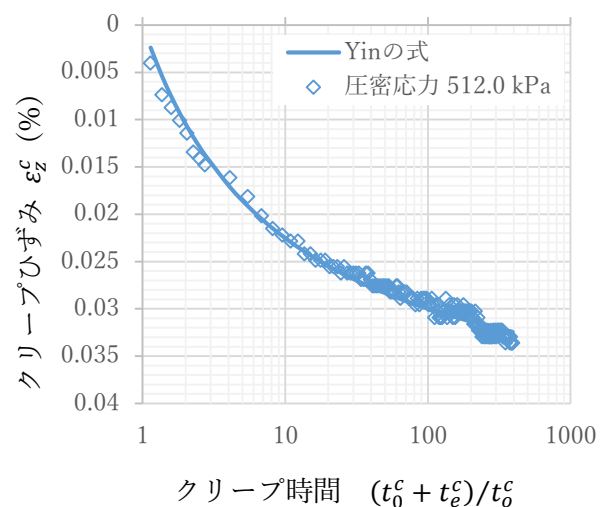


図-2 時間経過に伴うクリープひずみ

式-(1)を変形し、下のよう書き換えることができる。

$$\frac{\ln\left(\frac{t_0^c + t_e^c}{t_0^c}\right)}{\varepsilon_z^c} = \frac{1}{\varepsilon_z^{cl}} \ln\left(\frac{t_0^c + t_e^c}{t_0^c}\right) + \frac{1}{\psi_0^c/V} \quad - (2)$$

$\ln\left(\frac{t_0^c + t_e^c}{t_0^c}\right)/\varepsilon_z^c$ を y 、 $\ln\left(\frac{t_0^c + t_e^c}{t_0^c}\right)$ を x とすれば、式(2)は一次線形関数であり、傾きの逆数はクリープひずみ限界値 ε_z^{cl} 、切片は ψ_0^c/V の逆数である。従って、実験データを式(2)のようにプロットすれば、クリープひずみ限界値とクリープパラメーター ψ_0^c/V を求めることができる。

初期含水比 209%、圧密応力 512.0 kPa の再圧密有明粘土のクリープひずみの経時変化を図-2 に示す。これより、クリープひずみ ε_z^c の増加率は時間の経過に伴い、緩やかに減少することが分かった。図中式(1)の計算値もプロットしている（実線）。計算値は試験値と良く一致している。初期含水比 140%、174%の試料も同じ傾向を示している。

図-3 にクリープひずみ限界値 ε_z^{cl} と圧密応力 σ との関係を示している。圧密応力 σ が大きくなるにつれ、 ε_z^{cl} が大きくなる傾向がみられる。比較のため、Feng ら (2017)²⁾ のデータもプロットしている。データにばらつきはあるが、同じ傾向を示していることが分かる。

3.2 2次圧密係数における試料間隙比の影響

図-4 に二次圧密係数 (C_α) と液性限界での間隙比 e_{wL} で正規化された間隙比 (e/e_{wL}) の関係に示している。二次圧密係数 C_α の値が間隙比 e が大きくなるにつれ、増加する傾向がみられた。この傾向は $e/e_{wL} = 1$ (e は液性限界での間隙比 e_{wL} と等しいとき) の点を境に、 $e/e_{wL} < 1$ の場合、 C_α 値が e の増加に伴って緩やかに増加するが、 $e/e_{wL} > 1$ の場合、急激に増加する。また、同じ圧密応力では初期含水比が高い程、試料の間隙比が高い。特に $e/e_{wL} > 1$ の場合、試料の初期含水比の増加によって、試料の二次圧密係数も増加する (図-4)。

4. まとめ

初期含水比が異なる再圧密有明粘土試料を用いてクリープ試験を行い、そのクリープ特性及び試料の初期含水比の影響を検討した。試験結果から以下のことを明らかにした。

- (1) クリープひずみと経過時間の対数の関係は線形ではなく非線形であり、Yin ら(1999)の式で表すことができる。また、時間が無限になった時クリープひずみ限界値が存在する。
- (2) 試料間隙比 (e) の増加に伴い、その二次圧密係数 (C_α) も増加する。特に e が土の液性限界での間隙比 e_{wL} より大きい場合、 e の増加に伴って、 C_α は大きく増加する。同じ圧密応力では初期含水比が高い程、試料の間隙比が高いので、 C_α 値に再圧密試料の初期含水比が影響を及ぼす。

参考文献

- 1) Yin JH. Non-linear creep of soils in oedometer tests. Geotechnique 1999; 49, No.5, 699-707
- 2) Wei-Qiang Feng, Borana Lalit, Zhen-Yu Yin, Jian-Hua Yin. Long-term Non-linear creep and swelling behavior of Hong Kong marine deposits in oedometer condition. Computers and Geotechnics 84(2017)1-15.

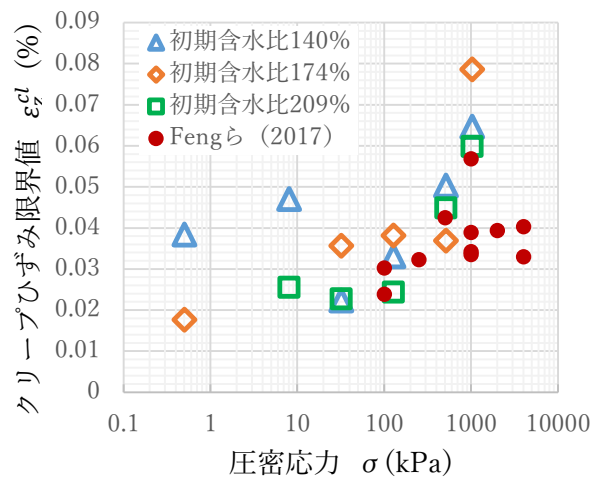


図-3 クリープひずみ限界値 ε_z^{cl}

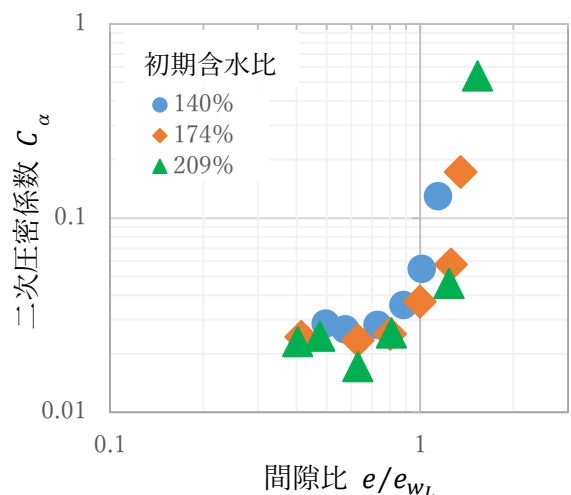


図-4 クリープ特性における間隙比の影響