

Ⅲ - A163

加熱による粘性土の二次圧縮促進の定量的評価

鳥取大学工学部 正会員 清水正喜
梶谷エンジニア(株) 正会員 神戸砂織

はじめに

自然堆積粘土は長期の堆積期間中に種々の要因による影響、即ち時間効果を受けている。時間効果の一つの要因として堆積中の間隙比の減少を挙げることができる。正規圧密状態にある粘土は加熱によって圧縮する（温度効果）という性質があり、二次圧密によって生じる間隙比の減少（時間効果）を加熱によって促進できる。本研究の目的は温度効果による間隙比変化量がどの程度の時間効果に相当するのか、著者らの実験結果^{1),2)}と上³⁾の結果に基づいて推定することである。

試料

粉末乾燥試料（通称、藤の森粘土）を液性限界の2倍の含水比で十分練り返した後、大型圧密容器で予備圧

表1：試料の物理的性質と温度・時間効果特性

		藤の森	カオリン*	有明*
w_L	%	49.2	78	78
w_P	%	32.5	37	33
ρ_s	g/cm ³	2.70	2.65	2.67
C_α		9.3×10^{-3}	6.0×10^{-3}	1.6×10^{-2}
$C'_{\Delta T}$		8.4×10^{-4}	7.7×10^{-4}	8.6×10^{-4}
$\Delta t_{\Delta T}$	min	4320	1440	1440
t_0	min	2880	60	60
p	kgf/cm ²	3.2	2.0	2.0
$C_\alpha/C'_{\Delta T}$		10.5	7.8	18.6

*：上³⁾（1996）

密した試料を用いた。最大予備圧密圧力は49kPaである。物理的性質を表1に示す。同表には「結果と考察」において参照するその他の量の値も併せて示す。

試験方法

温度を制御できる恒温圧密試験装置を用いて1次元圧密試験を行った。温度変化を与えた試験（Tv_L試験と呼ぶ）と、それと同じ荷重・時間条件で温度変化を与えない試験を行った（Tc）。温度と荷重の時間経過を図1に示す。Tv_L試験では $p=314\text{kPa}$ まで段階的に载荷し、 $p=314\text{kPa}$ 载荷後48時間経過したときに温度変化を開始した。

結果と考察

最初の荷重（ $p=39\text{kPa}$ ）を载荷したときを基準としたひずみと時間の関係を図2に示す。Tv_L試験では温度変化を開始後に生じたひずみは、温度変化を与えない場合（Tc）に比べて大きいことがわかる。

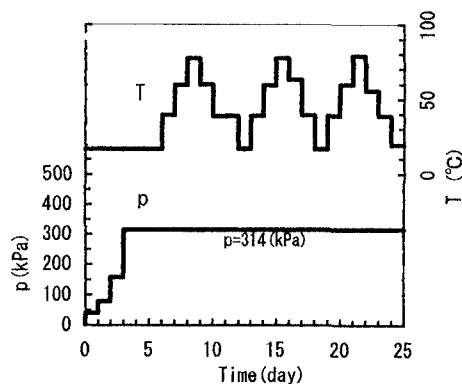


図1 試験条件

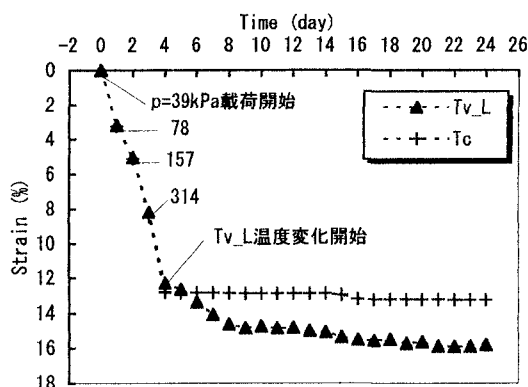


図2 ひずみの時間的変化

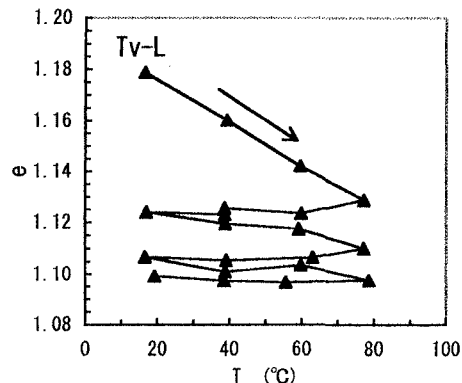


図3 温度と間隙比の関係（Tv_L試験の結果）

キーワード：粘性土、圧密、二次圧縮、温度効果、時間効果

連絡先：鳥取市湖山町、TEL：0857-31-5290、FAX：0857-28-7899

図3に $p=314\text{kPa}$ で温度変化を与えたときの間隙比と温度の関係を示す。室温（ 17°C ）で $p=314\text{kPa}$ 荷重後48時間経過したときを起点として図示している。その他のプロットは各温度で24時間経過したときの状態に対応している。最初の温度上昇過程に注目すると、間隙比は温度に対して直線的に変化していることがわかる。直線の勾配を $C'_{\Delta T}$ とおき、その関係を式で表すと

$$\Delta e = -C'_{\Delta T} \Delta T \quad (1)$$

図4に T_c 試験の、 $p=314\text{kPa}$ での間隙比（供試体平均）と時間の関係を示す。いわゆる二次圧密に入ると時間の対数に対して直線的に間隙比が変化している。荷重荷重後二次圧密に入ってから任意の時までの時間 t_0 からさらに時間 Δt_c 経過したときの間隙比の変化量 $\Delta e_{\Delta t_c}$ は次式で表すことができる。

$$\Delta e_{\Delta t_c} = -C_\alpha \log \left(\frac{t_0 + \Delta t_c}{t_0} \right) \quad (2)$$

ここに C_α は二次圧縮係数。

温度を ΔT 変化させたときに生じる間隙比の変化を、温度を変化させないで二次圧縮のみで生じさせるのに必要な時間を求める。換言すれば、二次圧縮で生じる間隙比変化量を温度上昇によって生じさせるときの温度を求める。

式(1)は図3の結果を表したものであるが、図5 温度変化 ΔT （ $17 \rightarrow 78^\circ\text{C}$ ）を与えるのに3日（ $=4320$ 分）要している（図1参照）。従って、式(1)左辺には、その間の二次圧密量（時間効果）が含まれている。それは式(2)を用いて評価できる。温度変化 ΔT を与えるのに要した時間を $\Delta t_{\Delta T}$ とおき、式(1)を次のように書き直す：

$$\Delta e_{\Delta T} - C_\alpha \log \left(\frac{t_0 + \Delta t_{\Delta T}}{t_0} \right) = -C'_{\Delta T} \Delta T \quad (3)$$

ここに、 $\Delta e_{\Delta T}$ は温度変化 ΔT による、時間効果を含まない、間隙比変化量である。

時間効果によって生じた間隙比変化量（式(2)）を温度効果によって生じさせるためには

$$\Delta e_{\Delta T} = \Delta e_{\Delta t_c} \quad (4)$$

とおけばよい。式(2)と(3)から式(4)の両辺を評価できるのでそれらを等置して、

$$\Delta T = \frac{C_\alpha}{C'_{\Delta T}} \log \left(\frac{t_0 + \Delta t_{\Delta T}}{t_0} \right) \quad (5)$$

を得る。 t_0 は $p=314\text{kPa}$ 荷重後温度変化を与えるまでの時間とした。 C_α と $C'_{\Delta T}$ は実験結果（図3、4）から求め、 t_0 と $\Delta t_{\Delta T}$ は実験の条件によって決まる（表1）ので、 ΔT と $\Delta t_{\Delta T}$ の関係を評価することができる。

表1には本研究と同様の試験条件で行われた上ら

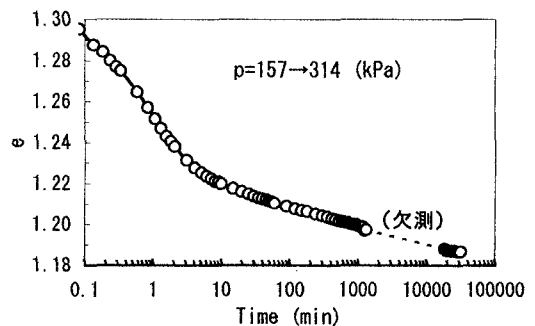


図4 間隙比と時間の関係（ T_c 試験の結果）

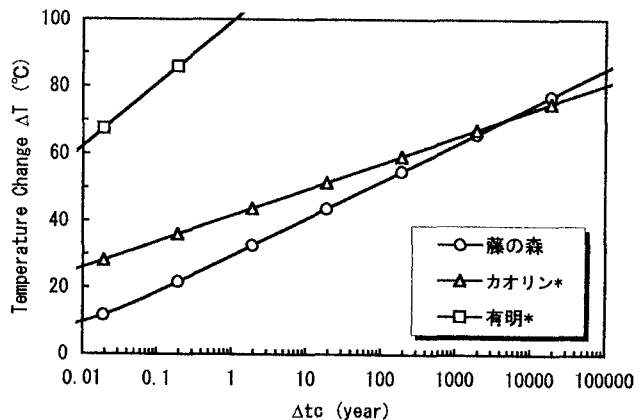


図5 同じ間隙比変化を生じさせるのに必要な二次圧縮時間と温度変化量の関係（*上ら(1996)の結果から計算）

(1996)の結果も示した。この表の値を用いて ΔT と $\Delta t_{\Delta T}$ の関係を計算すると図5の結果が得られた。この図から、藤の森粘土とカオリン粘土は温度を室温から $70 \sim 75^\circ\text{C}$ 上昇させると、1万年の長期圧密に相当する間隙比減少効果が得られることがわかる。一方、有明粘土は温度を 60°C 上昇させても0.01年（ $=3.65$ 日）間の二次圧密に相当する分しか間隙比が減少しない。ただし、有明粘土が温度変化によって圧縮しにくいことを意味しているのではなく、二次圧縮速度が大きいために時間効果が相対的に大きいことを意味している（表1参照）。

おわりに

温度を室温から 75°C 程度上昇させると約1万年間の二次圧密に相当する間隙比減少が可能になったことがわかった。限られた実験データに基づく考察であり、ここで取り上げた研究以外の結果を検討する必要があると考える。

参考文献

- 1) 清水・岩成・神戸(1997)：地盤工学研究発表会（投稿中）。
- 2) 清水・神戸(1997)：土木学会中国支部研究発表会（投稿中）。
- 3) 上・藤原・勝村(1996)：土木学会論文誌 No.554, pp.47-55.