

Ⅲ-A190

粘土の1次元圧縮挙動における温度・時間効果—土粒子の熱膨張の影響—

鳥取大学工学部 (正) 清水 正喜
鳥取大学大学院 (学) ○田中 淳 今村乗仁

1. はじめに

正規圧密状態にある粘性土は加熱すると圧縮する(温度効果)。この性質から二次圧密によって生じる間隙比の減少(時間効果)を温度を上げることによって促進できる¹⁾。本研究では高塑性海成粘土(広島湾泥)に対して温度変化を与えない圧密試験(Tc試験)と温度変化を与えた圧密試験(Tv試験)を行い、その結果に対して土粒子の熱膨張を考慮して、温度効果と時間効果の関係を調べた。

2. 試料および方法

試料は広島湾で採取した粘土の425 μm ふるい通過分である。この試料を予備圧密して供試体を作成した²⁾。 $w_L=105.1$ (%), $w_p=46.2$ (%), $\rho_s=2.6801$ (g/cm³)。

Tc試験は通常の圧密試験機を用いて、圧密圧力を39.2→78.4→156.8(kN/m²)までは各荷重段階24時間圧密し最終圧密圧力313.6(kN/m²)を載荷後長期圧密を行った。Tv試験は通常の圧密容器を温度調節可能な恒温容器内に設置してTc試験と同じ荷重段階で荷重を与え、最終圧密圧力313.6(kN/m²)を載荷後24時間経過した後に、圧密圧力一定のまま温度変化のサイクルを2回半与えた。1サイクルの温度変化とは設定温度を20→40→60→80→60→40→20(°C)と変化させたものである。設定温度は24時間ごとに変化させた。いずれの試験も片面排水条件で行い、水浸には海水を用いた。

3. 土粒子の密度試験の方法および結果

実験の精度を高めるため50mlピクノメーターの代わりに100ml三角フラスコとガラス板を用いて土粒子の密度を求めた。結果を図1に示す(詳細は文献³⁾を参照されたい)。 $\rho_s(T_0)$ は $T=T_0$ (=20°C)のときの土粒子密度である。土粒子の体積膨張率を α_s とおくと、

$$\frac{\rho_s(T_0)}{\rho_s(T)} = \alpha_s(T - T_0) + 1.0 \quad (1)$$

の関係がある。図1から $\alpha_s = 1.7 \times 10^{-4} \sim 5.0 \times 10^{-4}$ (1/°C)(平均値 $\alpha_s = 3.34 \times 10^{-4}$)となる。ただし、密度試験の精度を評価したところ、この方法では α_s を約10倍過大評価している可能性がある³⁾。

4. 結果および考察

Tv試験の結果より得られた間隙比と温度の関係を図

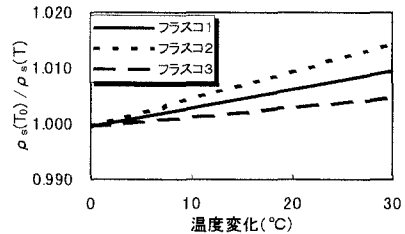


図1 土粒子の熱膨張率

2に示す。間隙比は土粒子の熱膨張率を考慮して式(2)⁴⁾によって計算した。

$$\Delta e = \frac{I}{1 + \alpha_s \Delta T} \left\{ \frac{\Delta V}{V_s} - (1 + e) \alpha_s \Delta T \right\} \quad (2)$$

図には、土粒子の熱膨張を無視した場合($\alpha_s = 0$)、土粒子密度試験の結果($\alpha_s = 3.34 \times 10^{-4}$)および密度試験の精度を考慮した場合($\alpha_s = 3.34 \times 10^{-5}$)を示している。また、最初の温度上昇過程20→80°Cのみを考えている。

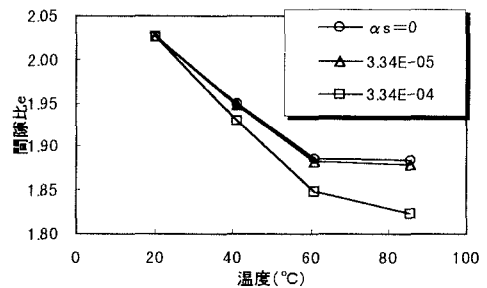
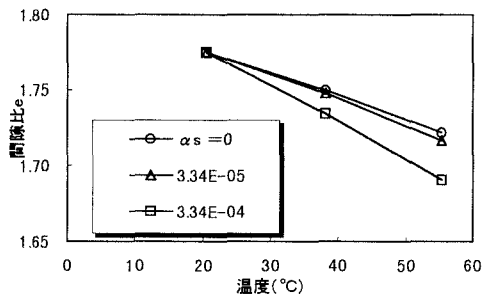


図2 間隙比と温度の関係

図3 間隙比と温度の関係¹⁾

キーワード：温度、粘土、熱膨張、土粒子密度、二次圧密

連絡先：〒680-8552 鳥取市湖山町鳥取大学工学部土木工学科 清水正喜

図3は先の報告²⁾の結果を図2と同じ方法で補正したものである。この供試体は初期間隙比が図2に比べて小さい。

図2, 3から土粒子の熱膨張率を考慮に入れないと間隙比を大きく見積もってしまうことが分かる。また、供試体の初期間隙比が大きい方が間隙比の温度に対する減少率（温度上昇過程の傾き； $C'_{\Delta T}$ ）が大きいことが分かる。図2, 3の6本の直線から間隙比減少率 $C'_{\Delta T}$ を決定すると表1に示すようになった。ただし、図2では60.7℃、図3では55℃までを直線とみなした。

T_c 試験において最終圧密圧力313.6(kN/m²) 載荷後長期圧密した結果を図4に示す。初期間隙比の違いがあるもののこの曲線の後半に現われる直線部分の傾きはほぼ同じと考えられる。この直線の傾きから二次圧縮速度 C_α を決定できる(表1)。

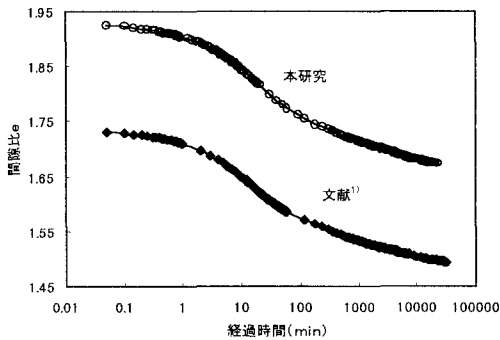


図4 間隙比と時間の関係

清水・神戸¹⁾の方法によって温度効果による二次圧密促進を評価する。この方法は温度上昇過程で得られた Δe と ΔT の関係が直線である場合に適用できる。温度を ΔT だけ変化させた時、間隙比変化が Δe 生じたとすると、 Δe を温度変化なしで二次圧密のみで生じさせるのに必要な時間 Δt が求まる。 ΔT と Δt の関係は次式(3)で表される。

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

$\Delta t_{\Delta T}$ と t_0 は試験条件に関するパラメータであり、 $\Delta t_{\Delta T}$

は温度を ΔT 上昇させるのに要した試験時間、 t_0 は二次圧密領域に入ってから任意の時間である(表1)。表1の値を用いて式(3)より ΔT と Δt の関係を求めると図5のようになった。土粒子の熱膨張率は図2, 3と同様、3通りに設定した。図5から土粒子の熱膨張率が大きくなると二次圧密時間 Δt を大きく評価することになる。また、初期間隙比が異なると ΔT と Δt の関係が異なっている。

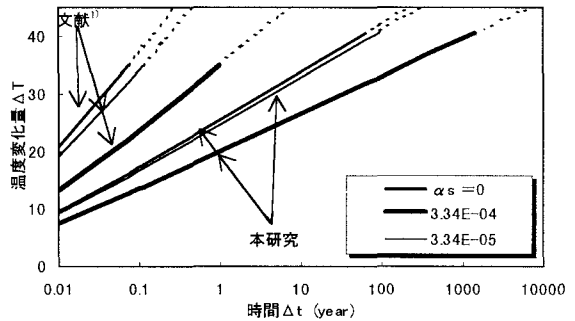


図5 同じ間隙比変化を生じる二次圧密時間と温度変化量

5. おわりに

土粒子の熱膨張率が大きいほど同じ温度変化に対する二次圧密時間が大きくなる。用いた試料では初期間隙比が大きいものは、小さいものに比べて同じ温度変化に対して長期の二次圧密に相当する間隙比減少効果が得られる。

参考文献

- 清水・神戸(1997):「加熱による粘性土の二次圧密促進の定量的評価」土木学会第52回年次学術講演会第3部(A) pp. 326~327.
- 清水・藤原(1998):「高塑性海成粘土の圧密における温度効果の定量的評価」土木学会中国支部第50回研究発表会, pp. 289-290.
- 清水・田中(1999):「粘土粒子の熱膨張率の測定とその精度評価」土木学会中国支部研究発表会(投稿中)
- 清水(1997): 温度変化を伴う一次元圧密試験の技術的問題, 第32回地盤工学研究発表会, pp. 375~376.

表1 時間効果・温度効果特性

試料	本研究			文献 ¹⁾		
C_α	2.89×10^{-2}			2.80×10^{-2}		
α_s (1/°C)	0	3.34×10^{-5}	3.34×10^{-4}	0	3.34×10^{-5}	3.34×10^{-4}
$C'_{\Delta T}$	3.45×10^{-3}	3.55×10^{-3}	4.41×10^{-3}	1.54×10^{-3}	1.68×10^{-3}	2.44×10^{-3}
$C_\alpha / C'_{\Delta T}$	8.38	8.14	6.55	18.2	16.7	11.5
$\Delta t_{\Delta T}$ (min)	2880			2880		
t_0 (min)	1440			1440		