

高塑性海成粘土の圧密における温度効果の定量的評価

鳥取大学工学部 正会員 清水 正喜
兵庫県香住町役場 正会員 ○藤原 研也

1. はじめに

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)を促進できる。本研究では高塑性海成粘土の温度効果による圧縮がどの程度の時間効果に相当するのかを評価するために温度変化を与えない圧密試験であるT c試験と温度変化を与えたT v試験を行った。また温度による土粒子密度の変化を調べた。

2. 試料

試料は広島湾で採取された粘土の $425\mu\text{m}$ ふるい通過分である。圧密試験にはこれを予備圧密したものを使用した。最大予備圧密圧力は $0.5(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 、 $w_L=106.8(\%)$ 、 $w_P=49.9(\%)$ 、 $\rho_s=2.604(\text{g}/\text{cm}^3)$ であった。

3. 圧密試験の方法

温度変化を与えない試験(T c試験)は通常の圧密試験機を用いて、圧密圧力を $0.4 \rightarrow 0.8 \rightarrow 1.6 \rightarrow 3.2(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ と変化させたもので、 $1.6(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ までは各荷重段階 24 時間圧密し最終圧密圧力 $3.2(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ を載荷後長期圧密を行った。温度変化を与えた試験

(T v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T c試験と同じ荷重を与え、最終圧密圧力 $3.2(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 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3回(Tv-1)、または1回(Tv-2)与えた。1サイクルの温度変化とは設定温度を $20 \rightarrow 40 \rightarrow 60 \rightarrow 80 \rightarrow 60 \rightarrow 40 \rightarrow 20(^{\circ}\text{C})$ と変化したものである。設定温度の変更は 24 時間ごとに行った。いずれの試験も片面排水条件で、水浸は海水を用いた。T v試験では供試体内に熱電対を設置し供試体内の温度を測定した。

4. 土粒子の密度試験の方法

基本的な手順は土質試験のてびき「土粒子の密度試験」¹⁾に従って行ったが、精度を高める目的でピクノメーターの代わりに容量 100ml の三角フラスコとガラス板を用い、T v試験に用いた恒温容器で温度を設定した。フラスコの検定時と土粒子の密度測定時の温度をほぼ同じにし、両時の容器容量の差を無くした。

5. 結果および考察

図1に沈下量の時間経緯を示す。時刻0の点は最終圧密圧力を載荷後 24 時間経過した時でありT v試験では温度変化開始時刻である。温度変化を与えていないT c試験に比べてT v試験は温度

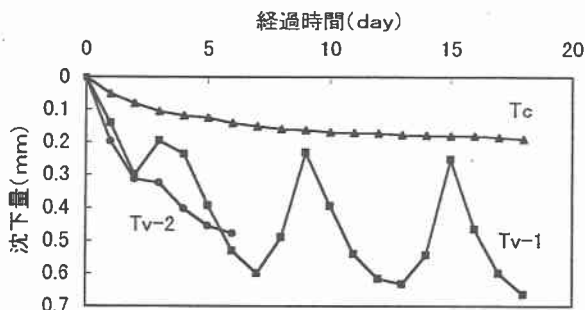


図1 時間と沈下量の関係

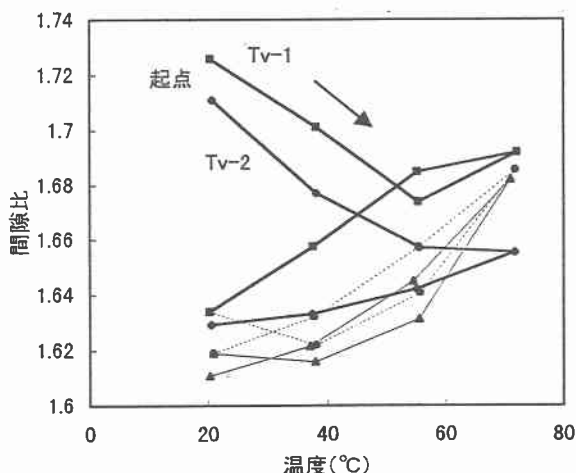


図2 温度と間隙比の関係

変化を開始してから終了までに大きく沈下しており加熱による圧密促進が認められる。次に清水・神戸²⁾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。この評価法は最初の温度上昇過程のみに適用されるものである。この方法によれば温度を ΔT 変化させた時に生じる間隙比変化を、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 Δt が求まる。 ΔT と Δt の関係は次式で表される。

$$\Delta T = \frac{C_\alpha}{C'_{\Delta T}} \log \left(\frac{t_0 + \Delta t_{\Delta T}}{t_0} \cdot \frac{t_0 + \Delta t}{t_0 + \Delta t} \right) \quad (1)$$

ここに C_α は T_c 試験の結果から求められた二次圧縮係数、 $C'_{\Delta T}$ は図2に示した関係のうち最初の温度上昇過程における直線部分の勾配である。今回の試験では55℃までを直線とみなした。 $\Delta t_{\Delta T}$ は温度を ΔT 上昇させるのに要した時間、 t_0 は二次圧密領域における任意の時刻である。表1に広島湾泥の試験条件および結果を示す。これを用いて計算した式(1)の関係を図3に示す。広島湾泥が同じ温度変化を与えた場合、藤の森粘土やカオリン粘土に比べて短い期間の長期圧密にしか相当しないのは、時間効果が大きいために温度効果が相対的に小さな評価になっているからである。温度サイクルの高温域でTv-1は膨張しTv-2は沈下量が非常に小さい。これは従来の研究結果²⁾と異なる傾向である。このような結果となった理由として次のことが考えられる。①加熱による圧密促進に限界の温度が存在する可能性がある。②温度上昇に伴う土粒子の膨張が影響する。図5に温度と土粒子密度の関係を示す。高温域で密度が小さくなっていることが確認できる。熱膨張率を α とすると、土粒子密度と温度には式(2)の関係がある。

$$\rho_s(T) = \frac{\rho_s(T_0)}{\alpha(T - T_0) + 1} \quad (2)$$

図4に示した曲線は仮定した α の値に対応する理論的關係である。

6. おわりに

広島湾泥は温度を55℃まで上昇($\Delta T=35^\circ\text{C}$)させることにより24~28日程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った。温度を60℃以上に上昇させた時、圧縮量が小さくなったり膨張するという結果に対してはさらに検討したい。

参考文献

- 1) 土質試験のてびき 土木学会・土質工学会編
- 2) 清水正喜・神戸砂織(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回年次学術講演会講演概要集第3部(A) pp.326~327.

表1 試料の時間効果・温度効果特性

試料	広島湾泥
C_α	2.79×10^{-2}
$C'_{\Delta T}$ (Tv-1)	1.49×10^{-3}
$C'_{\Delta T}$ (Tv-2)	1.55×10^{-3}
$\Delta t_{\Delta T}$ (min)	2880
t_0 (min)	1440

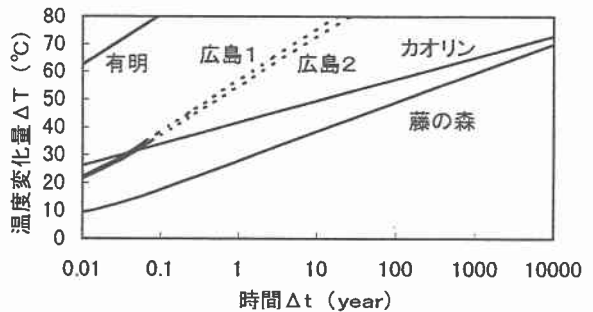


図3 同じ間隙比変化を生じる二次圧密時間と温度変化量 (広島湾泥以外は文献²⁾参照)

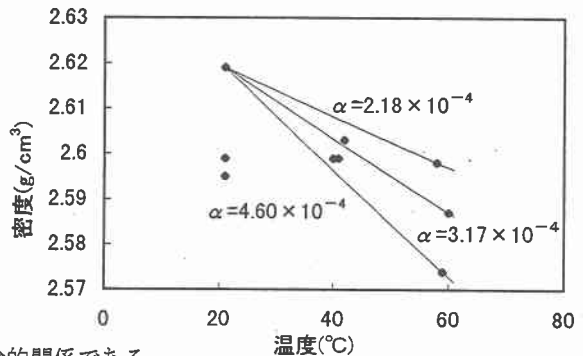


図4 広島湾泥の土粒子密度