

ベントナイトの一次元圧密挙動における温度の影響

鳥取大学工学部
やまこう建設(株)正会員 清水正喜
正会員 〇勝原宙貴

1. はじめに

化学的地盤改良やゴミ埋立地、さらに将来的には放射性廃棄物処分に際して地盤が高温環境にさらされる状況が多々ある。粘土を加熱すると圧密が促進され、自然堆積粘土の持つ年代効果を短期間で実験室において再現できる可能性が示唆されている。本研究ではベントナイトを試料として一次元圧密試験を行い、二次圧密領域で高温環境が粘性土の体積変化に及ぼす影響を調べた。

2. 試料の物理的性質

試料の土粒子密度試験、コンシステンシー限界試験の結果を表1と図1に示す。粒度試験の結果を図2に示す。土粒子密度は、JIS A 1202 では容量 100ml 以下のピクノメーターに対して乾燥質量 10g 以上用いることと規定されているが、ベントナイトは非常に膨潤性が高いため質量を減らさないと試験できなかった。試料の適量を知るため乾燥質量を 1~5g の間で変えて密度試験を行った(図 1)。十分な脱気が可能であり、また粘性を低くして操作が容易であり、さらに、その結果として再現性がよいのは 4g 程度の乾燥質量で試験するのが適当であると結論した。表1の値は 4g で試験した結果である。

3. 圧密試験

(1) 予備実験 温度を変化させる試験では、圧密容器底盤に熱電対を挿入し、供試体内温度を測定するので熱電対高さ(0.8cm)より供試体高さを高くする必要がある。そこで載荷重や供試体初期高さなどの条件を決定するために予備実験を行った。供試体は液性限界の約 2 倍で練り返しスラリー状態で圧密リングに入れ、両面排水で段階的に載荷した。供試体高さとして最大の圧密圧力を変えて試験した。リングに入れる際、試料が団粒化してしまい練り返しが困難であるため半日~1 日程度含水比が変化しないようにして放置して、十分吸水させ、定期的に練り返す必要があった。また、圧密リングに入れたとき供試体上面の整形がワイヤーソーでは不可能であったため直ナイフで行った。

(2) 温度変化圧密試験 予備実験の結果を考慮して、液性限界の約 2 倍で練り返し供試体初期高さ 4cm、片面排水(上面排水、底面非排水)、圧密圧力 7.35kPa で次の二通りの試験を行った。

Tv 試験: 一時圧密終了後温度を 20℃ から 80℃ まで変化させた試験。温度変化段階を図3に示す。

Tc 試験: Tv 試験と同条件で温度を変化させない試験。

4. 結果

図4に Tv, Tc 試験の沈下量と時間の関係を示す。温度を

表 1. 試料の物理的性質

試料	ρ_s (g/cm ³)	w_L (%)	w_p (%)
ベントナイト	2.640	601.3%	46.3%

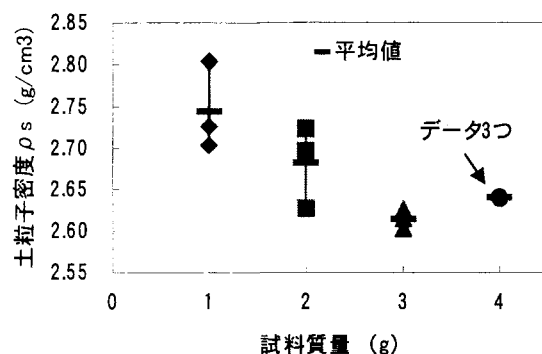


図 1. 密度試験

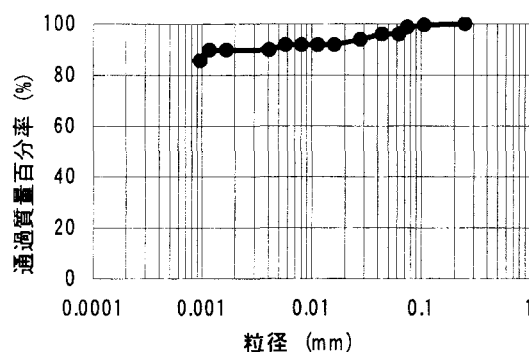


図 2. 粒径加積曲線

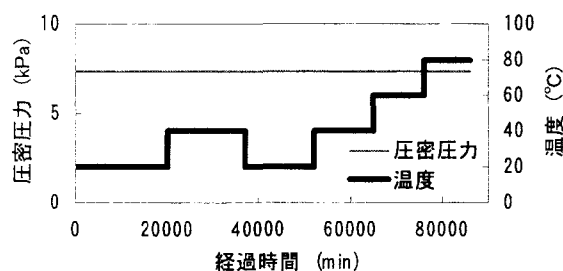


図 3. 温度変化段階

上昇させたことにより沈下が促進されていることが分かる。また、温度上昇段階で一時的に供試体が膨張している。これは間隙水と土粒子の熱膨張により一時的に供試体の体積が膨張したもので、圧密による排水が起こるとただちに圧縮に転じたものと考えられる。

図 5 は各温度段階での間隙比の時間的变化を示している。図の直線は二次圧縮速度の算定に用いた直線である。図 6 に二次圧縮速度と温度の関係を示す。40℃1 回目の二次圧縮速度が卓越した値になったが、それは、20℃での圧密が十分進行していない段階で温度を 40℃に上げてしまったためと思われる。40℃2 回目以降温度を上昇させることにより二次圧縮速度が増加していることが分かる。

Tv 試験において室温での $e-\log t$ 曲線には明瞭な直線部分が現れなかったため室温における二次圧縮速度 ($C_{\alpha 0}$) を求めることができなかった。図 6 の 40℃2 回目から 80℃の間で二次圧縮速度と温度の間の直線関係を仮定し、外推によって Tv 試験 20℃における二次圧縮速度を求めると、0.023 となった。一方、Tc 試験から 20℃における二次圧縮速度を求めると、0.105 であった。

図 7 は間隙比と温度の関係である。図に示すように温度による間隙比減少率 $C_{\Delta T}'$ ($=-\Delta e/\Delta T$) を求めた。また、土粒子熱膨張率 (α_s) を考慮した場合としない場合を比べると、考慮しない場合には間隙比減少率を過小に評価する結果になる。なお、 α_s は清水・大西¹⁾によって求められた値を用いた。

図 8 は清水・神戸²⁾の方法によって求めた温度変化 ΔT による間隙比減少量を生じさせるのに必要な室温(20℃)での二次圧密時間 Δt_c と ΔT の関係である。温度変化 ΔT を作用させた時間に生じる二次圧密量を考慮した場合を示した。図より 10℃の温度上昇に相当する間隙比減少量を与える二次圧密時間 Δt_c は、約 9.0×10^5 年である(考慮しない場合は別途報告³⁾)。

5. おわりに

ベントナイトは高い吸水性と膨潤性ゆえに非常に扱いにくい試料であり、本研究では比較的低圧力下での挙動しか調べることができなかった。今後、さらに高い圧力での挙動を調べる予定である。

参考文献

- 1) 清水・大西(2003)：加熱による二次圧縮促進効果の土粒子熱膨張率を考慮した評価, 第 38 回地盤工学研究発表会, pp.197-198.
- 2) 清水・神戸(1997)：加熱による粘性土の一次元圧縮促進効果の定量評価, 土木学会第 52 回年講, III A326-327.
- 3) 清水・勝原(2004)：粘性土の二次圧密における温度効果と時間効果-ベントナイト-, 第 39 回地盤工学研究発表会(投稿中)

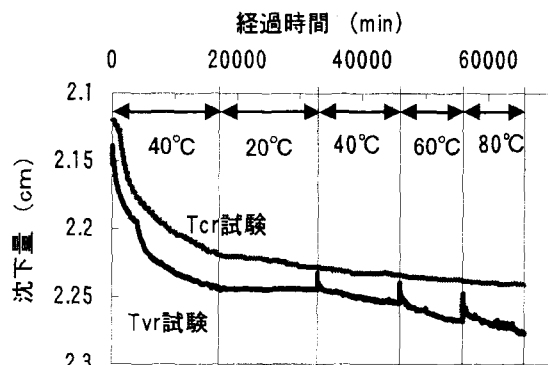


図 4. 温度変化後の沈下量と経過時間

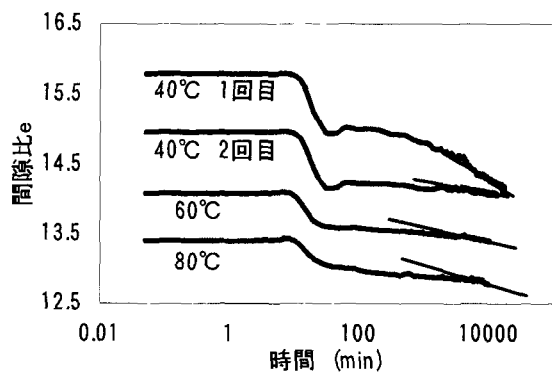


図 5. 各温度段階での間隙比の変化

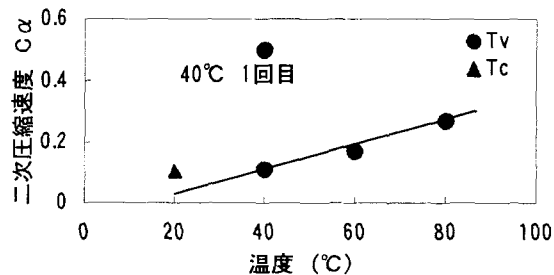


図 6. 二次圧縮速度と温度の関係

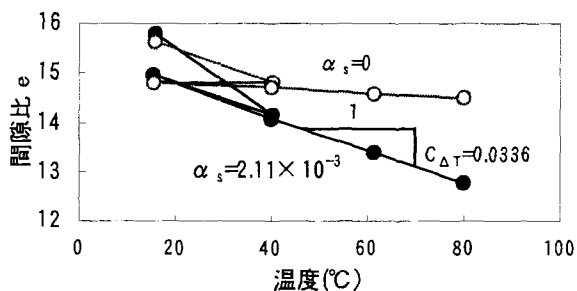


図 7. 間隙比減少量と温度, 熱膨張率の関係

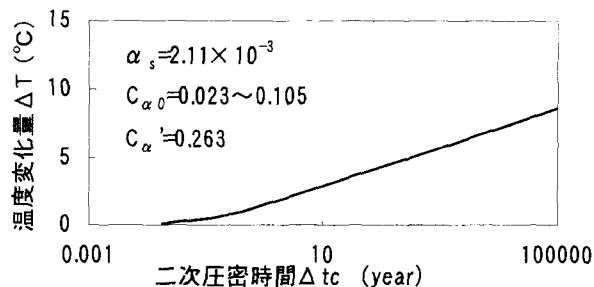


図 8. 温度変化量 ΔT と二次圧密時間 Δt_c