

III-43

粘性土の圧密現象に及ぼす温度の影響

大分県立日田林工高等学校 正〇立石義孝

九大工学部 正 山内聖典 正 著合英俊 正 林重徳

1. はじめに

土の熱的性質に関する研究は、凍上現象などを対象として低温域にあり多く行なわれているが、中・常温域における土の熱的性質は、現状にありほとんど解明されていない。そこで、筆者らは中・常温域にあり粘性土の圧密試験を行ない、圧密諸係数(圧縮指数 C_c 、体積圧縮係数 m_v 、圧密係数 C_v 、透水係数 k 、二次圧密係数 α など)に及ぼす温度の影響を調べ、粘土構造の観点からも考察した。使用した試料は、市販のカオリンとベントナイト並に有明粘土である。本文は、その第1報として粘性度の低いカオリンを用いた実験結果を報告する。

2. 試料と試験方法

今回試験に使用した市販のカオリンの物理的性質は表-1に示すとありである。

2-1. 供試体の作製；試料は、カオリンと蒸留水との重量混合比を1:1のスラリー状(液性限界の約2倍)にして、よく脱気した後、これを直径10cmのモールドに入れ約2週間かけて0.56~1.17 g/cm²の先行荷重まで段階的荷重により圧密した。除荷後24時間、所要温度の恒温水槽に浸し、養生した。その後、直径2cmの圧密試験用の供試体を切り出し、供試体の初期状態の平均値は、含水比48%、湿潤密度1.74 g/cm³、間隙比1.2である。

2-2. 圧密試験方法；図-1の様に自動恒温装置を付加した標準圧密試験機で、土質工学会の土質試験法に準じて行なった。設定した温度は、20、30、40、50℃の4段階である。試験中の所要温度の誤差は±0.5℃である。

3. 試験結果と考察

今回のデータは、 $\sqrt{e}$ 法により整理し、各温度における圧密諸係数と比較検討した。

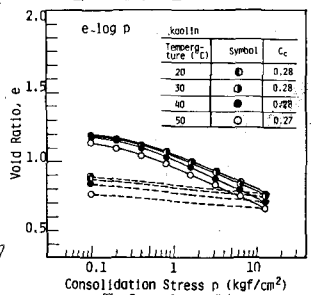
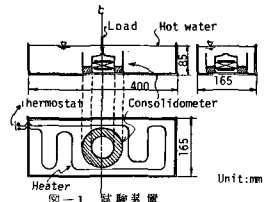
3-1. 圧密諸係数(C_c , m_v , C_v , k , α)と温度の関係について；温度の変化は、 $e \sim \log p$ 曲線と上下エスレるが、 C_c の値はあまり影響を受けない(図-2)。 $\log p \sim \log m_v$ 曲線(図-3)は、正規圧密領域より、過圧密領域で温度の影響が見られる(図-4)。 C_v も m_v 同様の傾向が生じ過圧密領域で温度が上昇するほど各々の値が大きくなっている(図-5)。 k は正規圧密領域と過圧密領域にありて相異なる傾向を顕著に示している(図-7)。すなわち、30℃を境にして k の値が前者は減少し、後者は漸増している(図-8)。また、同様のことが α についてもいえる(図-9)。以上のことから、温度の変化は、正規圧密領域より過圧密領域に影響があらわれ易いことがわかる。

3-2. 水の粘性係数に着目して；水の粘性係数 μ が温度上昇に伴い、減少することは、周知の事実である。すなわち、温度 t 、 μ における透水係数と粘性係数とそれぞれ k 、 μ とすると、 $k_{rel} = \mu_{rel}$ の関係がある。一方定数により $C_v = \frac{k}{(1+e)m_v}$ であり、各温度における圧密係数と C_v , α とすると、 $C_v/\alpha = \frac{k}{\mu}$ となる。これらの関係を用いて、温度上昇に伴う μ の影響を補正すると、過圧密領域の C_v は、 μ の影響をある程度補正できる(図-6)。以上、3-1、3-2から温度変化に伴う μ の変化の効果だけでなく、圧密過程における粘土構造の影響(土粒子の配列変化)をも同時に考慮して温度の影響を考察する必要がある。

3-3. 圧密過程の粘土構造の変化；圧密過程の粘土構造を模式的にLambeは図-10の様に示す。初期構造の相異(綿毛構造か配向構造か)によつて、 $e \sim \log p$ 曲線の形状が違ってくることが知られている。今回の供試体作製条件から初期構造を綿毛構造と見なし、土粒子はedge-to-edgeがedge-to-faceで接近し合つて(配

表-1 カオリンの物性

Sample	kaolin
Liquid limit (%)	49.6
Plastic limit (%)	23.2
Plasticity index	26.4
Silt (%)	40
Clay (%)	60
Specific gravity	2.69
Activity	0.75

図-2 $e \sim \log p$ 曲線

列している。この時、粒子間はCoulombの引力とvan der Waalsの引力と、前者最大になる様に最小エネルギーの位置をとろうとする²⁾。故に、間隙部が小さくなり間隙水圧が消散され易く、水の粘性の影響を受けるため、この領域(過圧密)では、温度による水の粘性の影響が生じる(図-3.5.7.8)。特に図-8の傾向は、このことを顕著に示している。圧密がさらに進行すると、土の構造は完全配向構造となり、face-to-faceで土粒子が配列する。この時の粒子間では、土粒子表面と粒子間にある交換性カチオンまたは、反粒子との間でvan der Waalsの引力が生じる。圧密能力が非常に大きくなり、粒子間のカチオンは、きつめを接近するため、反発し合ひ、粒子間にvan der Waals反発力が生じる²⁾。この時、間隙部の水は流出されにくいため、この領域(正規圧密)では、温度による水の粘性の影響が無視できるものと考えられる(図-2.3.5)。特にe~log p関係(図-2)での正規圧密領域は、完全配向構造になるため、 C_u の値はあまり変化しなくなり。また、図-5.7より先行荷重がほぼ $p = 1 \text{ kgf/cm}^2$ であることから、 $p > 1 \text{ kgf/cm}^2$ となると、 σ_v ・ σ_h 温度バグメータが入り出し、温度の影響も及ぼすことになる。以上のことより、圧密降伏能力の両側の荷重領域で構造の変化挙動が異なるため、圧密降伏能力の物理化学的意味合いが重要とえられる。

4. まとめ

武料カオリンは、活性度の低い非活性粘土と普通粘土の境であり、一次圧密が数秒で終る砂粒の粘土である。この試料の温度による影響について検討したが、その結果次の様に要約される。i) 圧密沈下量には、あまり影響はなく、圧密沈下時間に影響を及ぼす。ii) 過圧密領域においては、温度の影響が重要である。この場合、水の粘性係数 η 、ある程度補正可能である。iii) 圧密降伏能力に温度の影響が異なることから、粘土構造も同時に考慮する必要がある。以上は、活性度の低いカオリンの外について言えることと、今後、高活性度のベントナイトなどを用いて同様の試験を実施し、温度の影響範囲の明確化、圧密降伏能力の物理化学的説明など、定量的説明ができるようにしていきたい。なお、試験に協力された大工部上質研究室の学生諸君に感謝するものである。

参考文献 1) 山内聖典(1969); 土木工学物理化学的性質土質力学(第2次補編)pp.1-88 2) 浅井美利(1970); 土質工学における粘土構造の問題、表紙、66号、No.12, pp.12-26

3) Lambe, T.W. (1958); The Engineering Behavior of Compacted Clay, Proc. ASCE, Jour. SM&FE, Div., SM2 4) Finn, P.N. (1951); The Effect of Temperature on the Consolidation Characteristics of Remolded Clay, ASTM Spec. Tech. Publ. 126, pp. 65-72

5) Highway Research Board (1969); Effects of Temperature and Heat on the Engineering Behavior of Soil, H.R.B. Spec. Rep., 103: 300pp

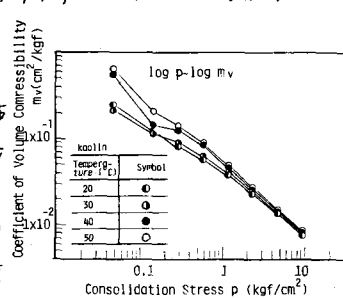


図-3 log p - log mv 曲線

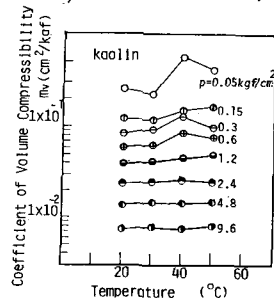


図-4 mv と温度の関係

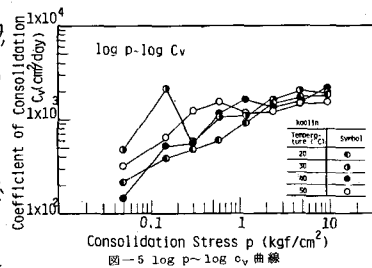


図-5 log p - log cv 曲線

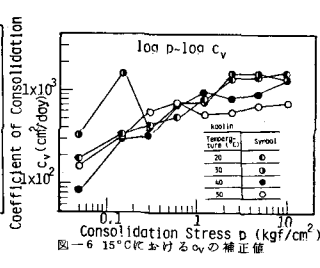


図-6 15 °Cにおけるcvの補正値

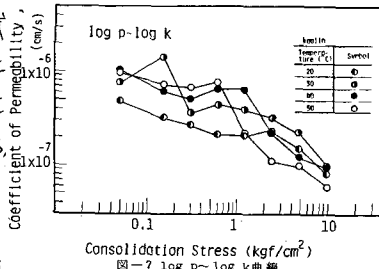


図-7 log p - log k 曲線

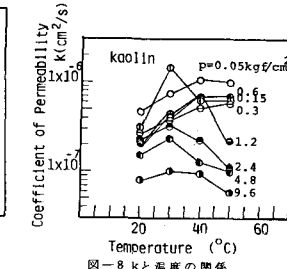


図-8 k と温度の関係

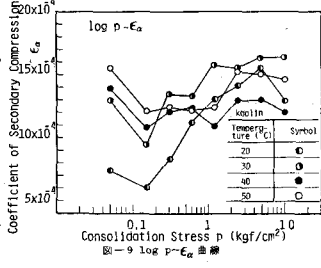


図-9 log p - eε 曲線

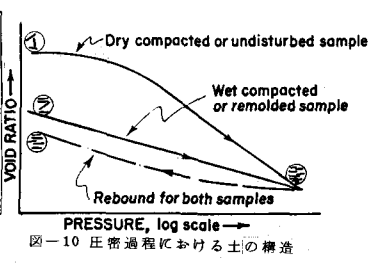


図-10 圧密過程における土の構造