

III-72 正規圧密状態にある粘土の二次圧密特性について

京都市立伏見工業高等学校 正 ○安川 郁夫
基礎地盤コンサルタンツ(株) 正 森田 悠紀雄

1. はじめに 粘土の圧密現象における二次圧密特性については、古くから多くの研究者によって研究されているが、いまだ未解明な部分が多く、現在においても圧密の研究の大きなテーマである。この二次圧密の研究方法は、経験公式で表わそうとする方法と解析的な方法との2つに大別されるが⁽¹⁾、微視的にみた二次圧密機構の複雑さから、多くの実験事実にもとづいて、帰納的なアプローチで究明していく方法をとうざるを得ないと考えられる。

近年、二次圧密特性についての実験的研究の成果が多く発表されており、現象についてかなり整理できようになっているが、なせそのような現象が表われるのかについての説明に明快なものほとんどないように思われる。そして、その現象のいくつかの傾向については、異なった結果が呈示されたりしている。このことは、圧密圧力との関係で顕著にみられるようである。従来、二次圧密係数は圧力増加や圧力増加率に独立であるといわれているが⁽²⁾、最近の研究でも、そのような事実⁽³⁾と異なった傾向を示す結果⁽⁴⁾⁽⁵⁾が示されている。今回、圧密圧力との関係での二次圧密特性について、一連の実験的研究を行ったので、以下にその結果を報告する。

2. 試料と実験方法

粘土の微視的構造と二次圧密とは重要な相関をもつと考えられるので、今回の実験には乱さない沖積粘土を用いた。試料は有明海沿岸部の深さ5.00～6.00mの均質な粘土層から採取した乱さない沖積粘土で、物理常数は $G_s=2.643$ 、 $w_L=92.2\%$ 、 $w_p=55.6\%$ 、 $I_p=36.6$ 、 $I_L=1.5$ であり、粒度は砂分2%、シルト分39%、粘土分59%である。

供試体の直径6cm、初期厚さ2cmの標準形圧密試験機を用い、圧密容器は内面にテフロン加工を施し、供試体の成形には人為的に乱れを与えない方法を用いた。また、予備的な実験にもとづいて、あらかじめ容器内面にシリコンオイルをごく薄く塗ることにより側面摩擦の影響を極力小さくした。

試料土の土かぶり圧は $0.2 \text{ kg/cm}^2 \sim 0.26 \text{ kg/cm}^2$ の間にあり、圧密降伏応力は $p_y = 0.76 \text{ kg/cm}^2$ である。試験は、試料採取にともなう膨潤の影響を取り去る意味から、まず 0.2 kg/cm^2 で1日間圧密した後、 0.8 kg/cm^2 の圧密荷重で圧密し、正規圧密状態にもっていき、その後、増加荷重に $\Delta p = 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2 \text{ kg/cm}^2$ の5段階を用い、それぞれの供試体にそれらの単一荷重を載荷し1週間圧密した。ここで、 0.8 kg/cm^2 の正規状態にもっていくとき、 0.8 kg/cm^2 による圧密の持続時間の影響すなわち aging の効果をみるため、表-1に示すようにその圧密時間には3種類を用い、計15ケースについて実験を行った。

Case A	$0.2 \text{ (kg/cm}^2) \xrightarrow{1 \text{ day}} 0.8 \text{ (kg/cm}^2) \xrightarrow{+ \Delta p} 1 \text{ week} \rightarrow \text{測定}$
Case B	$\text{〃} \xrightarrow{1 \text{ day}} \text{〃}$
Case C	$\text{〃} \xrightarrow{1 \text{ week}} \text{〃}$

表-1. 試験条件の説明

3. 試験結果と考察

それぞれの増加圧力 Δp に対するひずみ ε_x と時間 t (min)の関係について、Case Bの場合を図-1に示す。図中の破線は曲線定規法による一次圧密終了点を示す。その図から、ほぼ24時間以後の $\varepsilon_x - \log t$ 曲線は直線を示し、大きな差異ではないが Δp が大きくなるほど二次圧密係数 $E_\alpha (= d\varepsilon_x / d \log t = C_\alpha / (1 + e))$ が小さくなることかわかる(図-3)。Case A, Case Cについては紙数の関係で省略したが、 Δp に対していずれも同様の傾向を示している。圧密圧力に対する E_α の関係については、自然の乱さない微視的構造を有する粘土に対して、正規圧密状態ではこの傾向が一般的にいえると考えられる。

次に、aging効果は次の圧力増加による圧密にどのような影響を示すかを表わしたのが図-2である。これも紙数の関係で $\Delta p = 0.4 \text{ kg/cm}^2$ の場合についてのみ示した。この増加圧力の段階では、agingは圧密曲線の形および E_α に影

響していることがわかる。ところが $\Delta p = 1$ 以上になる $\Delta p = 0.8 \text{ kgf/cm}^2$ 以上では、圧密曲線の形は aging による差はなく、類似の同じ傾向の曲線を示すか ε_a はわずかに異なる結果が得られている。増加圧力が小さい段階では、特に aging によって圧密曲線の形そのものが異なり、圧密特性はかなり異なることが予想される。以上の Δp と aging が ε_a にどのような影響を及ぼすかを示したのが図-3 であり、また一次圧密比 r との関係を示したのが図-4 である。図-3 から、aging を受けた土ほど、いずれの Δp に対しても ε_a が大きいことがわかる。さらに図-4 から、 Δp が小さい領域 ($\Delta p < 1$) では、aging を受ければ r は小さくなる。

これらの現象は、粘土の微視的構造の面に注目することによって説明できるように考えられる。粘土の圧密は、主にマクロパッドの移動や変形とマクロポアの減少によって一次圧密が生じ、二次圧密はパッド内部での再配列や変形に依存すると説明されている⁽⁶⁾。ある圧密荷重にもとづく aging によって、パッドがより安定な状態に変形し、新たな小さな増加荷重では、パッドの移動にともなうマクロポア

の減少、すなわち一次圧密が比較的早く終え、その後パッド内部の再配列かその荷重に対応して徐々に進むことから、だらだらと二次圧密が続く。これに対し、aging を受けない場合、新たな荷重によってパッドの移動とマクロポアの減少とともに、安定な状態

に変形していない分だけパッド自体の変形も早期から進み、一次圧密中に二次圧密を包含するような形でテルツァギ形の圧密曲線を示し、その結果として二次圧密がそれだけ減少する。増加圧力が大きくなると、aging を受けていても、パッド自体の変形が早期から強制され、aging の影響が相対的に消されることになり、類似のテルツァギ形の圧密曲線になるのではないかと推定される。

〔参考文献〕 (1) 網干；圧密，最上編「土質力学」，技報堂，(2) Mesri G.；Coefficient of Secondary compression，ASCE，SM1，1973. (3) 網干，松田；荷重増加率が極めて小さい場合の粘土層内部での圧密挙動について，第34回土学会，1979. (4) 村上；粘性土の二次圧密に関する諸特性について，第14回土質工学，1979. (5) 渋谷，大重，軽部；標準圧密試験における二次圧密速度について，第34回土学会，1979 (6) 嘉門；超軟弱粘土の工学的性質とその安定処理に関する研究，京大学位論文，1979

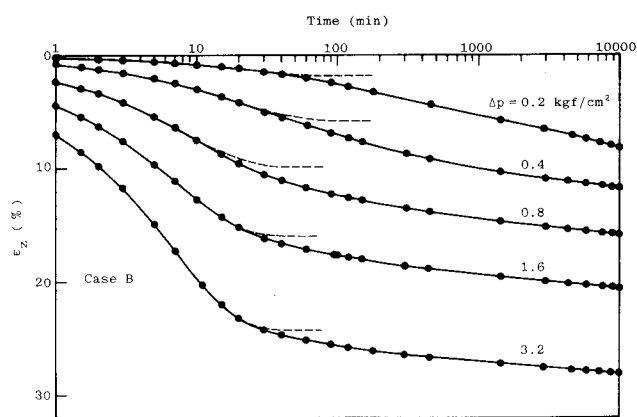


図-1 ひずみ-時間曲線 (Case B)

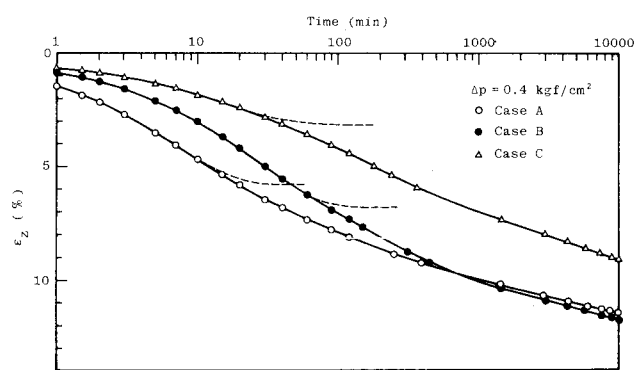


図-2 Agingの相違によるひずみ-時間曲線 ($\Delta p = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$)

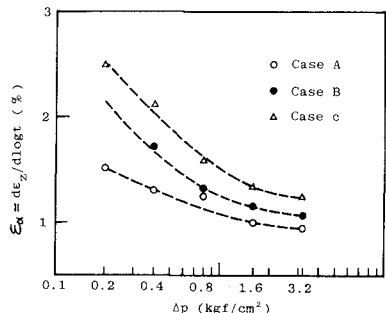


図-3 ε_a と Δp の関係

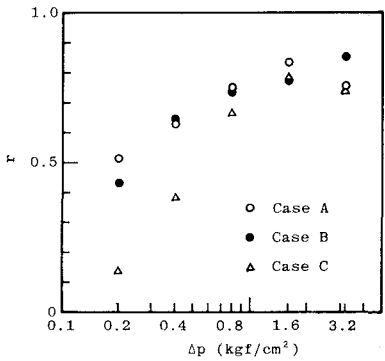


図-4 r と Δp の関係