

異方圧密試験時における圧密特性の考察

鹿児島大学工学部 学小野勝志 正 三隅浩二

1. はじめに 圧密理論によれば、飽和している粘土地盤の圧密の速さは、その地盤を構成する土質材料の透水係数、体積圧縮特性ならびにその地盤の排水境界条件（排水長の長短）に依存して決まる。本研究では、飽和した練返し粘土試料の異方圧密試験を実施して、圧密の第1固有値を観測することにより、円筒形の三軸供試体というミニチュア地盤の圧密速度変化を考察している。

2. 圧密速度変化の考察

式(1)は、荷重一定時に成立する過剰間隙水圧の圧密の解を表している。

$$u = \sum_{i=1}^{\infty} C_i \cdot \exp(\lambda_i \cdot t) \quad \dots (1)$$

ここで、 λ_i , $i=1, 2, \dots, \infty$ は、圧密の固有値、 C_i , $i=1, 2, \dots, \infty$ は、場所に依存する定数である。 λ_i , $i=1, 2, \dots, \infty$ はすべて負であり、その絶対値の関係は、 $|\lambda_1| < |\lambda_2| < \dots < |\lambda_i| < \dots$ である。ここで、圧密の固有値の中で最も絶対値の小さい λ_1 を圧密の第1固有値と呼んでいる。式(1)より、圧密時間がすすむ($t \rightarrow \infty$)につれて、絶対値の大きな圧密の固有値を含む項がその絶対値大ききの順番に消滅していき、圧密の第1固有値を含む項のみが生き残って最終的に圧密現象を支配してしまうことがわかる。すなわち、 λ_1 の絶対値の大きさによってその地盤の圧密速度の大小が決まることになる。

さて、今回の異方圧密試験データの中で最も精度よく測ることのできた圧密挙動は、電子天秤で測られた排水量の変化すなわち体積変化 ΔV である。そこで今回は式(2)、(3)を用いて圧密の第1固有値を測定した¹⁾。

$$\Delta V_i = \beta_0 (\Delta V) + \beta_1 \cdot \Delta V_{i-1} \quad \dots (2)$$

$$\lambda_1 = \ln \beta_1 / \Delta t \quad \dots (3)$$

式(2)は等時間間隔 Δt で差分された ΔV の圧密の式である。式(2)は圧密現象が圧密の第1固有値だけに支配されている場合に使える式である。 β_0 は観測値の種類によって変わる定数、 β_1 は観測値の種類に関係なく決まり、式(3)より圧密の第1固有値 λ_1 を決定することができる。

図1は、異方圧密試験の応力経路ならびにタイムスケジュールを示している。応力経路図の中には、同じ試料のせん断試験より得られた降伏曲線²⁾を参考のために記している。異方圧密試験は $p=1.5 \text{ kgf/cm}^2$ まで $\eta=0.545$ で圧密した後に、いったん $p=0.5 \text{ kgf/cm}^2$ まで除荷し、再び所定の応力比一定ラインにのせて再載荷を行っている。実線で記されているラインAは、はじめの応力比 η_0 の半分の傾き($\eta=0.2725$)であり、波線のラインBは、はじめの応力比 η_0 と限界状態パラメータ($M=1.245$)の丁度半分の傾き($\eta=0.89375$)となっている。

図2の右側半分は、今回の異方圧密試験で得られた体積変化 ΔV (各段階の2.4時間目の値)と平均主応力 $\ln p$ の関係を示している。一方、図2の左側半分は、 ΔV の試験結果に対し、1次元圧密を仮定したときに得られる透水係数³⁾を常用対数で示した図である。なお、今回のように多次元圧密が起きているときの透水係数の厳密な値は、文献4などの方法で求めることができる。

図3は、式(2)、式(3)より得られた圧密の第1固有値の変化を時間方向に整理して示したものである。この図より、以下のことがわかった。①載荷時、再載荷時において、試料が弾塑性領域にあるときの圧密速度は応力比 η や圧密圧力 p に関わらずほぼ一定である、②載荷から除荷に移行しても圧密速度が変わらない。除荷されると土は弾性領域に移るので構造骨格は圧縮しにくくなるはずだが、同時に、図2左を見てわかるように透水係数も小さくなっていることから、結果的に圧密速度が変わらなかつたものと考えられる。③再載荷時に圧密速度は急激に速くなる。弾性領域から弾塑性領域に突入するときまた急激に遅くなつてもとの圧密速度のレベルに戻ろうとしている。

3. おわりに 以上、異方圧密試験時の圧密特性について考察してきたが、部分排水せん断時の挙動についても同様な考察を行っている⁴⁾。土が次第に強くなるとき、逆に土が次第に壊れていくとき、圧密特性や透水係数値がどのように変化していくのか、そのメカニズムを明らかにしたい。

参考文献 1) 浅岡顕, 三隅浩二: 正規圧密粘土の部分排水三軸圧縮試験, 第21回土質工学研究発表会昭和61年度発表講演集2分冊の1, pp. 433-436, 1986 2) 前田修作, 三隅浩二: 異方圧密粘土の降伏曲線および弾塑性パラメータの決定, 平成7年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 1996 3) 赤塚芳弘, 三隅浩二, 佐藤: 現場の載荷条件を模擬した部分排水三軸圧縮試験, 平成4年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp. 592-593, 1993 4) 竹ノ内政宣, 三隅浩二: 多次元圧密プログラムを利用した透水係数変化の逆解析, 平成7年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 1996

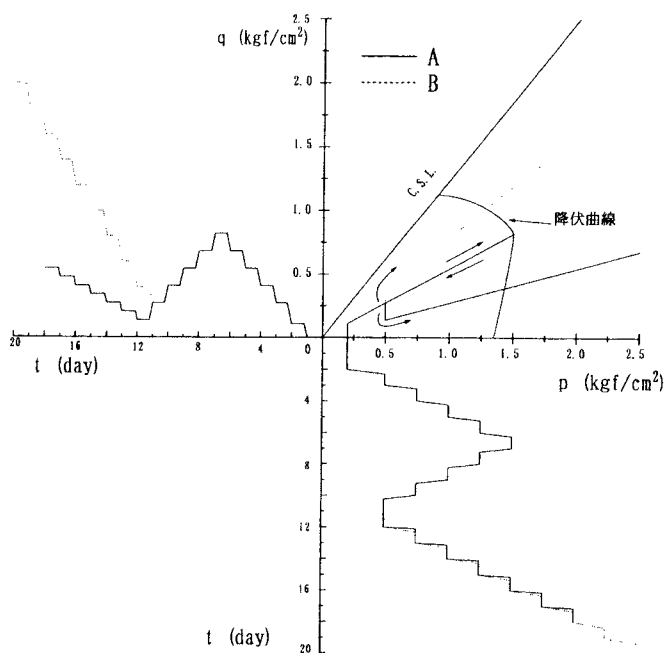


図1 異方圧密試験の応力経路とタイムスケジュール

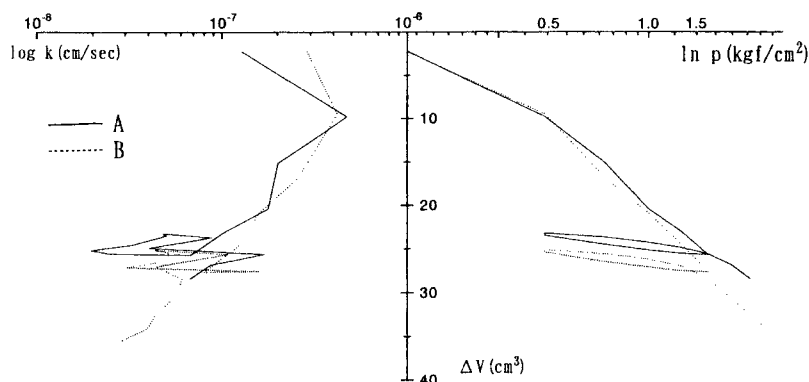


図2 異方圧密試験で得られた体積変化 ΔV と透水係数

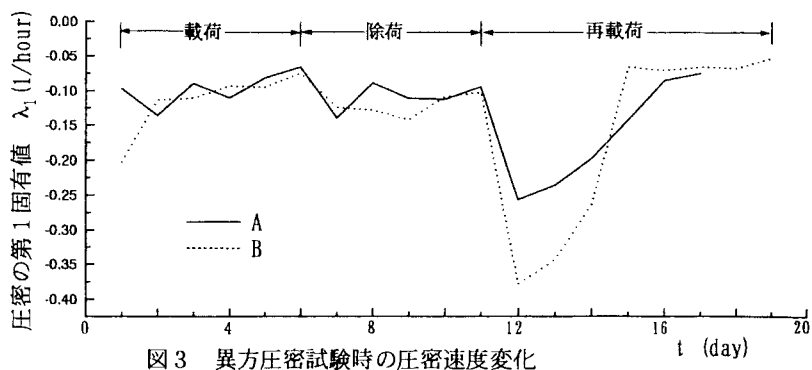


図3 異方圧密試験時の圧密速度変化