

間隙水圧制御試験による粘土の等方圧密特性

信州大学大学院 学○広田 祐司

信州大学工学部 正 梅崎 健夫 正 川上 浩

信州大学工学部 学 駒村 哲一

1. まえがき

粘土の圧密特性とそのメカニズムを解明するために、供試体の間隙水圧を制御する装置¹⁾を考案した。考案した装置(Pore water pressure Control Device, 以下P.C.D.と略す)は供試体からの排水経路中にセラミックディスクを挿入したものであり、圧密過程における供試体を要素(応力・ひずみが均一)として評価できる。三軸試験機を用いた等方圧密試験を実施して、通常の試験とP.C.D.を用いた試験の比較により本装置の有用性を示した。さらに、等方圧密過程における粘土の間隙比と有効応力の関係、圧密度および一次元圧密との比較について検討した。

2. 間隙水圧制御装置(P.C.D.)の原理

通常の等方圧密試験において圧密時に周面排水とした際に、供試体周面(排水面)の間隙水圧は直ちに背圧と等しい値となり、供試体中心(非排水面)との間に間隙水圧の差が生じ、間隙水圧消散過程の供試体を要素として評価することには問題がある。この間隙水圧の差を小さくするためには、排水経路中に供試体と同等の透水係数を持つ物質を挿入することが考えられる。本研究では挿入する物質としてセラミックディスク(厚さ0.47 cm, 直径2.31 cm, 透水係数 8.1×10^{-8} cm/s)を採用した。装置の詳細は文献1)を参照されたい。

3. 試験方法

試料はカオリン($G_s=2.759$, $w_L=75.7$ %, $I_p=39.4$)である。供試体は49.0 kPaで一次元的に予圧密した試料を直径5 cm, 高さ10 cmにトリミングして作製し、二重負圧法により脱気した後、背圧196.0 kPaを負荷させた。まず圧密応力156.8 kPaのもとでP.C.D.を用いずに100%圧密(3t法)を終了させた後、圧密応力を313.6 kPaに増加(荷重増加率 $\Delta p/p=1$)し、P.C.D.を用いて所定の圧密度まで等方圧密試験を実施した。間隙水圧の測定は供試体の中心(u_1)と周面(u_2)で行った。なお、供試体上下端面にはルブリケーションを施し、メンブレンは厚さ0.3 mmのものを使用して表面にシリコングリースを塗布した。

4. 試験結果および考察

(1) 通常の等方圧密試験 : 図-1は、三軸試験機を用いた等方圧密試験と標準圧密試験(一次元圧密)における $e-\log p'$ 関係を示したものである。なお、100%圧密の打ち切りは、それぞれ等方圧密試験の場合は3t法、標準圧密試験では24時間としている。正規圧密領域における圧縮指数 C_c は等しく、正規圧密線(N.C.L.)は等方圧密の方が上方に位置する。

図-2は、等方圧密過程における状態経路を示したものである。有効応力(p')の算定には、非排水面である供試体中心の間隙水圧(u)を用いて評価したもの($p'=p-u$)と、間隙水圧の放物線分布を仮定して評価したもの($p'=p-(2/3)u$)を

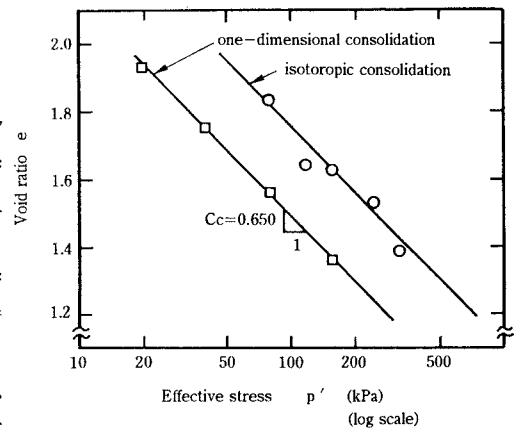


図-1 正規圧密線(N.C.L.)

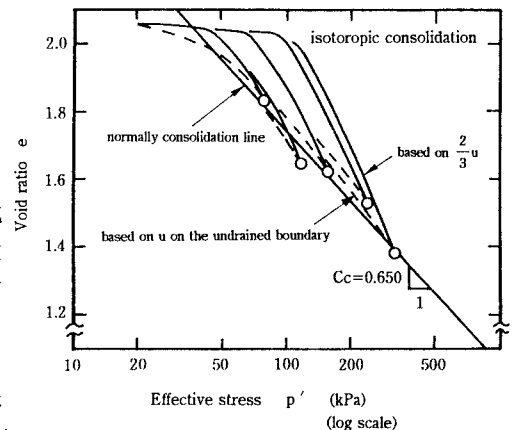


図-2 圧密過程における状態経路

併せて記してある。ここで p は圧密圧力増分（全応力）である。両者とも状態経路はN.C.L.より上方の経路を辿ることが示されている。これは今井ら²⁾が行った分割型の一次元圧密試験の結果とほぼ同様である。

(2) P.C.D.を用いた等方圧密試験：図-3は、P.C.D.を用いた試験と通常の試験の場合の圧密過程における間隙水圧と体積ひずみの経時変化を示したものである。通常の試験では周面(u_1)と中心(u_2)の間隙水圧に大きな差が生じているのに対し、P.C.D.を用いたものはその差がほとんどなく圧密が進行しており、供試体の応力・変形は均一と考えられる。すなわち、P.C.D.を用いれば圧密過程における供試体を要素（応力・ひずみが均一）として評価できる。

図-4は、圧密過程における間隙比と有効応力の関係を示したものである。ここで、供試体内の間隙水圧の差はたいへん小さいが、通常の試験と同様に放物線分布を仮定して有効応力(p')を $p' = p - (2u_1 + u_2)/3$ として算定した。P.C.D.を用いた試験においても圧密過程の状態経路はN.C.L.より上方の経路を辿る。しかし、P.C.D.により圧密の進行速度が抑制されているため、通常の試験に比べてN.C.L.に近い経路を辿る。

図-5は、体積ひずみに関する圧密度 ($U\varepsilon = (e_0 - e)/(e_0 - e_1)$) と有効応力に関する圧密度 ($Up = (p' - p_0')/(p_1' - p_0')$) の関係を示したものである。図中には圧密過程における $e - \log p'$ の直線関係を前提とした時の両者の関係³⁾も破線として示している。従来、 $e - \log p'$ の直線関係を前提にして、 Up は $U\varepsilon$ よりも遅れて進行し、その遅れは荷重増加率に依存するとされていた。本試験の結果からは、 $e - \log p'$ の直線関係よりも $U\varepsilon = Up$ である e と p' の線形関係に近い関係が得られた。

5. まとめ

得られた結果をまとめると次のとおりである。

- ① 等方圧密における正規圧密線(N.C.L.)は一次元圧密の場合と平行であり、等方圧密の方が一次元圧密の場合より上方に位置する。
- ② 圧密過程における状態経路は、N.C.L.より上方に逸脱した経路を辿る。
- ③ P.C.D.を用いた圧密試験においては、供試体を要素として評価できる。

- ④ 本試験における間隙比(e)と有効応力(p')の関係は、 $e - \log p'$ の直線関係よりも $e - p'$ の直線関係に近い。

〈参考文献〉 1) 梅崎ら：三軸試験による未圧密粘土の非排水強度特性，土木学会第49回年次学術講演会講演概要集，pp.392-393，1994。 2) Imai et al.: A unified theory of one-dimensional consolidation with creep, 12th I.C.S.M.F.E., Vol.1, pp.57-60, 1989。 3) 土質工学用語辞典：7章 土の圧縮と圧密，p.95, 1991。

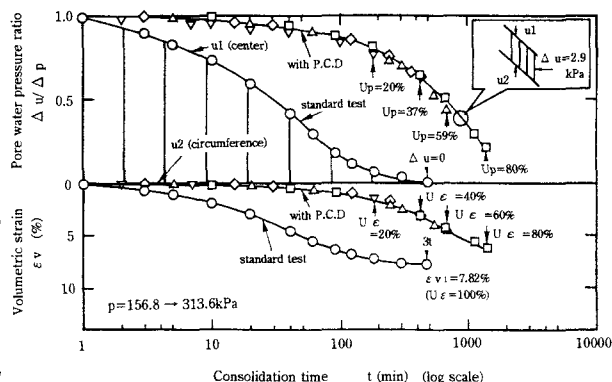


図-3 間隙水圧比・体積ひずみ-時間曲線

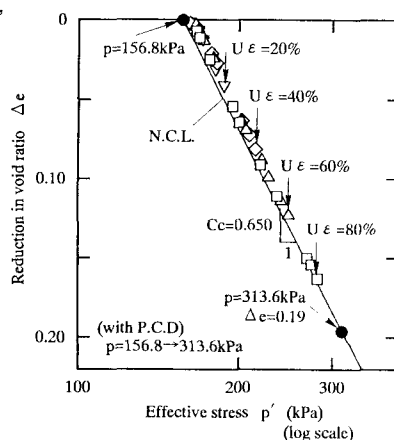


図-4 圧密過程における状態経路

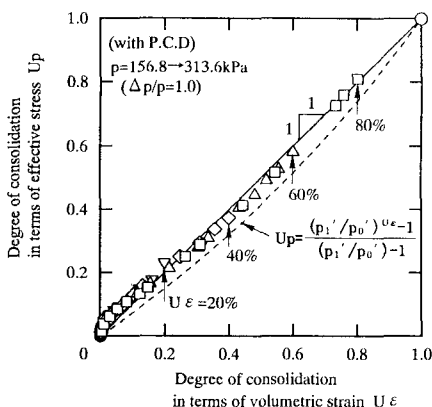


図-5 圧密過程における $U\varepsilon - Up$ 関係