

一次圧密過程における粘土の非排水せん断強度と割線変形係数の増加特性

信州大学大学院 ○新谷竜一
信州大学工学部 正 梅崎健夫 正 河村 隆

1. はじめに 圧密非排水三軸圧縮試験（ $\overline{\text{CU}}$ 試験）において、圧密は供試体内で一様には進行せず、排水面から始まり徐々に非排水面に及ぶため、供試体内には過剰間隙水圧の分布が生じる。よって、この時点における粘土の強度増加特性を求めるためには供試体内の応力とひずみの分布を均一化する必要がある。

本文では、間隙水圧制御装置（PCD）を用いた圧密時間の異なる $\overline{\text{CU}}$ 試験により、一次圧密過程における粘土の非排水せん断強度 c_u と割線変形係数 E_{50} の増加特性について検討した。

2. 間隙水圧制御装置（PCD） 一次圧密過程における供試体内の過剰間隙水圧分布を均一に近づけるために、間隙水圧制御装置（PCD）を用いる方法が提案されている^{1),2)}。PCD は供試体と同程度の透水係数を持つセラミックディスクを備えたものであり、供試体周面からの排水経路中に PCD を挿入することにより供試体の中心と周面の間隙水圧の差を小さくすることができる^{1),2)}。

3. 試験方法 試料はカオリン（ $G_s=2.759$, $w_L=75.7\%$, $I_p=39.4$ ）を用いた。150%の含水比で練り返した試料を鉛直圧密圧力 49.0kPa で約 2 週間一次元圧密し、直径 5cm、高さ 10cm に成形したものを供試体とした。二重負圧法により約 12 時間脱気し、背圧 196.0kPa を約 24 時間負荷した。まず、圧密圧力 $p_0=117.6\text{kPa}$ のもとで PCD を介さずに通常の等方圧密を周面排水により行い、3t 法により一次圧密を終了させた。次いで圧密応力を $p_1=p_0+\Delta p=294.0\text{kPa}$ にまで増加させて、PCD を用いた等方圧密を所定の圧密時間まで行った。圧密終了後直ちに軸ひずみ速度 0.07% で非排水せん断試験を行った。また、間隙水圧 u ($= (2u_1+u_2)/3$) の測定は供試体の中心(u_1)および周面(u_2)で行った。

4. 試験結果および考察 図-1 に PCD を用いた $\overline{\text{CU}}$ 試験と通常の $\overline{\text{CU}}$ 試験の等方圧密過程における間隙水圧比 $\Delta u/\Delta p$ ($\Delta p = p_1 - p_0 = 176.4\text{kPa}$) および体積ひずみ ε_v の経時変化を示す。通常の $\overline{\text{CU}}$ 試験においては供試体の中心と周面の過剰間隙水圧 (Δu_1 と Δu_2) に大きな差が生じているのに対し、PCD を用いた試験ではその差はほんのわずかである。

図-2 に主応力差 $q (= \sigma_1 - \sigma_3; \sigma_1: \text{最大主応力}, \sigma_3: \text{最小主応力})$ 、過剰間隙水圧 Δu と軸ひずみ ε_a の関係を示す。圧密の進行に伴ってせん断強度は増加し、全て相似的な形状を示す。

図-3 に軸圧縮過程における有効応力経路を示す。有効応力経路も全て相似形であり、圧密打ち切り時に残留して

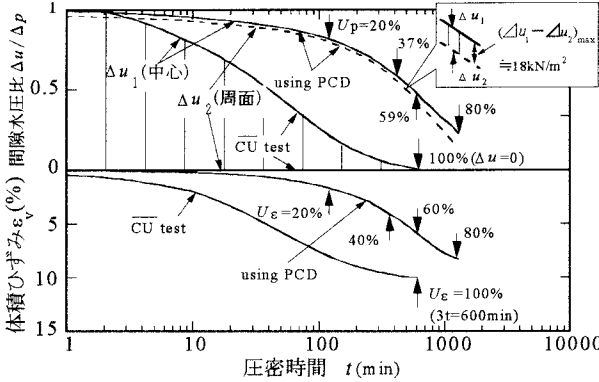


図-1 間隙水圧比および体積ひずみの経時変化

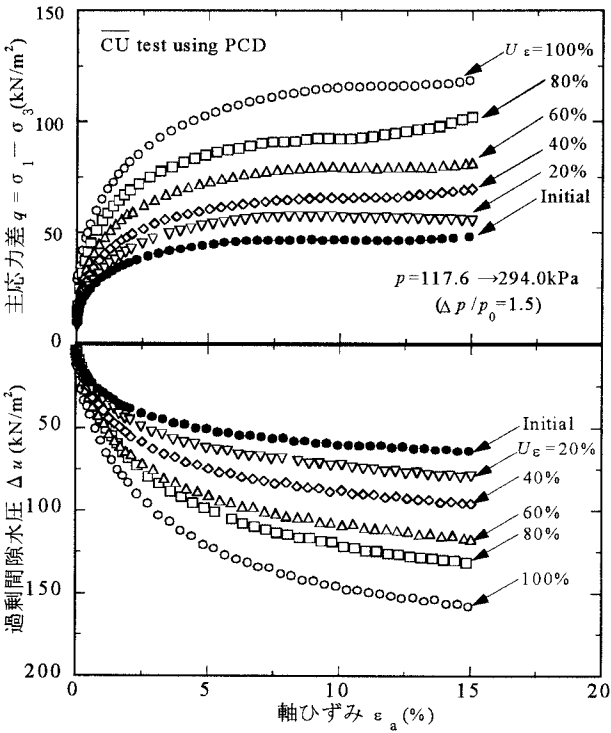


図-2 主応力差、過剰間隙水圧－ひずみ関係

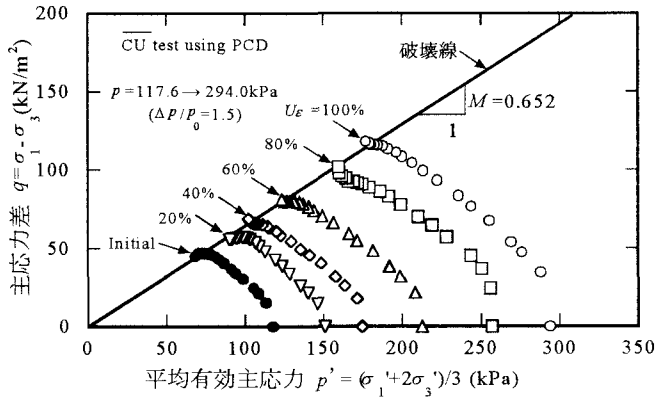


図-3 有効応力経路

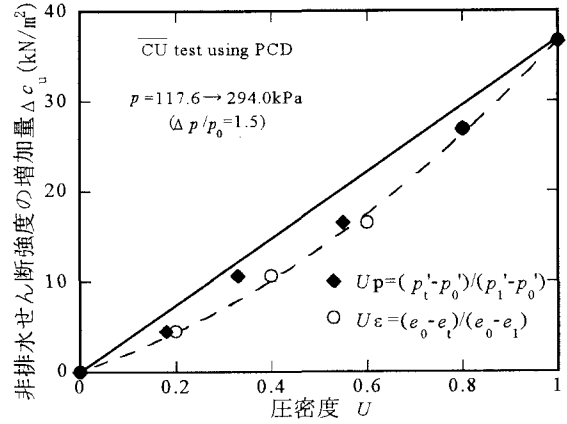


図-4 圧密度と非排水せん断強度の増加量の関係

いる過剰間隙水圧は有効応力経路に影響を及ぼさない。この時 $M=0.652$ であり、 $(c', \phi')=(0, 17.1)$ である。

図-4に圧密度 $U(U_p=(p'_t-p'_0)/(p'_1-p'_0), U_\epsilon=(e_0-e_t)/(e_0-e_1))$ と非排水せん断強度の増加量 Δc_u の関係を、図-5に U と割線変形係数 E_{50} の関係を示す。図-4より、一次圧密過程における粘土の c_u の増加は、 U_p および U_ϵ のいずれの圧密度とも比例するのではなく、圧密度よりも遅れて生ずる。図-5において $E_{50(\text{Initial})} > E_{50(20)}$ であるが、本試験では圧密終了時の間隙比が $e_{(\text{Initial})} < e_{(20)}$ であるためと考えられる。そこで初期の結果を除外し、図-6より算定される初期状態の値を用いて整理した E_{50} の増加に関しても c_u の増加と同様の傾向が見られる。

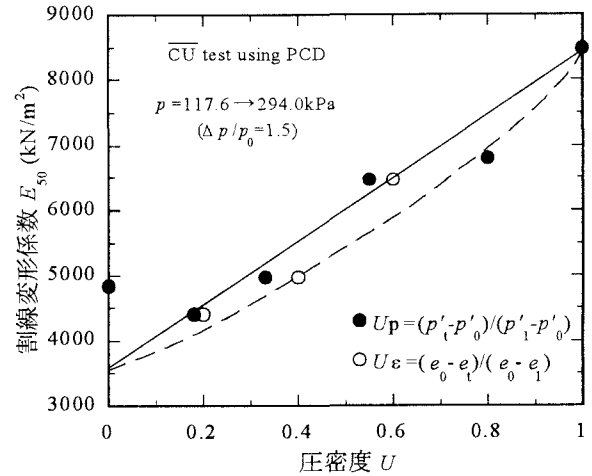


図-5 圧密度と割線変形係数の関係

図-6に $e-\log E_{50}$ 、 $e-\log c_u$ および $e-\log p'_f$ 関係をNCL($e-\log p'$)とともに示す(p'_f :破壊時の平均有効主応力)。それぞれの関係は正規圧密線(NCL)に平行な直線で表される。

5. まとめ PCDを用いて圧密時間の異なる一連の圧密非排水三軸圧縮試験を実施した。以下に主な結論を示す。(1)一次圧密過程における粘土の破壊線は圧密時間に無関係に一定である。すなわち有効応力表示の強度定数は圧密時間に関係なく一定である。また、圧密打ち切り時に残留している過剰間隙水圧は有効応力経路に影響を及ぼさない。(2)非排水せん断強度 c_u 、割線変形係数 E_{50} の増加はいずれの圧密度(U_p 、 U_ϵ)よりも遅れて生じる。

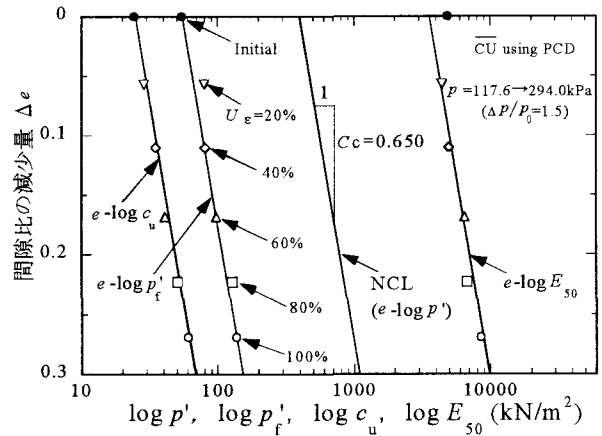


図-6 $e-\log c_u$ 、 $e-\log E_{50}$ および $e-\log p'_f$ 関係

(3)一次圧密過程における粘土の $e-\log c_u$ 関係、 $e-\log E_{50}$ 関係は、圧密応力の大きさや圧密時間と無関係にNCL($C_c=0.650$)に平行な唯一の直線として評価できる。今後はPCDとともにベンダーエレメントを装着した三軸圧縮試験装置により、一次圧密過程におけるせん断弾性係数 G の特性についても検討する予定である。

【参考文献】1) 梅崎健夫：圧密に伴う粘土の強度増加に関する研究(九州大学学位請求論文)，1995。
2) 梅崎健夫，河村隆：一次圧密過程における粘土の強度増加特性～間隙水圧制御装置を用いた三軸圧縮試験～，土と基礎，Vol.49 No.6 Ser.No.521，pp.11～13，2001。