

III-A 56

粘土のせん断強度に及ぼす排水および載荷速度の影響

信州大学 正○梅崎健夫 学 三品圭史
 “ 正 川上 浩 学 吉野倫弘

1. はじめに 軟弱粘土地盤に外力が載荷されると、一般に、排水と同時に間隙水圧が発生する。これは、いわゆる“部分排水状態”であり、載荷速度によって排水の程度が異なるので、部分排水状態のせん断強度は載荷速度により大きく異なる。

本文は、通常非排水および排水三軸圧縮試験のほかに排水量と間隙水圧を制御した三軸圧縮試験を異なる5種類の載荷速度により実施し、粘土のせん断強度と強度定数について考察したものである。

2. 試験方法 試料はカオリン ($G_s=2.724$, $w_L=75.6\%$, $I_P=39.3$) である。供試体（直径5cm, 高さ10cm）を、二重負圧法と背圧196kPaにより飽和した後、245kPaで等方圧密（3t法）した。次いで、①非排水状態、②排水状態および③間隙水圧制御装置（P.C.D）¹⁾を用いた排水状態の三軸圧縮試験を5種類の載荷速度（ $\dot{\epsilon}=0.01, 0.03, 0.074, 0.3, 1.0\%/min$ ）により、せん断ひずみ $\gamma = \epsilon - (\epsilon_v/3) = 15\%$ （ ϵ ：軸ひずみ, ϵ_v ：体積ひずみ）まで実施した。排水は周面排水であり、供試体上下端面にはシリコングリスとメンブレンによりルブリケーションを施し、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、P.C.Dは、周面からの排水経路中に供試体と同程度の透水係数 ($k=8 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$) を持つセラミックディスク（厚さ0.42cm, 直径2.26cm）を挿入したものである¹⁾。

3. 試験結果および考察

(1) 間隙水圧および体積ひずみ 図-1に、載荷速度 $\dot{\epsilon}=0.01$ および $1.0\%/min$ の場合の①～③の試験における挙動を示した。①非排水試験では、載荷速度の増加に伴い間隙水圧の発生量が少しずつ減少する。供試体の中心（黒ぬり）と周面（白ぬき）の間隙水圧の差は最速の $1.0\%/min$ の場合でもかなり小さい。②排水試験では、 $0.01\%/min$ の場合には、載荷開始直後にわずかに間隙水圧が生じるが、ほぼ完全な排水状態であり、体積ひずみ $\epsilon_v=6.5\%$ である。一方、 $1.0\%/min$ の場合には、供試体の中心で $u_1=87\text{kPa}$ の間隙水圧が生じ、中心と周面の間隙水圧の差はかなり大きい。このとき $\epsilon_v=1.6\%$ 程度であり、排水量はかなり少ない。③P.C.D試験では、間隙水圧、体積ひずみともに載荷速度に応じて排水試験と非排水試験の中間の挙動を示す。いずれの載荷速度においても間隙水圧の差は小さく制御されている。

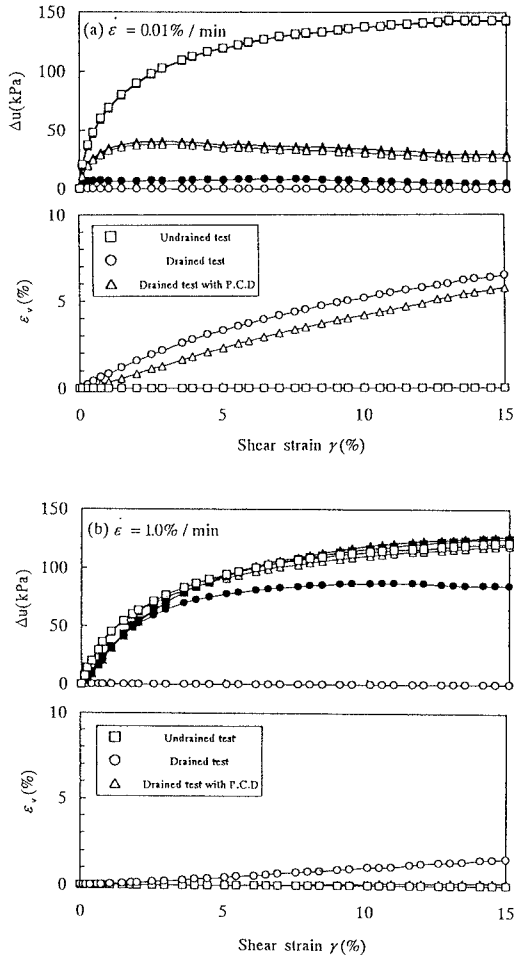


図-1 間隙水圧および体積ひずみの挙動

(2) せん断強度と強度定数 図-2に、せん断強度 ($q_f = (\sigma_1 - \sigma_3) \max$) についてのすべての試験結果をまとめた。非排水試験と排水試験の結果は浅岡ら²⁾と同様であり、非排水強度は荷重速度の増加に伴わずかに増加する。浅岡ら²⁾は、粘土固有の物性以外に間隙水のマイグレーションによるところが大きいとしている。本試験では、間隙水圧のほかに含水比分布および変形状態の測定も行っているが供試体内で大きな差は認められなかった。さらに検討すべき重要な課題である。一方、排水試験およびP.C.D試験では、せん断強度は減少し、荷重速度がたいへん速くなると非排水強度に漸近する。P.C.D試験の結果は間隙水圧をある程度均一化したものであり、部分排水状態のせん断強度が非排水強度と排水強度を限界値としてその間で変化することが示された。

図-3に、すべての試験における破壊時 ($\gamma = 15\%$) のせん断強度 (q_f) と平均有効主応力 ($p' = (\sigma_1 + 2\sigma_3)/3$) の関係を示した。間隙水圧は、非排水試験およびP.C.D試験では $u = (2u_1 + u_2)/3$ として、排水試験では $u = u_1$ として評価した。有効応力および排水条件に関する強度定数は、それぞれ $\dot{\epsilon} = 0.01\%/min$ における非排水および排水試験から求めた。非排水および排水状態の強度定数は荷重速度の違いによらず一定であり、P.C.D試験の結果が両者に跨る。荷重速度によるせん断強度の違いは破壊時の間隙水圧により評価できる。なお、強度定数 $M' = 0.74$ ($\phi' = 19.1^\circ$) と $M_a = 0.64$ ($\phi_a = 16.7^\circ$) との差は既往の結果と同程度である³⁾。

図-4に、破壊時の間隙比 (Δe) とせん断強度 (q_f) および平均有効主応力 (p') の関係を示した。図中の実線および破線は、それぞれ $\dot{\epsilon} = 0.01\%/min$ における非排水および排水試験の結果から正規圧密線 (NCL) に平行となるように求めた。データにばらつきはあるが、せん断強度は体積変化によっても評価できそうである。

4. まとめ 得られた主な知見は次のようである。

- (1) 強度定数は荷重速度によらず一定である。
- (2) 部分排水状態のせん断強度は非排水強度と排水強度を限界値としてその間で変化する。
- (3) せん断強度の変化は破壊時の有効応力または体積変化によって評価できる。

【参考文献】1)梅崎ら：土と基礎，Vol.43，No.4，p.52，1995. 2)Asaoka et al.：S & F，Vol.34，No.1，pp.91-105，1994. 3)Kamei：Tech. Rep. TUN.，Vol.9，pp.53-58，1987.

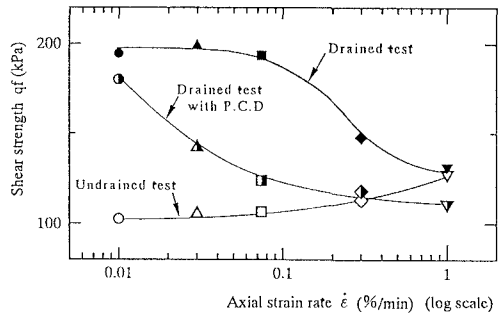


図-2 せん断強度と荷重速度の関係

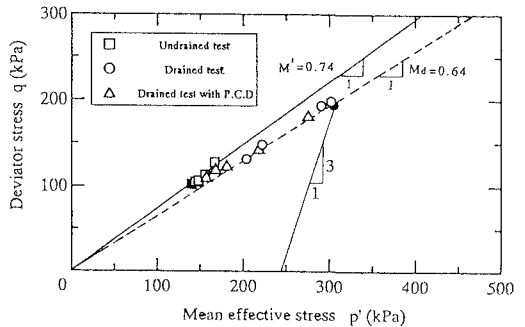


図-3 破壊時の応力状態

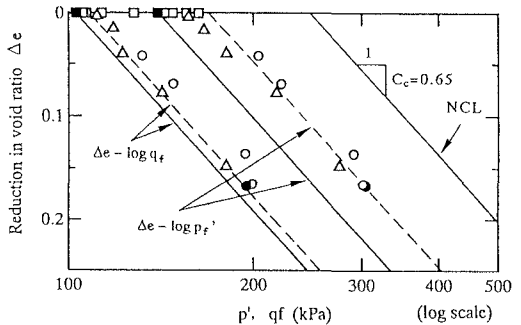


図-4 破壊時の間隙比とせん断強度および有効応力の関係