

粘土のせん断強度に及ぼす排水および載荷速度の影響

信州大学大学院 学○三品圭史
信州大学工学部 正 梅崎健夫 正 川上 浩
信州大学工学部 学 吉野倫弘

1. はじめに

載荷速度の異なる①非排水試験(排水バルブを閉じてせん断する試験), ②排水試験(排水バルブを開放してせん断する試験)および③排水経路中にセラミックディスク(間隙水圧制御装置:PCD¹⁾)を挿入して, 間隙水圧と排水量を制御してせん断する試験を行った. せん断強度と排水条件および載荷速度の関係, 間隙比の減少量とせん断強度および平均有効主応力の関係について検討した. なお, ②および③の試験は, 実際には部分排水状態(間隙水圧と体積変化が同時に発生)である. また, 供試体内部の応力・ひずみ状態の考察については除外して論じている.

2. 試験方法

試料はカオリン粘土($G_s=2.724$, $w_L=75.6\%$, $I_P=39.3$)を用いた. 供試体は, 49kPaで一次的に予圧密した試料を直径5cm, 高さ10cmに成形したものである. 二重負圧法により脱気した後, 背圧196kPaを負荷した. 圧密圧力245kPaで等方圧密(3t法)した後, 載荷速度の異なる①~③の試験(②, ③においては周面排水)を実施した. 載荷速度は, 表-1に示すような4種類とした. 主応力差最大時またはせん断ひずみ($\gamma=\varepsilon-(\varepsilon_v/3)$; ε :軸ひずみ, ε_v :体積ひずみ)が $\gamma=15\%$ の時を破壊として, せん断強度($q_t=(\sigma_1-\sigma_3)_t$)を定義した.

3. 試験結果および考察

(1)有効応力経路

図-1は, 載荷速度が0.01および0.3%/minにおける有効応力経路を示したものである. 間隙水圧は, 中心(u_1)と周面(u_2)で測定し, 放物線分布を仮定して, $u=(2u_1+u_2)/3$ を用いて評価した. ①非排水試験においては, 一連の試験を通じて載荷速度の増加に伴い, せん断強度がわずかに増加する. 一方, 破壊時の応力比($M=(q/p')_t$)は一定であり, $M=0.72$ ($\phi'=18.8^\circ$)の値が得られた. ②排水試験の場合, 載荷速度0.01%/minでは, 発生する間隙水圧がほぼゼロであり, 完全排水に近い($\varepsilon_v t=7.48\%$). 一方, 0.3%/minでは間隙水圧

表-1 試験ケース

排水条件	載荷速度 $\dot{\varepsilon}$ (%/min.)			
	0.01	0.03	0.074	0.3
非排水	○	△	□	◇
with PCD	●	▲	■	◆
排水	●	▲	■	◆

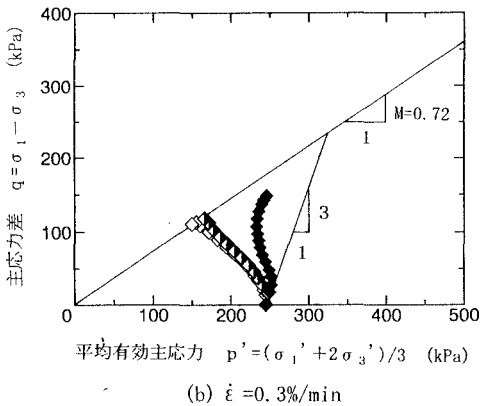
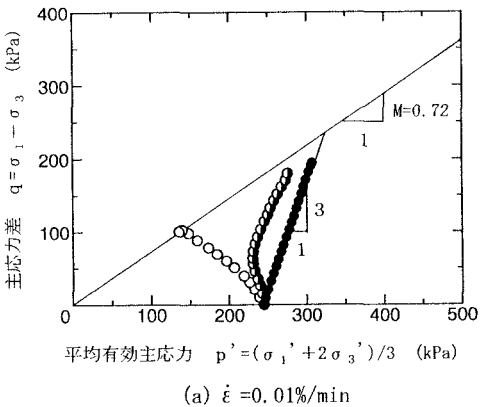


図-1 有効応力経路

と体積変化が同時に発生している($\Delta u=48.2\text{ kPa}$, $\varepsilon_{vf}=2.65\%$)。③PCDを用いた試験の場合、①と②の試験の間の応力経路の試験を実施することができる。②と③の試験の場合、せん断ひずみ15%では破壊線(ϕ' 線)に到達しない。 $\gamma>15\%$ においても応力比(q/p')はあまり増加していない。

(2)せん断強度と排水条件および载荷速度の関係

図-2は、すべての試験の結果をまとめたものである。载荷速度の増加に伴い、①非排水試験の場合はせん断強度がわずかに増加する。一方、②排水試験および③PCDを用いた試験ではせん断強度が減少し、载荷速度がたいへん速くなると非排水試験のせん断強度に漸近する。

(3)間隙比の減少量とせん断強度および平均有効

主応力の関係

図-3は、载荷速度が0.01および0.3%/minの場合を示したものである。すべての試験ケースにおいて、間隙比の減少量(Δe)とせん断強度の増加量($\Delta \tau_f$)との間に $\Delta e \sim \log \Delta \tau_f$ の直線関係(勾配 $C_c=0.65$)が近似的に成り立つ。ただし、 $\Delta e \sim \log \Delta \tau_f$ 線は载荷速度によりわずかに変化している。すなわち、②と③の試験におけるせん断強度の変化は、排水による体積変化に大きく影響されていると考えられる。

4. まとめ

粘土のせん断強度は、主に(1)固有の時間依存性の構成関係、(2)排水による体積変化、(3)供試体内部の間隙水の移動の3つの要因に支配されると考える。本文により、せん断強度の変化には、(2)の影響が大きいことが示された。また、浅岡ら²⁾によって、時間非依存性の構成関係であっても、(3)を考慮すれば、せん断強度の変化を説明できることが報告されている。(1)についても、実験と理論の両面から検討を進めていくことが重要である。また、供試体内部のひずみ状態および破壊後の含水比の分布についても測定しており、さらに検討を進めている。

【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.

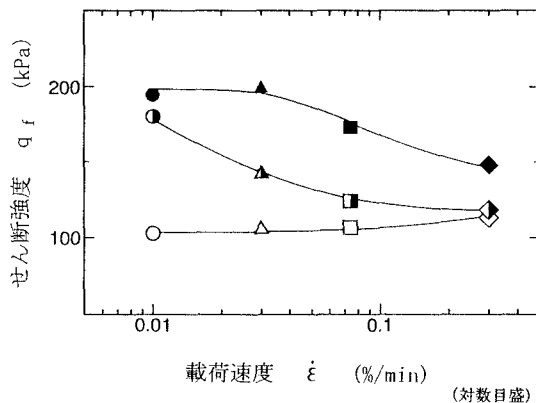
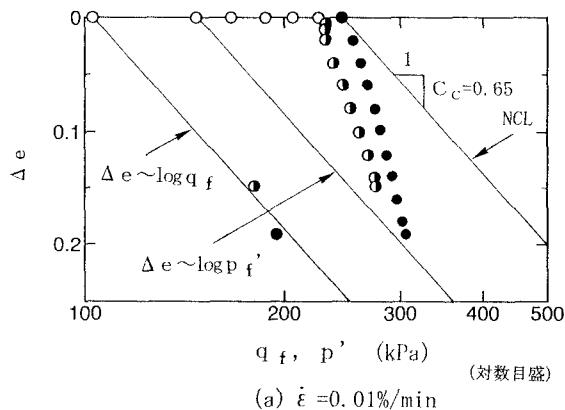
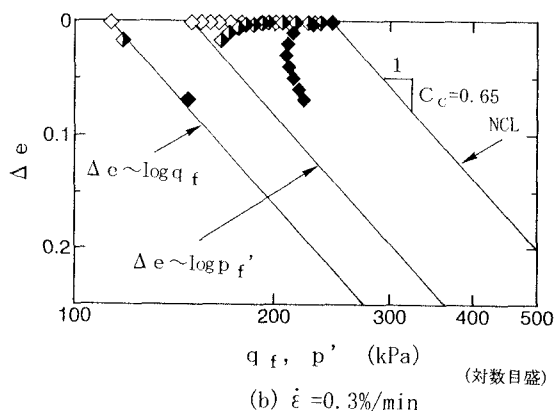


図-2 せん断強度と排水条件および载荷速度の関係



(a) $\dot{\varepsilon} = 0.01\%/min$



(b) $\dot{\varepsilon} = 0.3\%/min$

図-3 $\Delta e \sim \log q_f, \log p'$ 関係