

中空ねじり単純せん断試験による不攪乱海成粘土の繰返しせん断挙動

山口大学工学部 正会員 兵動正幸
 山口大学工学部 正会員 吉本憲正
 山口大学大学院 学生会員 渡辺真悟
 山口大学大学院 学生会員 ○山田 卓

1. はじめに

自然地盤の粘土には長年の堆積により内部に独自の構造が存在し、圧密降伏応力が土被り圧より高い状態となり、正規圧密された若齢の粘土に比べ高い強度を発揮することが知られている。これはセメンテーションや、2次圧密などの年代効果を受けたためであると考えられている。また、一般に水平地盤は K_0 圧密状態にあり、地震や波浪などの外力に対し、単純せん断変形となる場合が多いことが知られている。そのため通常、原位置強度を求めるためには単純せん断試験を行う必要がある。そこで、本研究では原位置より採取された不攪乱海成粘土に対して、中空ねじりせん断試験機²⁾を用いて、非排水繰返し単純せん断試験を行うことにより、不攪乱海成粘土の繰返し単純せん断挙動を把握すること、また、過圧密粘土および正規圧密粘土の力学特性の違いを調べることを目的としている。

表-1 試料の物理的性質

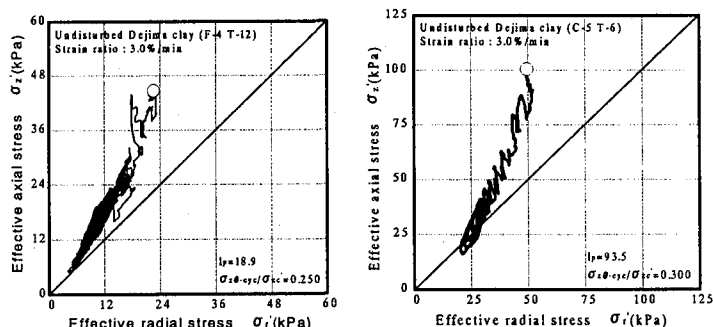
シンウォール NO	深度 (m)	G _s	W _L (%)	W _p (%)	I _p (%)	p ₀ (kPa)	p _c (kPa)
F-4 T-10	10.00~10.80	2.674	122.2	30.00	92.20	35.38	49.00
F-4 T-12	12.00~12.80	2.730	31.60	12.70	18.90	43.51	91.00
C-5 C-2	2.00~2.80	2.695	106.7	36.50	70.20	8.99	29.00
C-5 T-6	6.00~6.80	2.682	128.1	34.60	93.50	24.63	25.00

2. 試料および試験方法

本研究に用いた試料は広島港出島地区よりシンウォールサンプラーを用いて採取した不攪乱海成粘土である。表-1に試料の物理的性質を示す。単位体積重量から有効土被り圧 p_0' 、圧密試験から圧密降伏応力 p_c を求めた。F-4,T-10、F-4,T-12に対しては、初期有効鉛直応力 σ_{zc}' を p_0' 付近まで、また、C-5,T-6、C-5,T-2に対しては、 $\sigma_{zc}'=100\text{kPa}$ ($\sigma_{zc}'>p_c$)まで加えた。全ての供試体は $k=0.5$ の異方圧密下で、ひずみ速度 $3\%/min$ 一定のもと、繰返しせん断応力比 $\sigma_{z\theta-cyc}/\sigma_{zc}'$ 振幅を一定として非排水繰返し単純せん断試験を行った。

3. 非排水繰返し単純せん断挙動

図-1(a),(b)は鉛直応力 σ_z' と半径方向応力 σ_r' の関係を示したものである。(a),(b)はそれぞれ過圧密領域、正規圧密領域における結果である。いずれにおいても、载荷初期から鉛直方向応力、半径方向応力ともに減少している様子が認められる。従って異方圧密下の過圧密粘土、正規圧密粘土はともに、せん断が進むにつれて供試体内の応力状態が等方応力状態に近づいていくことが分かる。図-2はせん断ひずみ量振幅 γ_{DA} と繰返し回数 N の関係を示したものである。図より過圧密粘土の方が正規圧密粘土よりもせん断ひずみの発達が遅いことが認められる。



(a) 過圧密領域

(b) 正規圧密領域

図-1 軸方向応力と半径方向応力の関係

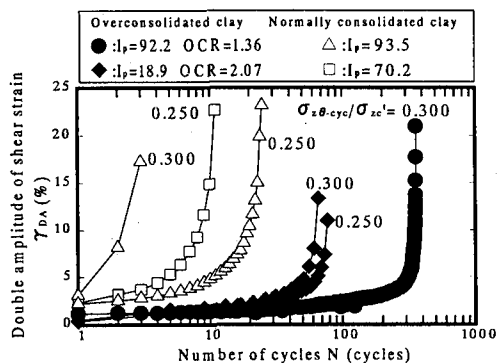


図-2 せん断ひずみ両振幅と繰返し回数の関係

また同一大きさの繰返しせん断応力比の結果を、過圧粘土、正規圧密粘土それぞれについて比較すると、塑性指数の高い方がひずみの発達が遅いことも認められた。図-3 は各サイクルピーク時のせん断応力 $\sigma_{z\theta-cyc}$ をその時の平均有効主応力 σ_m' で除したピーク有効応力比 η_p とせん断ひずみ両振幅 γ_{DA} の関係を示したものである。試験条件の違いによらず、全ての試験において $\gamma_{DA}=5\%$ 付近から η_p はほぼ一定となる傾向が認められる。本研究では全ての試験で両関係がほぼ定常となった時点と破壊点とし、せん断ひずみ両振幅 $\gamma_{DA}=10\%$ に至った時点と定義した。図-4 はせん断応力が +、- 方向のピークに至った時点の残留過剰間隙水圧 u_r を初期有効鉛直応力 σ_{zc}' で正規化した残留過剰間隙水圧比 u_r/σ_{zc}' と繰返し回数 N の関係を示したものである。(a)(b) はそれぞれ過圧密領域、正規圧密領域の試験結果である。図より残留過剰間隙水圧は繰返しせん断応力比の大きいものほど早く上昇し、過圧密領域では最終的に $u_r/\sigma_{zc}'=0.4\sim0.6$ の範囲に、また正規圧密領域では $u_r/\sigma_{zc}'=0.8$ 付近に収束している様子が認められる。これは過圧密粘土がもともと有している構造が影響しているのであると考えられる。図-5 はせん断ひずみ両振幅 $\gamma_{DA}=10\%$ 時の繰返しせん断応力比と繰返し回数の関係を示したものである。図より正規圧密領域に比べ、過圧密領域の方が、また、塑性指数が大きいほど高い強度を発揮している様子が認められる。

4. まとめ

不攪乱粘土に対して非排水繰返し単純せん断試験を行った結果、以下の知見を得た。

- ① 過圧密粘土、正規圧密粘土どちらにおいても、せん断が進行するにつれて単純せん断状態を保つために、供試体内の応力状態が等方的になることが認められた。
- ② 過圧密粘土と正規圧密粘土とでは構造の違いにより間隙水圧とひずみの発生の仕方と、発生量に差異が認められた。
- ③ 過圧密粘土は正規圧密粘土よりも、また、塑性指数が大きいものほど高い強度を発揮することが認められた。

【参考文献】

- 1) 半沢秀郎(1982): “年代効果を受けた粘土の非排水強度特性” 土と基礎, Vol.30, No.12, pp.5-10
- 2) 中田幸男・山本修三・安福規之・村田秀一・兵動正幸(1994): “中空ねじりせん断試験装置の試作とひずみ制御試験への適用” 土木学会論文集, No.505/III-29, pp.329-332

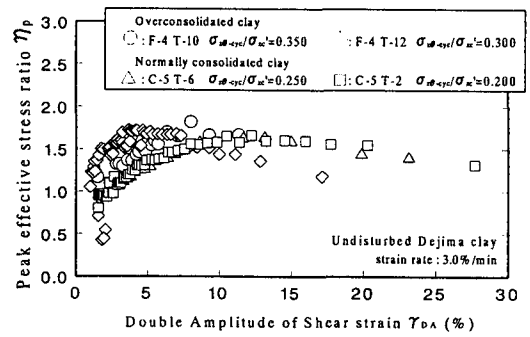
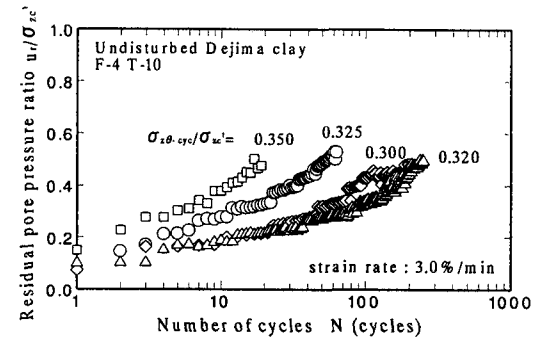
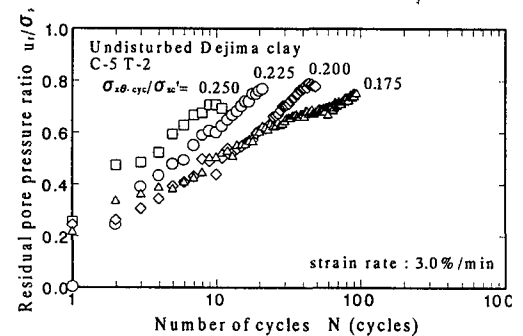


図-3 ピーク有効応力比とせん断ひずみ両振幅の関係



(a) 過圧密領域



(b) 正規圧密領域

図-4 残留過剰間隙水圧比と繰返し回数の関係

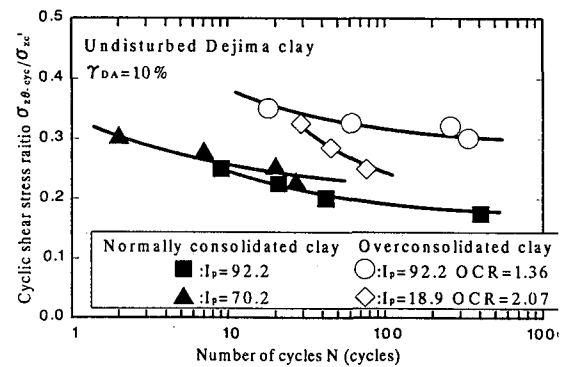


図-5 繰返しせん断応力比と繰返し回数の関係