

中空ねじりせん断試験による不攪乱海成粘土の単調単純せん断特性

山口大学大学院 学生会員 渡辺真悟
 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 山田 卓

1. まえがき 自然地盤の粘土は長年の堆積により内部に独自の構造を形成し、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¹⁾と考えられている。これら年代効果を有する粘土の圧密、せん断特性を正しく評価することの重要性が多くの研究者によって指摘されてきた。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、現場の応力状態を十分再現できる中空ねじりせん断試験機²⁾を用いて、非排水単調単純せん断試験を行うことにより、不攪乱海成粘土の単調単純せん断特性を調べることを目的としている。

2. 試料および試験概要 実験に用いた試料は、広島港出島地区より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。圧密過程においては、所定の上載圧まで K_0 状態に近い側方土圧係数 $K=(\sigma'_h/\sigma'_v)=0.5$ を保ったまま、段階的に荷重を載荷させ異方圧密を行った。せん断過程においては、異方圧密終了後、非排水状態で単純せん断条件を満足させながらせん断試験を行うために、せん断中に高さの変化が生じないように軸荷重の制御を行い、また、内空部の水の出入りを遮断して試験を行った。試料番号 F-4 T-4 については $p_c < p_0$ となる正規圧密領域のみで、F-3 T-8, T-10 については、正規圧密領域および過圧密領域で実験を行った。尚、せん断ひずみ速度を $0.1\%/min$ のひずみ制御により行っている。本研究では、各シンウォールごとに不攪乱海成粘土が原位置において有している年代効果を、圧密降伏応力を土被り圧で除した過圧密比 p_c/p_0 で表している。

表-1 試料の物理的性質

試料番号	サンプリング 深度(m)	G_s	w_L (%)	w_P (%)	I_P	p_c (kPa)	p_0 (kPa)
F-4 T-4	4.00 ~ 4.80	2.612	138.8	41.1	97.7	25	15.0
F-3 T-8	10.00 ~ 10.80	2.650	128.0	41.6	86.4	75	35.6
F-3 T-10	12.00 ~ 12.80	2.682	57.0	21.6	35.4	100	45.5

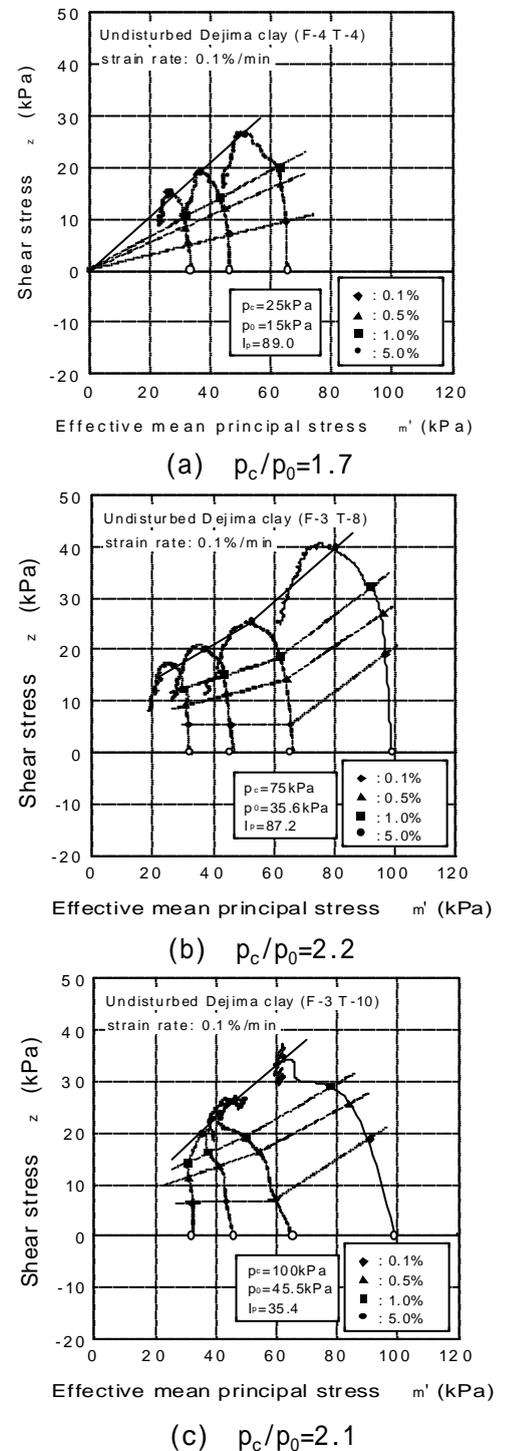


図-1 せん断応力と平均有効主応力の関係

キーワード：中空ねじり試験、不攪乱海成粘土、年代効果、塑性指数

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL0836-85-9344 FAX0836-85-9311

3. 試験結果 図-1(a),(b),(c)にせん断応力と平均有効主応力の

関係における等ひずみ線の分布を示している。この図は、せん断応力 σ_z と平均有効主応力 σ'_m の関係においてせん断ひずみ σ_z が 0.1,0.5,1.0,5.0%に達した時の応力状態をすべての試験に対してそれぞれプロットで示し、それを結んでできる等ひずみ線を表したものである。まず、すべて正規圧密領域で試験を行っている図-1(a)について見てみると、せん断ひずみ σ_z が 0.1,0.5,1.0,5.0%いずれの時ににおいても、その時の応力状態が初期有効上載圧 σ'_{zc} の違いによらず一本の直線で示されることが分かる。

次に正規圧密および擬似過圧密領域で試験を行っている図-1(b)および(c)について見てみると、図-1(b),(c)共にせん断初期では等ひずみ線が一直線ではないが、せん断ひずみが大きくなるにつれて等ひずみ線が一直線に近づく様子が見取れる。したがって、初期有効上載圧 σ'_{zc} が圧密降伏応力 p_c より小さい擬似過圧密領域においてせん断ひずみが大きくなれば、年代効果により発達した不攪乱試料のもともとの構造が乱されていくものと考えられる。

図-2 に最大せん断応力 σ_z の 1/2 に相当するせん断応力時のせん断剛性($G = \sigma_z / \gamma_z$) G_{50} と初期有効上載圧 σ'_{zc} の関係を示している。図のように G_{50} は初期有効上載圧とともに増加し、両対数グラフ上で直線的増加傾向を示すことが認められた。図-3 は、標準圧密試験から得られた圧密降伏応力 p_c よりも大きな上載圧 σ'_{zc} で異方圧密された粘土の非排水単調単純せん断試験から求めた強度増加率 σ_z / σ'_{zc} と塑性指数 I_p の関係を示したものである。図中、様々な塑性指数から成る粘土に対する結果が示されている。また、不攪乱試料と再構成試料の結果もあわせて示してある。この図より、不攪乱試料と再構成試料の違いによらず強度増加率と塑性指数の関係には直線的増加傾向が認められる。これは、正規圧密状態では不攪乱粘土の構造が破壊することから年代効果は薄れ、粘土固有の物性である I_p のみに依存する結果となったためだと考えられる。

図-4 は、正規圧密粘土に限らず、すべての実験結果についての強度増加率 σ_z / σ'_{zc} と塑性指数 I_p の関係を示したものである。正規圧密粘土の結果のみならず拘束圧 p_c を土被り圧 p_0 の間に設定した擬似過圧密粘土の結果を含んでいることから、過圧密粘土の結果のプロットの方が正規圧密粘土の結果を結んだ直線より上方に位置していることが分かる。これは不攪乱粘土の構造の影響により擬似過圧密粘土の方が正規圧密粘土よりも大きな強度を有していることを意味している。

4. まとめ 正規圧密粘土では粘土がもともと有している構造が壊され、年代効果の影響が薄れるが過圧密粘土においては構造が発達し、強度が高く発揮されることが分かった。

【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機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/ -29, pp.329-332

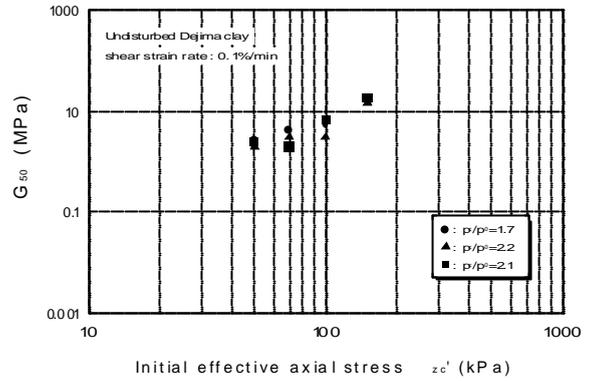


図-2 G_{50} と初期有効上載圧 σ'_{zc} の関係

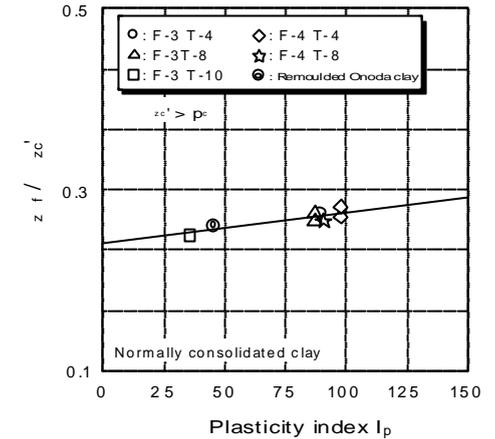


図-3 強度増加率と塑性指数の関係

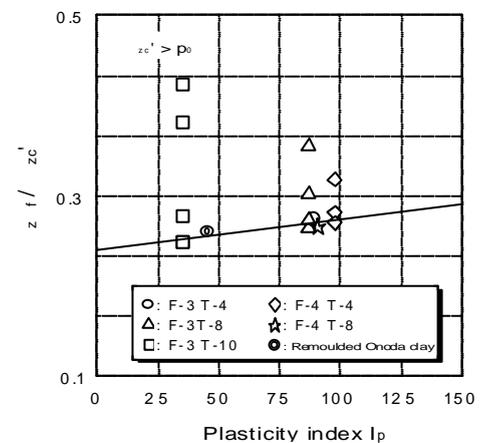


図-4 強度増加率と塑性指数の関係