

粘土の中空ねじり繰返し単純せん断特性

山口大学工学部 正 員 兵動正幸 中田幸男
山口大学大学院 学生員 ○山本 寛

1. まえがき

地震時の水平地盤のせん断が単純せん断モードに近しいことから、多くの研究者により砂および粘土の単純せん断特性に関する研究が行われている。この特性を把握するために通常、単純せん断試験機が用いられているが、従来の NGI 型等の単純せん断試験機では供試体に均一な応力を与えることができないという欠点がある²⁾。また、一般的に原位置の応力状態は異方圧密状態であり、単純せん断変形を受けるとされている。そこで本研究では、中空ねじりせん断試験機³⁾を用いて粘土の非排水繰返し単純せん断試験を行い、等方および異方圧密粘土の繰返し単純せん断挙動を把握することを目的としている。

2. 試料および試験方法

試料は小野田港より採取した小野田粘土($G_s=2.593$, $I_p=46.5$)であり、液性限界の2倍の含水比で攪拌後、大型圧密容器で予圧密圧力 50kPa で圧密した正規圧密再構成試料である。予圧密試料を脱型し、供試体として、高さ 14cm、外径 7cm、内径 3.5cm の中空円筒供試体に成形した。三軸セルにセットされた供試体に対し、等方圧密の場合は平均主応力 $p_c'=100\text{kPa}$ 、異方圧密の場合は鉛直応力 $\sigma_{zc}'=100\text{kPa}$ 、側方土圧係数

表-1 試験条件

TESTNo.	σ_a' (kPa)	σ_v' (kPa)	$\sigma_{z\theta'qc}$ $/\sigma_v'$	$\sigma_{z\theta'qc}$ $/p_c'$	$w_i(\%)$	ひずみ速度 (%/min)
io1023c	100	100	0.250	0.250	59.54	0.1
io1029c	100	100	0.225	0.225	59.62	0.1
io1102c	100	100	0.200	0.200	59.02	0.1
ao0803c	100	50	0.250	0.375	58.84	0.1
ao1002c	100	50	0.225	0.337	57.00	0.1
ao0822c	100	50	0.200	0.300	58.99	0.1

$K=0.5$ の応力下で圧密を行い、一定のせん断ひずみ速度 0.1%/min の下繰返しせん断応力比 $\sigma_{z\theta'-cyc}/p_c'$ を数種類変化させ、非排水条件で繰返しせん断試験を行った。また本研究では、ねじり方向において、時計方向を＋方向、反時計方向を－方向と定義して実験の整理を行っている。

3. 繰返し単純せん断試験結果

図-1 は応力経路を示したものであり、図(a)は $K=1$ 、図(b)は $K=0.5$ の結果をそれぞれ示している。また、図中には破線で全応力経路も合わせて示している。まず等方圧密下では、せん断初期に大きく有効応力が減少し、その後間隙水圧が徐々に増加して破壊状態に至っていることが認められる。全応力は初期平均有効拘束圧 $p_c'=100\text{kPa}$ 付近で一定であることが見て取れる。一方、異方圧密下での平均有効主応力の挙動は等方圧密下のものと同様の傾向を示しているが、全応力を見てみると、初期有効上載圧 σ_{zc}' まで増加している。これは、異方圧密供試体が有効応力の低下に伴い等方応力に近づくことによるものと考えられる。

図-2(a),(b)はせん断応力 $\sigma_{z\theta}'$ と軸差応力 q' の関係を示す。同図より等方圧密下

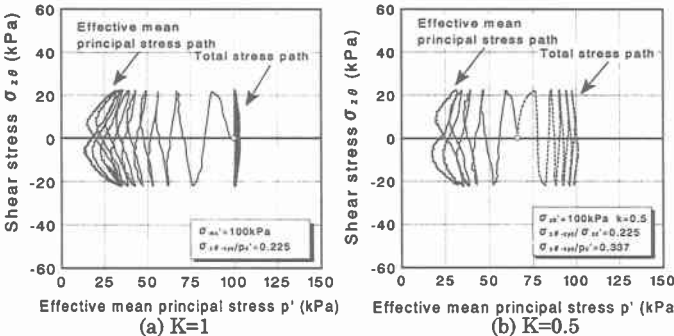


図-1 応力経路

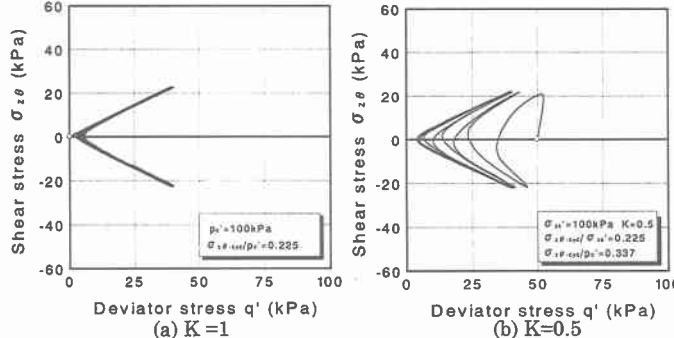


図-2 せん断応力と軸差応力の関係

では、所定の繰返しせん断応力比に達するまで一定の応力径路となり、この応力径路はせん断が進行しても変化が見られない。一方異方圧密下では、初期に軸差応力が $q_c'=50\text{kPa}$ であるが、せん断が進行するにつれて軸差応力が徐々に減少し、最終的に応力径路が等方状態時の応力径路に近づいていく様子が見て取れる。

図-3(a),(b)は軸方向応力 σ_z' と半径方向応力 σ_r' の関係を示す。同図より、等方圧密下ではせん断が進行してもほぼ $\sigma_z'=\sigma_r'$ の関係を保っており、異方圧密下では初期に軸差応力が 50kPa からスタートしているが、せん断が進行するにつれて応力状態が等方に近づいていく様子が認められる。

図-4 は破壊ひずみをせん断ひずみ両振幅 $\gamma_{DA}=15\%$ に規定して、そのひずみに至るに必要な繰返しせん断応力 $\sigma_{z\theta-cyc}$ を初期平均有効拘束圧 p_c' で正規化した $\sigma_{z\theta-cyc}/p_c'$ と繰返し回数 N の関係を示した強度線である。また、図中には周波数 $f=0.02\text{Hz}$ の応力制御で行った繰返し三軸試験より得られた強度線 ($\varepsilon_{DA}=10\%$) もあわせて示している。同図より、等方圧密下の強度よりも異方圧密下の強度の方が高くなっている。これは、ここで繰返しせん断応力を初期平均有効拘束圧 p_c' で正規化した繰返しせん断応力比を用いており、実際には異方圧密下の場合、繰返しせん断中に平均主応力の増加が起こったためであると考えられる。また、非排水繰返し三軸試験結果の強度は、繰返し中空ねじり単純せん断試験より得られた等方圧密下の強度より高くなり、異方圧密下の強度より低くなった。中空と三軸との強度の違いに、中空では主軸の回転などの影響が考えられ、また両試験でのひずみ速度の違いが原因の一要因であると考えられる。

5. あとがき

本報では、粘土の非排水単純せん断特性を把握するために、再構成試料を対象に中空ねじりせん断試験を行い、等方および異方圧密粘土の単純せん断中の挙動について比較を行った。その結果、異方圧密粘土は、繰返しせん断による有効応力の低下に伴い側方の全応力の増加が起こり、最終的に初期有効上載圧 σ_{zc}' まで上昇し、等方応力状態となることが認められた。

【参考文献】

- 1)龍岡・軽部(1983): 講座「土と構成式入門 4.力学挙動と経験式」, 土と基礎
- 2)Saada,A.S. and Townsend F.C. (1980): "State of art : Laboratory Strength Testing of Soils", Laboratory Shear Strength of Soil, ASTM
- 3)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/III-29, pp.329-332

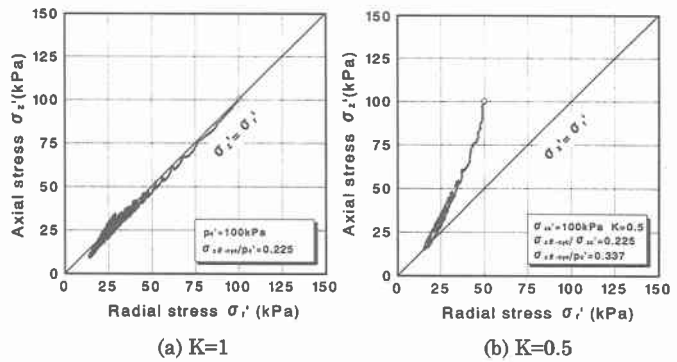


図-3 軸方向応力と半径方向応力の関係

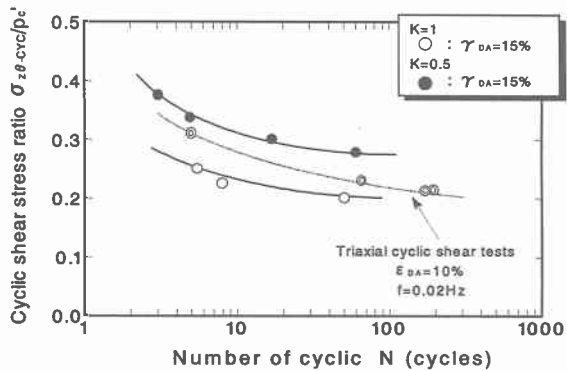


図-4 繰返しせん断応力比と繰返し回数の関係