

Ⅲ-A92

正規圧密粘土の中空ねじり単純せん断特性

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 ○山本覚

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。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¹⁾を用いて等方および異方圧密粘土の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 または 7cm、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 $p_c'=100$ kPa、異方圧密の場合は鉛直応力 $\sigma_{zc}'=100$ kPa、側方土圧係数 $K=0.5$ の応力下で圧密を行い、一定のせん断ひずみ速度 1.0%/min, 0.1%/min の下非排水条件で単調および繰返しせん断試験を行った。なお、圧密方法は、等方圧密では $p_c'=100$ kPa になるまで 20kPa づつ段階的に圧密を行い、最終的に 24 時間圧密を行った。また異方圧密では、圧密圧力 50kPa まで等方圧密を行い、次に σ_z を段階的に増加させ、最終的に $\sigma_z=100$ kPa にした。また単調せん断試験では高さ 14cm と 7cm の2種類の供試体を用い、繰返しせん断試験では高さ 14cm の供試体で応力比 $\sigma_{z\theta-cyc}/p_c'$ を数種類変化させ試験を行った。

3. 単調単純せん断試験結果

図-1 は有効応力径路を示したものであり、図中の実線が高さ 7cm、波線が高さ 14cm の供試体による応力径路である。同図より高さ 7cm の方が 14cm より若干強度が高めではあるが、挙動そのものに大きな差は見受けられない。図-2 に軸差応力とせん断ひずみの関係を示す。両試料ともせん断が進行するにつれてひずみ軟化傾向を示していることが認められる。また両図から両試料ともにせん断初期には挙動が一致しているが、せん断が進行するにつれて若干挙動に差が見られる。両寸法供試体ともに同じ圧密時間としたため、両供試体内部での圧密の程度の違いが存在し、挙動の差に影響を及ぼした一要因ではないかと推測される。以上のことから、供試体高さの違いによ

表-1 試験条件

TEST No.	σ_z' (kPa)	σ_r' (kPa)	$\sigma_{z\theta qc}$ $/\sigma_z'$	$\sigma_{z\theta qc}$ $/p_c'$	w_i (%)	ひずみ速度 (%/min)
io0104s	100	100	-	-	58.39	1.0
ono609s	100	100	-	-	57.67	1.0
io1023c	100	100	0.250	0.250	59.54	0.1
ao0803c	100	50	0.250	0.375	58.84	0.1
io1029c	100	100	0.225	0.225	59.62	0.1
ao1002c	100	50	0.225	0.337	57.00	0.1

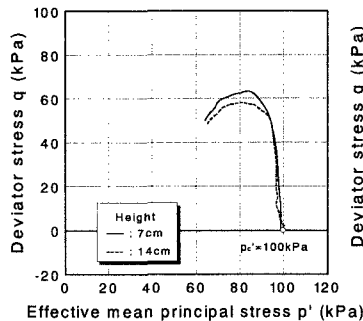


図-1 有効応力径路

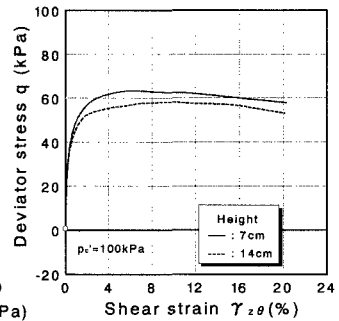


図-2 軸差応力とせん断ひずみの関係

キーワード：中空ねじり、単純せん断、異方圧密

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2557 山口大学工学部 TEL(0836)35-9111 FAX(0836)35-9429

て応力やひずみの挙動に大きな差はないと判断し、今後供試体本数の確保の意味からも低い高さの7cmの供試体を用いることにした。

4. 繰返し単純せん断試験結果

図-3(a),(b)は繰返しせん断時の軸方向応力 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 $\sigma_z' = \sigma_r'$ の関係を保持しているのに対し、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

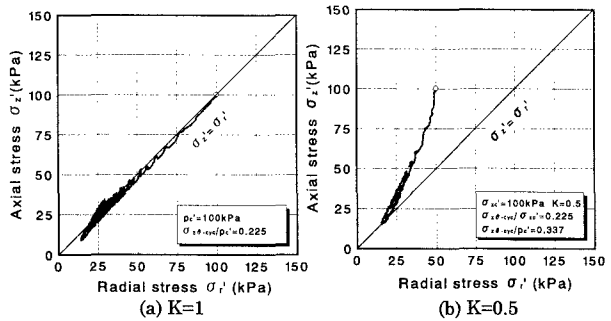


図-3 軸方向応力と半径方向応力の関係

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は応力比 σ_r'/σ_z' と軸ひずみ両振幅の関係を示す。等方圧密の挙動は破線、異方圧密の挙動は実線で示してある。等方圧密下では初期 $\sigma_r'/\sigma_z' = 1$ からせん断が進行するにつれて σ_r'/σ_z' は1より小さくなっていく様子が見て取れる。異方圧密下では初期 $\sigma_r'/\sigma_z' = 0.5$ からせん断が進行するにつれて $\sigma_r'/\sigma_z' = 1$ に近づき、軸ひずみ両振幅が大きくなると σ_r'/σ_z' は低下していく様子が見て取れる。図-5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り、図-6は $\sigma_{z\theta-cyc}$ を初期有効上載圧 σ_{zc}' で正規化した $\sigma_{z\theta-cyc}/\sigma_{zc}'$ 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。図-5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。また図-6より、等方圧密下の強度と異方圧密下の強度はほぼ等しくなることが見て取れる。このことは図-4に見られるように、 $\gamma_{DA} = 10\%$ 付近から等方及び異方圧密土とも σ_r'/σ_z' がほぼ等しくなっているためだと推察される。ま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などが原因であると考えられる。

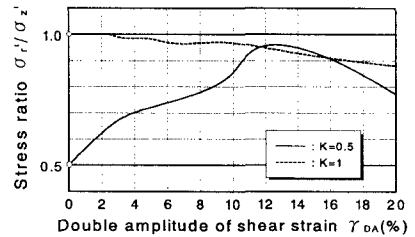


図-4 応力比と軸ひずみ両振幅の関係

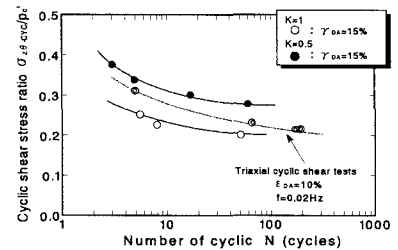


図-5 $\sigma_{z\theta-cyc}/p_c'$ と繰返し回数の関係

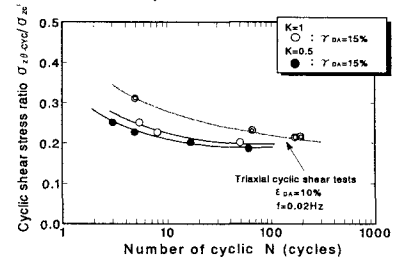


図-6 $\sigma_{z\theta-cyc}/\sigma_{zc}'$ と繰返し回数の関係

あとがき

- 1) 単調単純せん断試験において、供試体高さの違いによって応力やひずみの挙動に大きな差はないと判断し、今後供試体本数の確保の意味からも低い高さの7cmの供試体を用いることにした。
- 2) 繰返し単純せん断試験において、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】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