

### 不攪乱粘土の中空ねじり単純せん断試験

山口大学工学部 正員 兵動正幸 中田幸男  
 (株) ヒロコン 正員 原本利徳  
 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側圧や各種ひずみの測定が難しいといった欠点がある。加えて、これまでの粘性土に関する研究では、その多くが再構成粘土を用いてきた。そこで本研究では、不攪乱粘土に対しても実験可能な中空ねじりせん断試験機を試作して、単調および繰返し単純せん断試験を行い、不攪乱粘土で精度の高いデータの収穫を可能にすることを目的としている。

#### 2. 供試体作成方法および試験条件

試料は有明海岸大塚地区より採取された不攪乱海成粘土であり、単調載荷単純せん断試験に、物理的性質が  $G_s=2.51$ ,  $I_p=36.6$  の試料を、繰返し単純せん断試験には  $G_s=2.611$ ,  $I_p=25.3$  のものを用いた。いずれにもほぼ同等の塑性指数の土を用いることを企図したが、この程度の違いが生じた。供試体作成方法は以下の通りである。まず図-1に示すように供試体作成装置に上部および下部ペDESTALを取り付けて、シンウォールサンプラーから切り出した高さ 14cm の粘土ブロックをのせる。次にワイヤーソーとストレートエッジを用いて外径 7cm に成形した後、供試体に外メンブレンとモールドを取り付ける。そして上部の穴からドリルと筒を用いて供試体の中抜きを行い、ストレートエッジを用いて内径 3.5cm の内空を成形する。このようにして、外径 7cm、内径 3.5cm、高さ 14cm の中空円筒供試体を成形し、最後に内メンブレンを取り付ける。この供試体作成装置の利点は、試料の成形をあらかじめ上部および下部ペDESTALに取り付けて行えるため、従来のような供試体のペDESTAL上への設置に伴う乱れや食い違いが軽減され偏心が無いということである。

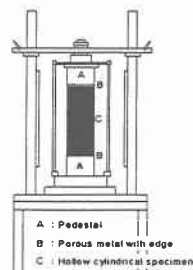


図1 供試体作成装置

試験は、単調せん断試験では、圧密降伏応力の異なる試料 ( $p_y=100, 130, 150$ ) を用いて、拘束圧を変化させ、正規および過圧密領域において実験を行った。また、繰返しせん断試験では、正規および過圧密領域において、繰返しねじりせん断応力比  $\tau_z \theta_{-cyc} / \sigma'_c$  一定の繰返し載荷を行った。尚、いずれも、ひずみ制御法によりひずみ速度を 0.075%/min として試験を行っている。

#### 3. 試験装置

図-2 に自動制御・計測可能な中空ねじりせん断試験装置<sup>1)</sup>の概要を示す。トルクカ、軸荷重の制御は、モータードライバーを介してモーターの回転速度、回転方向を変化させることで行うことができ、外圧、内圧の制御は、E/P 変換器を用いて空気圧を最小で 1kPa 変化させることで行うことができる。また、単純せん断状態を再現するために、せん断試験では軸変位が生じないように軸力を制御し、体積変化が生じないように非排水で試験を行っている。

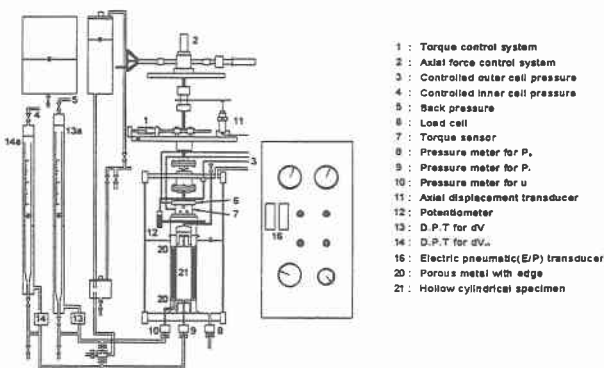


図-2 中空ねじりせん断試験装置

4. 単調単純せん断試験結果

図-3(a),(b)は、圧密降伏応力  $P_y$  が 100kPa の試料に対して行った単調単純せん断試験より得られた軸差応力  $q$  と平均有効主応力  $p'$  を有効拘束圧  $\sigma'_c$  で正規化した有効応力径路および、 $q$  を有効拘束圧  $\sigma'_c$  で正規化した軸差応力比とせん断ひずみの関係を示したものである。拘束圧  $\sigma'_c=300\text{kPa}$  のものについては収縮一方の挙動を示し、軸差応力のピーク点を境に若干の軟化が観察できる。拘束圧  $\sigma'_c=50\text{kPa}$  のものについては、降伏応力から  $\text{OCR}=2$  に相当するため、有効応力が減少せず若干硬化挙動を示した後、定常状態に至っている。どちらの図を見ても拘束圧  $\sigma'_c=50\text{kPa}$  で圧密した方が、強度が高くなっているのが見て取れる。

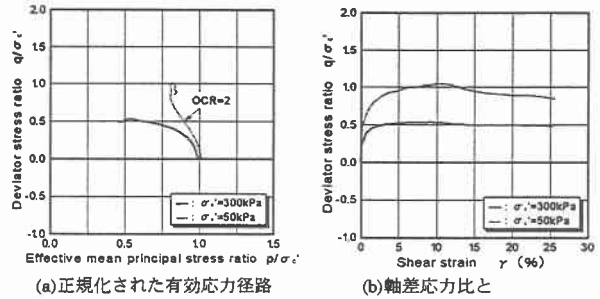


図-3 単調単純せん断試験結果

5. 繰返し単純せん断試験結果

図-4(a),(b)は、拘束圧  $\sigma'_c=200\text{kPa}$  で圧密された試料に対し繰返しせん断試験より得られた有効応力径路および応力・ひずみ関係を示したものである。図中には単調せん断試験より得られた破壊線も併せて示している。まず有効応力径路では、载荷初期に大きく有効応力が減少し、その後徐々に減少し、最終的に単調単純せん断試験より得られた破壊線を少し越えて定常状態に至っていることが認められる。せん断応力・せん断ひずみ関係では、Clockwise および Anti-Clockwise のいずれの方向にもほぼ均等にひずみが発達し破壊に至っている様子が認められる。図-5(a), (b)は、拘束圧  $\sigma'_c=50\text{kPa}$  で圧密を行った場合の有効応力径路およびせん断応力・せん断ひずみ関係を示している。どちらの図においても傾向としては  $\sigma'_c=200\text{kPa}$  で圧密したものと類似しているが、せん断応力・せん断ひずみ関係において、 $\sigma'_c=50\text{kPa}$  の方が有効応力の減少の割合及び剛性の低下の度合いが弱いことが認められる。図-6 は、ピーク有効応力比とピークせん断ひずみの関係を示したものである。圧密条件の違いや繰返しせん断応力比の違いおよびねじり方向の違いによらず一義的な関係が存在していることが認められる。

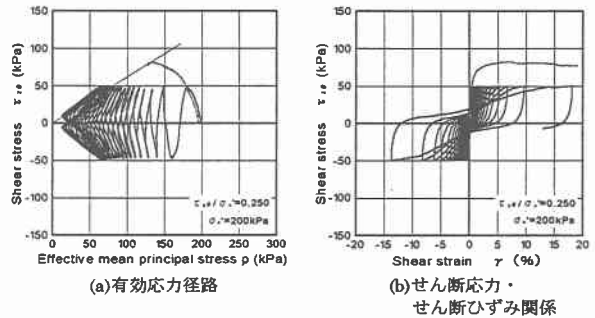


図-4 繰返し単純せん断試験結果(σ'c=200kPa)

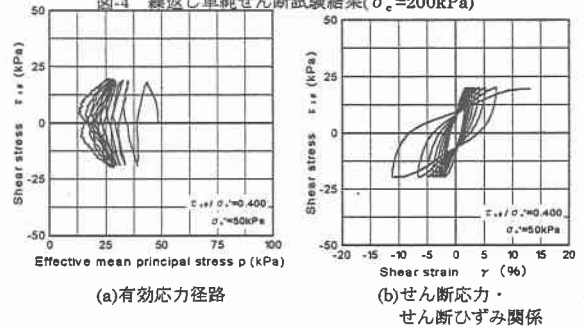


図-5 繰返し単純せん断試験結果(σ'c=50kPa)

6. あとがき

供試体作成時に試料に乱れを生じさせず、不攪乱粘土の特徴を把握できたことから、本試験機では不攪乱粘土に対しても十分対応できることが確認された。

【参考文献】 1)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の試作とその適用” 土質工学会中国支部論文報告集「地盤と建設」, Vol.10, No.1, pp.83-92.

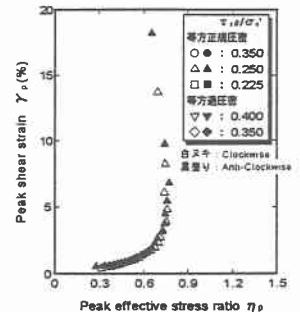


図-6 ピークせん断ひずみとピーク有効応力比の関係