

九州大学工学部 正 山内 豊聡
同 正 巻内 勝彦
同 学 ○ 美濃 彰

1. まえがき

異方性をもつ粘性土に対して、異方性とせん断応力の方向、大きさ、繰返し回数との関係を調べる目的で静的および繰返し単純せん断試験を行った。実験に用いた単純せん断試験機は、立方供試体の各面上の応力を直接測定する方式で、従来の装置に比べて供試体内の応力状態が明確にできる利点がある。試料としては、普通土と有機質土の差異をみるためカオリン粘土と黒ぼくを用い、室内静的締固めによって供試体を作製した。

2. 試料、実験装置および実験方法

2-1 試料

試料は市販の白色粘土(カオリン)と火山灰質粘性土(阿蘇黒ぼく、有機物含有量28.9%)を用いた。比重はカオリンが2.71、黒ぼくが2.59である。試料はフローティングモールド・コンパクション法による静的締固めによって、76mmの立方供試体を作製した。両試料の締固め状態は表-1に示す。カオリン粘土は標準突固め試験より湿潤側を選び、黒ぼくは自然含水比で行った。

表-1 試料の締固め条件

試料	w(%)	S _r (%)	ρ_s (g/cm ³)	e
カオリン	35.3	93.1	1.33	1.02
黒ぼく	94.2	86.8	0.68	2.81

2-2 実験装置

繰返し単純せん断試験装置は図-1(a)に示す。空気圧荷重方式により、鉛直荷重(最大容量500kgf)および水平方向せん断荷重(最大容量500kgf、水平変位±15mm)がそれぞれ静的および繰返し負荷(周波数0.05~0.5Hz、楕円形波)が可能である。図-1(b)に供試体の立面図と平面図を示すが、x方向とy方向の垂直ひずみは拘束状態($\epsilon_x = \epsilon_y = 0$)で実験は行われる。記録計により鉛直応力(σ_z)、せん断応力($\tau = \tau_{xz}$)、鉛直ひずみ(ϵ_z)、せん断ひずみ($\gamma = \gamma_{xz}$)、4つの側圧(土圧計による σ_x 、 σ_y それぞれ2個)の計8個が計測される。

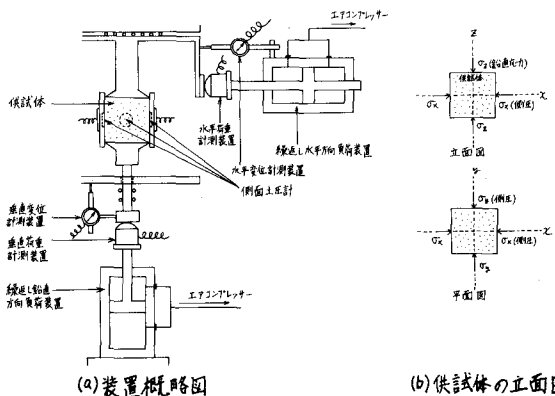


図-1 繰返し単純せん断試験機

2-3 実験方法

本実験はカオリン、黒ぼく両試料について静的試験および繰返し試験を行った。ともに垂直応力 $\sigma_z = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ で圧密(3時間)を行い、静的試験は変位制御(せん断速度10mm/分)、繰返し試験は応力制御(周波数0.5Hz)で行った。供試体の側面にはゴムスリートを巻き上板と下板の外側でとめ、ほぼ非排水状態とした。異方性と変形特性の関係を調べるため、締固め方向に対して図-2のような3つの組み合わせでせん断応力を加えることとした。静的試験は、カオリン、黒ぼくについて上記3つのケースで行ったが、繰返し試験では、ケース2(締固め方向とせん断方向が一致)のみについて、せん断応力を変えて試験をし、以下の考察を行った。

3. 実験結果および考察

せん断応力 τ ひずみ曲線を図-3(カオリン)と図-4(黒ぼく)に示す。カオリン、黒ぼくともに曲線にピークがみられないが、これは単純せん断状態ではせん断変形分布が全体的に生じ局部的破壊が発生しにくいためといえる。

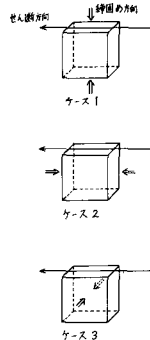


図-2 締固め方向とせん断方向の関係

カオリン，黒ぼくともに締固め方向とせん断方向の関連により土構造の持つ強度異方性の差が明確に認められる(ケース: $2 > 3 > 1$)。すなわち締固め方向に平行にせん断を加えた場合が最もせん断強度が大きい。これよりカオリンや黒ぼくは締固め方向に垂直な面に沿って偏平なベッド構造になっているか、またはベッド間の結合力に方向性の差があることが推定される。図-3と図-4を比較すると、ひずみが進むにつれて黒ぼくはカオリンに比べて応力の増加率が小さくなることがわかる。すなわち黒ぼくのベッド構造の結合が小さいひずみ段階でくずれれるものと考えられる。次に、せん断過程での鉛直応力に対する側方応力の比(せん断時の側方土圧係数)を調べた。 σ_1/σ_2 の大きさの順序は図-3、図-4と同じであるが、単調増加傾向を示す。一方 $\sigma_1/\sigma_2 (= \sigma_2/\sigma_1)$ は図-5、図-6に示すようにケース3が最大となっている。すなわちせん断過程で締固められた方向への膨張が大きいことを意味している。繰返し試験はケース2について応力レベルを変えて行い、その履歴カーブで $\tau \sim \sigma$ を描いたものが図-7、図-8である。比較的応力が小さい場合、このループは繰返し回数 N の影響をほとんど受けず、ベッド構造間では結合力が安定しているとみなせる。一方、応力が高くなると、 N の増大につれてループは大きくなり、横にねてきて土構造に変化がもたらされることがわかる。繰返し試験中において、黒ぼく供試体内の応力状態をモールの応力円で示したのが図-9である。(a)図の τ が小さい場合には、 N による応力変化はほとんどみられない。(b)、(c)図にかけて τ が大きくなる場合は、初期段階では最小主応力として引張応力が発生しているが、 N の増大につれてモールの円が圧縮側に移行し、モールの円の半径も小さくなる。繰返しによる供試体内のベッド構造系の再配列が生じていくことが推察される。

4. まとめ

以上の実験結果を要約すると、(1)静的単純せん断試験結果より、カオリン、黒ぼくには強度異方性があり、その傾向と程度は両試料で差がみられ、またせん断ひずみの影響を受けることがわかった。(2)繰返し単純せん断試験結果より、両試料に対して応力レベルが高いほど土構造の変化を顕著にもたらし、繰返し回数の影響も大きくなることが明らかとなった。

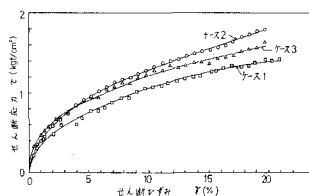


図-3 静的せん断応力ひずみ関係(カオリン)

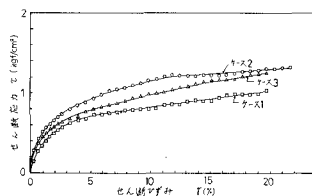


図-4 静的せん断応力ひずみ関係(黒ぼく)

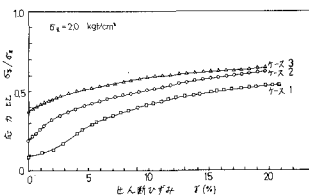


図-5 静的せん断における $\sigma_1/\sigma_2 \sim \gamma$ 関係(カオリン)

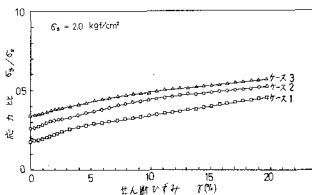


図-6 静的せん断における $\sigma_1/\sigma_2 \sim \gamma$ 関係(黒ぼく)

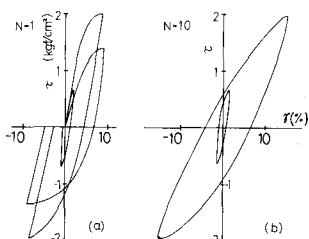


図-7 繰返しせん断応力ひずみ関係(カオリン)

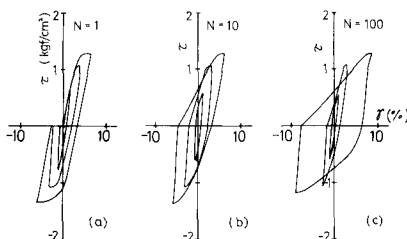


図-8 繰返しせん断応力ひずみ関係(黒ぼく)

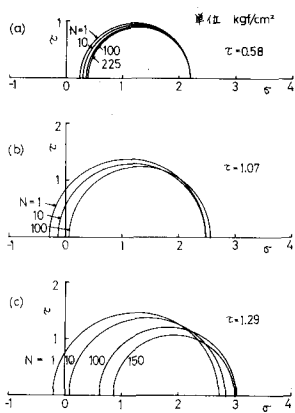


図-9 繰返しせん断におけるモールの応力円の変化(黒ぼく)