

中空ねじりせん断試験による中間土の単純せん断特性

山口大学大学院 学生会員 山田卓○中尾知代

山口大学工学部 正会員 兵動正幸 中田幸男 吉本憲正

復建調査設計（株） 正会員 渡辺真悟

1. まえがき 自然の土は様々な粒径の土粒子から構成されており、その力学特性は粒度組成に大きく依存する。実務においては支配的な土粒子の粒径を基にして土を分類し、通常、砂と粘土のいずれかに区分してそれぞれ別の設計法が用いられているが、実際の土は広範囲な粒径の土粒子を含んでいるため砂か粘土かに明確に分類できない場合も多い。このように、砂と粘土の中間的な性質を有する土を中間土と呼んでいる。また一般に水平地盤内の土の要素は K_0 応力状態であり、外力の作用に対して単純せん断変形を生じる場合も多い。本研究では原位置の応力状態を精度よく再現することが可能で、単純せん断試験が可能な中空ねじりせん断試験機を用いた。対象とする土は砂と粘土を種々の混合割合で作製した中間土である。本研究はこれらの土を対象に実験を行うことにより中間土の単純せん断特性を明らかにすることを目的としたものである。

2. 試料と実験方法・条件

(1)試料 用いた試料は、粒度調整した珪砂に中塑性粘土である小野田粘土及び高塑性粘土である六角粘土を混合し作製したものである。いずれも粘土と珪砂の乾燥重量比は 100:0、80:20、60:40、40:60 であり、供試体は予圧密装置を用いて作製した。以下、小野田粘土と珪砂の混合試料を中間土 A、六角粘土と珪砂の混合試料を中間土 B とし、表 1(a)、(b)に試料の物理的性質を、図 1 に粒径加積曲線を示す。

(2)実験方法・条件 供試体は外形 7cm、内径 3cm、高さ 7.5cm の中空供試体である。供試体セット後、圧密過程においては所定の圧密圧力まで段階的に载荷し、側方土圧係数 $K=\sigma_r/\sigma_z=\sigma_\theta/\sigma_z=0.5$ で異方圧密を行った。ここに σ_z 、

σ_r 、 σ_θ は軸方向、半径方向、円周方向応力である。せん断過程においては初期有効鉛直応力 100kPa の下、非排水状態、高さ一定で、半径方向ひずみを制御して、一定のひずみ速度 0.1%/min で载荷を行った。本研究ではねじり方向の微小ひずみの計測のためにレーザー変位計を設置した。

3. 中間土の単純せん断特性

(1)中空ねじり単純せん断変形 図 2 に中間土 A の主応力方向角 α_σ とせん断ひずみ $\gamma_{z\theta}$ の関係を示す。ここで主応力方向角 α_σ とは鉛直軸と最大主応力とのなす角であり、式(1)で表される。ここに、 σ_{z0} はせん断初期において

$$\alpha_\sigma = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{2\sigma_{zh}}{\sigma_z - \sigma_\theta} \right) \cdots \cdots (1)$$

主応力方向角は、細粒分含有率の低い試料ほど大きく回転する傾向が認められた。一般的に、砂はより顕著な異方性を示すことが知られている。細粒分

表 1 試料の物理的性質と単純せん断試験条件
(a)中間土 A

粘土:珪砂 (乾燥重量比)	F.C(%)	C.C(%)	Gs	W _L (%)	W _p (%)	I _p	初期有効 鉛直応力 σ_z	ひずみ速度 (%/min)
100:0	84.5	37.5	2.601	80.94	34.9	46.0	100	0.1
80:20	67.0	30.0	2.611	60.49	22.67	37.8		
60:40	50.0	21.5	2.621	46.13	18.2	27.9		
40:60	32.5	14.0	2.632	25.99	12.46	13.5		

(b)中間土 B

粘土:珪砂 (乾燥重量比)	F.C(%)	C.C(%)	Gs	W _L (%)	W _p (%)	I _p	初期有効 鉛直応力 σ_z	ひずみ速度 (%/min)
100:0	100.0	62.5	2.593	155.34	44.33	111.0	100	0.1
80:20	79.5	49.0	2.608	124.25	32.54	91.7		
60:40	59.0	36.5	2.622	79.22	30.62	48.6		
40:60	39.0	24.0	2.637	61.58	24.76	36.8		

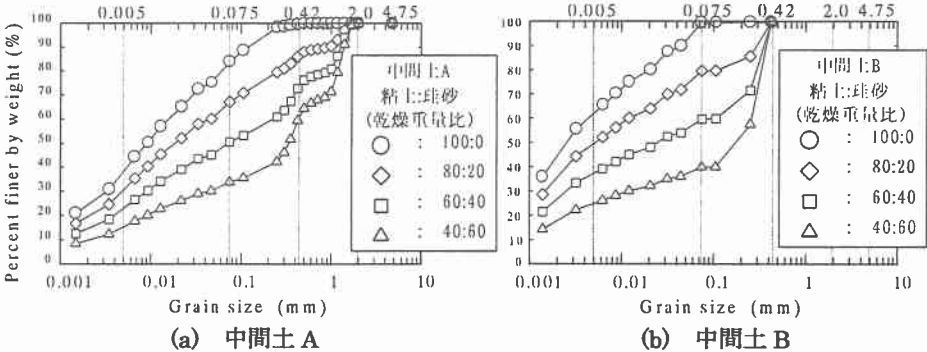


図 1 粒径加積曲線

が少ない、つまり砂分の量が多い試料ほど異方性が強くなるために主応力方向角の回転に影響を及ぼし、このような結果が得られたものと考えられる。しかしながら、図(b)に示されるように最終的には細粒分含有率の違いに拘らず主応力方向角は 45° 付近まで回転した後、 45° 付近で定常状態に至ることがわかる。

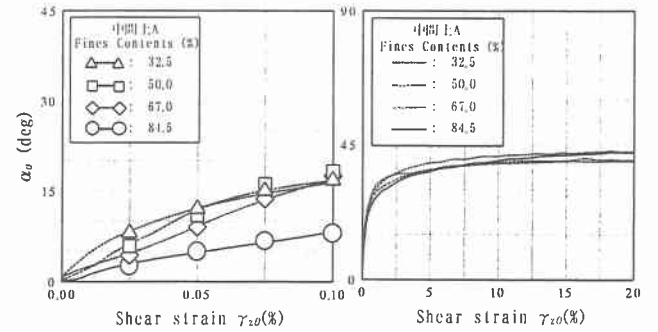
(2)応力ひずみ関係 図3は、せん断応力 $\sigma_{z\theta}$ とせん断ひずみ $\gamma_{z\theta}$ の関係である。(1)は中間土A、(2)は中間土Bについて、いずれも(a)は $\gamma_{z\theta}=0.2\%$ まで、(b)は $\gamma_{z\theta}=20\%$ までの結果を示したものである。(a)より、せん断初期において細粒分含有率の低いものほど高いせん断応力を発揮することが両方の土に対して認められる。また(b)より、すべての試料において、せん断応力はせん断初期に急激に発達し、ピークに達した後、軟化傾向を示すことが観察される。しかし、最終的には応力ひずみ関係に細粒分含有率の違いによる有意な差は認められない。

(3)せん断過程における細粒分の影響 図4にせん断ひずみ $\gamma_{z\theta}=0.1\%$ と 10% におけるせん断応力 $\sigma_{z\theta}$ を初期有効鉛直応力 σ_{zc}' で除したせん断応力比 $\sigma_{z\theta}/\sigma_{zc}'$ を、細粒分含有率の関係でプロットした。なお、図中の直線は、すべてのプロットを最小2乗法で近似した直線である。せん断初期においては、せん断応力比は細粒分含有率の増加に伴い減少傾向を示すが、大きなせん断ひずみ領域においては、直線はほぼ一定となり、せん断の進行と共に細粒分の影響は減少することが認められる。これは骨格¹⁾を形成する粗粒子の影響が細粒分含有率の低いものほど強く現れ高いせん断強度を発揮するが、せん断の進行に伴い、粗粒子の構造が破壊されるためと考えられる。

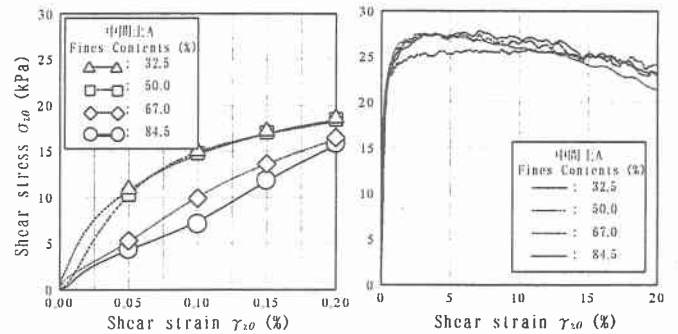
4. まとめ

(1) 主応力方向角とせん断ひずみの関係より、主応力方向角は、せん断初期に細粒分含有率の低い試料ほど大きく回転する傾向が認められた。さらに、せん断の進行に伴い細粒含有率の違いによらず主応力方向角は 45° 付近まで回転し定常状態に至ることが認められた。
(2)せん断応力とせん断ひずみの関係、及びせん断応力比と細粒分含有率の関係より、細粒分含有率の違いがせん断応力に及ぼす影響はせん断初期に強く現れ、せん断ひずみが発達すると共に減少することが認められた。

【参考文献】1) 伊東周作・兵動正幸：「砂・粘土・中間土の非排水単調及び繰返せん断特性」：土木学会論文集 No.680/55,233-243,2001.6

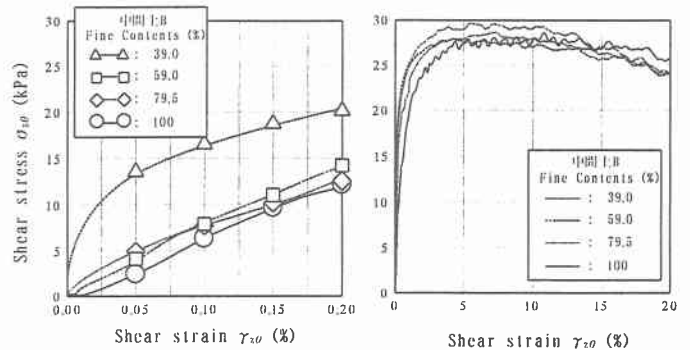


(a) $\gamma_{z\theta}=0.1\%$ まで (b) $\gamma_{z\theta}=20\%$ まで
図2 主応力方向角とせん断ひずみの関係



(a) せん断ひずみ $\gamma_{z\theta}=0.2\%$ まで (b)せん断ひずみ $\gamma_{z\theta}=20\%$ まで

(1) 中間土A



(a) せん断ひずみ $\gamma_{z\theta}=0.2\%$ ま (b)せん断ひずみ $\gamma_{z\theta}=20\%$ まで

(2) 中間土B

図3 せん断応力 $\sigma_{z\theta}$ とせん断ひずみ $\gamma_{z\theta}$ の関係

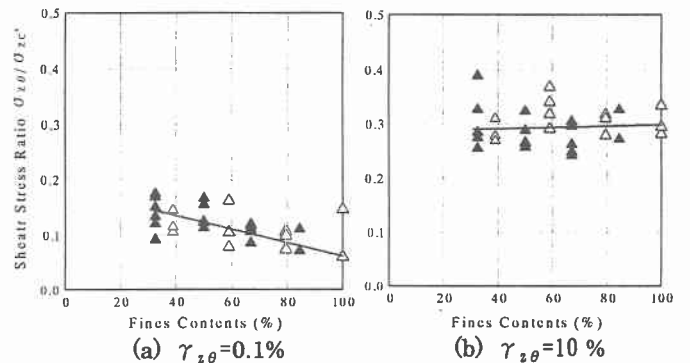


図4 せん断応力比と細粒分含有率の関係