

粒子形状の異なる砂の繰返しせん断特性に及ぼす初期構造異方性の影響

福岡大学大学院 学生員 ○古川 篤
福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一
福岡大学工学部 正会員 吉田 信夫

1. 研究目的 一般的に地盤は水平方向と鉛直方向の応力状態が異なり、異方的な応力状態であることが知られている。この様な地盤に繰返し応力が作用すると主応力の方向と大きさが変化することにより、地盤の抵抗特性に影響を与える。また、自然堆積地盤では、堆積過程に生じる土粒子の定方向配列に起因する構造異方性を有しており、地震の強度・変形特性が異なると考えられる。そこで本研究では、砂の粒子形状の違いが引き起こすと考えられる初期構造異方性に着目し、著者ら¹⁾がこれまでにやってきた豊浦砂に加え、まさ土と海砂の3種類を用いて非排水繰返しせん断特性に及ぼす影響について調べた。特に、粒子形状については顕微鏡で粒子を観察し、球形度と円磨度の関係から繰返しせん断特性について考察を行った。

2. 実験概要 実験は、全自動計測・制御可能な中空ねじりせん断試験装置を用いて、応力制御による非排水繰返しせん断試験を行った。実験に用いた試料は、図-1、表-1に示す3種類の粒子形状が異なる砂を使用し、多重ふるい落下法²⁾により、相対密度 $Dr=80\%$ を目標に水平方向に堆積面を有する供試体を作製した。供試体作製後、間隙空気を炭酸ガスに置き換えて脱気水により飽和させ、バックプレッシャー 98kPa を載荷し、 B 値が 0.96 以上になったことを確認の上、圧密圧力 196kPa にて等方圧密を1時間行う。圧密終了後、中間主応力係数 $b=0.5$ で非排水繰返しせん断試験を行う。一方、球形度と円磨度を求める方法は、顕微鏡によってそれぞれの試料に対して 300 個づつ粒子を観察し、図-2 に示す、形の粒子がどのくらい分布しているかを数え、球形度と円磨度を調べた。

3. 実験結果及び考察

図-3(a)、(b)、(c)に今宿まさ土の主応力方向 $\alpha=0^\circ$ 、 45° 、 90° における繰返し応力比 $\tau/p'_c=0.25$ の有効応力経路図を示す。これらの図より、主応力方向の違いにより、初期構造異方性の影響が現れ、繰返し載荷に伴う有効応力の低下量が違っていることがわかる。 $\alpha=0^\circ$ 、 90° についてはほぼ同じ挙動を示している。これは、最初に載荷荷重を加える方向が違うのみで応力経路が同じである事、さら

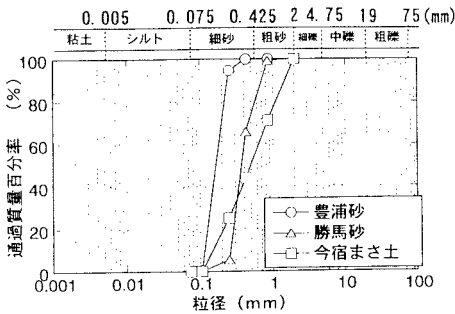


図-1 実験に用いた試料の粒径加積曲線

表-1 試料の物理的特性

	G_s (g/cm^3)	e_{max}	e_{min}	U_c
豊浦砂	2.65	0.962	0.622	1.424
今宿まさ土	2.66	1.239	0.664	3.360
勝馬砂	2.67	0.955	0.657	1.424

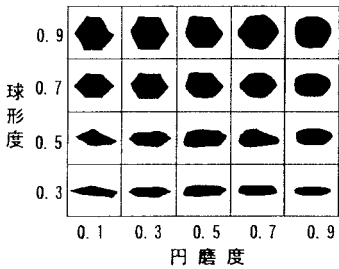


図-2 球形度と円磨度の関係³⁾

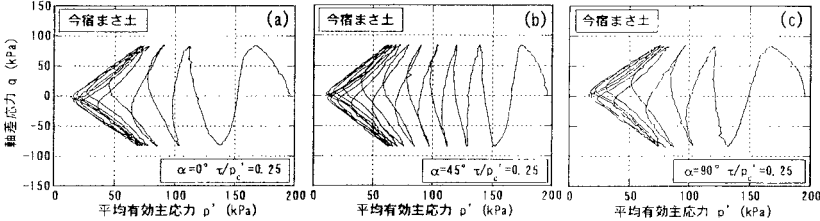


図-3 有効応力経路図 (今宿まさ土)

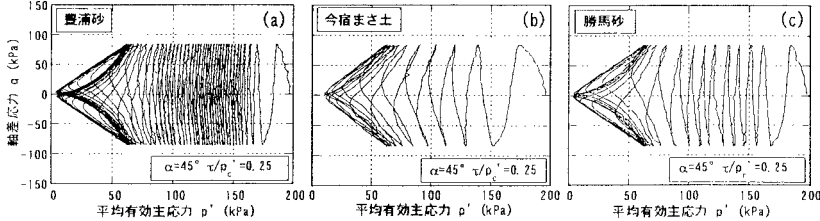


図-4 有効応力経路図 (各試料)

に刃付きポーラスメタルによる供試体の拘束効果の影響が生じたために異方性の影響が現れなかったと考えられる。このような初期構造異方性の影響は他の試料についても現れた。次に、砂の粒子形状の違いによる繰返しせん断特性の影響を調べるため、相対密度 $Dr=80\%$ 、主応力方向 $\alpha=45^\circ$ 、繰返し応力比 $\tau/p'_c=0.25$ の各試料の有効応力径路図を図-4(a)、(b)、(c)に示す。同一条件で行った実験であるにも関わらず、有効応力の低下量に大きな差が見られる。特に、今宿まさ土、勝馬砂の2つの砂に比べて、豊浦砂においては繰返しに対する有効応力の低下量が小さく、繰返し抵抗が強くなっていることがわかる。次に図-5(a)、(b)に図-3に示した同一条件における今宿まさ土と勝馬砂のねじりせん断応力 τ_{vh} とねじりせん断ひずみ γ_{vh} の関係を示す。この図からも、砂の違いによって繰返しに伴う供試体変形量が異なっていることがわかる。

今宿まさ土については破壊に近づくにつれて、勝馬砂と比較して大きな振幅のひずみを発生しており、剛性の低下が著しいことが分かる。次に、同一条件における繰返し回数 N と最大過剰間隙水圧比 $(u/p'_c)_{max}$ 、最大せん断ひずみ γ_{max} の関係を図-6、7に示す。両図から明らかなように同一応力比の繰返しせん断試験であるにも関わらず、過剰間隙水圧、せん断ひずみの発生過程に砂の違いが現れている。そこで、このような砂の違いによるせん断挙動の違いを粒子形状の違いから考察を行う。写真-1、2、3に豊浦砂、今宿まさ土、勝馬砂の粒径の様子を示す。また、図-2で示した球形度と円磨度の分布図を表にまとめている。豊浦砂と勝馬砂を比較すると、どちらも球形度が高く、円磨度も高い結果となった。しかし、豊浦砂の円磨度は、勝馬砂と比較してわずかに低い傾向にある。実験結果では、勝馬砂より豊浦砂の方が大きなせん断抵抗を示していることから、円磨度が高くなるに従って、せん断力に対する抵抗が小さくなると考えられる。一方、今宿まさ土は球形度に大きな差は見られないが、円磨度は極端に低く、球形度は高いものから低いものまで一様に分布している。このことから実験結果を検討すると、今宿まさ土は3種類の試料の中で最もせん断ひずみの発生量が大きくなっている。これは、球形度が低い粒子があることが、ねじりせん断抵抗に大きな影響を与えたと考えられる。

4.まとめ 1) 豊浦砂以外の砂についても繰返しせん断特性に初期構造異方性があることが示された。2) 粒子形状に着目し、円磨度と球形度を用いて評価した結果、非排水繰返しせん断挙動にはユニークな関連性を見つける事が出来た。砂の粒子形状の違いが繰返しせん断特性に影響を及ぼすことが分かった。今後更にこの関係について実験により調べる予定である。〈参考文献〉1) 佐藤ら：供試体の初期構造異方性に着目した砂の繰返しせん断特性、第10回日本地盤工学シンポジウム、pp1325-1330。2) Miura, S. Toki, S. Anisotropy in Mechanical Properties and

Its Simulation of Sands Sampled from Natural Deposits, soil and Foundations, Vol. 24, No. 3, 69-84, Sept. 1984

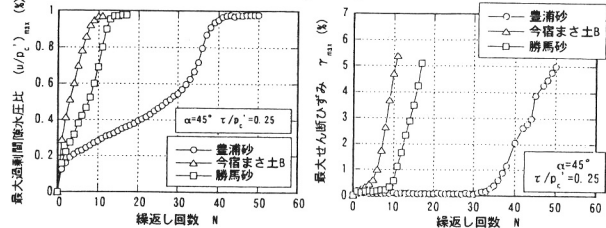
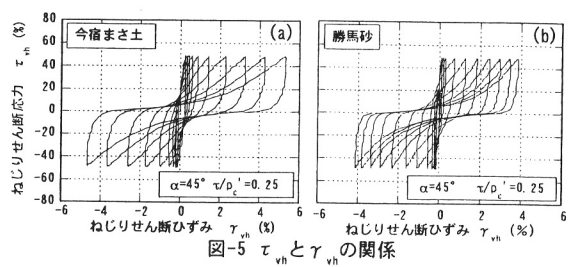


図-6 $N-(u/p'_c)_{max}$ の関係

図-7 $N-\gamma_{max}$ の関係

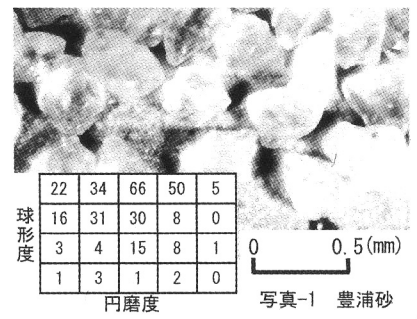


写真-1 豊浦砂

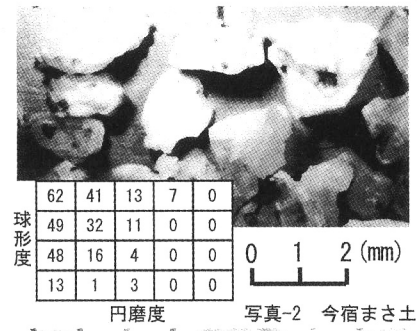


写真-2 今宿まさ土

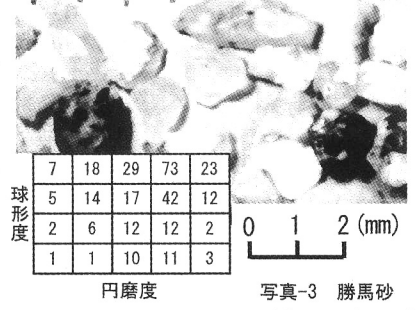


写真-3 勝馬砂