

初期せん断を受けるしらすの非排水繰返しせん断特性に及ぼす細粒分の影響

山口大学大学院 学生員 ○山脇大輔
山口大学工学部 正会員 兵動正幸 吉本憲正
山口大学大学院 学生員 松岡昇

1. はじめに

南九州地方に広く分布するしらすは、破碎性土として知られ、地震時に、液状化しやすいことが指摘されてきた¹⁾。また、しらすには、母粒子の破碎した細粒分が約 30%も含まれており、その細粒分の存在が、しらす地盤の挙動に大きく影響していることが明らかになってきた²⁾。そこで、本研究では、原粒度および細粒分を除去したしらす試料に対し繰返し三軸試験を行い、初期せん断応力下における繰返しせん断特性に及ぼす細粒分の影響を調べた。

2. 試料および実験方法

本研究では、鹿児島県始良郡で採取した 1 次しらすを用いた。原位置のしらすには約 5%の礫分が混入していたが、礫分を除去した試料と、さらにその試料から 0.074mm 以下の細粒分を除去した試料の二種類を用い、三軸試験を行った。供試体は空中落下漏斗法により、初期相対密度 $D_{ri}=50\%$ となるように作製した。このような供試体に初期拘束圧をそれぞれ $\sigma'_c=50, 100, 300\text{kPa}$ になるように、等方および異方圧密(初期せん断応力比 $\sigma_s/2\sigma'_c=0, 0.2, 0.4$)を行い、非排水状態でせん断試験を行った。それぞれの試料の物性は、表- 1 に示すとおりである。

3. 試験結果および考察

(1) しらすの力学特性

図- 1 にそれぞれの試料の粒径加績曲線を示す。図中、比較のためにシリカ系の海砂である秋穂砂についても示した。細粒分を除去したしらすは、秋穂砂と良く似た粒度分布を示している。図- 2 にそれぞれの初期相対密度 $D_{ri}=50\%$ における等方圧縮による試料の $e-\log p$ 関係を示す。細粒分を除去したしらすは、原粒度のしらすと比較し低圧域では間隙比が大きいのが、3MPa 付近から曲線が接近し、それ以降ほぼ同一の直線を示す。しらすはいずれも秋穂砂に比べ低い圧力域において圧縮性が高いことも特徴である。一方、原粒度のしらすは圧力の増加に対して直線的に間隙比が減少して行き、明確な折れ曲がり点が観察できる。

(2) 繰返しせん断挙動

図- 3 (a) ~ (d) に原粒度と細粒分を除去したしらすの等方および異方圧密下の軸差応力 - 軸ひずみ関係を示す。(a) ではある繰返し回数を越えると急激に軸ひずみ振幅が発達し、破壊に至っている様子が認められる。さらに、伸張側に劣らず圧縮側での軸ひずみ増加が著しく生じており、圧縮伸張ほぼ均等に軸ひずみが発達し、流動的な挙動を示している。これに対し、細粒分を除去した(b)では、軸ひずみ振幅が徐々に発達していく Cyclic mobility の挙動となっている。また、(a)の挙動と比べると、非常にせん断剛性が高く、最終的にも高い剛性を表している。また、(c)の初期せん断応力下の原粒度しらすでは、片振りの繰返し载荷にもかかわらず、急激な残留軸ひずみが発達していき破壊に至ってい

表- 1 試料の物理的性質

	ρ_s	e_{max}	e_{min}	U_c
しらす	2.489	1.494	0.775	11.75
しらす (細粒分カット)	2.307	1.551	1.027	3.35
秋穂砂	2.633	0.958	0.582	2.74

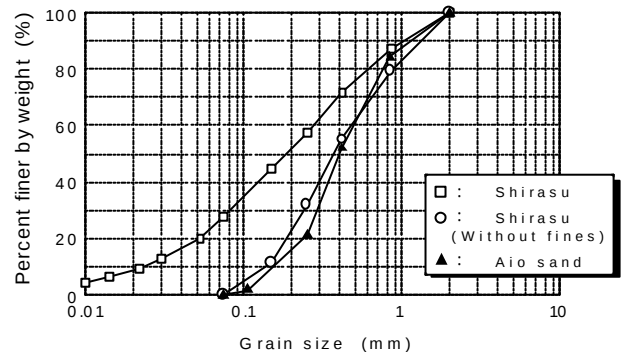


図- 1 試料の粒径加績曲線

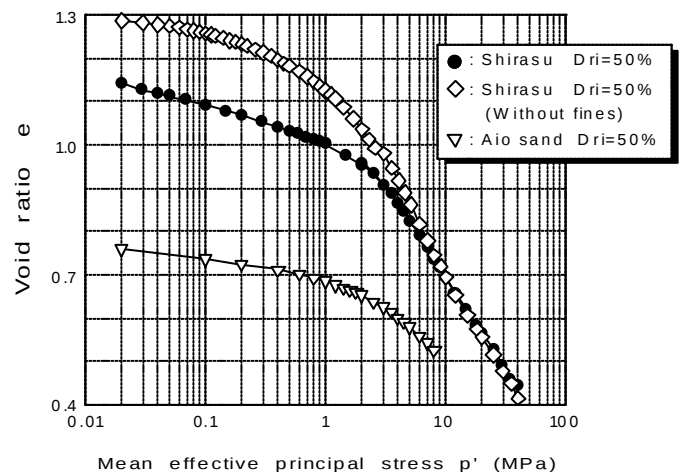


図- 2 $e-\log p$ 関係

キーワード：しらす、細粒分、せん断

連絡先：755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部 TEL(0836)85-9344 FAX(0836)85-9301

る。一方、細粒分を除去した(d)では、軸ひずみ繰返し一波目に大きく発生した後、徐々に蓄積していき、多くの繰返し回数を経て最終的に軸ひずみが残留して破壊に至っている。

(3) 繰返しせん断強度

図-4(a),(b)に繰返し回数20回で軸ひずみ両振幅またはピーク軸ひずみ5%を生じるに必要な繰返し応力比と初期せん断応力比の関係を原粒度および細粒分を除去したしらすについてそれぞれ示した。なお、図中に比較として秋穂砂についても示した。(a)の原粒度しらすでは、いずれの拘束圧においても初期せん断応力比の増加に伴うせん断強度の増減が認められない。また、伸張側への応力反転が無い領域においても破壊に至っている。さらに、拘束圧の増加に伴いせん断強度は増加の傾向を示している。一方、細粒分を除去した(b)では、 $\sigma_c' = 50, 100 \text{ kPa}$ において初期せん断応力比の増加に伴いせん断強度は増加したが、 $\sigma_c' = 300 \text{ kPa}$ では逆にせん断強度は減少した。また、 $\sigma_s/2\sigma_c' = 0.2$ では、破壊に至るのに伸張側への応力反転を必要としたが、 $\sigma_s/2\sigma_c' = 0.4$ では応力反転を伴わずに破壊に至った。さらに(a)と比較し、せん断強度

はかなり強い結果となった。一方、秋穂砂では、初期せん断応力比の増加に伴いせん断強度は増加し、すべて応力反転を伴う場合のみで破壊に至った。以上のことからしらすは、細粒分を除去することで、粒子表面の粗い粗粒子同士の接触によりインターロッキング効果が強く発揮され、初期せん断応力の増加に対し強度が増加したと考えられる。しかし、秋穂砂と比較し、粒子が脆弱なしらすには粒子破砕が生じたことが推察される。

4. まとめ

初期せん断応力下の繰返しせん断挙動において、しらすの細粒分は流動的な変形を誘い、軸ひずみを急激に発生させる結果となった。また、細粒分は初期せん断応力の増加に対しても、強度の上昇を妨げる結果となった。

【参考文献】1) 岡林巧・兵動正幸・安福規之・村田秀一：乱した一次しらすの非排水単調および繰返しせん断挙動、土木学会論文集、No.499/ -37, pp.197-209, 1996

2) 澤村 仁志・兵動 正幸・中田 幸男：しらすの排水・非排水せん断特性に及ぼす細粒分の影響、第55回年次学術講演会講演概要集、III-A045, 2000

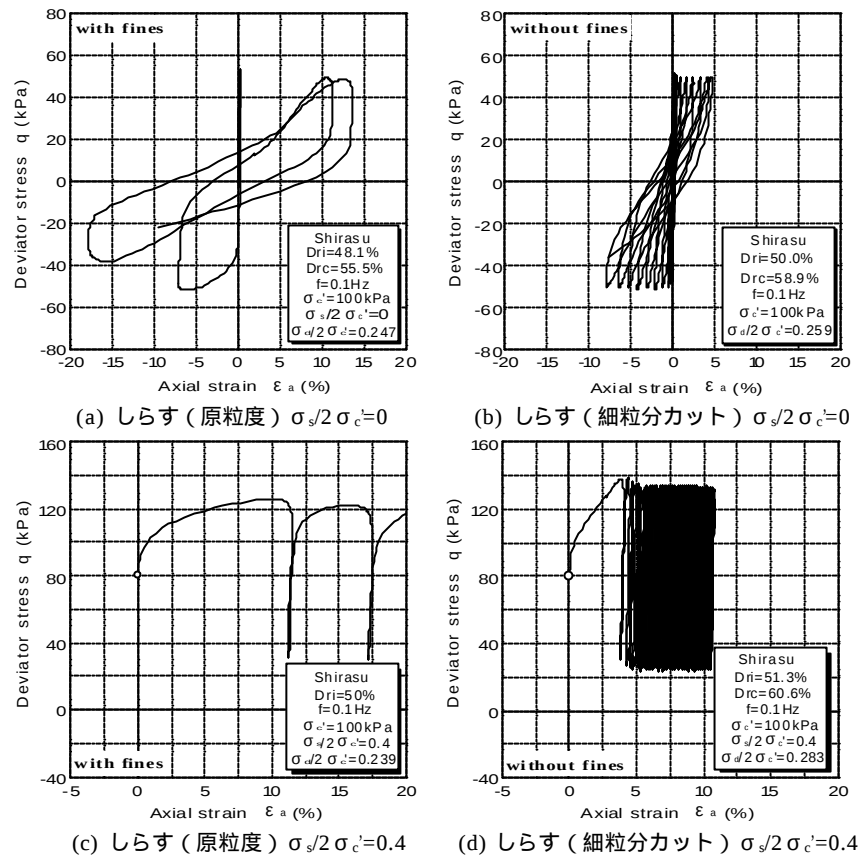


図-3 軸差応力 - 軸ひずみ関係

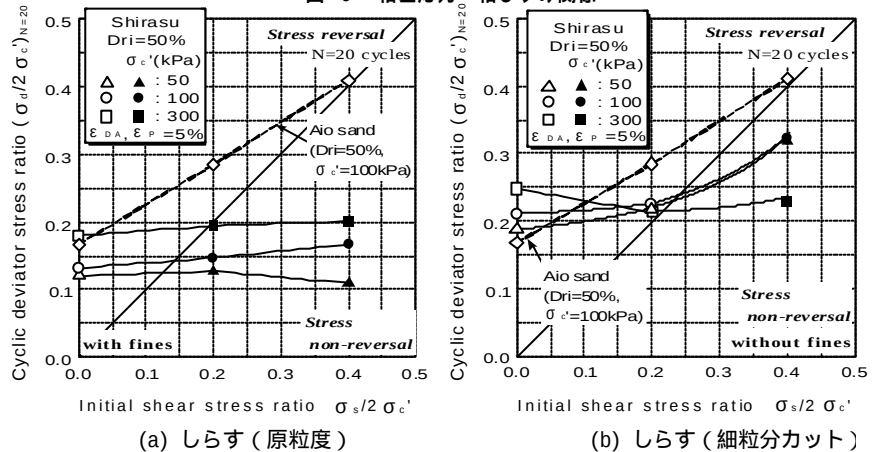


図-4 繰返し回数20回における繰返し応力比と初期せん断応力比の関係