

しらすの非排水単調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 松岡昇
山口大学工学部 正会員 兵動正幸 中田幸男 吉本憲正

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り。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三軸試験を行い、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。以後、図や表で原粒度のしらすをしらす、細粒分を除去したしらすをしらす(細粒分カット)として示す。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 $\sigma'_c=50, 100, 300, 1000\text{kPa}$ 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) しらすの物理的性質および圧縮特性

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、3MPa 付近から曲線が接近し、それ以降ほぼ同一の線上をたどる。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大きいことも特徴的である。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) 非排水せん断挙動

図-3 (a),(b) にそれぞれしらすの細粒分を有する試料と除去した試料に対する拘束圧 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ での軸差応力-軸ひずみ関係を示す。図中、変相点の位置を黒丸で示す。図(a),(b) における変相点を比較すると、

表-1 試料の物理的性質

	ρ_s	e_{max}	e_{min}	U_c
秋穂砂	2.633	0.958	0.582	2.74
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

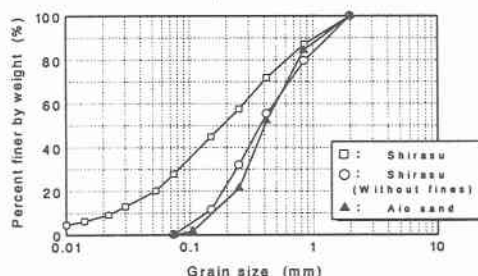


図-1 試料の粒径加績曲線

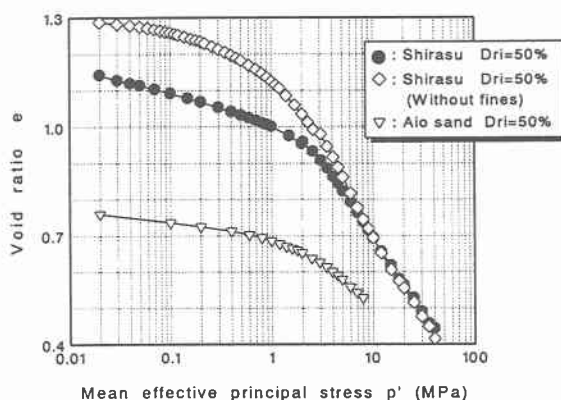


図-2 e-logp 関係

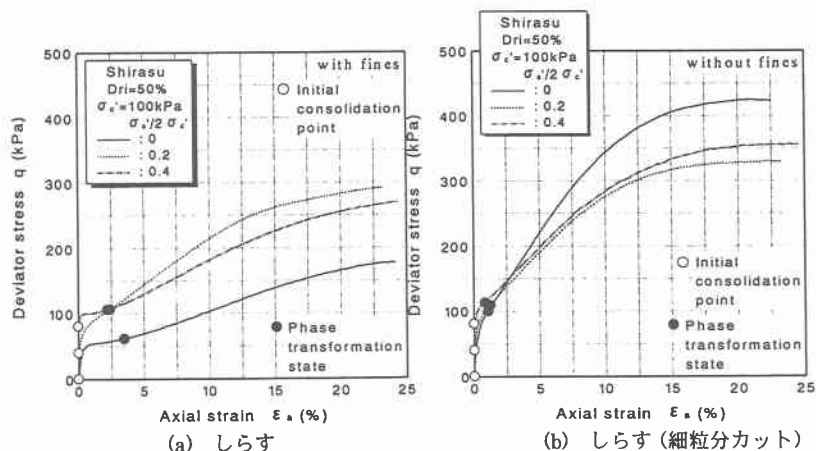


図-3 軸差応力-軸ひずみ関係

(a)では、初期せん断応力比 $\sigma_s/2\sigma_c'=0$ で約3.5%、 $\sigma_s/2\sigma_c'=0.2, 0.4$ で約2.5%の軸ひずみが生じているが、(b)では軸ひずみが小さい段階で変相点を迎えている。このことから原粒度のしらすでは粗粒子同士が接触し、相互の乗り越えを生じるまでに、細粒分の構造の破壊を伴っていることが推察される。次に、静的せん断強度を比較すると(a)では初期せん断応力を加えることにより増加しているのに対し、(b)では逆に、強度は減少している。また、

(a),(b)のピーク軸差応力を比較すると、(b)の方が高いことが確認できる。これは、細粒分を取り除くことによって、表面の粗い粗粒子同士が接触し、インターロッキング現象がより顕著になったためと考えられる。

図-4(a),(b)にそれぞれ対応する有効応力経路を示す。図中、初期圧密点の位置を白丸で示す。(a),(b)いずれも、初期せん断応力比に依らず、膨張挙動を示している。しかし、(a)では初期せん断応力を加えると、より顕著な膨張挙動を示しているが、(b)では、逆に初期せん断を加えることによって、膨張挙動が抑制されていることが確認できる。また、(a)に比べ、より顕著な膨張性を示している。

図-5(a),(b)に、軸ひずみ20%時の拘束圧 σ_c' で正規化した強度と初期せん断応力比の関係を示す。図(a)より、拘束圧 $\sigma_c'=50\text{kPa}$ では、初期せん断応力比の増加に伴い正規化強度が増加する傾向が確認できる。拘束圧 $\sigma_c'=100, 300\text{kPa}$ においても同様の傾向が見られるが、拘束圧が増加するに伴い、増加傾向が、緩やかになる様子が認められる。また、 $\sigma_s/2\sigma_c'=0.4$ では拘束圧の違いによる強度の差はない結果となっている。図(b)において、拘束圧 $\sigma_c'=50, 300\text{kPa}$ では、初期せん断応力の影響はあまり受けないが、拘束圧 $\sigma_c'=100\text{kPa}$ においては、初期せん断応力が增加すると、正規化強度は減少する傾向にあることが確認できる。また、図(a),(b)を比較すると、図(a)では拘束圧の影響があまり認められないが、(b)は拘束圧の影響が顕著に現れ、拘束圧の増加に伴って、正規化強度は減少していく傾向が認められる。これは、しらす粒子が脆弱であるため、細粒分を取り除くことによって、直接粗粒子同士が接触し、拘束圧が増加するに伴いその粗粒子が、破碎したためと考える。

4. まとめ

本研究では、単調せん断特性に及ぼす細粒分の影響を検討した。その結果、しらすは、細粒分を取り除くことにより、静的せん断強度は大きく増加することが明らかになった。しかし、初期せん断応力の増加に伴い、正規化強度は減少することが分かった。また、拘束圧が増加すると正規化強度は減少する。これは、細粒分を取り除くことによって、粗粒子同士が直接かみ合い、強度を発揮するが、初期せん断応力や拘束圧の増加によって、粗粒子同士が破碎して、強度比が減少したのものと推察される。

【参考文献】

- 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/III-37, pp. 197-209, 1996
- 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、2000

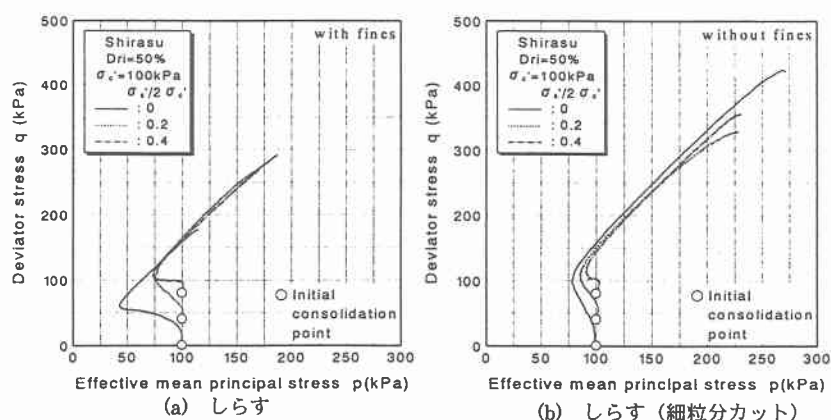


図-4 有効応力経路

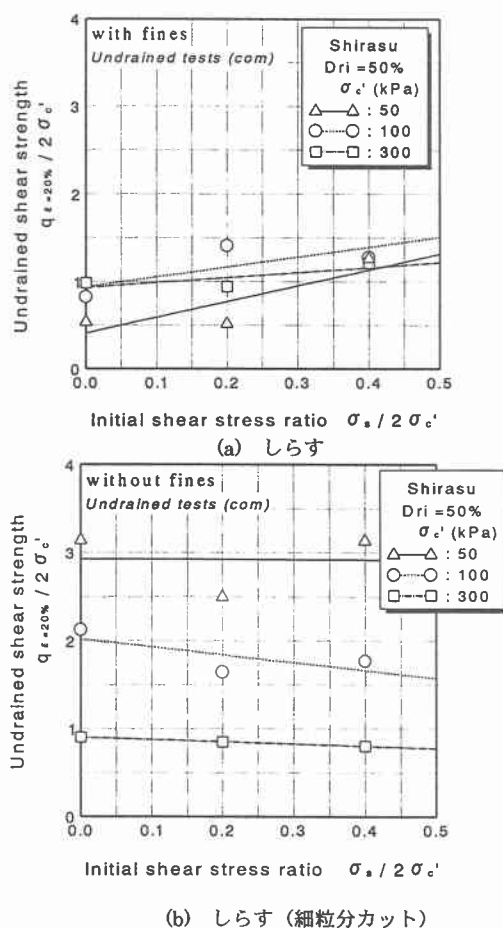


図-5 軸ひずみ20%時の強度と初期せん断応力比の関係