初期せん断を受けるしらすの非排水単調せん断特性に及ぼす細粒分の影響

山口大学工学部　正会員　○吉本憲正　兵動正幸　中田幸男
明石市役所　正会員　澤村仁志
山口大学大学院　学生員　山脇大輔　松岡 昇

１．まえがき

南九州地方には火山性の弱溶結火砕流土であるしらすが広く分布しており，これが埋立材料として利用された施工例が多い。このようなしらす地盤が，地震時に液状化しやすいことが指摘されてきた[1)]。また，このしらすには，母粒子の破砕した細粒分が約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，粒度調整を行った 2 種類のしらす試料を対象に，初期せん断応力下で非排水単調せん断試験を実施し，せん断特性に及ぼす細粒分の影響を調べることを目的とする。

２．試料及び試験方法

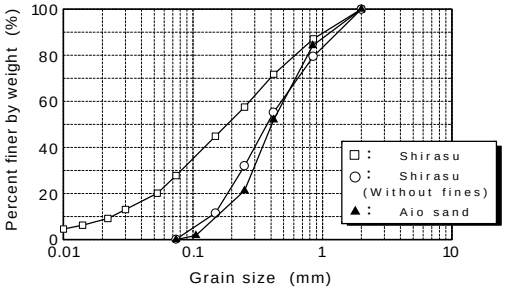
本研究では、鹿児島県姶良郡で採取した１次しらすを用いた。原位置のしらすには約 5%の礫分が混入していたため、礫分を除去して粒度調整した試料と、さらにその試料から 0.074mm 以下の細粒分を除去して粒度調整した試料の 2 種類を用いた。以後、図や表中で礫分を除去した粒度調整しらすをしらす（with fines)、細粒分を除去した粒度調整しらすをしらす細粒分カット（without fines）として示す。また，比較する目的でシリカ系の海砂である秋穂砂を用い同様の条件で実験を実施した。供試体は空中落下漏斗法により、初期相対密度 Dri=50% となるように作製した。このような供試体に初期拘束圧をそれぞれσ_c'=100kPa になるように、等方及び異方圧密（初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c$'=0,0.2,0.4）を行い、非排水状態で三軸圧縮試験を実施した。それぞれの試料の物性は、表－１に示すとおりである。

３．試験結果及び考察

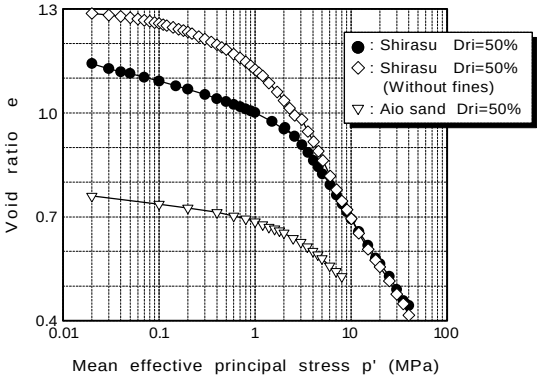
図－１にそれぞれの試料の粒径加積曲線を示す。細粒分を除去したしらすは、秋穂砂と良く似た粒度分布を示し，細粒分を含むしらすは他の試料に比べ比較的良い粒度分布を示している。図－２にそれぞれの試料の初期相対密度 Dri=50%における等方圧縮の e-logp 関係を示す。細粒分を除去したしらすは、細粒分を含むしらすと比較し低圧域では間隙比が大きいが、3MPa 付近から曲線が接近し、それ以降ほぼ同一の直線を示す。また，いずれのしらすも秋穂砂と比較し，低い圧力域において圧縮性が高いことも特徴である。

表－１　試料の物理的性質

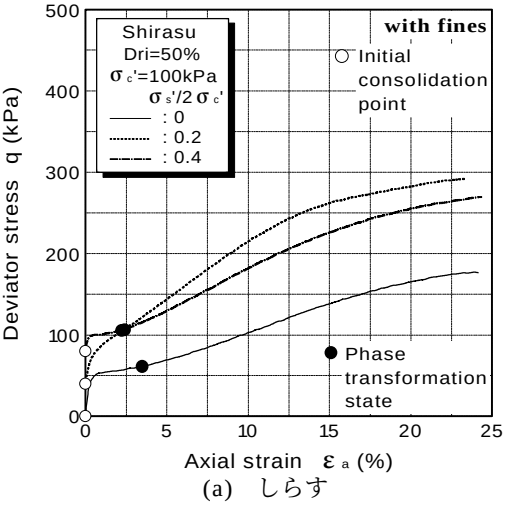
	ρ_s	e_{max}	e_{min}	U_c
秋穂砂	2.633	0.958	0.582	2.74
しらす	2.489	1.494	0.775	11.75
しらす (細粒分カット)	2.307	1.551	1.027	3.35



図－１　試料の粒径加積曲線



図－２　e-logp 関係

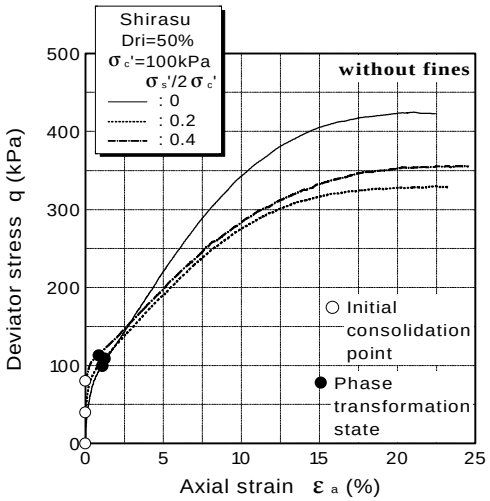


(a)　しらす

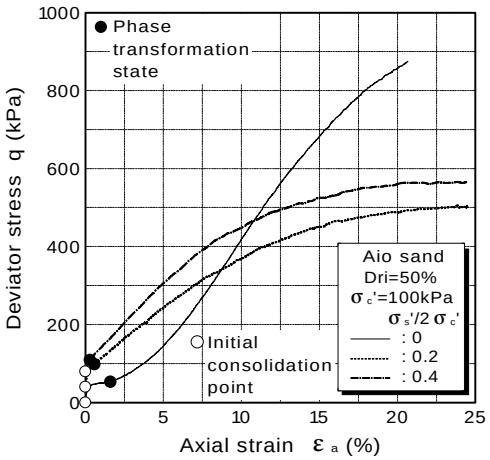
図－３　軸差応力～軸ひずみ関係

キーワード：しらす，細粒分，初期せん断
連絡先：〒755-8611　山口県宇部市常盤台 2-16-1　Tel.0836-85-9344

図－3(a),(b),(c)にそれぞれの試料の拘束圧σ_c'=100kPa 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。(a),(b)における変相点を比較すると、(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。また，(c)の秋穂砂も(b)の細粒分を除去したしらすと同様の傾向を示し，軸ひずみが小さい段階で変相点を迎えている。このことから細粒分を含む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、細粒分で形成された構造の破壊を伴っていると推察できる。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強度が増加しているのに対し、(b)では逆に、初期せん断応力が増加するに従い強度が減少している。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。次に比較として用いた(c)の秋穂砂について示す。初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c$'=0では，軸ひずみ5%程度までひずみ硬化傾向は顕著に現れないが，その後急激なひずみ硬化傾向を示している。初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c$'=0.2,0.4の時，等方応力状態と比較して緩やかにひずみ硬化傾向を示した後，定常状態に至っている。また，せん断強度はしらすと比較して，秋穂砂は大きく発揮されていることが分かる。これは，秋穂砂の単粒子強度がしらすよりも大きいため，せん断強度も大きくなったと考えられる。



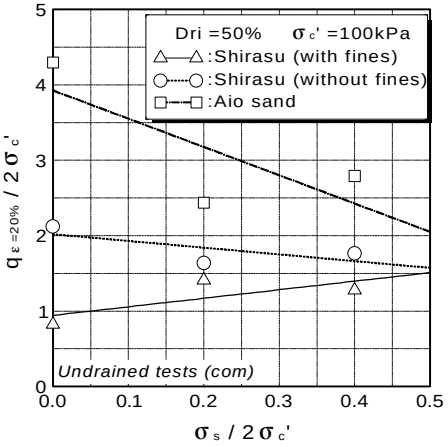
(b) しらす細粒分カット



(c) 秋穂砂

図－3 軸差応力～軸ひずみ関係

図－4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。図より，細粒分を含むしらすのみ初期せん断応力比の増加に伴い強度が増加している。細粒分を除去したしらすと秋穂砂は，初期せん断応力比の増加に伴いせん断強度は減少傾向にある。特に秋穂砂のせん断強度の減少が大きい。これについて，細粒分を含むしらすは，初期せん断応力の増加に伴い細粒子が間隙を埋め，より安定した構造へと推移したため，せん断強度が増加傾向を示したと考えられる。一方，細粒分を除去したしらすは，初期せん断応力の増加に伴い粒子の接触点が破砕し，インターロッキング効果が低減したため，せん断強度は減少傾向を示したと考えられる。



図－4 軸ひずみ20%時の強度と初期せん断応力比の関係

4．まとめ

本研究では、初期せん断応力作用下の非排水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。細粒分を除去したしらすと秋穂砂は，粒度分布がよく似ており，初期せん断応力作用下の非排水単調せん断挙動も類似していることが分かった。しかし，せん断強度の大きさは異なり，単粒子強度の違いが影響していると考えられる。

【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/Ⅲ-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．