

## 初期せん断応力を受けるしらすの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 ○松岡昇 山脇大輔

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 我が国には、弱溶結火砕流土であるしらすや、風化残積土であるまさ土等の非常に脆弱な粒子からなる破碎性土が広域にわたって分布している。特に南九州において広く分布しているしらすは、総面積約 4,700km<sup>2</sup> にもおよぶ。近年、このようなしらす地盤における地震時の液状化の危険性が指摘され、液状化特性の把握が急務となっている<sup>1)</sup>。特にしらすにより埋め立てられた地盤上の構造物は、液状化によって多大な被害を被る恐れがある。このような構造物の基礎地盤ではその近傍において鉛直方向応力と水平方向応力が異なる異方応力状態にあると考えられる。また、原粒度の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、その存在が力学的挙動に大きく影響していると考えられる。本研究では、しらすの緩詰め状態に着目し、さらに異方応力状態下で細粒分が繰返しせん断特性に及ぼす影響を調べることを目的とした。

2. 試料および試験方法 本研究では、鹿児島県始良郡隼人町で採取したしらすの 2mm ふるい通過分試料と通過分のうち 0.074mm 以下を除いた試料の 2 種類を実験試料として用いた。しらすは非常に脆弱であり、粒子形状は表面が粗く角張ったものである。表-1 にそれぞれの試料と比較のためにシリカ系の秋穂砂の物性を示す。図-1 にそれぞれの試料の粒径加積曲線を示す。原粒度のしらすは細粒分が約 30% 含まれる粒度分布の良い試料である。細粒分を除去したしらすは秋穂砂と、よく似た粒度分布を示す。供試体は空中落下漏斗法により初期相対密度  $D_{ri}=50\%$  になるように作製し、等方応力状態および異方応力状態下で非排水繰返しせん断試験を行った。

## 3. 試験結果および考察

(1) 繰返しせん断挙動 図-2 に原粒度、および細粒分を除去したしらすの等方、異方応力状態下 ( $\sigma_s/2\sigma_c'=0, 0.4$ ) における軸差応力-軸ひずみ関係を(a),(b)にそれぞれ示す。(a)において原粒度のしらすは軸ひずみがある繰返し回数に至ると大きく発達し、流動的な変形挙動を示し、破壊に至っている。細粒分を除去したしらすでは急激な軸ひずみの発達は認められず、徐々に蓄積され、最終的には剛性を残したまま破壊に至っている様子が観察される。(b)では原

表-1 試料の物理的性質

|                 | $G_s$ | $e_{max}$ | $e_{min}$ | $U_s$ |
|-----------------|-------|-----------|-----------|-------|
| しらす             | 2.489 | 1.494     | 0.775     | 11.75 |
| しらす<br>(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  |

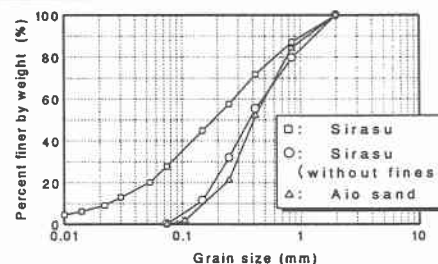


図-1 試料の粒径加積曲線

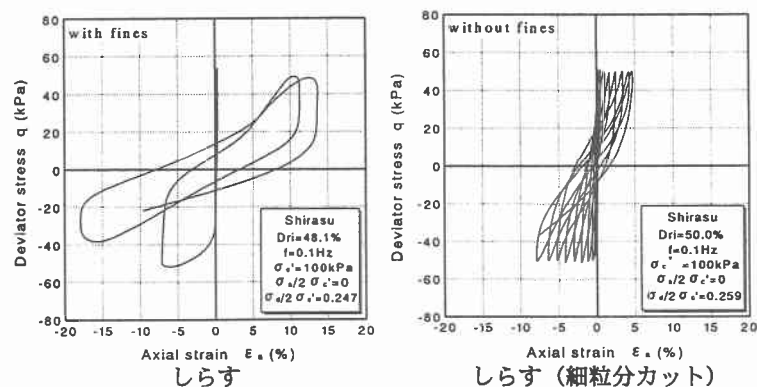
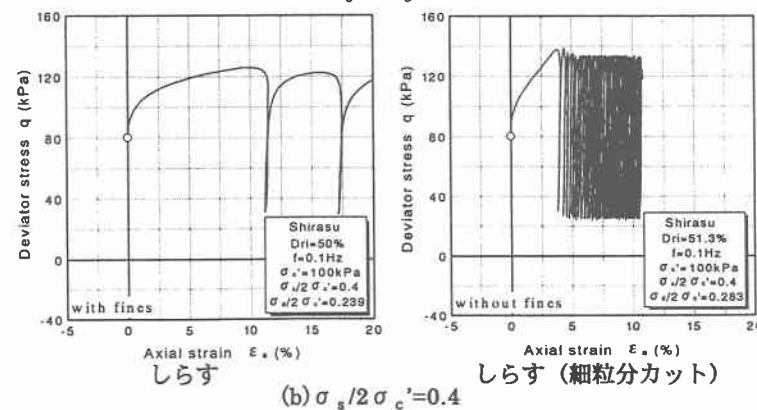
(a)  $\sigma_s/2\sigma_c'=0$ (b)  $\sigma_s/2\sigma_c'=0.4$ 

図-2 軸差応力-軸ひずみ関係

粒度のしらす、細粒分を除去したしらすともに1波目に大きく圧縮側に軸ひずみが発生する傾向を示している。しかしながら2波目以降は異なった傾向を示し、細粒分を除去したしらすは原粒度のしらすと比較し、軸ひずみが発生しにくく、破壊に至るには繰返し回数が多く必要となる。これは、しらすの粒子表面の粗さが原因と考えられる。つまり、細粒分を除去したしらすでは、粒子表面の粗い母粒子同士のインターロッキング効果がより顕著になるためと考えられる。

(2) 繰返しせん断強度 図-3 に所定の軸ひずみ 5% に至るのに必要な繰返し応力比と繰返し回数の関係をそれぞれ示す。図中の白抜きのプロットは軸ひずみ両振幅  $\varepsilon_{DA}$ 、黒塗りはピーク軸ひずみ  $\varepsilon_p$  を示し、いずれか最初に 5% に至った方を破壊ひずみとしている。

$\varepsilon_{DA}$  とは圧縮側と伸張側の繰返し応力のピーク点での軸ひずみの差であり、 $\varepsilon_p$  とは繰返し応力圧縮側載荷時のピーク点における軸ひずみである。原粒度のしらすでは初期せん断応力の増加に伴う強度変化はほとんどみられない。細粒分を除去したしらすでは初期せん断応力比が 0.0, 0.2 では強度変化がほとんどみられないのに対し、0.4 では強度の増加が確認される。また、全体的に原粒度のしらすと比較して強度が大きい。これは、細粒分を除去することで粗粒子同士の接触が多くなり、さらに初期せん断応力の増加に伴いより安定した構造となったためと推察される。図-4 に繰返し回数 20 回における所定の軸ひずみ 5% に至るのに必要な繰返し応力比と初期せん断応力比の関係をそれぞれ示す。

原粒度のしらすでは初期せん断応力の増加に伴い、すべての拘束圧において強度変化はほとんどみられないのに対し、細粒分を除去したしらすで拘束圧が 50、100kPa のものは初期せん断応力の増加に伴い、強度が増加しているが、300kPa では逆に低下している。これは、細粒分を除去しそれぞれの拘束圧下で安定していた構造が  $\sigma'_c=300\text{kPa}$  においては初期せん断応力の増加に伴い、粗粒子同士の接触点が破碎し、破碎した細粒分が強度に影響を及ぼしたためと推察される。また、秋穂砂と比較すると原粒度のしらす、細粒分を除去したしらすともに、いずれの拘束圧においても初期せん断応力の増加に伴い、応力反転を伴う側で破壊に至っている。このような理由として、破碎性土のしらすにおいて、原粒度のしらすは細粒分の存在がインターロッキング効果を抑制し、細粒分を除去したしらすでは接触していた母粒子表面が破碎するために応力反転を伴わない側で破壊するのに対し、秋穂砂ではほとんど粒子破碎をしていないためであると推察される。

4.まとめ しらすは初期せん断応力の増加に伴い、細粒分を除去することで軸ひずみの発生が抑制されると考えられる。繰返しせん断強度において原粒度のしらすは初期せん断応力の増加に伴う強度変化はほとんどみられない。また、しらすは細粒分を除去することにより初期せん断作用下において、せん断強度は増加する。以上のことから細粒分は等方・異方応力状態における繰返しせん断特性に大きく影響していることが明らかとなった。

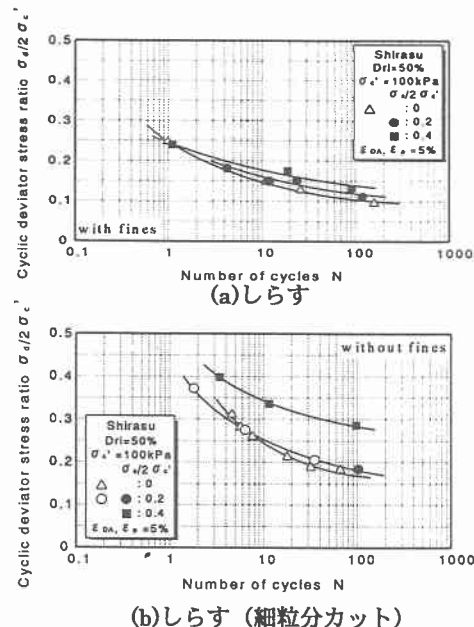


図-3 液状化強度曲線

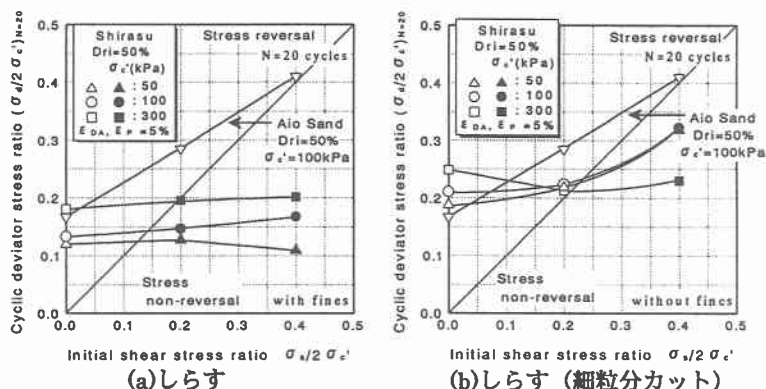


図-4 繰返し回数 20 回における強度と初期せん断応力比の関係

【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