

しらすの非排水繰返しせん断特性に及ぼす初期せん断応力の影響

山口大学工学部
(株) ライト工業
山口大学大学院

正会員 兵動正幸 中田幸男
正会員 ○井上省吾
学生会員 澤村仁志

1. はじめに

我が国には、弱溶結火砕流土であるしらすやまさ土などの非常に脆弱な粒子からなる破碎性土と呼ばれる砂質土が広域に分布している。本研究では、これら破碎性土の力学特性を研究する一環として、南九州地方に広く分布しているしらすに着目し、一連の実験を行った。しらすにより水搬送工法によって緩く埋め立てられた地盤が鹿児島県内には多く存在しており、緩いしらす地盤の地震時の危険性が指摘され、液状化特性の把握が急務とされている。また、埋立地外縁の岸壁や埋立地内の施設の基礎地盤においては、構造物の自重による静的な初期せん断応力を受けている状態にあり、そのような応力状態下での地震時挙動を調べることが重要となってきている。本研究は、緩詰めしらす(Dri=50%)を対象とし、その非排水せん断特性に及ぼす初期せん断応力の影響を調べることが目的としたものである。

2. 試料および試験方法

本研究では、鹿児島県始良郡で採取したしらす($G_s=2.489$, $e_{max}=1.494$, $e_{min}=0.775$, $U_c=29.5$)の2mmふるいを通したものを試料として用いた。供試体は空中落下漏斗法により、初期相対密度 $D_{ri}=50\%$ となるように作成した。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 $\sigma'_d/2\sigma'_c=0, 0.2, 0.4$ ）を行い、非排水状態で繰返しせん断試験を行った。

3. 試験結果および考察

しらすの三軸等方圧縮試験結果を図-1に示す。しらすの特徴として、1MPa付近で若干の折れ曲がりが見られるが、明確な圧密降伏点は見られない。図-2(a),(b)に拘束圧 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ 下の繰返しせん断試験より得られた軸差応力-軸ひずみ関係を示す。(a)の等方圧密状態下では、軸ひずみ振幅が、ある繰返し回数から急激に増大し圧縮・伸張両側に発達して破壊に至っている。また、軸差応力-軸ひずみ曲線は、緩やかな形状となり流動的な変形を示している。(b)の異方圧密状態下 ($\sigma'_d/2\sigma'_c=0.4$) では、圧縮側に残留する形で軸ひずみが大きく発達していき破壊に至っている。そこで、軸ひずみ両振幅 $DA=5\%$ もしくはピーク軸ひずみ $\epsilon_p=5\%$ の発生を破壊と定義し、結果の整理を行った。図-3(a)に緩詰めしらす、また比較のために図-3(b)に緩詰め豊浦砂の $\sigma'_c=100\text{kPa}$ において、破壊に至るに必要な繰返し応力比と繰返し回数の関係を示す。図(a)のしらすでは、初期せん断応力の増加に伴いその強度はほとんど一定であるが、わずかに増加している傾向が認められる。しかし図(b)の豊浦砂では、初期せん断応力の増加に伴いその強度の増加が顕著にみられることから、堅固な粒子からなる豊浦砂と比較して、破碎性土としてのしらすの強度の増加量は極めて少ないことが分かる。これは、両者のダイレイタンス特性の違いに起因するものと考えられる。図-4に繰返し回数20回で破壊に至るに必要な繰返し応力比と初期せん断応力比の関係を示す。初期せん断応力の増加に伴い、いずれの拘束圧下においても強度はほぼ一定であることが分かる。また、いずれの拘束圧下においても初期せん断応力作用下では、応力反転の無い領域においても残留ひずみが発達し破壊に至っていることが分かる。次に、図-5に、破壊を規定するひずみ量を変化させて結果の整理を行った、繰返し回数20回で破壊に至るに必要な繰返し応力比と初期せん断応力比の関係を緩詰めしらす、緩詰め豊浦砂について示す。 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ で、所定の軸ひずみ量をそれぞれ(a)では1, 2, 5, 10%ひずみにおける強度の差がほとんどな

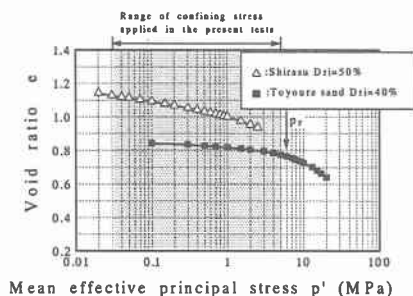
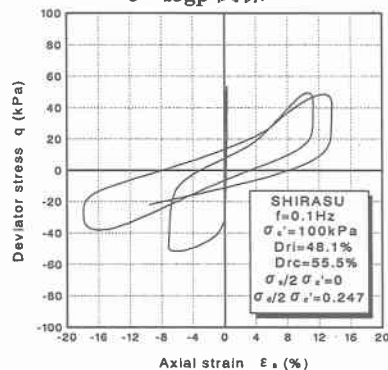
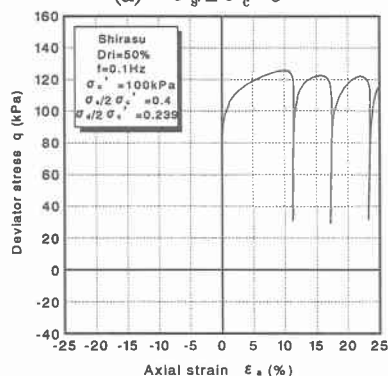


図-1 三軸等方圧縮試験による $e-\log p$ 関係



(a) $\sigma_d/2\sigma'_c=0$



(b) $\sigma_d/2\sigma'_c=0.4$

図-2 軸差応力-軸ひずみ関係 ($\sigma'_c=100\text{kPa}$)

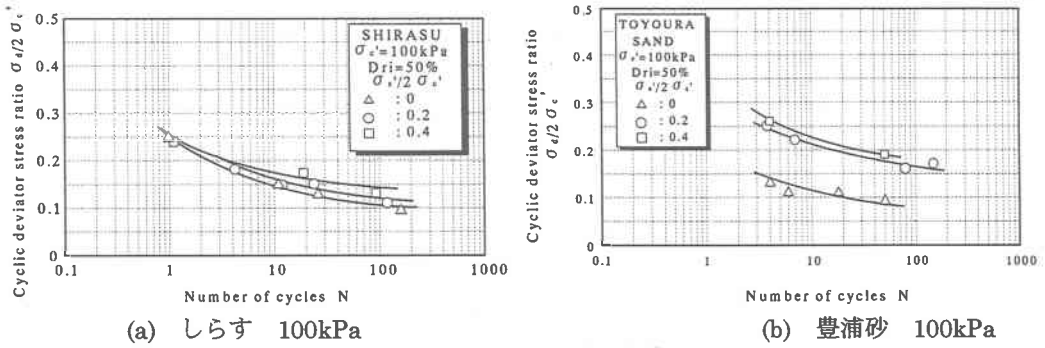


図-3 繰返し強度曲線

いのに対し、(b)の豊浦砂では、初期せん断応力の増加に伴いそれぞれのひずみにおける強度の差が大きくなっていくことが分かる。これは、初期せん断応力作用下でしらすは急激に大きくひずみが発生するのに対し、豊浦砂はひずみが発生しにくくなることを示している。図-6 に初期状態および異方

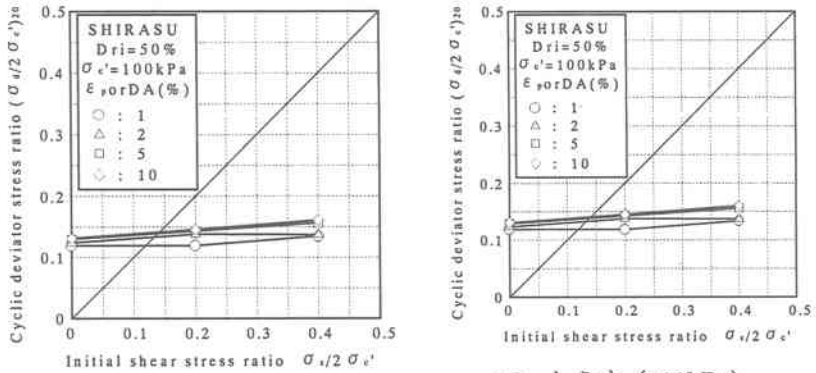


図-4 繰返し応力比-初期せん断応力比

圧密状態下 ($\sigma'_v/2\sigma'_v = 0.4$) の繰返しせん断試験後の粒径加積曲線を示す。 $\sigma'_v = 50 \text{ kPa}$ では初期状態と繰返しせん断後の粒径加積曲線に大きな変化がなく、ほぼ等しいことが確認される。これは、しらすが多く細粒子を含み、マトリックスが細粒子であることから、緩いしらすの初期構造が細粒子同士の弱い接触から成るのに対し、せん断により、接触点の欠損が生じて収縮的挙動となり、砂質土特有の正のダイレイタンス特性が阻害され、これがせん断中に大変形を起こす理由ではないかと推測される。すなわち、細粒子を中心とする粒子の接触点のわずかな欠損が、このような特異な挙動を導いたのではないかと推察される。

4. まとめ

本研究で得られた知見を要約すると以下ようになる。

(1) 緩いしらすは間隙が多く、また多くの細粒子を含み、細粒子がしらすのマトリックスを構成しており、低拘束圧下では粒子同士の接触が少ない。これが砂質土特有の正のダイレイタンス特性を阻害し、大きなせん断変形を引き起こすと推測される。(2) しらすは豊浦砂と比較して、初期せん断応力作用下で繰返しせん断強度の増加がないため、構造物基礎等の大きな初期せん断応力作用下において大きな残留変形を伴い破壊に至ることが懸念される。

【参考文献】(1) Lee, K. and Seed, H. B.: Dynamic strength of anisotropically consolidated sand, Proc. ASCE Vol.93, No.SM5, pp.169-190, 1967 (2) 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

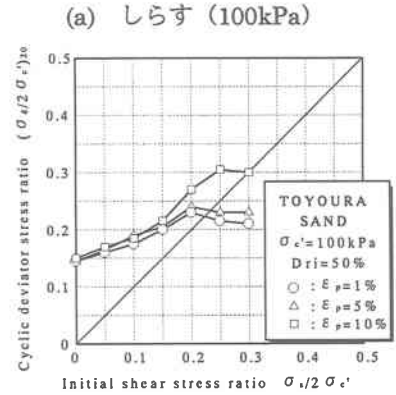


図-5 各ひずみ量発生に必要な繰返し応力比-初期せん断応力比

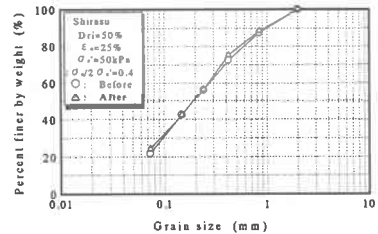


図-6 繰返しせん断前後の粒径加積曲線