

しらすの非排水単調および繰返しせん断特性に及ぼす粒度の影響

崇城大学 正会員 ○荒牧 憲隆
 山口大学 正会員 兵動 正幸
 鹿児島高専 正会員 岡林 巧

1. はじめに

これまで、しらすのような礫分から細粒分まで広範な粒度分布を持つ材料の液状化特性については、主に、礫分を除去した材料を用いて、細粒分の影響について報告がなされている¹⁾。一方で、このような材料については締固め特性もよく、盛土材や埋立て材などに利用されるが、兵庫県南部地震では礫分を含むまさ土の液状化が確認されており、原粒度での動的特性についても検討していくことが重要な課題であると考えられる。そこで、本報告では、脆弱な粒子から構成される火山灰質土のしらすを用いて、同一相対密度での粒度分布の違いが、しらすの非排水単調および繰返しせん断特性に与える影響について調べ、かつ静的および動的せん断特性の統一的評価についての検討を行ったものである。

2. 試料および実験方法

本研究で用いたしらすは、鹿児島県始良郡の1次しらすの地山より掘削して採取した攪乱試料である。採取したしらすは、数%の粒径19mm以上の粗礫を含んでいたが、これを除去し、初期の試料としている。以降、これを原粒度しらす（VS）と呼称する。さらに、礫分を除去し細粒分を含む2mm以下のしらす（細粒分混じり砂質しらす：FS）、2mm以下のしらすを0.075mmで水洗いをして細粒分を除去したしらす（砂質しらす：SS）を用いている。図-1には、それらの粒度分布を示している。原粒度および細粒分混じりしらすは、粒度分布が良好で20%前後の細粒分を含んでいる。しらすの土粒子密度は、2mm以下を対象に、 $\rho_s = 2.409\text{g/cm}^3$ であった。また、細粒分は非塑性であった。図-2には、それぞれのしらすの最大、最小乾燥密度と均等係数の関係を示している。ここで、原粒度しらす（VS）の最大、最小密度試験法は、文献2)の方法により行っている。しらすの最大、最小密度ともに豊浦砂などに比べ小さな値を示すことが特徴的である。また、均等係数の増加に伴い、最大、最小密度ともに増加している様子が伺える。実験条件として、初期の相対密度 $D_{ri} = 50\%$ を目標として作成した。拘束圧は $\sigma'_c = 100\text{kPa}$ とし、単調圧縮および伸張せん断試験ではひずみ速度 $0.1\%/\text{min}$ のひずみ制御により载荷し、繰返し三軸せん断試験では、周波数 0.1Hz で荷重制御による正弦波载荷を行った。

3. 実験結果

図-3には、非排水単調せん断試験より得られた軸差応力-軸ひずみ関係を示している。圧縮载荷では、いずれの粒度におけるしらすにおいても、ひずみ硬化挙動を示し、変相点、最終的な強度は、砂質しらすが一番高いものであった。一方、伸張側では、砂質しらす（SS）については、圧縮側と同様、ひずみ硬化の挙動を示

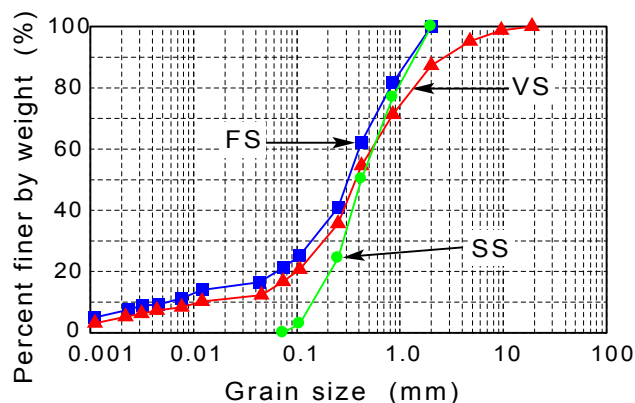


図-1 試料の粒径加積曲線

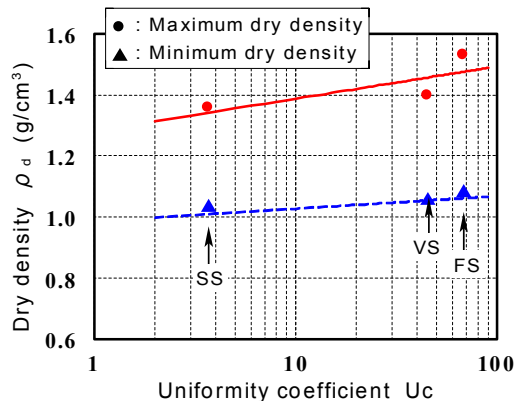


図-2 試料の最大・最小密度

キーワード しらす, 単調せん断, 繰返しせん断, 粒度

連絡先 〒860-0082 熊本市池田4-22-1 崇城大学工学部環境建設工学科 TEL096-326-3111

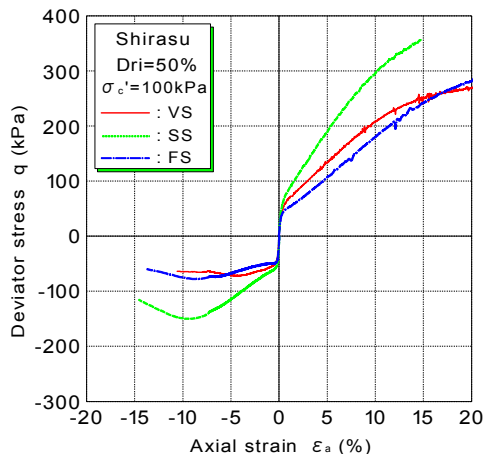


図-3 非排水単調せん断試験による軸差応力・軸ひずみ関係

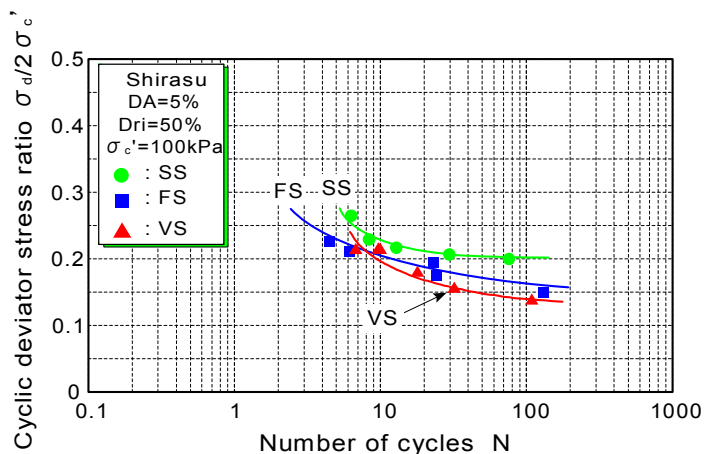


図-4 しらすの液状化強度曲線

しているが、原粒度しらす (VS)、細粒分混じりしらす (FS) では、硬化挙動を示すものの、変相点以降の硬化挙動はさほどでもなく、最終的に砂質しらす (SS) に比べ低い強度を示している。また、原粒度しらす (VS) と細粒分混じり砂質しらす (FS) の変相時の強度差はほとんど認められなかった。次に、繰返し三軸圧縮試験の結果から、軸ひずみ両振幅 DA=5%を破壊基準と定義し、図-5 に、各粒度のしらすについて繰返しせん断強度をまとめた。図に示すように、一連の実験の試料中で、砂質しらす (SS) の液状化強度が最も高く、原粒度しらす (VS) の液状化強度が最も低くなっている。砂質しらす (SS) は、砂分によるインターロッキング特性が発揮され液状化強度が大きな値を示したと考えられる、逆に、原粒度しらす (VS) の液状化強度は、礫分を除去した細粒分混じり砂質しらす (FS) のものより低く、礫分の増加による強度増加は認められない。これは、細粒分が礫分および砂分により構成される骨格の間隙を埋め、砂分以上の粒子同士が連続して接触が少なくなったために、強度が低下したものと考えられる³⁾。それに加え、脆弱な粒子から構成されるしらす粒子の破碎の影響もあると推察される²⁾。著者ら¹⁾は、以前より、繰返しせん断破壊は、伸張単調せん断により得られる変相応力に依存していることを調べ、種々の試料から、初期相対密度、初期有効拘束圧によらず、両者にほぼ一義的な関係が存在することを確認している。そこで、図-4 の繰返し強度曲線における繰返し回数 20 回に対する繰返し応力比 $(\sigma_d/2\sigma'_c)_{20}$ と伸張変相時の静的せん断強度比 $q_{pt}/2\sigma'_c$ の関係を図-5 にまとめた。この図には、さらに豊浦砂の Dri=30, 50, 70%の結果も記した。図のように、繰返しせん断強度は、変相点における応力比と、試料、初期相対密度、初期有効拘束圧のみならず、粒度にもよらずほぼ一義的な関係を持つことが示されている。この図は、単調せん断試験より変相点応力 q_{pt} が求められると、繰返しせん断強度をかなり精度よく評価することが可能であることを示唆している。

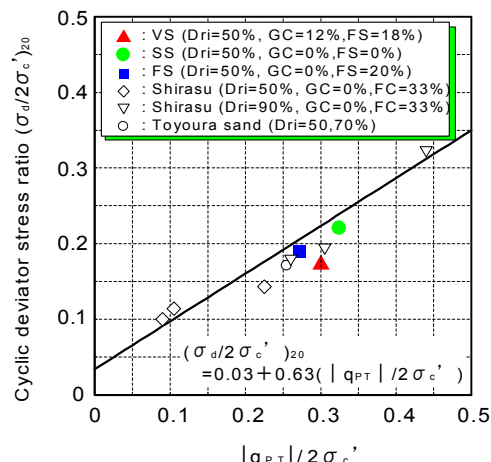


図-5 繰返しせん断強度比と変相応力比の関係

4. まとめ

同一相対密度による粒度分布の異なるしらすの非排水単調および繰返しせん断特性において、礫分を含む原粒度しらすは最も低い強度を示した。これは、細粒分が礫分および砂分により構成される骨格の間隙を埋め、砂分以上の粒子同士が連続して接触が少なくなったために、強度が低下したものと考えられる。また、試料の粒度、試験条件によらず、単調せん断試験より変相点応力 q_{pt} が求められると、繰返しせん断強度をかなり精度よく評価することが可能であることを示唆している。

参考文献: 1) 兵動正幸, 荒牧憲隆, 岡林巧, 中田幸男, 村田秀一: 破碎性土の定常状態と液状化強度, 土木学会論文集, No.554/III-37, pp.197-209, 1996, 2) 荒牧憲隆, 兵動正幸, 岡林巧: しらすの非排水繰返しせん断特性に及ぼす粒度の影響, 第 38 回地盤工学研究発表会, 2003 (投稿中), 3) (社)地盤工学会編: 礫質土の力学特性に関するシンポジウム発表論文集, pp.74-114, 2001.