

しらすの繰返しせん断特性と体積変化に及ぼす細粒分含有率の影響

山口大学大学院 学生会員 ○岡本真紀 長井健作

山口大学工学部 正会員 兵動正幸 吉本憲正

1. まえがき

埋立地においては、山地より切り出したまき土やしらすなど粒子が脆弱で比較的細粒分を多く含む土が使われてきた。しかし、1995年兵庫県南部地震では、まき土により埋立てられた地盤が大きな液状化被害を受け、1968年えびの地震や1997年鹿児島県西北部地震では、沖積しらすが液状化を起こした。一般に風化残積土や火山灰土は多くの細粒分を含み、細粒分の存在がその土の全体の挙動に大きな影響を及ぼすことが明らかとなってきた。しらすは、南九州に広く分布する火砕流堆積物であり通常は涯錘を形成しているが、掘削すると粘着力を持たない砂質土となり、その中には母粒子が破碎してできた非塑性の細粒分が多く含まれている。著者らのこれまでの研究により、しらすは細粒分を取り除くことによりせん断および液状化強度が高くなることがわかり、この非活性の細粒分がしらす全体の挙動に大きく関与していることが明らかとなった¹⁾。実際にしらすを埋立てに使用する場合、場所によって様々な細粒分含有率が想定されるため、細粒分含有率が異なる条件下での検討が必要と思われる。本研究ではしらすの細粒分含有率に着目し、非排水繰返しせん断特性およびせん断後の体積変化について検討を行った。

2. 試料及び試験方法

本研究では、鹿児島県始良郡隼人町で採取した始良しらすの2mmふるい通過分について、細粒分含有率を30%（原粒度）、20%、10%、0%に調整した試料を対象に実験を行った。供試体は、空中落下漏斗法により初期相対密度 $D_{ri}=50\%$ を目標に作製した。その後通水し、飽和供試体を作製し、所定の拘束圧で圧密した後、非排水条件で繰返し三軸試験を行った。さらに、せん断後に排水状態にし過剰間隙水圧を消散させ、ピュレットの水位変化から体積変化量を測定した。表-1 に用いた試料の物理的性質を、図-1 に粒径加積曲線をそれぞれ示す。図-2 にそれぞれの細粒分から成る試料の骨格間隙比と細粒分含有率の関係を示す。骨格間隙比とは、粗粒子のみを粒子、細粒子は間隙とみなした時の間隙比である²⁾。図中に粗粒子のみの場合の最大間隙比を実線で記した。骨格間隙比は、細粒分含有率 $F.C.=15\sim20\%$ 付近で粗粒子の最大間隙比を上回ることから、これ以上の細粒分含有率では、粗粒子骨格は崩れ、細粒分マトリックスの中に粗粒子が存在するような構造になると考えられる。

3. 繰返しせん断挙動に及ぼす細粒分の影響

図-3(a)-(d)に初期相対密度 50%、拘束圧 100kPa におけるしらすの細粒分含有率 $F.C.=30\%$ 、20%、10%、0% 試料の実験から得られた軸差応力-軸ひずみ関係をそれぞれ示す。図(a)の $F.C.=30\%$ をみると軸ひずみはある時点から急激に発達し、流動的な変形挙動を伴って破壊に至っている様子がうかがえる。図(b)の $F.C.=20\%$ においても同様な軸ひずみの発達により破壊に至っているが、 $F.C.=30\%$ に比べるとわずかに軸ひずみの発達の速度が遅いようである。これらに比べ、図(c)、(d)の $F.C.$ が 10%、0% においては、軸ひずみの発達がかなり抑制されている様子が認められる。これらの違いの理由は、 $F.C.=20\%$ を超えると粗粒子骨格が崩れ、細粒分が粗粒子の回りに弱い構造

表-1 物理的性質

	G_s	e_{max}	e_{min}	U_c
F.C.=30% (原粒度)	2.489	1.494	0.775	11.75
F.C.=20%	2.407	1.385	0.754	10
F.C.=10%	2.380	1.459	0.799	6.9
F.C.=0%	2.307	1.551	1.027	3.35

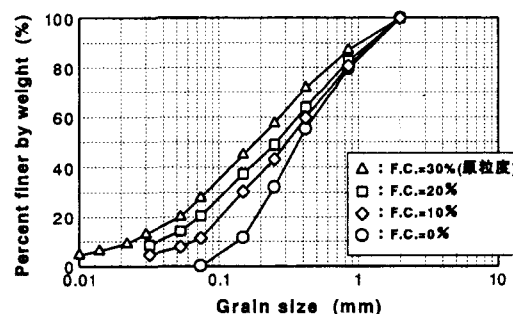


図-1 各試料の粒度曲線

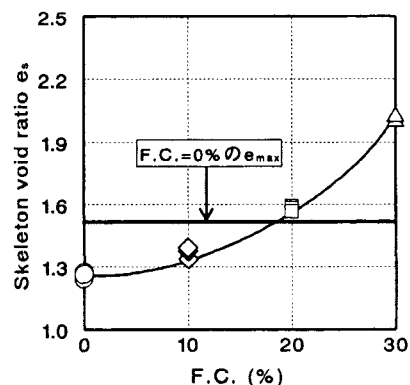


図-2 骨格間隙比と F.C. の関係

を形成するため、変形抵抗が低下するのに対し、F.C.=10%以下では、粗粒子同士のかみ合いが堅固となりインターロッキング効果を発揮しやすい構造となって変形抵抗が増大するためと考えられる。

4. 繰返しせん断強度に及ぼす細粒分の影響

図-4 にしらすのそれぞれの細粒分含有率における軸ひずみ両振幅 5%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。図より F.C.=30%で最も低い強度を表し、F.C.が 20、10、0%と減少するにつれ強度が増加することが確認される。これは細粒分が少なくなることにより粗粒子が骨格をなし、インターロッキング効果がより強く発揮されたためと考えられる。繰返し回数 $N=20$ に着目してみると、F.C.=0%の強度は F.C.=30%の強度の約 2 倍にも及ぶことが認められる。次に、図-5 に各繰返し回数で、軸ひずみ両振幅 5%に至るに必要な応力比と細粒分含有率の関係を示す。いずれの繰返し回数においても、細粒分含有率の増加に伴い応力比が小さくなっていく傾向が認められる。いずれの繰返し回数においても、F.C.が 30、20、10%と低くなることによる強度の増加率は同程度であるが、F.C.が 10 から 0%に至る間の強度の増加割合はさらに顕著なものとなっている。また繰返し回数が少ないところで強度の増加がより顕著に表れている。

5. 体積ひずみに及ぼす細粒分含有率の影響

図-6 に非排水繰返しせん断終了後のしらすの細粒分含有率と体積ひずみの関係を示す。本実験では、軸ひずみ両振幅が 15%になった時点で繰返し載荷を終了し、排水による体積変化を測定した。ここでの体積ひずみ e_v は圧密後とせん断後排水状態にした後の体積の差を圧密後の体積で除したものである。図-6 より F.C.=0%の場合に体積ひずみが最も小さく、F.C.=30%の場合に最大となっており、細粒分が多くなるにつれて体積ひずみが増加する傾向が認められる。これは F.C.=0、10%では粗粒子によって骨格が形成されているためインターロッキング効果により体積ひずみを抑制し、F.C.=20、30%では粗粒子の周囲に細粒分が弱い構造を形成し、不安定な構造となったため細粒分の間隙部分が圧縮されることにより大きな体積ひずみを生じたものと考えられる。

6. まとめ

1. しらすは細粒分含有率が低いほど、粗粒子同士がインターロッキング効果を発揮しやすい構造となり、間隙水圧や軸ひずみの発達が抑制される。
2. 細粒分含有率が低いほど繰返しせん断強度が高く発揮される。
3. 細粒分が増加するほど、繰返しせん断後の体積ひずみは増加する。

[参考文献]1) 澤村仁志・兵動正幸：しらすの排水・非排水せん断特性におよぼす細粒分の影響，土木学会年次学術講演会講演概要集第 3 部(A), 55 巻, pp. 90-91, 2000.
2) 大嶺聖：中間土の圧縮及び強度特性に関する基礎的研究 九州大学学位論文, 1992

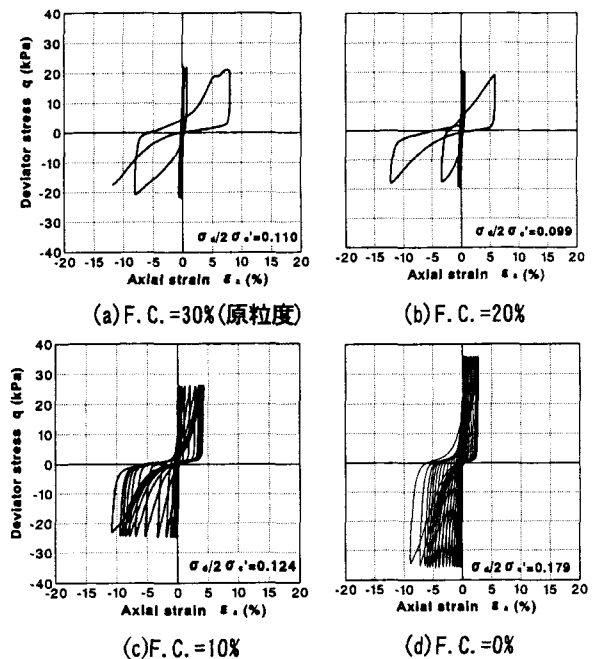


図-3 軸差応力-軸ひずみ関係

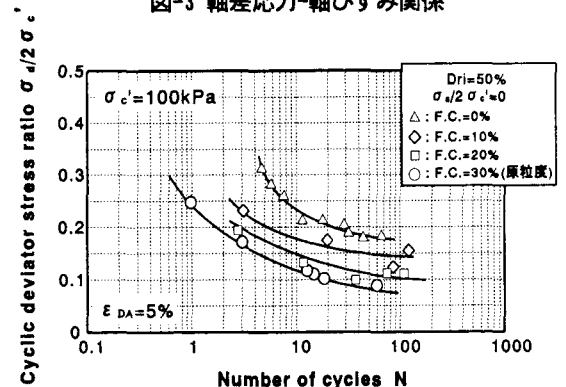


図-4 各細粒分含有率における $\varepsilon_{DA}=5\%$ に至るに必要な繰返し応力比と繰返し回数の関係

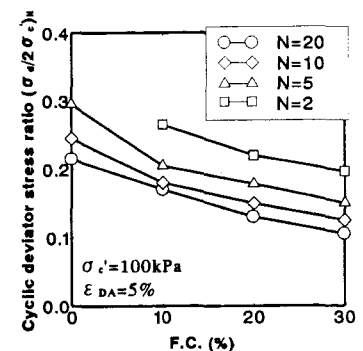


図-5 各繰返し回数で $\varepsilon_{DA}=5\%$ に至るに必要な応力比と細粒分含有率の関係

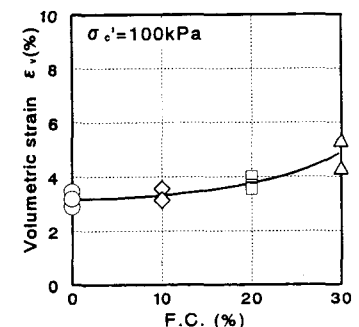


図-6 体積ひずみと F.C. の関係