

しらすの非排水せん断特性に及ぼす細粒分含有率の影響

山口大学大学院 学生会員 ○長井健作

山口大学工学部 正会員 兵動正幸 吉本憲正

山口大学大学院 学生会員 岡本真紀

1. はじめに

しらすは、非結晶の火山ガラスを主成分とし特異な表面形状を有しており、また、その粒子が破碎してできた非塑性の細粒分を多く含んでいる。著者らは、これまでの報告において、細粒分の存在がしらす全体の挙動を支配していることについて言及してきた¹⁾。しらすが、水搬送工法により埋立材として用いられている現状において、細粒分含有率の違いがその力学特性に与える影響について調べることは重要である。本研究では、しらすの細粒分含有率を変化させてその影響を調べるとともに、その特異な細粒子形状に着目して、しらすの細粒子を取り除いて他の砂の細粒子と入れ替えた場合のせん断特性についても調べた。

2. 試料と試験方法

実験に用いた試料は、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0~30%に粒度調整したもの(粒度調整しらす)と細粒分を珪砂に置換し同様の含有率に粒度調整したもの(珪砂添加しらす)である。供試体は、空中落下漏斗法により初期相対密度50%を目標に作製した。その後、二酸化炭素を通しさらに脱気水を通水してB値0.95以上であることを確認して、所定の拘束圧下で非排水単調および繰返しせん断試験を行った。図-1に試料の粒経加積曲線、図-2にしらす細粒分および珪砂細粒分の混合比を変化した場合の、最大・最小間隙比について示す。粒度調整しらすにおいては、最大・最小間隙比とも細粒分含有率F.C.=20%で最も小さくなり、F.C.=30%に至るとやや増加してF.C.=10%と同程度の大きさとなった。珪砂添加しらすにおいては、細粒分の増加とともに小さくなりF.C.=30%で最小となった。

3. 粒子形状の評価方法

本研究で用いる粒子形状を評価するための方法について示す。粒子形状の複雑さを定量的に評価するために試料に対して走査型電子顕微鏡による観察を行った。粒子形状の指標として以下のものを用いた。真円度 R_c は、粒子形状の角張りや滑らかさを表し、 $R_c=L^2/4\pi A$ で表され、値は1より大きく、値が大きい程複雑であることを表す²⁾。縦横比 Ar は、扁平さを表し式は、 $Ar=b/a$ ($b \geq a$)となり、値は1より大きく、値が大きい程扁平である事を表す。また、 R_c^* は、粒子の表面形状のみを表し $R_c^*=R_c-(R_c)_{ellipse}$ で表される。 $(R_c)_{ellipse}$ は、楕円の真円度で式は、 $(R_c)_{ellipse}=\{1+(Ar)^2\}/2(Ar)$ となる。ここで、 L は投影粒子の周囲長、 A は投影粒子の断面積、 a は投影粒子を楕円とみなした時の短軸長さ、 b は長軸長さである。対象とした試料は、75 μ mふるい通過分のうち53 μ mふるい残留粒子、53 μ mふるい通過分のうち32 μ mふるい残留粒子、32 μ mふるい通過粒子である。標本個数はそれぞれの粒径において20~30個程度行い、どの粒径範囲の結果もほとんど差がなかったため、3つの平均の値をとった。それらの値を表-1に示す。図-3にしらす細粒子と珪砂細粒子の顕微鏡写真の一例を掲げる。写真よりしらす細粒子の方が珪砂に比べ粒子形状はより複雑で、扁平であることが観察できる。

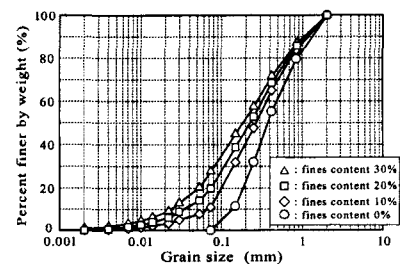


図-1 粒経加積曲線

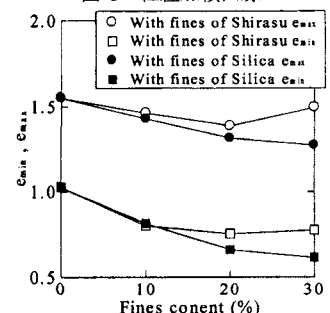
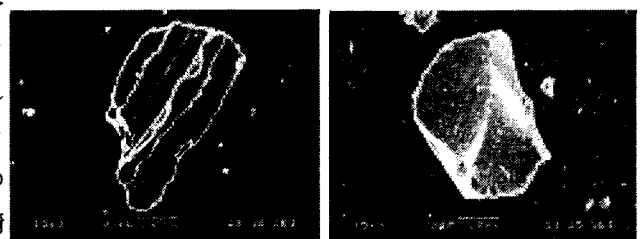


図-2 最大・最小間隙比とFcの関係

表-1

	R_c	Ar	R_c^*
fines of Shirasu	1.729	1.737	0.573
fines of Silica	1.403	1.500	0.320



(a) しらす細粒子

(b) 珪砂細粒子

図-3 試料顕微鏡写真

4. 非排水単調せん断強度に及ぼす細粒分含有率および粒子形状の影響

図 - 4 に変相点時の軸差応力と細粒分含有率の関係について示す。粒度調整しらすは、細粒分の増加に伴い強度は徐々に下がり、F.C.=20~30%ではさらに顕著に強度の低下が見られた。しかし、珪砂添加しらすにおいてはF.C.=10%になることで急激に強度が下がり、F.C.=10~20%においては、ほぼ同じ強度を示した。そして、F.C.=30%になると再び顕著に強度の低下が表れた。図 - 5 に変相点時の軸差応力と Rc^* の関係について示す。表面形状の粗い細粒分を含む粒度調整しらすの方がどの細粒分含有率においても高い強度を示している。また、その傾向は細粒分が少なくなるにつれて顕著に表れている。

5. 非排水繰返しせん断強度に及ぼす細粒分含有率および粒子形状の影響

図 - 6 (a), (b) に粒度調整しらすと珪砂添加しらすの軸ひずみ両振幅 $\epsilon_{DA}=5\%$ に達した時の繰返し回数 $N=2, 5, 10, 20$ 回時における繰返しせん断応力比と細粒分含有率の関係について示す。粒度調整しらす、珪砂添加しらす両試料とも細粒分の増加に伴いせん断強度は、低下していることがわかる。両試料とも F.C.=10%以下の強度は、F.C.=10~30%に比べ飛躍的に強度の増加を発揮することがわかった。このことより、細粒分が混入する事で強度が顕著に低下することがわかる。粒度調整しらすは、F.C.=10~20%と 20~30%で繰返しせん断強度を比較するとほぼ同じくらいの減少量である。また、珪砂添加しらすにおいては、F.C.=10~20%では、あまり強度の違いは見られないが、F.C.=20~30%と細粒分が増えるとまた、強度の低下が顕著に現れた。図 - 7 (a), (b) に粒子形状パラメータと繰返し回数 2 回時の繰返しせん断応力比の関係について示す。

(a)の Ar と応力比の関係は、粒子形状の粗いしらす細粒子を含む粒度調整しらすの方が約 1.5 倍の高い強度を示した。しかし、F.C.=20%においては、珪砂添加しらすの方が高い強度を示した。(b)の粒子の表面形状のみを表す Rc^* と繰返し応力比の関係においても、表面形状の粗い粒度調整しらすの方が、高い強度を示した。

6. 結論

1. 粒度調整しらす、珪砂添加しらすとも細粒分の増加に伴い強度の低下が確認された。
2. 珪砂添加しらすは、単調・繰返し試験とも F.C.=10~20%ではほぼ同じ強度を示した。
3. 形状が粗く、扁平なしらす細粒子を含んだ粒度調整しらすの方が単調、繰返し試験とも高い強度を示した。

【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) 吉村優治・小川正二：砂のような粒状体の粒子形状の簡易な定量化法, 土木学会論文集, No.463/III-22, pp.95-103, 1993.3.

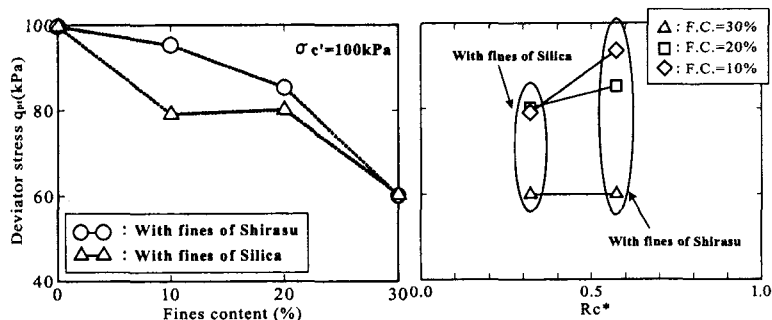


図 - 4 変相点時の軸差応力と F.C. の関係

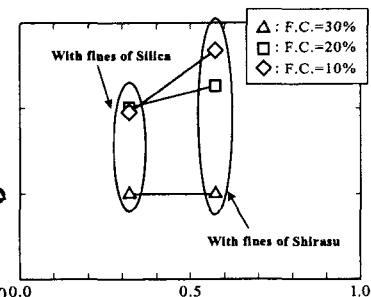


図 - 5 変相点時の軸差応力と Rc^* の関係

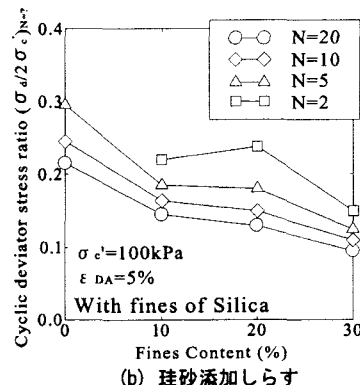
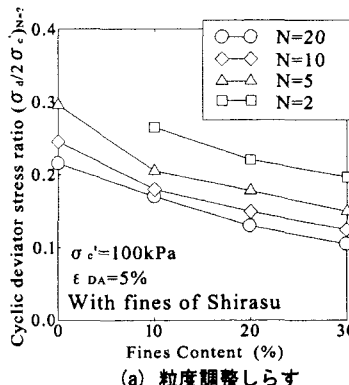


図 - 6 繰返し回数 N 回時の繰返しせん断応力比と F.C. の関係

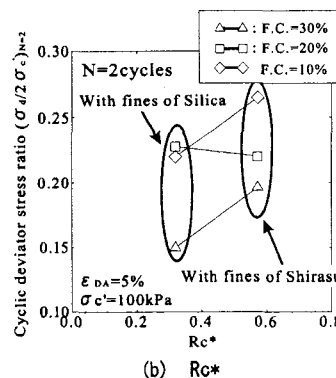
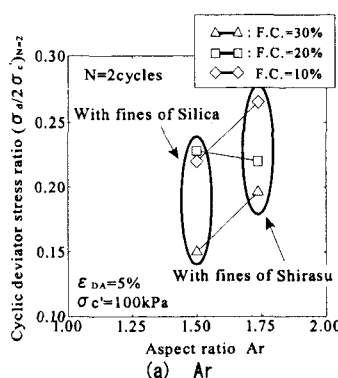


図 - 7 粒子形状パラメータと繰返し回数 2 回時の繰返し応力比の関係