

しらすの単粒子破碎特性

熊本工業大学大学院 学生員○廣瀬 裕一 熊本工業大学 正会員 荒牧 憲隆
山口大学工学部 正会員 兵動 正幸 鹿児島高専 正会員 岡林 巧

1. はじめに

しらすなどの脆弱な粒子から構成される砂質土の力学特性に影響を及ぼす要因の一つに粒子破碎現象が挙げられる。粒子破碎には、土を構成する粒子の形状・堅さなどが起因していると考えられる¹⁾。本研究では、粒子破碎を伴う砂質土の力学特性を明らかにするために、しらす粒子を用いて、画像解析による構成粒子の形状分類を行っていく。さらに、単粒子破碎試験を行い、しらす粒子の破碎特性について検討を行うものである。

2. 試料および実験方法

試料は、鹿児島県国分市と薩摩郡宮之城町で採取した2種のしらす(以後、国分しらす、宮之城しらすと称す)と球形で均質な材料の一例としてガラスビーズを用いた。それぞれ国分しらす($G_s=2.464$, $e_{max}=1.522$, $e_{min}=1.041$)、宮之城しらす($G_s=2.503$, $e_{max}=1.877$, $e_{min}=1.198$)を2.00~0.85mmに粒度調整した粒子を用いている。しらすは、主に、磁鉄鉱、石英、火山ガラスから構成されるため、両しらすとも、この3つの鉱物(各50個)について、実験を行った。単粒子破碎試験は、試験装置の下盤を固定し、上盤を載荷速度0.1(mm/min)一定で下降させることにより粒子を破碎させるものである²⁾。

3. しらすの構成粒子の形状

しらすを構成する粒子の形状を示す表-1を見ると、円形度より、ガラスビーズを除く、それぞれの粒子は、やや角張っていることが認められた。扁平率より、宮之城火山ガラスが他の試料に比べ、特に扁平であることが認められた。伸張率より、各粒子には棒状の粒子も含まれており、特に宮之城しらすの火山ガラスにおいて顕著であることが認められた。

4. 単粒子破碎特性

試験によって得られたそれぞれの代表的な破碎形態の荷重と変位の関係を図-1(a)~(d)に示す。(a)のガラスビーズでは、変位の増加に伴い、荷重が直線的に増加し、ある変位に達すると粒子の破碎と共に、急激に荷重が落ちるという挙動を示している。(b)と(c)の磁鉄鉱では、変位の増加に伴い、荷重が増加する傾向にあるものの、大小の増減を繰り返す挙動を示している。これは試験中の観察から、粒子の角が欠けるか、亀裂がはいるために見られる挙動であると考えられる。石英も、磁鉄鉱と類似した挙動を示した。(d)の火山ガラス粒子では、変位の増加に伴う、荷重の急激な増加は認められなかった。これは、載荷初期より粒子が全体的に押し潰されていく場合に見られた挙動であった。次に、すべての粒子に対して、図中に示すように、最初に荷重が減少する点を F_b と定義し、便宜上、この F_b を粒子の破碎荷重とし、以後の結果の整理を行っている。ただし、このように定義した破碎荷重 F_b は、磁鉄鉱や石英に関して、粒子の角が欠けるか、亀裂がはいた時の荷重であるため、破碎荷重を過小評価していると考えられる。図-2(a)~(c)は破碎頻度と破碎荷重 F_b の関係を示したものである。破碎頻度は、ある F_b の範囲で、 F_b が測定された粒子の個数を試験に用いた全粒子個数で除す事によって得られた破碎の頻度を表している。(a)のガラスビーズについて見ると、破碎する荷重域にばらつきがあるものの、100N前後で最も多く破碎していることが認められる。また、この破碎荷重は、他の材料に比べ、非常に大きな値を示していた。(b)の磁鉄鉱について見ると国

表-1 粒子形状

		円形度	扁平率	伸張率
ガラスビーズ	最大値	0.953	1.413	0.989
	最小値	0.776	0.732	0.841
	平均値	0.912	1.203	0.948
石英 (国分しらす)	最大値	0.856	1.245	0.961
	最小値	0.567	0.288	0.505
	平均値	0.737	0.764	0.765
磁鉄鉱 (国分しらす)	最大値	0.852	1.845	0.947
	最小値	0.549	0.294	0.508
	平均値	0.74	0.937	0.783
火山ガラス (国分しらす)	最大値	0.91	1.517	0.984
	最小値	0.659	0.336	0.519
	平均値	0.806	0.853	0.776
石英 (宮之城)	最大値	0.89	1.44	0.989
	最小値	0.616	0.503	0.638
	平均値	0.773	1.001	0.853
磁鉄鉱 (宮之城)	最大値	0.86	2.677	0.984
	最小値	0.548	0.603	0.523
	平均値	0.758	1.019	0.774
火山ガラス (宮之城)	最大値	0.846	1.151	0.944
	最小値	0.45	0.265	0.504
	平均値	0.717	0.648	0.687

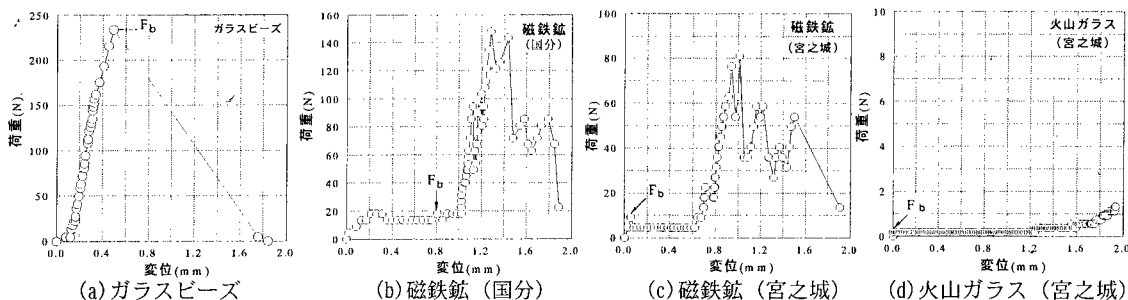


図-1 荷重-変位関係

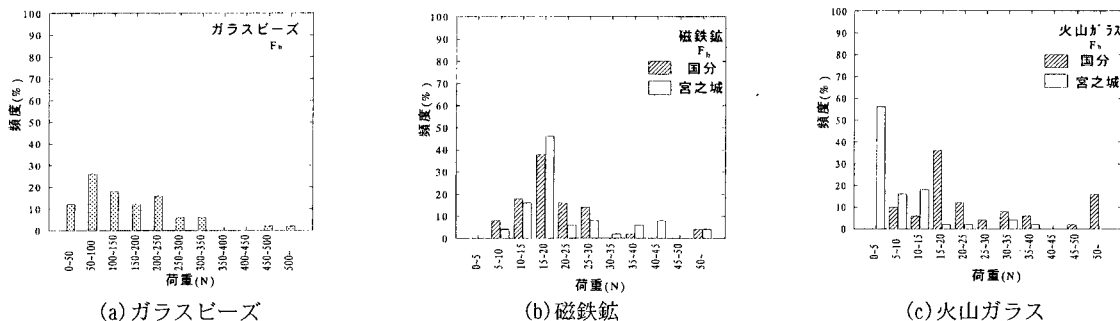
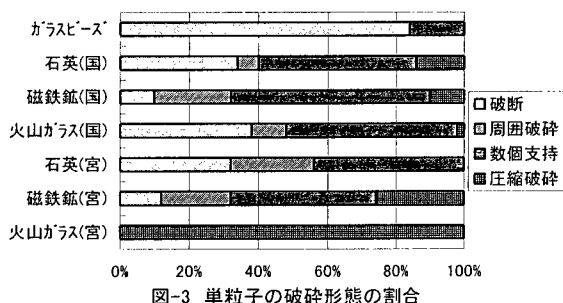


図-2 各試料の破碎荷重の頻度分布



分、宮之城しらすの粒子が破碎する荷重の頻度は、20N 前後で最も多く破碎していることが分る。これに対し、(c)の火山ガラスでは、宮之城しらすが、10N 程度で、9 割程度破碎しており、国分しらすに比べて破碎荷重が低いことが認められる。

次に試験中の観察により、各粒子の破碎形態について分類を行った。破碎形態は以下に示す 4 種類である。1)変位の増加に伴い、荷重が直

線的に増加し、とある点で完全に破断するもの(破断)、2)変位の増加に伴い、粒子の周囲から表面が、破碎していくもの(周囲破碎)、3)変位の増加に伴い、断片的に数個に割れるが、そのまま支持し続け、破碎していくもの(数個支持)、4)変位の増加に伴い、粒子が全体的に押しつぶされていくもの(圧縮破碎)である。図-3 に各粒子の破碎形態の割合を示した。ガラスビーズの破碎形態は、ほとんどの粒子が破断であった。磁鉄鉱や石英では、周囲破碎や数個支持による破碎形態が多く確認された。火山ガラスについて見ると、国分しらすについては、破断、数個支持といった破碎形態が多く見られたが、宮之城しらすについては、圧縮破碎のみであった。この両火山ガラス粒子の破碎形態の違いは、しらす粒子の生成起源や、風化の影響のためではないかと推察される。この分類結果は、荷重-変位関係、破碎頻度からも反映されているものと思われる。

5. おわりに

本研究で得られた知見を以下に示す。しらす粒子は、火山ガラス粒子が、他の構成粒子に比べ、単粒子破碎強度が低いことが特徴的であった。また、特に宮之城しらすの火山ガラス粒子は、粒子が全体的に変形するような圧縮破碎を起こし、脆弱なものであった。しらす粒子は、生成起源や風化度等の影響により、その単粒子破碎特性も地域により異なってくると思われ、その集合体の力学特性に影響を及ぼすものと考えられる。

【参考文献】 1)児玉他：砂粒子の破碎特性とせん断中の粒子破碎との関連性について，第 32 回地盤工学会研究発表会講演集，pp.27-28，1997. 2)中田他：砂の統計分布関数から得られる単粒子破碎特性と一次元圧縮特性，第 33 回地盤工学会研究発表会講演集，pp.23-24，1998.