

Ⅲ-A19

粒子表面の破碎性と非排水ねじり単純せん断挙動

奥村組 正会員 ○日下部 伸・森尾 敏
 鹿児島高専 正会員 岡林 巧
 山口大学工学部 正会員 兵動 正幸・村田 秀一

1. まえがき

著者らは、石英質の堅固な「ぎざ」(粒子表面のぎざぎざ)を有する粒子と火山ガラス質の脆弱なぎざを有する粒子の単粒子破碎の観察から、粒子破碎過程が粒子表面の「ぎざ破碎」と粒子本体の「粒子破碎」から構成されること、及び「ぎざ破碎」が粒子集合体の非排水せん断挙動に与える影響について検討してきた¹⁾。

本研究では、破碎性の異なる典型的な3種類の砂粒子について非排水ねじり単純せん断を実施し、粒子表面の「ぎざ破碎」の有無がせん断挙動に与える影響に関して考察を加えた。

2. 実験内容

破碎性の異なる典型的な3種類の砂粒子として、(a)ぎざが無く粒子が堅固な石英質の豊浦砂、(b)ぎざが有り粒子が堅固な石英質の若狭砂、(c)ぎざが有り粒子が脆弱な火山ガラス質の始良しらすを選定した。

単粒子破碎実験には、 $425\mu\text{m}$ ふるい通過かつ $250\mu\text{m}$ ふるい残留分を選択して使用した。その詳細については文献¹⁾を参照されたい。

非排水ねじり単純せん断試験には、豊浦砂以外の2種類の砂の粒度分布が豊浦砂と同一となるように調整した試料を一連の実験に用いた。この3種類の試料について空中落下法により中空供試体(外径100mm, 内径60mm, 高さ100mm)を作製した。本研究では、緩詰め砂($D_r=31\sim36\%$)とやや緩詰め砂($D_r=45\sim50\%$)を対象とした。有効側方向応力 σ'_h は0.315, 有効軸方向応力 σ'_v は0.630とした(平均有効拘束圧 σ'_m は0.420kgf/cm²)。

単調載荷実験のせん断ひずみ速度は、 $\dot{\gamma}=0.1\%/min$ である。繰返し載荷は、ひずみ振幅漸増方式の実験を実施

した。この実験では、第1波目のせん断ひずみ片振幅 γ_{sA} を $\pm 2.5 \times 10^{-4}$ とし、第2波目以降順次 γ_{sA} を1.5倍間隔で漸増させる正弦波を用いている。繰返しせん断時の γ の値は単調載荷実験と同様とした。

3. 単粒子破碎挙動

写真-1は試料の粒子表面のぎざの有無を示している。図-1は、これらの粒子の単粒子破碎実験の典型例を示したものである。ぎざが無く粒子が堅固な豊浦砂(a)の破碎過程には当然「ぎざ破碎」は無く、破碎現象は図中A点の「粒子破碎」から開始している。これに対し、堅固なぎざを有する若狭砂(b)では「粒子破碎」のA点に先行して、B点に示す「ぎざ破碎」の存在が観察される。同様に、脆弱なぎざを有するしらすにおいてもA点の「粒子破碎」に先行するB点の「ぎざ破碎」が確認される。ぎざ破碎荷重の平均値は、粒子が堅固な若狭砂で193(gf)、脆弱なしらすで66(gf)であり、3倍の差が存在する¹⁾。

以下では、若狭砂のいわば「強いぎざ」としらすの「弱いぎざ」が、あるいは「ぎざの有無」が、非排水せん断挙動に及ぼす影響について検討する。

4. ぎざの破碎性と非排水せん断挙動

図-2は、緩詰め状態($D_r=33\sim37\%$)のしらすの異方圧密過程($K=\sigma'_h/\sigma'_v=0.5$)での $e\sim\log p$ 関係を示している。同図から、有効拘束圧 σ'_m が0.2~1.0(kgf/cm²)の範囲では明確な降伏応力は確認されず、粒子破碎は顕著でないことが示唆される。

(1) 単調載荷時のしらすの「弱いぎざの強い挙動」

図-3, 4は、ぎざの無い豊浦砂とぎざの有る若狭砂、しらすの緩詰め状態の単調載荷時のせん断応力~せん断ひずみ関係、及び有効応力経路を示したものである。ぎざの

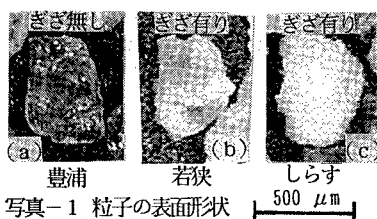


写真-1 粒子の表面研状

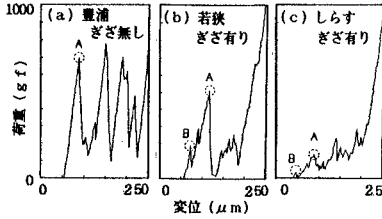
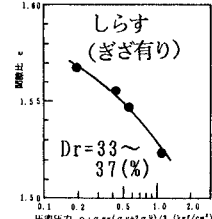


図-1 単粒子破碎実験の典型例

図-2 $e \sim \log p$ 関係

粒子破碎、粒子表面形状、非排水ねじり単純せん断、有効応力経路、液状化抵抗

〒300-26 つくば市 大砂 387 奥村組 技術研究所 電話 0298-65-1521 FAX 0298-65-1522

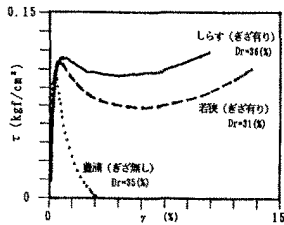


図-3 せん断応力～せん断ひずみ関係

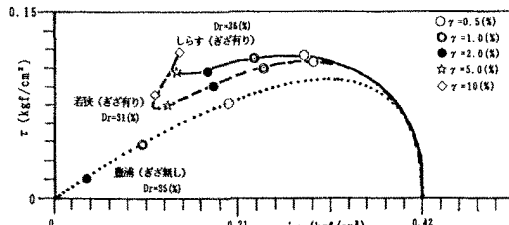


図-4 有効応力経路

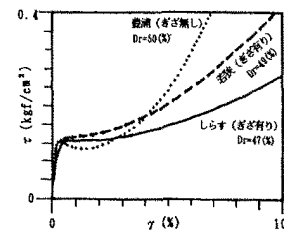


図-5 せん断応力～せん断ひずみ関係

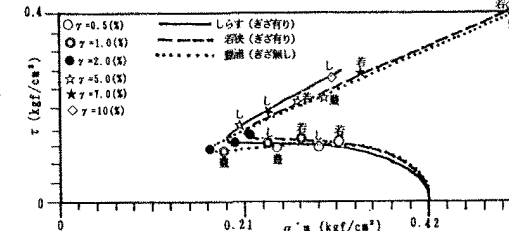


図-6 有効応力経路

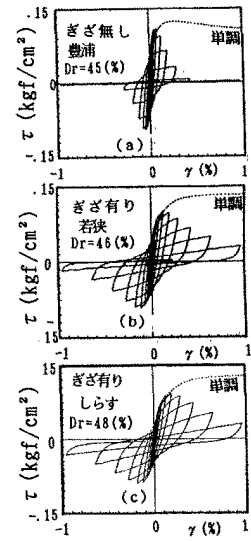


図-7 せん断応力～せん断ひずみ関係

有無以外の実験条件は極力同一にしたものである。これらの図より次のことが知れる。①ぎざの無い豊浦砂はひずみ軟化挙動が著しく、一方的な収縮挙動を示すいわゆる静的な液状化に至っている。②これに対し、ぎざの有る若狭砂としらすはひずみ軟化挙動を示すものの、変相後ひずみ硬化挙動に転じ静的な液状化には至らない。③ぎざ破碎荷重の値に3倍の差が存在するにもかかわらず、若狭砂としらすの有効応力経路は同一せん断ひずみで見ると、ピーク時、軟化過程、変相時、硬化過程において良く類似している。

この実験結果は、「ぎざ破碎」が発生しない場合の粒子表面のぎざ間のマイクロなダイレタンスによる若狭砂の「強いぎざの強い挙動」としらすの「弱いぎざの強い挙動」を示唆しているものと思われる。

(2) 単調載荷時のしらすの「弱いぎざの弱い挙動」

図-5, 6は、やや緩詰め状態の単調載荷時のせん断応力～せん断ひずみ関係、及び有効応力経路を示したものである。有効応力経路を同一せん断ひずみで比較すると、①変相前ではぎざの無い豊浦砂は、ぎざの有る若狭砂としらすに対し、有効拘束圧の減少量が多く収縮傾向が強い。②これとは逆に変相後ではぎざの無い豊浦砂は、ぎざの有る若狭砂としらすに対し、有効拘束圧の回復量が多く膨張傾向が著しい。③同様な差違が強いぎざの若狭砂と弱いぎざのしらす間においても認められ、この傾向は、動員されるせん断応力の増大に従い顕在化している。

この実験結果は、「ぎざ破碎」の発生の有無とその程度を反映したものと思われる。すなわち、しらすの「弱

いぎざの弱い挙動」を示唆しているものと思われる。しかし、単調載荷時の変相後の様に一方的にせん断応力が増大しない繰返し載荷では、しらすの「弱いぎざ」は「強い挙動」を示す。

(3) 繰返し載荷時のしらすの弱いぎざの強い挙動

図-7は、やや緩詰め状態で同一のひずみ履歴を与えた繰返し載荷時のせん断応力～せん断ひずみ関係を示したものである。ぎざ無しの豊浦砂に対し、ぎざ有りの若狭砂としらすの方が明らかに液状化抵抗が強いことが読みとれる。しらすの「弱いぎざの強い挙動」を示唆しているものと思われる。

5. まとめ

破碎性の異なる典型的な3種類の砂粒子について非排水ねじり単純せん断を実施し、粒子表面の「ぎざ破碎」の有無がせん断挙動に与える影響に関して考察を加えた。その結果、しらすの「弱いぎざの弱い挙動」と「弱いぎざの強い挙動」を示唆する実験情報を得た。尚、本研究の一部は「破碎性地盤の工学的諸問題に関する研究委員会」(地盤工学会)の活動の一環として行ったものである。

参考文献

- 1) 日下部 伸・森尾 敏・岡林 巧・兵動 正幸・村田 秀一: 砂質土の単粒子破碎と非排水せん断挙動に関する考察, 第32回地盤工学研究発表会(投稿中), 1997.