

Ⅲ-A86

粒子形状が液状化特性および後続せん断特性に及ぼす影響

横浜国立大学工学部 正会員 プラダン テージ

横浜国立大学工学部 ○学生会員 高岡英伸

1. まえがき 近年、地震による地盤（特に砂質地盤）の側方流動に関する研究が多く行われている。一次性質の異なる砂質土を用いて力学的性質に及ぼす影響を明らかにし、粗粒材料の性質を推定することが期待されている¹⁾。本研究では、一次性質のひとつである粒子形状に着目し、粒子形状が液状化強度に与える影響、液状化に伴う地盤の側方流動に関連して、液状化過程のせん断特性に粒子形状が与える影響の二点を調べることを目的とした。

2. 試料と粒子形状の定量化 試料は、力学的性質に影響を与える粒子形状以外の性質を合わせるため、粒度調整を行った。用いた試料は、けい砂とアルミナボール、ガラスビーズと豊浦砂の二つの組み合わせである。粒子形状の定量化には扁平率 p を用いた。球体であるアルミナボールとガラスビーズの扁平率は、1.0 になる。

3. 実験方法 繰返し三軸試験機を用い、2種類の試験を行った。一つは通常的な非排水繰返しせん断試験、もう一つは非排水繰返しせん断を供試体が液状化にいたる前に止め、単調圧縮せん断試験を行ったものである。繰返しせん断は、周波数 0.1Hz、有効拘束圧 98kPa、単調圧縮せん断は、ひずみ速度 0.5%/min のひずみ制御とした。単調圧縮せん断を行う試験の場合、繰返し回数が 20 回程度で所定の過剰間隙水圧比が蓄積するように繰返し応力比を設定した。供試体は高さ 15cm、直径 7.5cm で、空中落下法によって相対密度 70%になるように作製した。また、両振幅軸ひずみが 5%に達した時を液状化した時点とした。

4. 結果と考察

(1)非排水繰返しせん断試験 図1～2に繰返し応力比—液状化に至るまでの繰返し回数関係を示す。互いに粒度分布がそろっている組み合わせで示してある。それぞれ、けい砂、豊浦砂の液状化強度が若干大きい。図3に繰返し回数が 5 回で液状化する時の繰返し応力比と扁平率の関係を示す。扁平率が 1.0 である球形の砂の液状化強度が角張った砂より若干小さい。このような傾向を吉村らも報告している²⁾。

(2)繰返しせん断後の単調圧縮せん断試験 図4～5に繰返しせん断後の単調圧縮せん断から得られた軸差応力—軸ひずみ関係を示す。まず、繰返しせん断を行っていない単なる

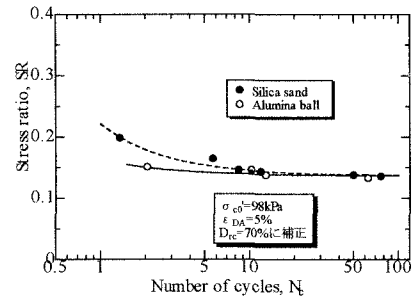


図1 繰返し強度曲線（けい砂・アルミナボール）

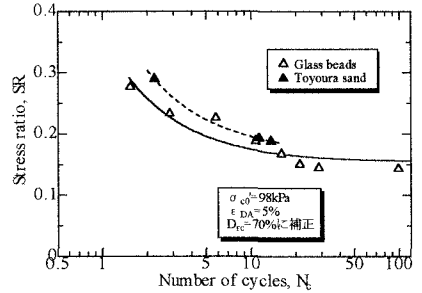


図2 繰返し強度曲線（ガラスビーズ・豊浦砂）

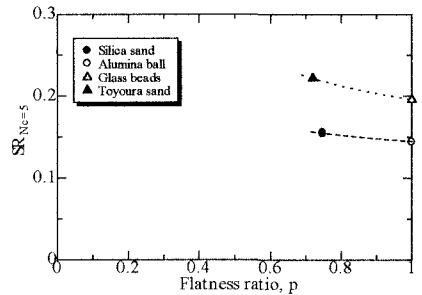


図3 繰返し回数5回で液状化する時の繰返し応力比—扁平率関係

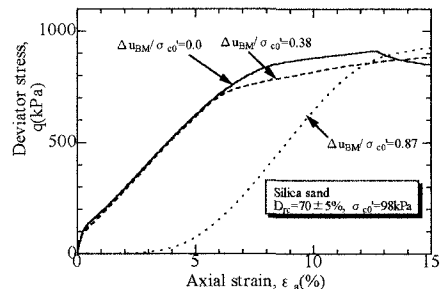


図4 軸差応力—軸ひずみ関係（けい砂）

キーワード: 砂、液状化、粒子形状、せん断強度

〒240-0067 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学 Tel.045-339-4034

単調圧縮せん断試験について比較をする。けい砂もアルミナボールもひずみの発生に伴い、せん断応力は急激に増加する。特に、けい砂のせん断応力の増加が激しい。アルミナボールの方が小さな軸ひずみでピークに達するのに対し、けい砂のせん断応力は軸ひずみが10%を越えても増加している。図4～5全体から、繰返しせん断によって発生した過剰間隙水圧の増加に伴ってせん断応力の回復に必要なひずみが大きくなることからわかる。最大のせん断応力を比較すると、けい砂はアルミナボールと比較して大きい。よって、微小な変形が生じたときは過剰間隙水圧が小さいほうが、大変形が生じたときは角張っている粒子のほうがより強度を発揮するといえる。

図6～7に割線係数と軸ひずみの関係を示す。過剰間隙水圧の蓄積が小さい時、ひずみが1%程度までは、けい砂の E_{sec} がアルミナボールと比べて明らかに大きい。特に、ひずみが0.1%以下の微小な範囲では、その傾向が顕著である。しかし、ひずみが大きくなると、両者にはほとんど差が無くなる。また、繰返しせん断による過剰間隙水圧比 $\Delta u_{BM}/\sigma_{c0}'$ が増加するにつれて、 E_{sec} は低下する傾向がある。特に、 $\Delta u_{BM}/\sigma_{c0}'$ が1.0に近い供試体では、 E_{sec} は繰返し载荷を行わない試験と比べて非常に小さい値を示したままひずみが増加している。さらにひずみが増加すると、正のダイレタンスにより強度が回復するため、 E_{sec} は増加に転じている。砂の種類により、この傾向が顕著な場合もある¹⁾。

図8に繰返しせん断によって発生した過剰間隙水圧比と単調圧縮せん断試験における割線係数 E_{sec} (kPa)の関係を示す。上述のように、繰返し载荷を行わない時は、角張った粒子の割線係数 E_{sec} が明らかに大きく、過剰間隙水圧が発生すると、粒子形状の影響を受けず、剛性が低下する。種々の試料に対して、この傾向を確認する必要がある。

5. 結論

以上より得られた結論を以下に示す。

- (1) 丸い粒子形状を持つ砂は、角張った砂より液状化強度が若干小さい。
- (2) 丸い粒子形状を持つ砂は、角張った砂より静的強度が小さい。その度合いは液状化強度よりも顕著である。
- (3) 液状化過程におけるせん断剛性の低下に粒子形状が及ぼす影響は小さい。

参考文献

- 1) 佐藤一也：細粒分含有量が砂の液状化強度及びその過程における変形特性に及ぼす影響、横浜国立大学修士論文、1996
- 2) 吉村優治、小川正二：砂の等方圧密及びせん断特性に及ぼす粒子形状の影響、土木学会論文集 No.487/Ⅲ-26, 1994.3

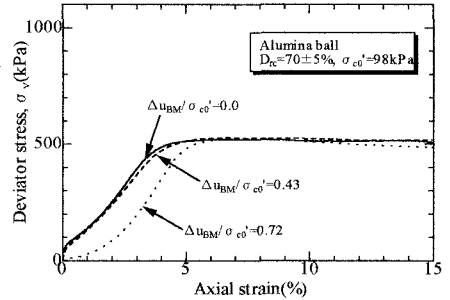


図5 軸差応力-軸ひずみ関係(アルミナボール)

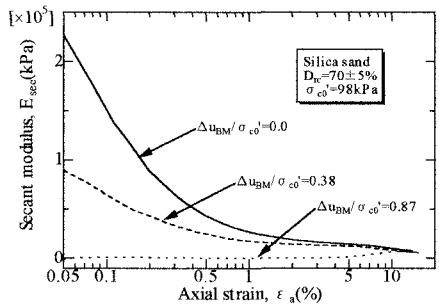


図6 割線係数-軸ひずみ関係(けい砂)

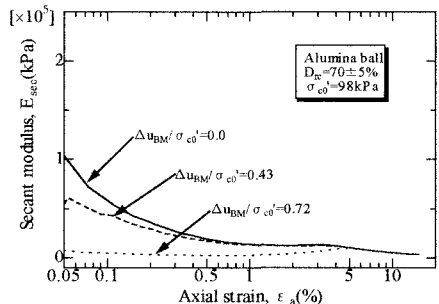


図7 割線係数-軸ひずみ関係(アルミナボール)

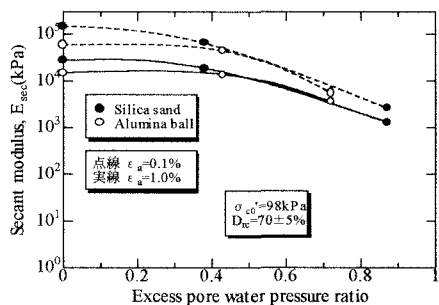


図8 割線係数-繰返しせん断による過剰間隙水圧比関係