

鳥取大学大学院 学生会員 ○山本 諭史
鳥取大学大学院 正会員 清水 正喜
鳥取大学大学院 正会員 中村 公一

1. はじめに

本研究は試料の粒子形状が液状化強度特性に与える影響について検討することを目的としている。粒度の影響を含まないようにして豊浦砂にガラスビーズ（以下 G.B.）を混合させた試料に対して非排水繰返し三軸試験を行い、液状化強度特性に与える G.B.の混合割合の影響を調べた。

2. 試料

試料は、混合割合を変えて豊浦砂に G.B.を混合させたものである。G.B.は 177~250 (μm) の粒径のものを使用した。この粒径の G.B.を用いることにより、混合試料の平均粒径と粒度分布は豊浦砂とほとんど変化しない。図 1 に混合試料の粒径加積曲線を示す。繰返し三軸試験で粒子が破碎して粒子の形状が変化することが予想されたため、同じ試料を繰返し使用していない。

本研究では、試料の粒子形状を表す指標として、真円度 $R_c = L^2 / (4\pi A)$ を採用した。ここに、 L は粒子の投影周囲長、 A は粒子の投影断面積である。真円度 R_c は、1 に近いほど円に近いことを表わす指標である。本研究では、豊浦砂は 100 個、G.B.は 25 個の粒子を測定した。G.B.は粒子形状が均等であるため豊浦砂より測定する数が少なくても十分であると判断した。図 2 に豊浦砂と G.B.の真円度 R_c の分布図を示す。豊浦砂と G.B.の真円度 R_c の平均値はそれぞれ、1.415、1.155 である。

3. 試験装置および三軸試験方法

図 3 に繰返し三軸試験装置の概略図を示す。繰返し载荷は応力制御で周波数 0.1 Hz の正弦波により载荷した。

三軸試験用の供試体は、JGS 0520-2009 に従って作製し、空中落下法で所定の相対密度にした。緩詰め供試体は相対密度 $D_r=30\%$ 、密詰め供試体は相対密度 $D_r=60\%$ とした。供試体を二重負圧法によって飽和させた。

繰返し非排水三軸試験は JGS 0541-2009 に従って行った。

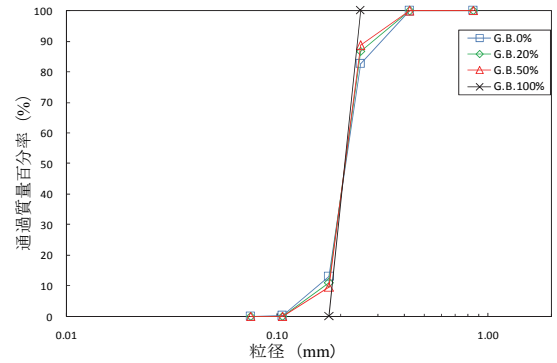


図 1 混合試料の粒径加積曲線

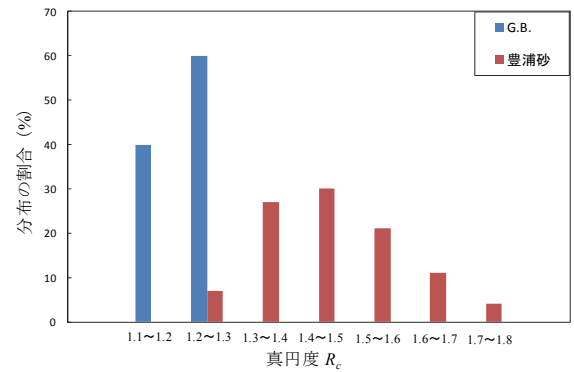


図 2 真円度 R_c の分布図の比較（豊浦砂と G.B.）

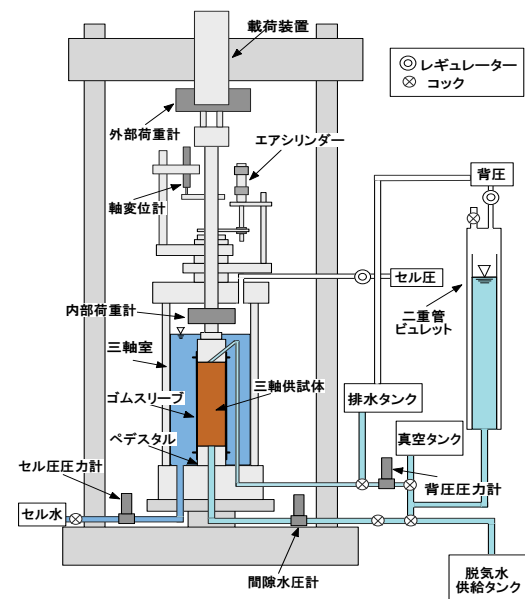


図 3 繰返し三軸試験装置の概略図

4. 結果および考察

緩詰め供試体でも G.B.の混合割合を増やすと伸張側の軸ひずみが抑制される傾向がみられた (図 4). しかし緩詰め供試体では, 液状化による変形が一気に進む傾向があり, 同じ繰返し载荷回数 N_c で両振幅軸ひずみが $DA = 1\%, 2\%, 5\%$ に達してしまうため軸ひずみの挙動がみにくい.

密詰め供試体における軸ひずみの挙動 (図 5) の傾向としては, G.B.の混合割合が少ないと伸張側のひずみが大きくなり, G.B.の混合割合が多いと圧縮側と伸張側のひずみがほぼ同じになる. このことから, G.B.混合割合を増やすと, 伸張側のひずみを抑制する傾向があると考えられる.

図 6 は図 4 に示した 4 つの試験における, 過剰間隙水圧比と N_c の関係である. (a)の G.B.混合割合 0%と 100%とを比べると, 100%の方が液状化するときの N_c が少ないにも関わらず, 液状化するまでの過程では 0%よりも過剰間隙水圧比が小さい. (b)においても若干であるが, G.B.混合割合が多い 50%の方が 20%よりも過剰間隙水圧比が小さい. このことより, G.B.の混合割合を増やすと過剰間隙水圧の発生を抑制する傾向があるといえる. これは上で述べたように, G.B.混合割合を増やすと, 伸張側のひずみを抑制する傾向があり, この効果により過剰間隙水圧の上昇を抑制したためだと考えられる.

図 7 に液状化強度曲線の比較を示す. 先に触れたように, 緩詰め供試体では両振幅軸ひずみ $DA = 1, 2, 5\%$ に達するときの N_c がほぼ同じになるので, $DA = 5\%$ に達するときの N_c のみをプロットした.

図 7 より, $N_c = 20$ 回で両振幅軸ひずみ $DA = 5\%$ に達する時の繰返し応力振幅比 (液状化強度比 R_{20}) を読み取り図 8 にまとめた. G.B.混合割合が多いほど (真円度 R_c が小さいほど), 液状化強度比 R_{20} が大きいことがわかる.

既往の研究¹⁾では, 真円度 R_c が大きいほど液状化強度比 R_{20} は大きくなるという結果が得られているが, 本研究ではそれと異なる, 真円度 R_c が小さいほど液状化強度比 R_{20} は大きくなるという結果を得た. 既往の研究ではインターロッキングの影響のため R_c が大きいほど液状化強度比 R_{20} が大きくなったと考えられた.

本研究では微視的な粒子間の接触面について考える. 図 9 に豊浦砂と G.B.の粒子接触面の微視的概念図を示

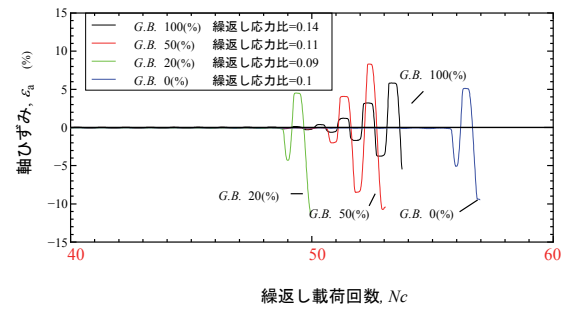


図 4 緩詰め供試体の軸ひずみの比較 (N_c 50 回付近で DA が 5% に達するデータ)

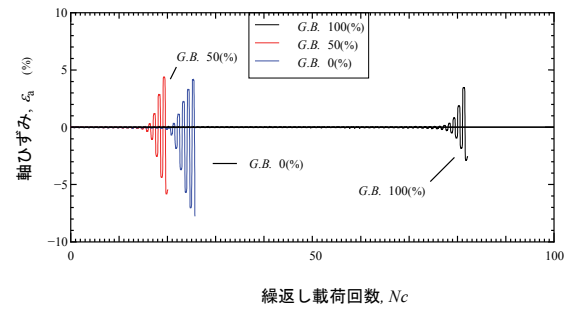


図 5 密詰め供試体の軸ひずみの比較

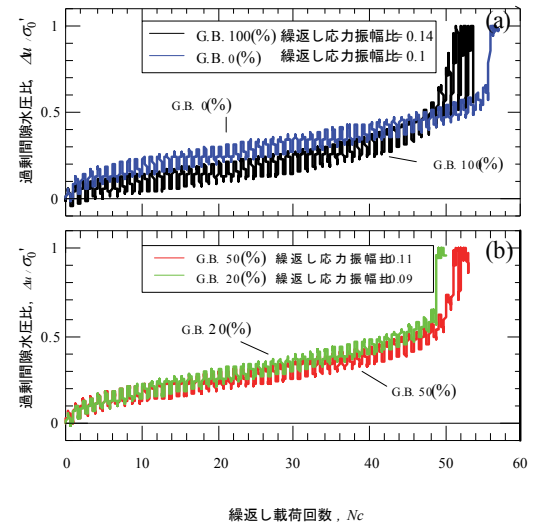


図 6 過剰間隙水圧比の挙動の比較 (N_c 50 回付近で DA が 5% に達するデータ)

した．粒子の表面が粗いもの（豊浦砂）と極めて滑らかなもの（G.B.）とで，図 9 に示すように粒子接触点付近における同じ面積に対して，粒子の表面が粗いものと，極めて滑らかなものとは，微視的に考えた場合，極めて滑らかなものの方が実際の接触面積が大きいと考えられる．以上のことより，極めて滑らかなものの方が実際の接触面積は大きくなり，結果として摩擦力が強くなって液状化強度 R_{20} が大きくなったと考えられる．

G.B.の混合割合の増加に伴い液状化強度比 R_{20} が増加する要因として上で述べたこと以外に，材質の違いによる粒子間での摩擦力の違いが考えられる．しかし本研究では，それを検討するに至らなかった．

5. 結論

G.B.の混合割合が増えるほど，

- 1) 伸張側の軸ひずみを抑制する傾向がみられた．この効果により過剰間隙水圧の発生が抑制されたと考えられる．
- 2) 液状化強度比 R_{20} が増加した．粒子接触点付近における同じ面積に対して，粒子の表面が粗いものと，極めて滑らかなものとは，微視的に考えた場合，極めて滑らかなものの方が実際の接触面積が大きいためと考えた．

参考文献

- 1) 松岡昇，兵動正幸，中田幸男，吉本憲法正，水木崇文：砂の粒子形状と繰返しせん断強度，第 38 回地盤工学会研究発表会，pp.423-424，2003．

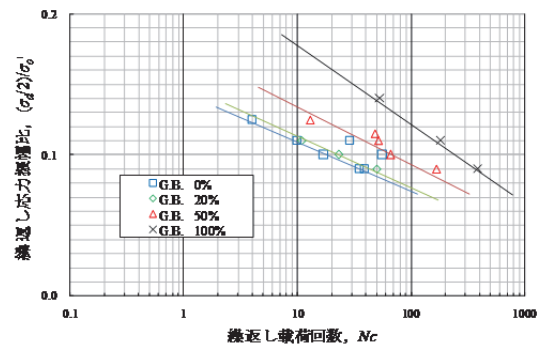


図 7 液状化強度曲線の比較

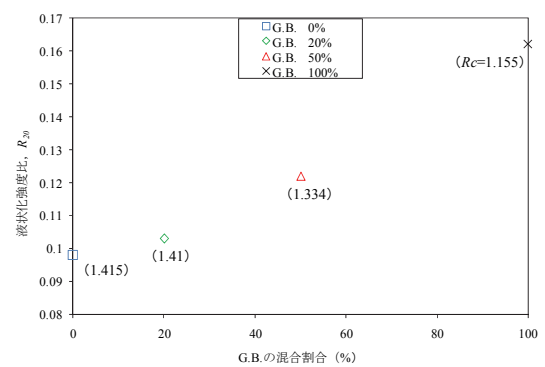


図 8 液状化強度比 R_{20} の比較

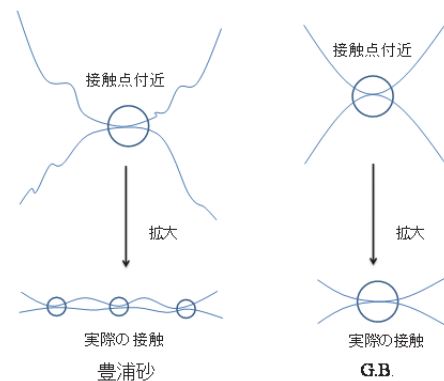


図 9 粒子接触面の微視的概念図