

砂質の違いにおけるマイクロバブル水を用いた液状化強度の変化

東京都市大学 学生会員 ○岡庭一憲

同上 正会員 末政直晃 片田敏行

佐藤工業株式会社 正会員 永尾浩一

1. はじめに

我が国の住宅事情は欧州に比べ寿命が短く、新築住宅価格水準も高いうえ、住宅建築関連の産業廃棄物量を低減させる意味でも環境に配慮した住宅の長寿命化が求められている¹⁾。また、宅地地盤に対しても地震による被害を抑制するための環境汚染の少ない廉価な技術をより長期にわたって性能を維持できることが必要とされる。

一方で液状化対策工法として、地盤に空気を入れることにより、地震時の液状化現象を抑制する工法はこれまで注目はされていたものの、実用化には至っていないことが現状である。この工法は無公害で環境に優しいほか、経済的であり、施工が容易なことから宅地地盤など建て込んだ狭い場所でも液状化対策できる可能性がある。そこで、本報告では空気注入技術の1技術であるマイクロバブル（Micro Bubble：以下MB）水を用い、繰返し三軸試験により砂質の違いにおける不飽和化された砂の液状化強度変化について検討した。

2. マイクロバブル水混入工法

本研究で提案するMB水混入工法は、発生時において直径が数十マイクロメートルの気泡を含む高濃度空気溶存水を地盤に混入することで、地盤の不飽和度を高める工法である。この地盤内の気泡によって液状化により発生した過剰間隙水圧を、粒子間に混入した気泡が収縮することによって吸収し、砂同士の噛み合いを保つことで液状化強度を上昇させることが可能となる。図-1に本工法のメカニズムを示す。

3. 実験概要

図-2に示す装置を使用し、飽和供試体及びMB水を混入した不飽和供試体を用いて非排水繰返し三軸試験を行った。試料は日光珪砂6号（図-3）を用い、空中落下法により直径5cm、高さ10cm、相対密度 $Dr=60\%$ の円筒供試体を作製した。供試体飽和のため、あらかじめ二酸化炭素を透過することで間隙空気と置換し、

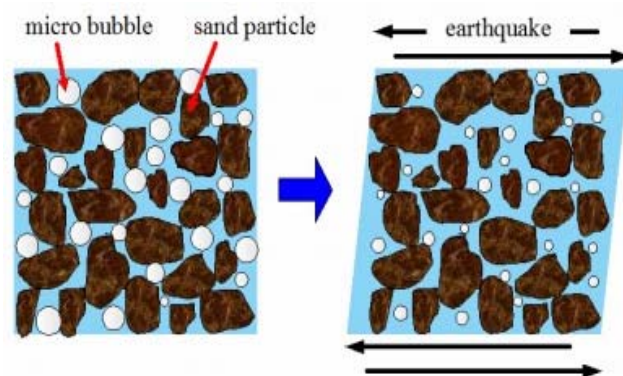


図-1 MB水混入工法メカニズム

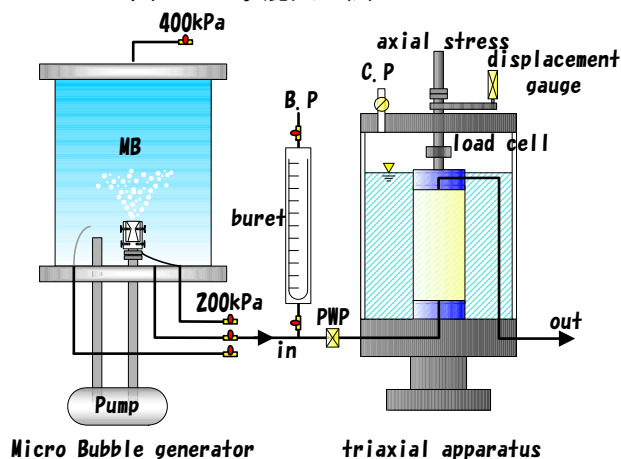


図-2 三軸試験概略図

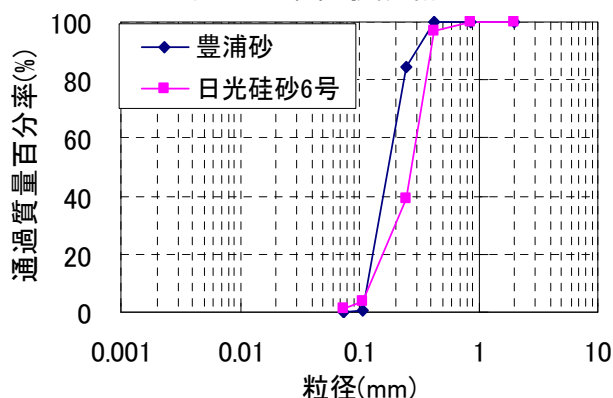


図-3 粒径加積曲線

表-1 実験条件

Case	σ'_0 (kPa)	B.P(kPa)	Sr(%)
Case1	98	98	100
Case2	98	98	90

キーワード マイクロバブル水、液状化、繰返し三軸試験

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学地盤環境工学研究室 Tel&Fax 03-5707-2202

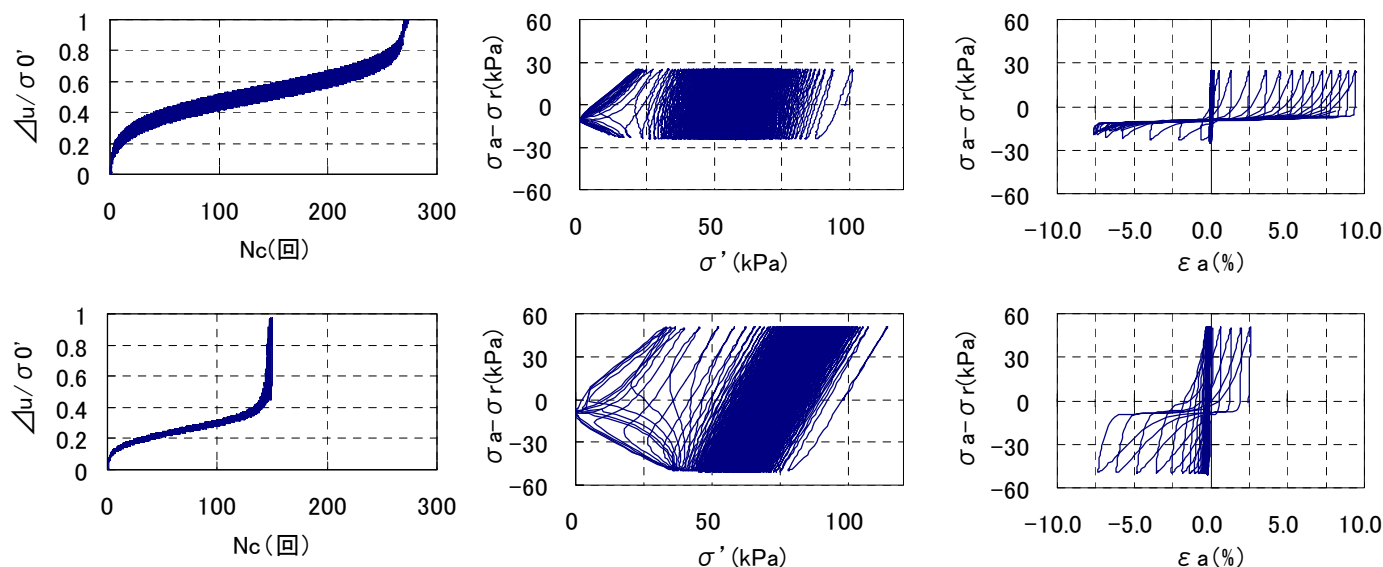


図-4 試験結果 (上: Case1, 下: Case2)

脱気水を通水し飽和させた。また、圧密応力 $\sigma'_c=98\text{kPa}$ で 30 分圧密することで飽和度 S_r を高めた。その後、MB 水を混入圧 117.6kPa で 30 分間混入し、飽和度 S_r を 90%まで低下させた。供試体の飽和度 S_r は、セル圧を変化させた際のビューレットの水位変化を間隙空気の体積変化とし、ボイルの法則を用いて算出した。試験はセル圧=200kPa、初期有効応力 $\sigma'_0=98\text{kPa}$ (GL-10m 相当) で側圧一定条件の下、周波数 0.2Hz の正弦波で繰返し载荷を行った。表-1 に試験条件を示す。

4. 結果及び考察

図-4 に本試験で得られた結果の代表例を示す。Case1 の飽和砂では、過剰間隙水圧比が 1 に達した後に軸ひずみが増大しており、典型的な飽和砂の液状化挙動を示している。Case2 の MB 水混入砂では、繰返し载荷による過剰間隙水圧の上昇が抑制されており、液状化中において圧縮時の過剰間隙水圧の減少が大きくなり試料に靱性を得ていることがわかる。一方で、軸ひずみに着目すると、圧縮側よりも引張側のひずみが増大する傾向が見られており、不飽和化した引張側が弱部になると考えられる。

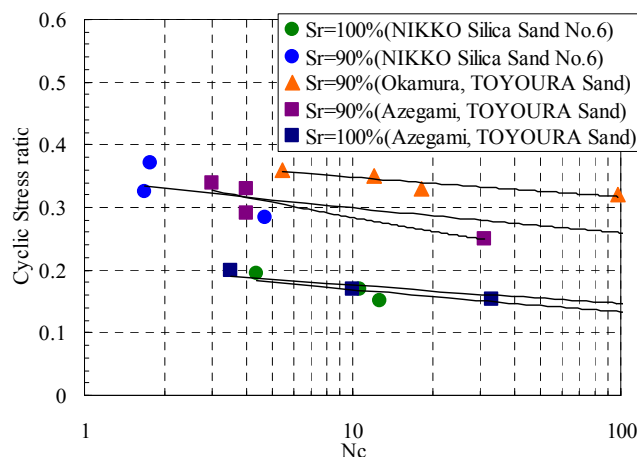


図-5 液状化強度曲線

図-5 に本試験から得られた液状化強度曲線を示す。また、畔上ら²⁾が行った豊浦砂、 $Dr=60\%$ 、 $S_r=100$ 、90%の結果、岡村ら³⁾が行った豊浦砂、 $Dr=40\%$ 、 $S_r=90\%$ の結果を併せて示す。これより、MB 水を混入して $S_r=90\%$ とした供試体の液状化強度 R_{L20} は、飽和供試体の液状化強度 R_{sat} と比べ 1.8 倍程度の増加が見られる。また、本試料における Case1, 2 の液状化強度は、畔上らにより行われた豊浦砂の結果と概ね近似していることがわかる。これは豊浦砂と日光珪砂 6 号の粒径が近似していたからであると考えられるため、今後は粒径や粒度分布の異なった砂質における液状化強度を調べる必要があると考えられる。また、岡村らとの結果と比較すると、やや強度が劣っているが、この原因の一つとして、試験方法の違いもあるが、気泡径の違いやマイクロバブルの性質も影響していると考えられる。

<参考文献>

- 1) 国土交通省総合技術開発プロジェクトホームページ: <http://www.nilim.go.jp/engineer/index.html>
- 2) 畔上洋一: マイクロバブル水を利用した液状化対策工法の開発に関する研究, H19/武蔵工業大学修士論
- 3) 岡村ら(2005); 不飽和土の液状化強度に及ぼす空気圧縮性の影響, 第 40 回地盤工学研究発表会, pp.511-512