

兵庫県 正会員 ○橋本 司 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 姫路市 正会員 山本 健司

1. はじめに

液状化対策工法の1つとして、地盤内に空気を混入することで飽和度を低下させる手法がある。本研究では空気混入方法として、通常の気泡とは異なる性質をもつ、マイクロバブル¹⁾(図中ではMB)を用いて生成した空気溶解水を通水し、減圧することで過剰となった空気が気泡となることで、気泡を含んだ水(気泡水)にする方法を用いた。この方法による、飽和度低下と液状化特性に与える効果について検討した。

2. 飽和度測定実験

気泡水による飽和度低下について検討するため実験を行った。本研究で用いた三軸試験機では、不飽和状態での供試体体積を測定出来ないため、アクリル製円筒容器を用いた。飽和度測定装置の概略を図1に示す。飽和供試体に、空気溶解水を加圧状態で通水する。その後減圧することにより、気泡水にする。空気溶解水は400kPaで生成し、減圧後の気泡水が飽和度に与える効果を検討した。飽和度は排水量をもとに計算し、実験終了後に含水比からの飽和度も求めた。結果を図2に示す。減圧によって飽和度の低下を確認した。この結果から、減圧後の圧力が200kPaでの飽和度を98%、100kPaを96%、50kPaを94%とした。なお、空気溶解水の生成方法と、通水・減圧方法は三軸試験と同じ条件で行ったため、この結果を用い、三軸試験結果の整理と比較は飽和度を用いて行う。

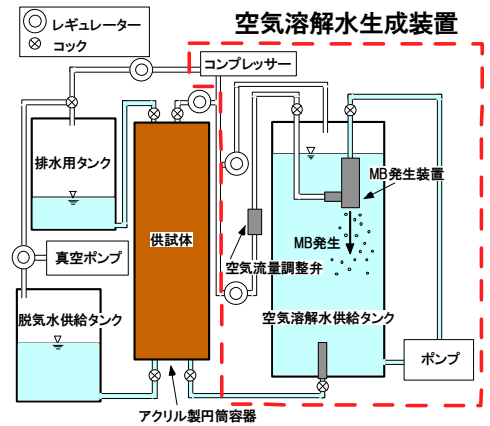


図1 飽和度測定装置の概略図

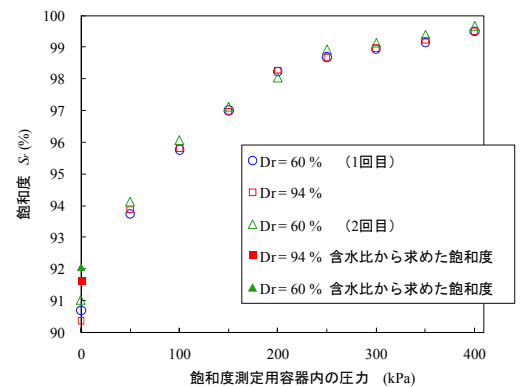


図2 飽和度測定結果

3. 三軸試験装置および三軸試験方法

三軸試験装置の概略図を図3に示す。三軸供試体作成は、JGS 0520-2009に従い、空中落下法で行い、二重負圧法により供試体の飽和度を高めた。非排水三軸圧縮試験はJGS 0523-2009、繰返し非排水三軸圧縮試験はJGS 0541-2009の規定に従った。気泡水を用いた空気溶解水の通水手順はJGS 0541-2009に定める圧密過程後に行い、減圧後にJGS 0541-2009の非排水繰返し載荷過程に従った。本研究では、液状化強度比 R_L を繰返し載荷回数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 R_{20} とした。繰返し載荷は応力制御のsin波により載荷周波数0.1Hzで行った。

4. 結果および考察

繰返し非排水三軸試験結果として、繰返し応力振幅比0.30における、飽和度の違いによる間隙水圧、軸ひずみの挙動の代表的な結果

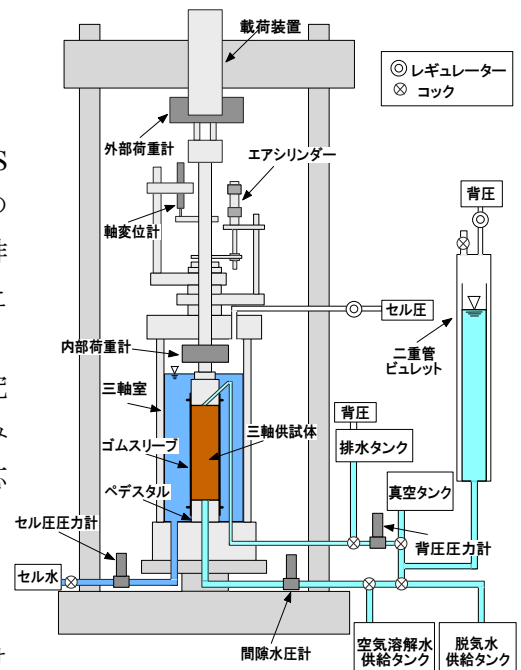


図3 三軸試験装置概略図

を図 4, 5 に示す. 図 4 および図 5 の(c)に示した過剰間隙水圧比の結果から, 気泡水を含んだ供試体では, 正の過剰間隙水圧増加を抑制する効果がみられる. 過剰間隙水圧比が, ほぼ 1 になって以降の過剰間隙水圧の挙動は, 飽和砂と大きな違いはなく, 過剰間隙水圧に気泡水が与える効果は正の過剰間隙水圧の増加抑制のみといえる. これは気泡水の効果を考察した際, 三軸供試体の圧縮には, 正の過剰間隙水圧を気泡内の圧力が上昇することで, その増加を抑制しているためと考えられる. また, 図 4 および図 5 の(b)に示した軸ひずみの結果から, 飽和度 94%の三軸供試体は飽和砂に比べ, 圧縮側へのひずみ増加割合が小さいといえる. 軸ひずみは

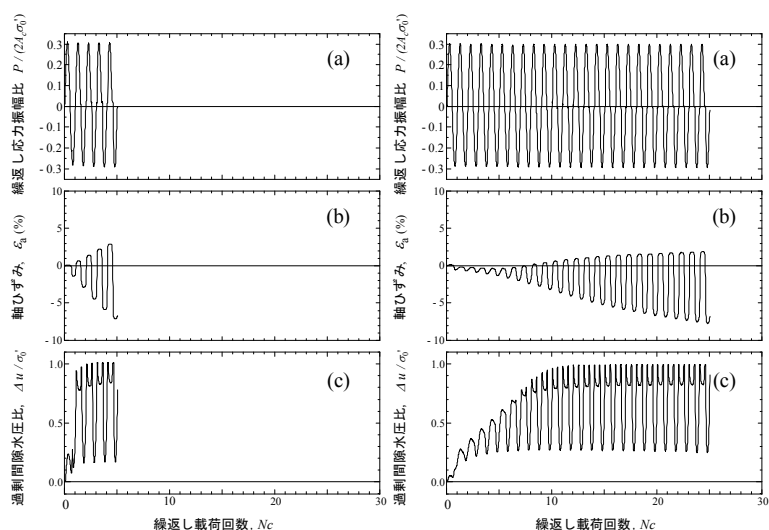


図 4 $S_r = 100\%$, $e = 0.750$

図 5 $S_r = 94\%$, $e = 0.754$

過剰間隙水圧が増加し, 有効応力が減少することで生じるものであり, 気泡水を含んだ三軸供試体では, 気泡によって正の過剰間隙水圧増加が抑制されているため, このような挙動になったと考えられる. 飽和度の違いによる繰返し非排水三軸試験全ての結果として, 図 6 に液状化強度曲線, 図 7 に液状化強度曲線から得られた, 飽和度と液状化強度比の関係を示す. 結果から, 飽和度低下に伴い, 液状化強度比の増加を確認できる. 液状化強度比の増加は飽和砂に対して, 飽和度 98 %は, ほぼ変わらず液状化強度比 1.0 倍, 飽和度 96 % は 1.3 倍, 飽和度 94 %は 1.65 倍となった.

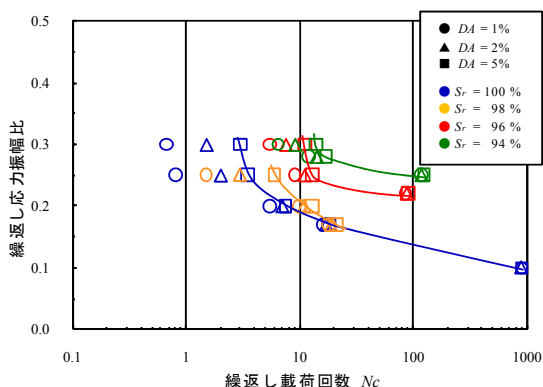


図 6 液状化強度曲線

5. 結論

本研究における主な結論を以下にまとめる.

- 1) 空気溶解水を, 供試体内で減圧することによって, 気泡水に変えることにより, 飽和度が低下することを確認した.
- 2) 飽和度低下に伴い, 液状化強度比が増加した.
- 3) 非排水繰返し载荷において, 気泡水によって飽和度を低下させた供試体では, 正の過剰間隙水圧を抑制する効果がみられた.
- 4) 非排水繰返し载荷での, 軸ひずみについては, 飽和度低下によって圧縮側へのひずみ増加割合が小さくなる傾向がみられた.
- 5) 非排水繰返し载荷の結果から, 気泡水によって得られる効果は, 砂自体の特性を大きく変えるものではなく, 正の過剰間隙水圧の抑制に効果を発揮するものといえる.

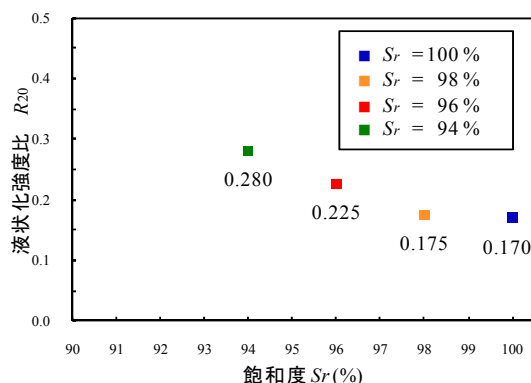


図 7 飽和度と液状化強度比の関係

参考文献

- 1) 高橋正好: マイクロバブルとナノバブルの基礎と工学的応用, マテリアル インテグレーション, Vol.22, No.5, 2009