

砂の液状化特性に与える気泡水の効果に関する研究

鳥取大学大学院 正会員 中村 公一 兵庫県 正会員 橋本 司
鳥取大学大学院 正会員 清水 正喜 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（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。この気泡水を用い、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。本研究で用いた繰返し三軸試験装置では、不飽和状態での供試体体積を測定出来ない。そのため、図1に示す飽和度測定装置により検討を行った。手順は、飽和供試体に空気溶解水を加圧状態で通水し、その後減圧することにより気泡水にした。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について検討した。飽和度は排水量から求めたものと、実験終了後の含水比から求めた。その結果を図2に示す。減圧することによる飽和度の低下を確認できた。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、繰返し三軸試験と同じ条件で行った。したがって、この結果を用いて繰返し三軸試験結果の整理と比較を行うこととした。

3. 繰返し三軸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。三軸供試体作成は、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。繰返し非排水三軸圧縮試験は、JGS 0541-2009の規定に従った。気泡水を用いた飽和度低下作業は、圧密過程後に行い、その手順は、上述の通りである。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、油圧による応力制御により、sin波を載荷周波数0.1 Hzで行った。

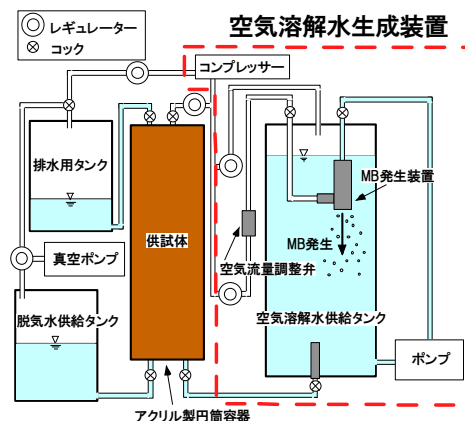


図1 飽和度測定装置の概略図

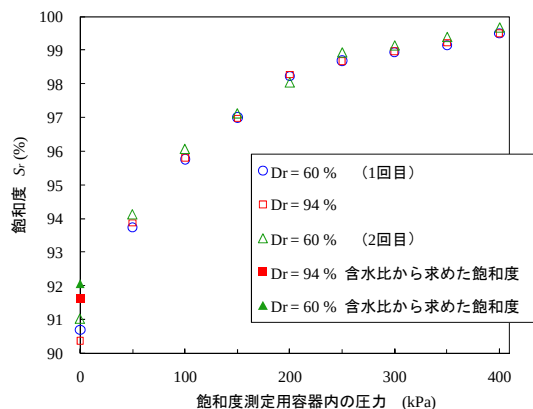


図2 飽和度測定結果

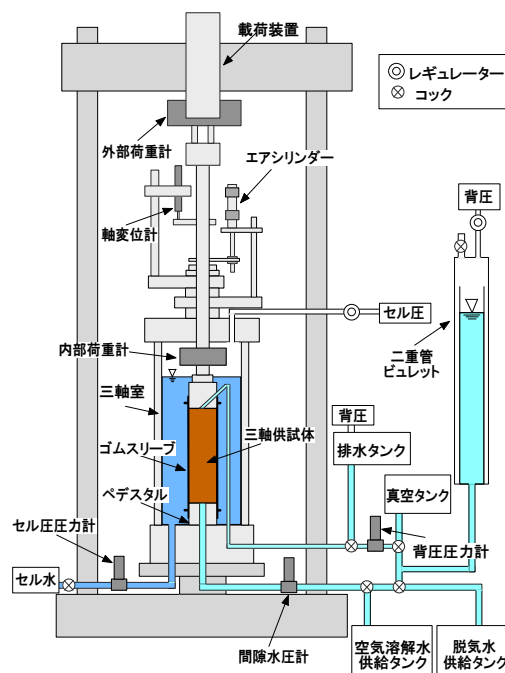


図3 三軸試験装置概略図

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を用いて、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。

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。

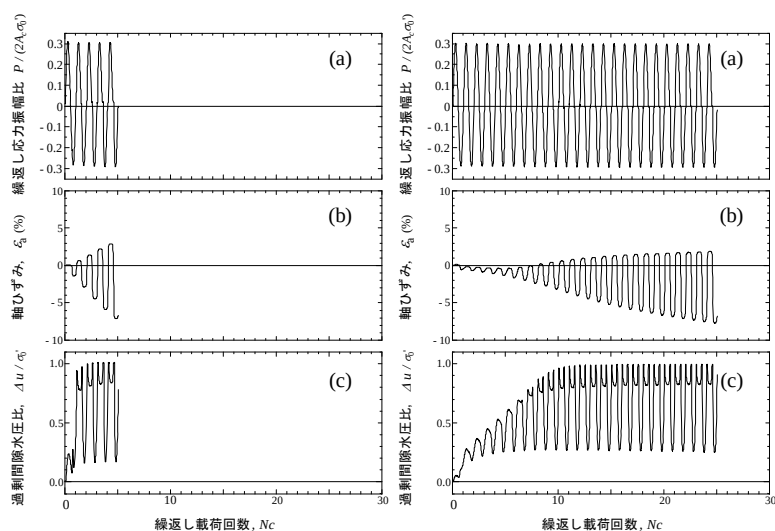


図 4 $S_r = 100\%$, $e = 0.750$

図 5 $S_r = 94\%$, $e = 0.754$

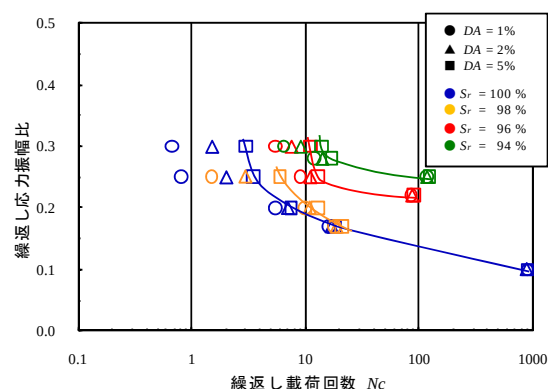


図 6 液状化強度曲線

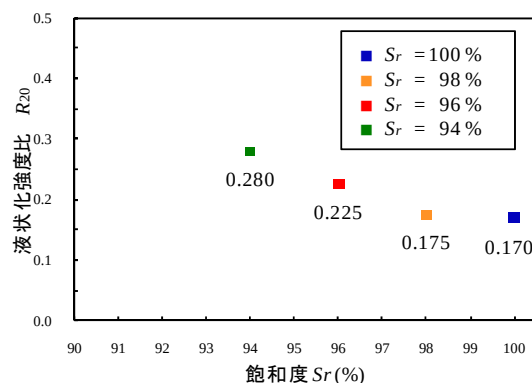


図 7 飽和度と液状化強度比の関係