

地下水位低下と併用したマイクロバブル水注入による不飽和化液状化対策の室内実験

東京都市大学 学生会員 ○鈴木 健太
 佐藤工業 正会員 永尾 浩一
 東京都市大学 正会員 末政 直晃

1. 目的

東北地方太平洋地震では、多大な液状化被害が発生し、今後想定される東海・南海・東南海地震に対し早急な対策が必要とされるが、対象領域が広範囲であり、低価格であるとともに高性能な対策方法が求められる。

地盤に空気を入れることにより液状化対策する技術は、無公害で環境に優しいほか、経済的であり、省スペースで施工が可能のため、これらの問題に 대응することが出来る可能性があるが、施工品質や改良領域の確認方法などまだ課題も多い¹⁾。そこで、地盤内の地下水位低下工法とマイクロバブル水（以下 MB 水）液状化対策工法を併用することにより、地盤の飽和度を均等かつ効率よく低下させることを試み、工法の可能性を検証する目的で、室内実験を行い、砂供試体の飽和度変化の確認を行った。

2. 実験概要

実験は図-1、図-2 に示す試験装置を用いて、砂地盤の不飽和化実験を行った。試験供試体は、豊浦砂（ $\rho_s=2.640\text{g/cm}^3$, $e_{\max}=0.973$, $e_{\min}=0.609$ ）を用い、内径 75mm、高さ 300mm のアクリル性円筒容器内に相対密度 $D_r=75\%$ 、間隙体積 $V_v=530\text{ml}$ の密な砂地盤を空中落下法で作成し、二酸化炭素で間隙内の空気を置換した後、脱気水を注入し、飽和した砂地盤を作成した。

実験は、飽和供試体の間隙水を排水（地下水位低下）後、以下の 2 つのケースの注入実験を行った。

- ケース 1：排水後に脱気水を注入
- ケース 2：排水後に MB 水を注入

MB 水は、図-2 に示すマイクロバブル水生成装置にて作成した。装置は圧力下で、高濃度の空気溶存水が生成出来るもので、MB は供試体注入前のマイクロバブル発生ノズルで発生するしくみとなっている。今回の実験では、空気溶存水を 500kPa の圧力下で生成し、注入時は、圧力を 200kPa に減圧し注入した。

なお、供試体注入直前の圧力を同一にするため、ケース 1 においても MB 発生ノズルを設置した。

また、排水は、供試体下部より自然排水させた後、完全に排水させるため、さらに供試体上部より 14kPa の空気圧を加えて行った。

各ケースの飽和度は、供試体下部に設置されたロ

ードセルにより重量を計測し、下式により算定した。

$$Sr = \frac{V_w}{V} \times 100 = \frac{V_w - \Delta W \cdot \rho_w}{V_v} \times 100 \quad (1)$$

ここで、 Sr ：地盤の飽和度(%), V_w (m^3)：間隙水の体積, V_v (m^3)：間隙の体積, ΔW (g/min)：重量変化(g), ρ_w ：水の密度(g/cm^3)である。

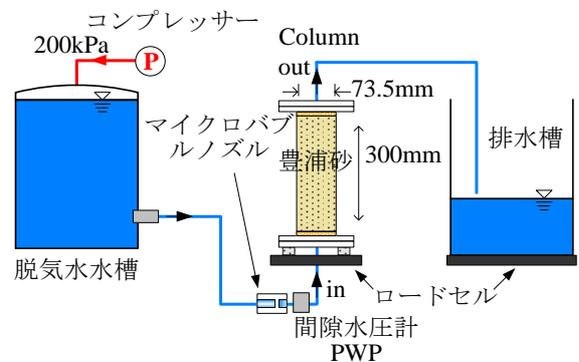


図-1 実験概要図（ケース 1：脱気水注入）

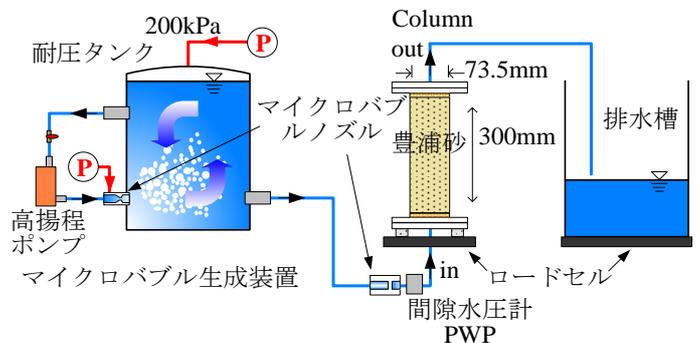


図-2 実験概要図（ケース 2：MB 水注入）

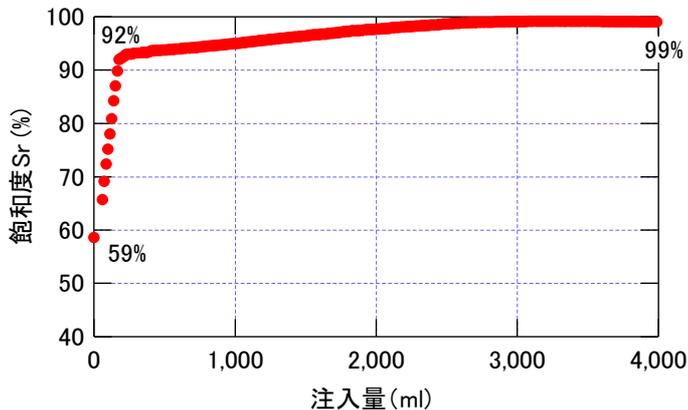


図-3 飽和度計測結果 (ケース 1)

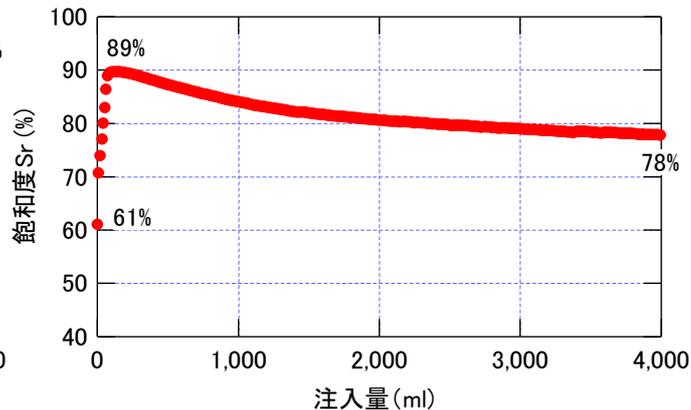


図-4 飽和度計測結果 (ケース 2)

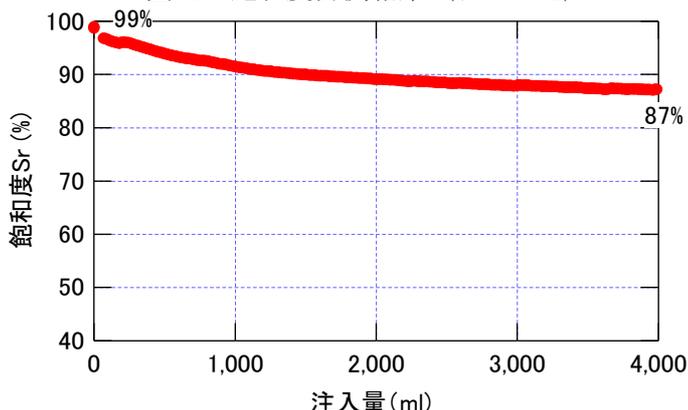


図-5 飽和度結果 (ケース 1 後 MB 水注入)



写真-1 注入後 (左：脱気水，右：MB 水)

3. 実験結果

間隙水排水後に行った注入実験の飽和度変化の状況を図-3、図-4 に示す。各ケースの排水後（地下水位低下後）の飽和度は、ケース 1 で 59%、ケース 2 で 61%であった。図より、注入直後の飽和度は、両ケースとも供試体内に水が充填されること（水位回復）により、急激に上昇した。ケース 1 では、飽和度が 92%まで上昇した後、脱気水の注入により、空気が徐々に抜け、注入量 2,500ml 程度で 99%まで緩やかに上昇した。

一方、ケース 2 では、飽和度が 89%まで上昇し、その後の MB 水の注入により、注入量 2,500ml 程度で約 80%まで低下し収束した。写真-1 は、注入後の供試体の状況である。MB 水注入の方が脱気水注入のそれよりも間隙内の空気により試料の色が白くなっていることがわかる。また、ケース 1 の実験終了後、追加として飽和度が 99%となった供試体に、MB 水を注入し飽和度の低下を調べた。飽和度の計測結果を図-5 示す。飽和度は、MB 水注入後徐々に低下し、注入量 2,500ml 程度で約 90%、6,500ml 程度で約 85%まで低下した。

4. まとめ

水位低下一回復過程によって得られる地盤の飽和度は 95%程度であり、MB 水による水位回復を施した場合の方が地盤飽和度を 80%弱にまで低下させることが可能であることが示された。また、飽和地盤に MB 水を直接注入した場合には地盤飽和度は 90%程度となった。

これより、飽和度を効率よく低下させるには、MB 水注入工法に地下水位低下工法を併用することが望ましいと言える。今後は、工法の確立へ向け実地盤での地下水位低下工法を併用した MB 水注入実験を行い、施工方法や効果確認方法（飽和度計測方法など）の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 永尾，末政，鈴木：戸建て住宅を対象としたマイクロバブル水液状化対策工法実地盤実験，第 48 回地盤工学研究発表会（投稿中），2013。