

不飽和化地盤におけるサウンディング調査による飽和度確認法の検討

復建調査設計 正会員 ○中澤 博志
佐藤工業 正会員 永尾 浩一

1. はじめに

2011年の東北地方太平洋沖地震において、関東地方平野部で大規模な宅地地盤の液状化被害が生じて以来、宅地地盤を対象とした安価な液状化対策工法の開発が精力的に行われている。その一つに不飽和化工法であるマイクロバブル工法があるが、施工性の確認はなされてきたものの、出来型・改良効果確認手法については、確立されていないため、試験施工時に実施したサウンディングによる調査事例を報告する。

2. マイクロバブル工法の概要

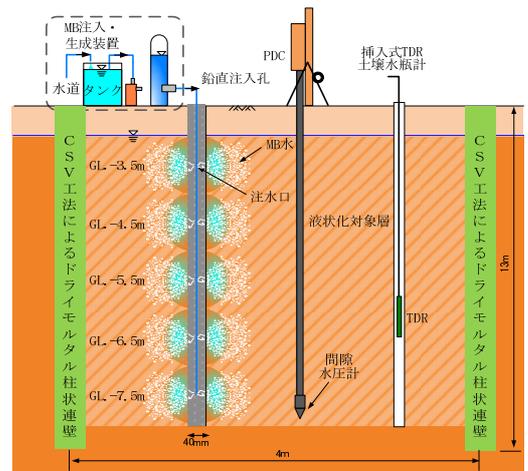
マイクロバブル工法¹⁾は、図-1に示すように、マイクロバブル(以下 MB)を含んだ水溶液を液状化層に注入することで飽和度を低下させる液状化対策工法の一つである。なお、MBは、直径が約10~100 μ mの微細な気泡であるため拡散能力が高く、地盤内を効率よく飽和度を低下させることが可能性である。試験施工は、千葉県浦安市の運動公園敷地内で行われた。平面図におけるMB水注入箇所は、直径 ϕ 250mmのセメントモルタル杭連壁で深さGL.-13mまで格子状に囲まれた4m \times 4mの連壁内地盤である。また、試験施工の前後で間隙水圧計測を伴う簡易動的貫入試験(以下PDC)²⁾を実施し、同時に別途TDRによる飽和度 S_r の測定が実施された。試験地盤は、GL.-6mまでは、1965~1975年に埋め立てられた細粒分シルトが介在する N 値0~8のシルト質砂質地盤であり、GL.-6~13mは旧海底面下の N 値が6~15の細砂地盤であり、MB注入はGL.-2m~8mを対象とした。

3. PDCの概要

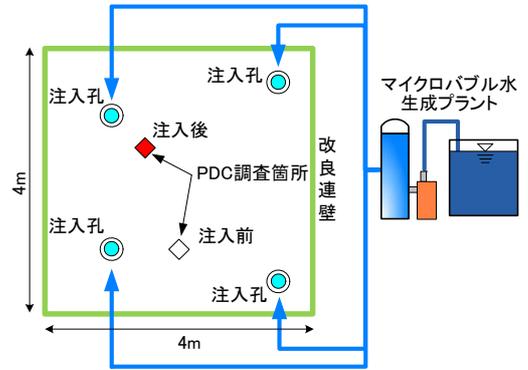
図-2に示す様に、PDCは打撃貫入時に先端コーン位置で間隙水圧応答を計測するミニラムサウンディングを利用したサウンディング装置である。地盤定数として、 N 値(PDCからは N_d 値)、細粒分含有率 F_c 等が得られることから、原位置計測により液状化判定が簡易に短時間で評価できる。本調査では、打撃時の間隙水圧計測を利用して、MBによる地盤改良前後における飽和度の変化を捉える事が可能か確認するために実施した。

4. 調査結果

図-3にMB注入前後の N_d 値、 F_c 、最大間隙水圧 Δu_{max} 、 S_r 等の深度分布を示す。 N_d 値は、 N 値と同一深度でほぼ同様な分布を示し、注入前後において概ね一致する傾向を示している。一方、間隙水圧から推定される F_c は、注入後に若干課題な評価を与えているものの、比較的調和傾向にあると考えられる。次に、 Δu_{max} および $\Delta u_{max}/\sigma'_v$ の分布傾向を見ると、MB注入範囲全体に



(a) マイクロバブル工法



(b) 試験施工平面図

図-1 マイクロバブル工法・試験施工の概要



図-2 PDCの概要

キーワード 液状化対策, 不飽和化, マイクロバブル, サウンディング, 間隙水圧

連絡先 〒101-0032 東京都千代田区岩本町 3-8-15 復建調査設計東京支社 TEL 03-5835-2632

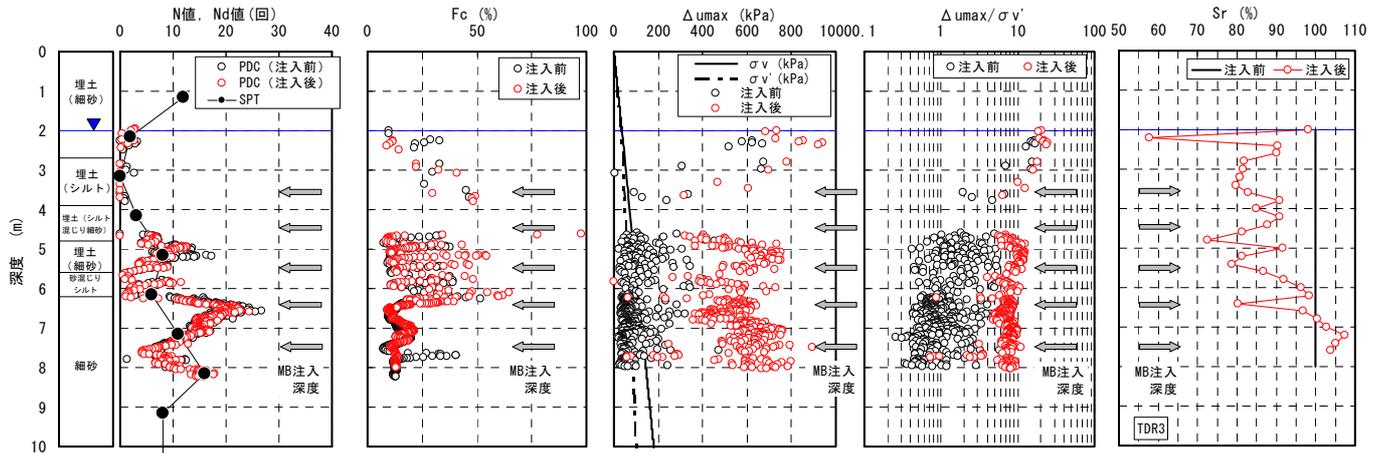


図-3 深度分布図

わたり、注入前に比べ、注入後の最大間隙水圧応答が明瞭に大きくなっている様子がわかる。なお、図-4 に GL-7.0m 付近の細砂における一打撃あたりの間隙水圧と貫入量の時刻歴の例を示すが、注入前後における貫入量の傾向は殆ど変わらないが、MB 注入後の最大間隙水圧が注入前に比べ非常に大きい様子がわかる。また、 S_r の深度分布を確認すると、注入深度が浅いほど飽和度が低下している様子がわかる。

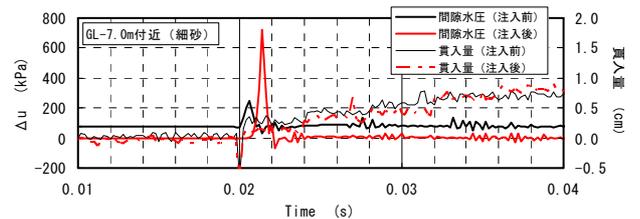
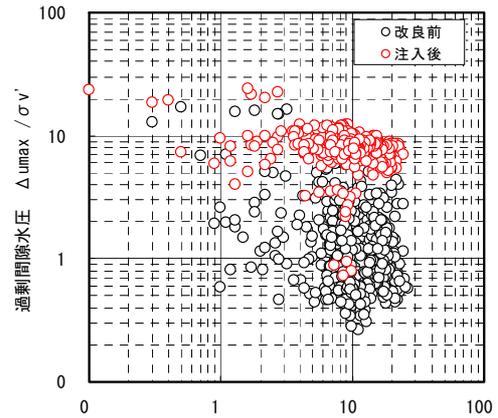


図-4 PDC 打撃時の時系列データ例

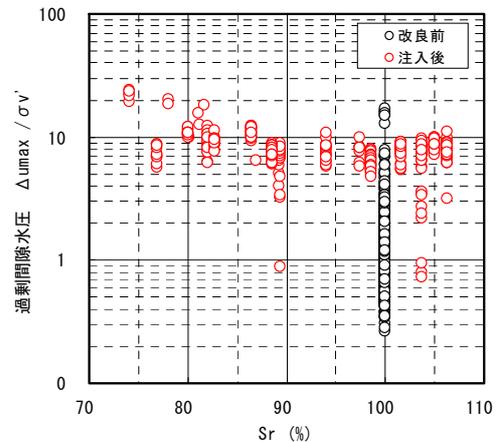
以上より、 N_d 値の分布傾向が変わらず、注入後の最大間隙水圧応答が増加する様子が確認されたため、図-5 に N 値、 S_r と $\Delta u_{max}/\sigma_v'$ の関係を示し考察する。 N 値の分布範囲は注入前後で変わらないが、注入後の $\Delta u_{max}/\sigma_v'$ は全体的に増加し、かつ、注入前のばらつきに対し、注入後では3~10 の範囲で均一なプロットを示している。一方、注入後の S_r は 75%~100% の間に分布するが、低い範囲で若干ではあるが、 $\Delta u_{max}/\sigma_v'$ が増加傾向にある様子がわかる。

5. 今後の課題

通常、MBのような気泡が間隙水に混入した不飽和地盤では、飽和地盤に比べ打撃時の間隙水圧応答が低下するものと推察される。今回の結果では、 N_d 値の傾向より、空気が注入されても土粒子構造やせん断剛性があまり変化しない様子が確認出来たが、最大間隙水圧は逆に大きく生じる結果となった。ただし、MB 注入の有無により明瞭な差が確認できたことから、出来型確認等の判断は可能であると推察される。今後の課題として、打撃時のコーン貫入メカニズムや発生する間隙水圧挙動を検討する必要があると考えられる。最後に、試験場所やボーリングデータをご提供していただいた浦安市および旭化成建材の各位に謝意を表します。



(a) N 値と $\Delta u_{max}/\sigma_v'$ の関係



(b) S_r と $\Delta u_{max}/\sigma_v'$ の関係

図-5 PDC の概要

参考文献 1)永尾浩一ら：浦安市における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の実証実験，佐藤工業技術研究所報 No.38, pp.27-34, 2013. 2) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説 第6編サウンディング 第13章 規格・基準以外の方法，pp.462-464, 2013.