

マイクロバブル水混入工法における有効性の検討

佐藤工業(株)
武蔵工業大学

正会員 永尾 浩一
大学院 山田 早恵香 畔上 洋一
正会員 末政 直晃 片田 敏行

1. はじめに

マイクロバブルを用いた液状化対策工法は、直径が 10~100 μm のマイクロバブル(微細気泡)を含む水溶液を地中に送り込むことにより地盤を不飽和化し、液状化強度を高める工法である。この工法は固化剤などの改良材料を必要とせず、また気泡が微細であるため、地盤内を効率よく改良を行えると考えられ、簡易で安価な液状化対策工法として、広範囲に迅速な対策が必要とされる場所に有効な工法として期待される。著者らは工法の有効性の確認を主目的とし室内レベルでの試験を行ってきた¹⁾が、マイクロバブル混入時の拡散・蓄積による飽和度変化特性をより実地盤に近い状態で把握するため 6m の円筒土槽による混入実験を行った。

2. 実験概要

試験装置は図-1、図-2 に示す内径 83mm、高さ 6.0m の円筒土槽を用いた。地盤は豊浦砂 ($s=2.640\text{g}/\text{cm}^3$, $e_{\text{max}}=0.973$, $e_{\text{min}}=0.609$) で作成し、地盤層厚 500cm、地盤全体の平均相対密度 D_r は 81.8%であった。試験土槽は地盤中にマイクロバブルを混入時の地盤間隙内の空気量の蓄積変化を調べるため、図に示す ADR(Amplitude Domain Reflectometry: 土壌水分計)を土槽下部より 0.5m、1.5m、2.5m、3.5m、4.5m の位置に設置し、各地点での体積含水率(土壌水分量)を求めることが出来る。なお、ADR から求められる体積含水率は以下の式で表される。

$$(\%) = V_W / V \times 100 \quad (1)$$

$$S_r(\%) = V_W / V_V \times 100 = \frac{V}{V_V} \times 100 \quad (2)$$

ここで、 V_W : 間隙水の体積、 V : 土の体積、 V_V : 間隙の体積、 S_r : 飽和度である。また、その他の計測として地盤内間隙水圧 3 箇所(土槽下部から 0m、2.5m、4.5m)とマイクロバブル水の混入流量 Q 、混入前と排出時の溶存酸素量 DO と水温を調べた。試験ケースは、地盤の縦方向と横方向での混入時の体積含水率変化を調べるため、6m 円筒土槽を縦置にした場合(Case1)と横置にした場合(Case2)の 2 ケースを行った。なお、横置時(Case2)は地下水位以下の地盤を想定し供試体に 3m の水頭差を与えている。試験は約 1 時間地盤に水道水を通水し、さらに脱気水を約 30 分通水を行い地盤の飽和度を高めた後、圧力下(400kPa)でマイクロバブル作成装置により生成された過飽和状態の空気溶存水(マイクロバブル水)を供試体下部より混入した。また、混入する際、より地盤の体積含水率を低下させる目的で、供試体直前にマイクロバブル発生装置を設け、さらにマイクロバブル化し混入をおこなった。マイクロバブル混入後、混入による圧力が消散されるまで放置し、体積含水率の変化を調べた。

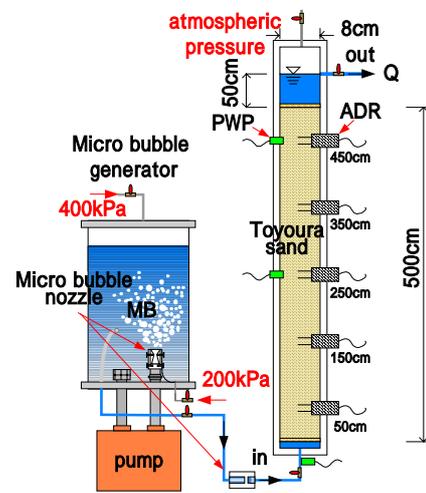


図-1 試験概要(縦置)

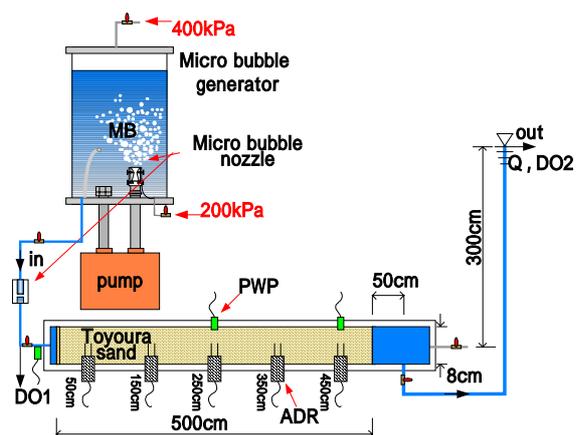


図-2 試験概要(横置)

キーワード: マイクロバブル, 不飽和, 液状化強度

連絡先: 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10 TEL: 046-270-3091 FAX: 046-270-3093

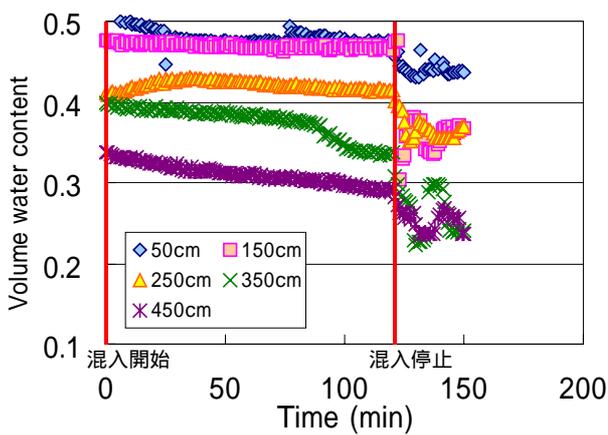


図-3 体積含水率変化(Case1)

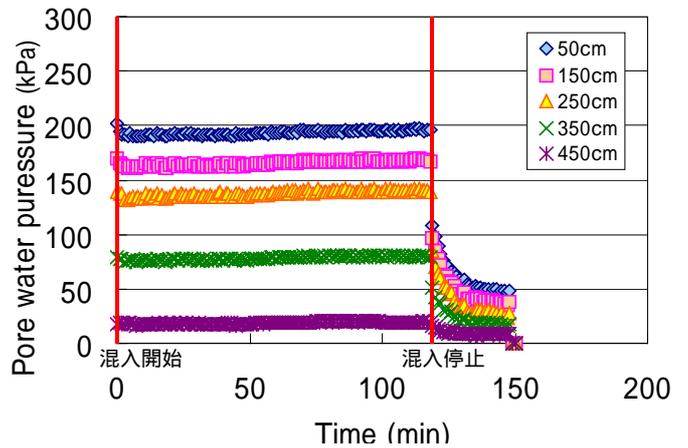


図-4 体積含水率変化(Case2)

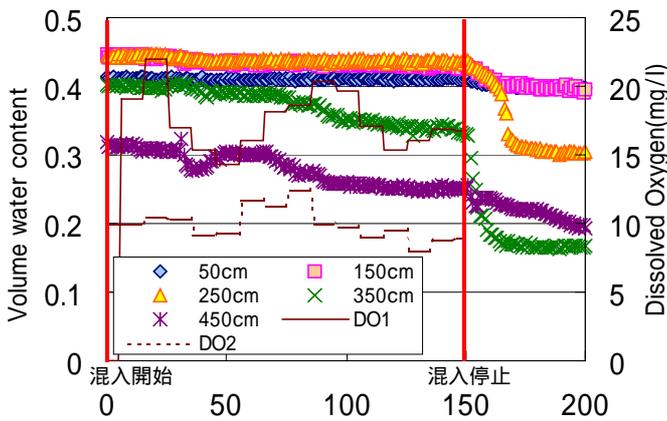


図-5 間隙水圧変化(Case1)

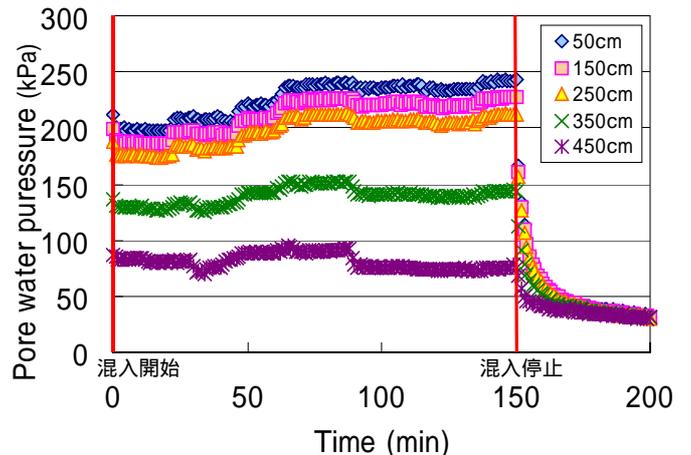


図-6 間隙水圧変化(Case2)

3. 実験結果

体積含水率の試験結果を図-3,5に示す。ADRによる体積含水率計測初期値は計測箇所地盤の相対密度、初期飽和度などにより変化するため初期値に差があるものの、混入経過に伴い各位置での値は徐々に低下したことが分かる。この値は混入箇所から遠く混入時の間隙水圧の低下に伴い小さくなる傾向となり、低下の割合も距離に従い大きくなる傾向がある。また、図-5より溶存酸素量DOは地盤混入前後で約5mg/l程度低下しており、混入に伴い溶存していた空気が地盤中に消費されていることがわかる。一方、間隙水圧結果を図-4,6に示す。間隙水圧の値は計測地点からADR計測地点での値を線形補完したものである。case2では徐々に圧力が増加したものの、case1では混入に伴いほとんど変化がなかった。case1では鉛直混入のため気泡が上方に移動しやすいことも要因にあげられるが、このことは地盤内にマイクロバブルが拡散・蓄積する際、透過抵抗(透水係数)があまり変化せずより遠くまで気泡を運搬できる可能性を示唆している。また、混入停止後、混入圧力が消散されるに伴い値が低下した。これは気泡混入時に蓄積した気泡径が大きくなるとともに、溶存していた空気が析出したためであり、混入後さらに飽和度が圧力差分低下すると考えられる。

4. おわりに

6mの円筒土槽によるマイクロバブル混入実験を行い、工法の有効性を確認することが出来た。今後は地盤全体的な拡散・蓄積特性を明らかにするとともに、飽和度変化測定方法についても調べる必要がある。

謝辞

本試験に際し、ご協力いただいた武蔵工業大学都市基盤工学科水上雄哉君はじめ地盤環境工学研究室の関係者の方々に末筆ながら感謝の意を表します。

参考文献

1) 山田, 畔上ほか: マイクロバブル混入方法の適用性の検討, 土木学会第61回年次学術講演会 部門, 2006.9