マイクロバブル水混入工法における気泡の析出挙動に関する実験

武蔵工業大学 学生会員 岡庭 一憲 畔上 洋一 同上 正会員 末政 直晃 片田 敏行 佐藤工業株式会社 正会員 永尾 浩一

1.はじめに

地震における液状化被害を防ぐために様々な液状化対策工法が考案された.既存の主な液状化対策工法は高 強度化が可能である一方,堤防などの長大かつ広域な場所ではコスト高になるなどの問題点がある.著者らは 廉価で,環境にやさしい液状化対策工法として,地盤に直径が10~100µmの気泡<sup>1)</sup>を混入するマイクロバブル (Micro Bubble:以下MB)水混入工法を提案し,その確立を目的として種々の実験を行ってきた<sup>2)</sup>.既往のMB 水混入実験の結果(図-1)から,MBによる空気溶存水を直接地盤に混入する場合に比べ,混入直前にMB復 元装置を用いてMBを再発生させた水を混入することで,少ないMB水混入量で地盤飽和度をより低下出来る ことが確認された.この要因として,MB復元装置によってMB水が一旦減圧され,溶存していた空気がMBと なり析出することが考えられる.そこで本報告ではMBの析出メカニズムについて考察するため,MB水の体 積圧縮・膨張実験を行った.

## 2. 実験概要

MB 水の体積圧縮・膨張実験は図-2 に示す小型ピス トンを用いて行った.実験手順を以下に示す.試験で はまずセル圧 400kPa(P1 とする), ノズル圧 200kPaの 元で MB 溶存水を生成した 次にこの MB 溶存水を減 圧しないようにピストンを徐々に引きながらピスト ンならびに経路内に MB 溶存水を充填した.その際, 充填した MB 溶存水の初期体積が約 140cm<sup>3</sup>となるよ うにピストン位置を調整した.これによって, MB 復 元装置に流入する直前の MB 溶存水を模擬したもの とした.その後, case1 ではピストンを微少量だけ引 くことで, MB 溶存水を 100kPa(P2)まで減圧した. そ してピストンを押し込んで P3 まで加圧し, さらに P1 まで加圧を行った.case2では case1 と同様の手順を繰 返し回数1回として同一の MB 水に対し P2 を変化さ せ5回繰返した.実験条件を表-1に示す.圧力変化は 間隙水圧計で,体積変化は変位計で計測したピストン の変位量と円筒容器内の断面積から算出した.また, MB 水中のバブルの圧力変化に伴う体積変化を,ボイ ルの法則より導いた式(1)を用いて表した.

$$\Delta V = V_0 - \frac{P_0 V_0}{P_0 + \Delta P} \tag{1}$$

ここに *V*<sub>0</sub>:バブル初期体積,*V*:バブル体積変化量, *P*<sub>0</sub>:バブル初期圧力(絶対圧),*P*:バブル圧力変化 キーワード 液状化,マイクロバブル水,析出メカニズム 100 90 90 90 75 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 Time (min)



150mm 図-2 MB 水体積圧縮・膨張実験

表-1 実験条件

繰返し回数	P1(kPa)	P2(kPa)	P3(kPa)
-	400	-80	100
1	400	0	100
2	400	-20	100
3	400	-40	100
4	400	-65	100
5	400	-85	100
	繰返し回数 - 1 2 3 4 5	繰返し回数 P1(kPa) - 400 1 400 2 400 3 400 4 400 5 400	繰返し回数 P1(kPa) P2(kPa) - 400 -80 1 400 0 2 400 -20 3 400 -40 4 400 -65 5 400 -85

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学地盤環境工学研究室 Tel&Fax 03-5707-2202

量である .これにより MB 復元装置を用いた場合の MB 水混入時の MB 析出現象を模擬し,減圧によるバブル の析出について検討した.

## 3.実験結果及び考察

図-3にcase1の結果を示す.図より,MB水は体積膨張 に伴い圧力が減少し,-66kPaまでは直線的な挙動を示し ている.このときのMB水中のバブルはボイルの法則が 成立していることから,バブルの再析出は起きていな いといえる.しかし,-66kPaを境に直線の勾配が変化し ている.このときMB水中のバブルが減圧に伴い析出し, バブル体積が増加したと考えられる、次に-82kPaまで減 圧した後,体積圧縮を与え圧力を増加させると,下に 凸の緩やかな曲線挙動を示し,ボイルの法則が成立し ていないことが分かる.これは圧力の増加に伴い,一 部のバブルが再びMB水中に溶解していくためと考え られる.しかし初期圧力400kPaまで圧力が戻った時点 で体積変化量に残留値が見られることから,一度減圧 により析出したバブルは,再び減圧前と同等の圧力下 まで加圧しても溶解せず、気体状態で残ることがいえ る.図-4にcase2の結果を示す.図より,繰返し段階が 進むに従い減圧時の直線勾配が急になっていくことが 分かる.これは一度析出したバブルが初期圧力P1まで 戻しても残留するため,初期バブル体積が大きくなっ ていくためと考えられる.またP2の負圧が大きいほど, 初期圧力まで戻したときの残留バブル体積は大きくな ることが分かった.ここで, MB水の圧力がP3における 残留バブル体積 V,をMB水の初期体積で除した値を

V<sub>r</sub>/Vと定義し, case1, 2の V<sub>r</sub>/Vと減圧時圧力P2 の関係を図-5に示した.MB水の V<sub>r</sub>/Vはバブルの析 出体積に比例するので,減圧が大きいほどバブルの析 出体積は加速度的に増加することが分かる.よって, 大きく減圧することで,MB水混入時のMB析出体積を 増加させられると考えられる.









## 4.まとめ

図-5 最大減圧圧力 P2 と V<sub>r</sub> / V の関係

MB 水の体積圧縮・膨張実験を行い,減圧することによって溶存していたバブルが析出することを確認出来た.これより MB の気泡析出メカニズムを明らかにすることが出来た.

## 謝辞

本研究を行うにあたり筑波大学の京藤敏達氏に多大なご指導,ご協力を頂き,ここに感謝の意を表します. 参考文献

1)大成博文:マイクロバブル科学の領域と生活活性技術,日本混相流学会レクチャーシリーズ 30(2005)

2) 山田早恵香ら:マイクロバブル混入工法による液状化対策の検討,地盤工学会第41回地盤工学研究発表会発表講演集
Vol.41st,2分冊の1, Page855-856 2006.06.20,