

# マイクロバブル混入工法の適用性の検討 その1：MB作成と混入

武蔵工業大学	学生会員	山田 早恵香	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

近年世界各国で大地震が頻発し、地盤災害のひとつとして液状化による被害が数多く報告されている。日本では1964年に発生した新潟地震を契機に、液状化発生メカニズムや液状化対策工法等の研究が数多く行われている。しかしながら、既存液状化対策工法は高強度を可能とする一方で、コストが高いという難点がある。これまで、液状化による被害が数多く報告されている護岸においても、広範囲に渡り対策を実地するのは経済的に難しく、耐震対策が行われていないのが現状である<sup>1)</sup>。そこで、新たに廉価でかつ施工が容易な対策工法が必要とされている。本研究では、新たにコストパフォーマンスに優れた液状化対策として、マイクロバブル(MB)を用いた気泡混入工法の有効性について検討する。

## 2. 気泡混入工法

マイクロバブルとは、発生時において気泡径が数 $\mu\text{m}$ ～数 $10\mu\text{m}$ の微細な気泡<sup>2)</sup>のことである。本研究ではMBを地盤に混入することにより、飽和度を低下させ、液状化により発生した過剰間隙水圧を粒子間に混入した気泡が収縮することによって吸収し、砂の粒子同士のかみ合いを保ち液状化抵抗を上昇させる(Fig.1)。

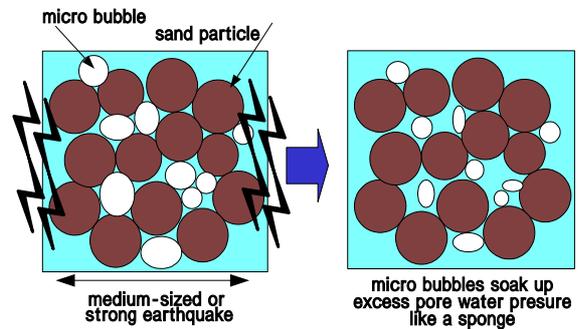


Fig.1 Effect of micro bubbles entraining method on sand ground during earthquake motion

## 3. 微細気泡発生装置

MBを発生させる方法として、気液二相流体混合・剪断方式、加圧溶解方式、細孔方式、超音波方式、超高速旋回方式など様々な方法が開発されている。微細気泡を発生させる過程において、それぞれ特徴があるが、気泡径、ポイド率(水に対する気泡の割合)、高いエネルギーコストなどが未だ課題である。Fig.2に、筑波大学京藤ら<sup>3)</sup>により開発された渦崩壊を利用したタービン翼型気泡発生ノズルを使用したMB発生装置を示す。ノズル内に少量の空気を連続的に取り込み、気液二相流体を高速旋回させることで、ノズル中心部に気体空洞部が形成される。この旋回流を縮流・開放することにより渦崩壊が発生し、気液二相流体にせん断、粉碎が生じ、微細気泡が発生する。この方法により発生した気泡径は、 $10\sim 30\mu\text{m}$ 、旋回流の回転数は秒速 $200\sim 400$ 回転、気泡上昇速度は $1.5\text{cm}/\text{min}$ である<sup>3)</sup>。

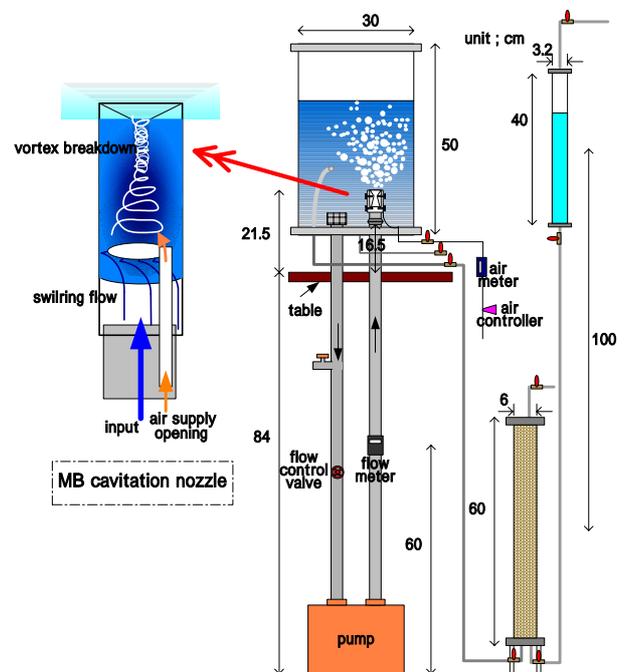


Fig.2 Micro bubbles generator

キーワード マイクロバブル 気泡混入工法 不飽和

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

## 4. MB 混入実験

### 4.1 実験概要

カラム内に砂地盤を模擬し、MB を混入させ、飽和度を低下させる気泡混入実験を行った (Fig.2). 試料には豊浦砂を用い、内径 59.5cm、高さ 60cm のアクリル樹脂製円筒容器を使用し、空中落下法により充填高 57.5cm とした (Table 1). 実験を行うにあたり、ボイリングを防ぐために、カラムの上下にポーラスストーンを配置し、あらかじめ二酸化炭素を投下し、脱気水を通水することでほぼ 100% の飽和砂地盤を作成した。飽和度測定方法として、重量と体積の変化量から算出し、それぞれ飽和度算出方法の妥当性について検討した。

### 4.2 ボイルの法則

間隙中の空気が微細な場合、ボイルの法則が成立するかどうかを調べた。カラム内に MB を混入させ不飽和にした砂地盤に、ビュレット上部より圧力 (0 ~ 500kPa) を加えたとき、カラム内に流入する水量  $V$  を計測した。圧力を変化させたところ、ほぼ直線上の挙動を示し、ボイルの法則が成立するといえる。

### 4.3 実験結果

MB 混入後ビュレット上部より圧力 (0 ~ 100kPa) を加えたとき、カラム内に流入する水量  $V$  を計測し、ボイルの法則より飽和度を算出した (Fig.4). 気泡を混入させることで時間経過に伴い飽和度が低下している。これより算出した飽和度と、重量の変化量から算出した飽和度を比較し、Fig.5 に示す。飽和度は両者ともに大幅に低下しているが、重量変化の場合、階段状に飽和度が低下している。この原因として、ボイルの法則により飽和度を算出する際、一時的に MB の混入を止め、計測の際カラムとビュレットの経路を大気圧に開放する。そのとき、圧入されていた気泡が開放されるので、気泡径が大きくなり飽和度が急激に低下すると推測される。この急激な変化以外では、ほぼ一定割合で飽和度が低下している。また、重量と体積変化量から算出した飽和度はほぼ等しく、それぞれの飽和度の算出方法は妥当であると考えられる。

## 5. まとめ

MB を用いた気泡混入工法は大幅に飽和度を低下させることが可能であり、その有効性を十分評価することが出来る。

Table 1 Experimental conditions

$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.64
$e$	0.62
Dr (%)	98.0
height (cm)	57.5
water temperature ( )	22.0
initial degree of saturation (%)	99.8

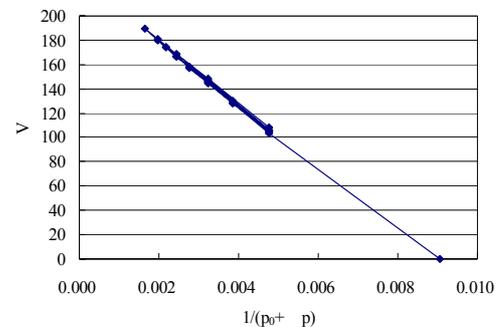


Fig.3 Results of tests on Boyle's law

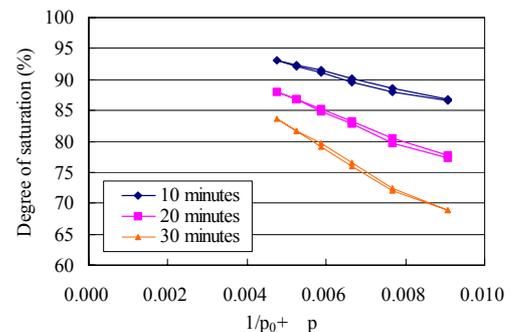


Fig.4 Calculation of degree of saturation introducing Boyle's law

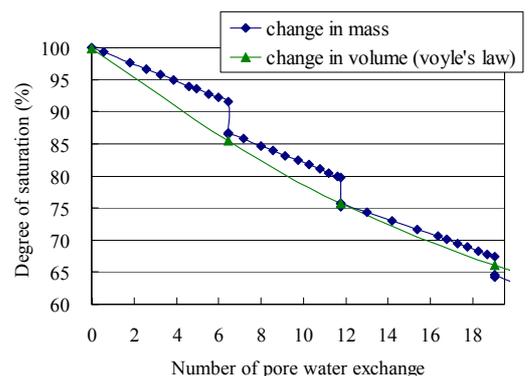


Fig.5 Effect on degree of saturation of micro babbles

### <参考文献>

- 1) <http://www.pref.kochi.jp/shoubou/sonaetegood/flood/compare/kochi.pdf> ‘高知県津波防災アセスメント調査事業報告書、平成12年3月’
- 2) AIST HP ; [http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2004/pr20040315/pr20040315.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2004/pr20040315/pr20040315.html)
- 3) 辻村太郎 京藤敏達；風波によるマイクロバブルの分散・拡散とマイクロバブル浄化法の効果に関する研究，海岸工学論文集，第52巻（2005）pp.1121-1125,