

マイクロバブル混入工法の適用性の検討

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。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（Fig.1）。それゆえ、広範囲に渡り液状化対策を施すことは経済的に難しく¹⁾、廉価でかつ施工が容易な液状化対策工法が必要とされている。そこで、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を提案し、その有効性について検討する。

2. MB 混入混入工法

マイクロバブルとは、発生時において気泡径が数 μm ～数 $10\mu\text{m}$ の微細な気泡²⁾ 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、飽和度を低下させる。そして、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.2）。

3. 微細気泡発生装置

大成²⁾ によるマイクロバブル発生技術の開発、及び真珠養殖への応用を途端に、摩擦抵抗の低減や水質浄化など微細気泡特有の物理化学的特性を生かした利用など様々な分野で注目されている。Fig.3 に、京藤ら³⁾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。この装置では、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。

4. MB 混入実験

Fig.3 に示す装置を使用し、カラム内に砂地盤を模擬し、マイクロバブルを混入させ、飽和度を低下させる気泡混入実験（Step 1）、その後フラッシングし、気泡の残存量を測定する耐久実験（Step 2）を行

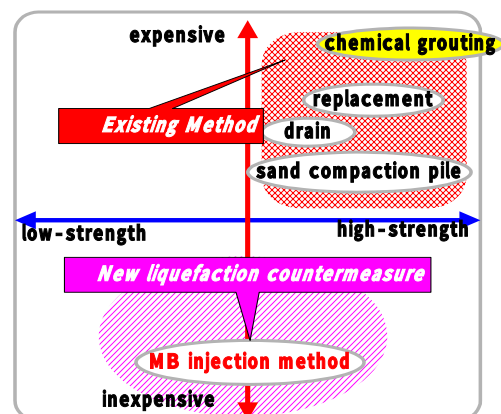


Fig.1 Advantages/Disadvantage of countermeasure for liquefaction

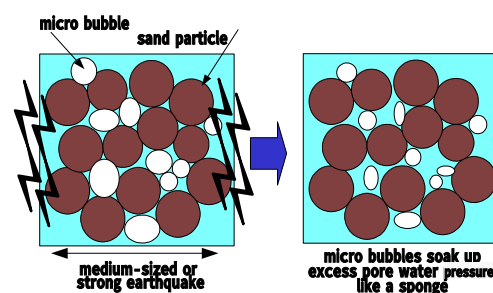


Fig.2 Effect of micro bubbles entraining method on sand ground during earthquake motion

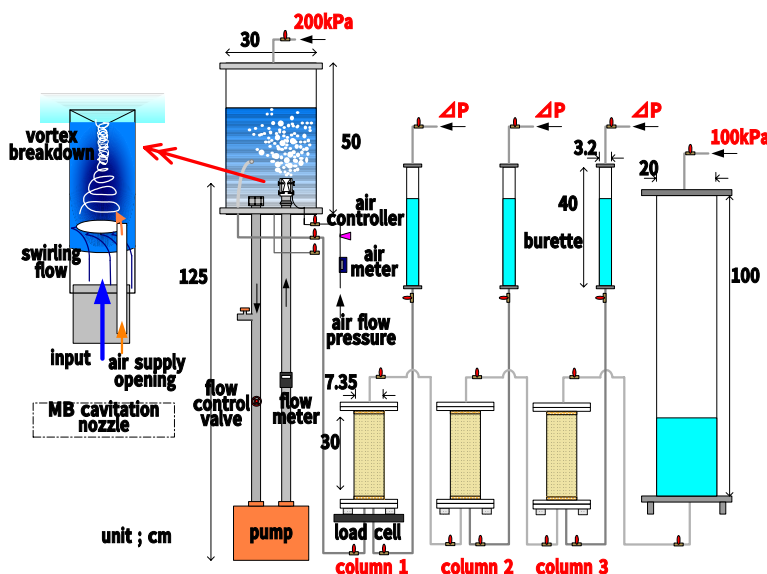


Fig.3 Micro bubbles generator and injection experiment

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

った。試料には豊浦砂を用い、内径 7.35cm、高さ 35cm のプラスチック製円筒容器を 3 つ使用し、空中落下法により充填高を約 30cm とした。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、通水（脱気水）することでほぼ 100% の飽和砂地盤を作成した（Table 1）。

4.1 Step 1 : 気泡混入実験

マイクロバブルを混入した際、距離に伴う飽和度の変化を調べるため、同型の 3 つのカラムを連結させ使用した（column 1～3）。マイクロバブル水の界面活性剤濃度は約 0.01%、混入時の通水圧力は、100kPa とした。飽和度測定方法として、column 1～3 では、それぞれ連結されているビュレットの体積の変化量（ $PV=\text{constant}$ ）から算出した。さらに column 1 では、カラムの重量変化からもまた飽和度を算出した。

4.2 Step 2 : 気泡耐久実験

地下水に対する耐久性を調べるため、脱気水を使用してフラッシングし、距離に伴う飽和度の変化について調べた。飽和度の測定方法は Step 1 と同様である。

4.3 実験結果

Fig.4 に、column 1 の気泡混入時とフラッシング時における飽和度の変化を示す。飽和砂地盤に空気を低圧で混入させた場合、地盤の飽和度は最大 90% 程度であり、それ以上は混入し難い。しかしながら本実験では、飽和度は大幅に低下している。

次に、フラッシング時において析出した気泡は、通水場所からの距離が近く v (地下水の流速)=75m/day の場合では、やや気泡は抜けるが、残存すると思われる。

5. 混入場所からの距離と飽和度の関係

Step 1,2 において、混入場所からの距離と飽和度の変化を示す（Fig.5）。まず混入した場合、距離に近いほど飽和度は低下している。次にフラッシングした結果、フラッシングした場所からの距離が遠いほど、気泡が残存していることが分かる。これは、今回の実験では column1（近い）より column3（遠い）の方が、間隙水圧がやや小さくなってしまい、析出した気泡径が大きくなりやすかったため、気泡が抜け難かったことが、原因のひとつと考えられる。

6. まとめ

MB 混入工法は飽和度を低下させることが可能であり、その有効性を評価することが出来る。しかしながら、まだまだ未解明な部分は多く、今後実験を行い検討していく予定である。

<謝辞>

本研究を行うにあたり、筑波大学京藤敏達教授、産業安全研究所神宮寺元治氏には多大な援助とご指導を頂きました。厚く御礼申し上げます。

<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) 大成博文；マイクロバブル科学の領域と生体活性技術、日本混相流学会レクチャーシリーズ 30（2005）、
- 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,

Table 1 Experimental condition

	column 1	column 2	column 3
toyoura sand (g)	1988.3	2009.95	1968.9
height	30.5	30.5	30.5
e	0.71	0.70	0.74
Dr	69.99	75.07	65.34
Vv	540.9	532.7	548.3

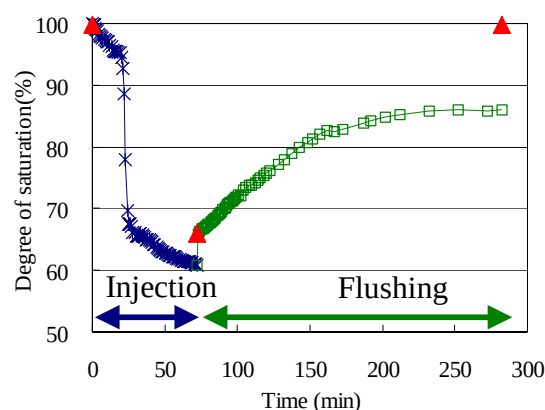


Fig.4 Effect of bubbles injected into the specimens on degree of saturation

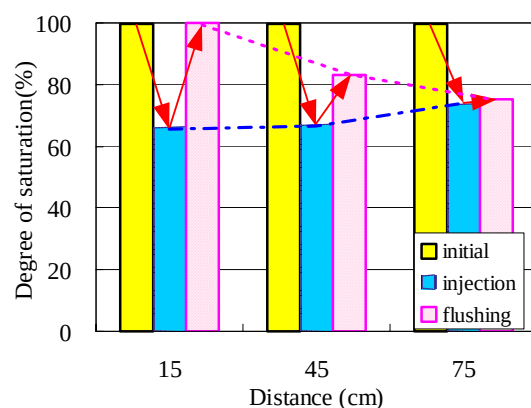


Fig.5 Relationships between degree of saturation and distance