# 第 町部門 マイクロバブルによる空気注入工法の効果に関する振動台模型実験

液状化,マイクロバブル,振動台実験

### 1. はじめに

液状化対策工法の一つとして空気注入法 があり, 土中を不飽和化させることによっ て液状化強度を向上させる方法である。液 状化対策工法はコストが高い傾向がある が、この方法は低コストで行える可能性が ある。永尾ら(2015)<sup>1)</sup>は、この空気注入 法の空気を直径数十マイクロメートルの微 細気泡を含む水(マイクロバブル水、以下 MB水)にすることで、気泡が負に帯電す ることによる土粒子への付着効果で地盤の 飽和度低下を狙えることに着目し, MB 水 を注入した不飽和砂の液状化強度の増加に ついて報告している。本研究では、MB水 を土槽内の砂質土に注入し、振動台模型実 験により地震時の液状化挙動の変化につい て検討する。

#### 2. 実験概要

本研究では、土槽内の砂質地盤(豊浦珪砂, D<sub>50</sub>=0.22mm)を以下の手順で作製した。土 槽(幅 45cm×奥行 18cm×高さ 25cm)の詳 細と間隙水圧計の設置位置を図 1 に示す。 (1)水槽底面より高さ 3cm まで砂礫(宇部硅

- 1) 小福岡面より高さらに前よて砂磲(子部経 砂1号, D<sub>50</sub>=3.1mm)を平らに入れ、メ ッシュ(120 目)を貼り付けた穴あきア クリル板(Φ=3mm)をのせる。
- (2) 水道水(飽和のケースは脱気水)を土 槽底部から 13cm の高さまで満たし,漏 斗を用いて豊浦硅砂を水中落下法により, アクリル板から9cmの高さまで均等に投 下する。
- (3)ゴムハンマーで土試料表面を平らにし, 小型間隙水圧計,加速度計を所定の位置 に設置する。
- (4)残りの豊浦硅砂を同じく水中落下法で均等に入れ、目標相対密度(54%,65%)になるまで、土槽をゴムハンマーで叩き、 土試料高さを調節する。目標相対密度になったら、表面の液体を吸取る。

次に, MB 水の注入方法である。関西オー トメ機器(株) 製の MB 生成装置を使用し, MB 発生方法は,気泡径が小さく生成される 加圧発砲方式(生成圧力 0.50~0.60MPa)を 用いる。注入方法は2パターンで行った。 1 つ目は, MB 水を上から注入し下部から 大阪産業大学大学院 学生会員 〇簑島麗来 大阪産業大学 正会員 木元小百合

負圧による吸込みを利用した方法である (パターン1)。概略図を図2に示す。MB 装置を稼働させて水槽内の液体を予め MB 水とし,接続部のコックにより,循環させた MB 水を流量調節して土槽上部から注入す る。土槽背面下部中央から真空装置による 負圧によって液体を吸込む。真空槽は,浸透 具合によって,負圧を-5 kPa ~ - 60kPaに 変更する。

2 つ目は、水位差を利用して MB 水を土 槽下部から上向きに注入する方法である (パターン 2)。概略図を図 3 に示す。パタ ーン 1 と同様に水槽内の液体を予め MB 水 にし(写真 1),水槽と土槽内の水位差を 25cm 程度に調整して浸透破壊しないこと を確認しながら注水する。土槽上部から液 体が溢れないように、スポイト等で吸取る。 いずれの注入法でも土試料の間隙の体積の 3 倍の MB 水を注入した。



# 3. 実験ケース

本研究の実験ケースを表1に示す。Case1-1, 1-2 は注入方法のパターン1で行い、目 標相対密度を65%程度とした。Case2-1, 2-2 は注入方法のパターン2で行い、目標相 対密度を55%程度とした。

Shaking table test on the effect of air injection method by using micro bubble

Rena Minoshima (Osaka Sangyou University Gladuate School) and Sayuri Kimoto (Osaka Sangyo University)



表 1 実験ケース				
Case1-1	パターン 1	脱気水		
Case1-2		MB 水		
Case2-1	パターン 2	脱気水		
Case2-2		MB 水		

# 4. 実験結果

加振は片振幅 1cm とし,加振後 10 秒後で 1.0Hz とした後,加振後 60 秒で 1.2Hz,そ の後 30 秒ごとに 0.2Hz ずつ液状化が生じる まで周波数を増加させた。各ケースの相対 密度,液状化発生までの加振時間と加速度 を表 2 に示す。また,Case2-1,Case2-2 の時 間-加速度関係と時間-間隙水圧関係を図 4, 図 5 にそれぞれ示す。

	扣封密座	液状化まで	液状化時の
	相 刈 密 度	の加振時間	加速度
	$D_{r}(\%)$	(s)	(m/s <sup>2</sup> )
Case1-1	65.11	240.78	3.31
Case1-2	64.70	239.58	4.31
Case2-1	54.37	160.76	2.28
Case2-2	55.17	244.35	4.80

表 2 実験結果

液状化発生時(過剰間隙水圧比=1)の加速度を比較すると、パターン1(Case1-1, Case1-2)、パターン2(Case2-1, Case2-2)ともに MB 水にすることで加速度は大きくなった。パターン1とパターン2では、パターン2の方が加速度、液状化時間の差が大きい。これは、相対密度が低く MB が浸透しやすかったこと、上向きに浸透させたため土中に MB が留まったことが考えられる。パターン1では供試体上部から下向きに MB 水を浸透させたが、MB が水面に浮き土中に浸透しにくい様子がみられた。

#### 5. おわりに

本研究では, MB 水による振動台模型実験 を行った。相対密度の低い地盤で上向きに MB 水を注入したケースでは, MB による液 状化対策効果が確認された。今後は,土中の MBの浸透の確認方法,他の工法との組み合 わせでの強度確保を模索していく。

### 参考文献

 永尾浩一,末政直晃,片田敏行,山田早恵香: マイクロバブル水注入による砂地盤の不飽和化と その液状化特性の検討.土木学会論文集 C, Vol, 71, No.4, 395-406, 2015.



写真1 MB水の注入 (パターン2)

