

チャンバー内攪拌シミュレーションへの MPS 解析の適用性 (その2)

清水建設 正会員 ○杉山 博一, 岩井 俊之
清水建設 正会員 高梨 和光, 安井 克豊

1. はじめに

チャンバー内掘削土の攪拌・流動状態を解析的に検討する場合、個別要素法 (DEM) や有限体積法 (FVM) が試みられてきた。本研究では、前報¹⁾に引き続き、チャンバー模型実験²⁾の再現解析を粒子法 (Moving Particle Semi-implicit Method; 以降, MPS 法と記す) により行い、解析と実験の土圧変動を比較して、チャンバー内攪拌シミュレーションへの適用方法を検討した。

2. 実験の概要

図-1 にチャンバー模型装置の概要を示す。カッターや攪拌翼、固定翼の長さをすべて実機の約 1/10 に縮小して再現した。流体の模型実験の相似則²⁾を適用し、模擬泥土は実際の泥土の 1/20 程度となるように高吸水性ポリマーと水を配合して作成した。表-1 に模擬泥土の配合と、粘性測定結果から決定したビンガム定数を示す。実験時のカッターの回転数は反時計回りに 0.5rpm、アジテータの回転数は時計回りに 4rpm とし、隔壁に設置した 12 個の圧力計により攪拌時の圧力変動を 0.1 秒間隔で計測した。

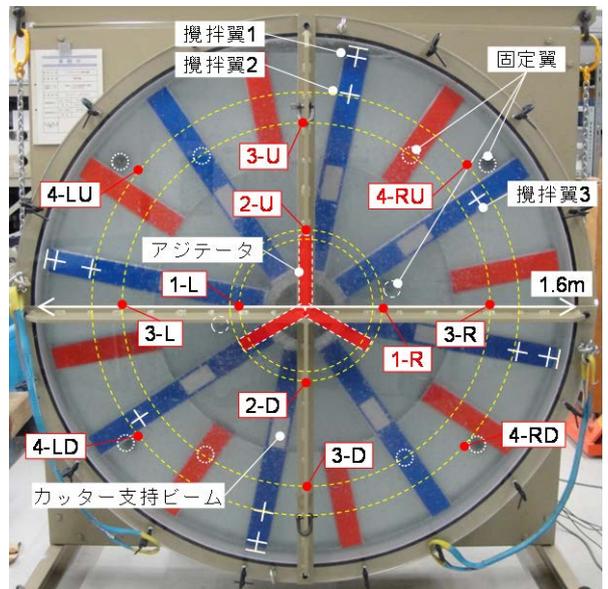


図-1 チャンバー模型装置

表-1 模擬泥土の配合と粘性測定試験結果

配合名	基本配合		ビンガム定数	
	SAP (g)	水 (g)	降伏値 (Pa)	塑性粘度 (Pa·s)
AQ04	4	1000	40	0.6
AQ06	6	1000	70	2.0

3. 解析モデルと解析条件

MPS 解析には市販ソフトの Particleworks を用いた。図-2 に坑内側からみた解析モデルを示す。ただし、内部が見えるように隔壁は消去している。表-2 に今回適用した解析条件を示す。

4. 実験と解析結果の比較検討

図-3 に 2 種類の粘性流体を攪拌したときの圧力変動 (図-1 で赤字で示した 4 か所) と、それを再現した解析結果を比較する。なお、グラフが見やすいように途中の 60 秒間のデータを抽出して示した。その間、土圧計 1 と 2 はアジテータの接近回数と同じ 12 波、土圧計 3 と 4 は不明瞭ではあるが攪拌翼の接近回数と同じ 2 波が描かれている。

実験と解析結果を比較する。粘度の低い AQ04 では圧力変動の幅、周期、波の形などを比較的精度良く再現できている。一方、高粘度流体である AQ06 は波の形や周期的な変動は捉えられているが、変動の幅が解析では約 1/2 程度に小さく評価されている。そこで、表-2 に示した以外に粒子径



図-2 解析モデル (坑内側より)

キーワード 土圧シールド, 塑性流動性, 攪拌, MPS 解析
連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株)技術研究所

TEL: 03-3820-6978

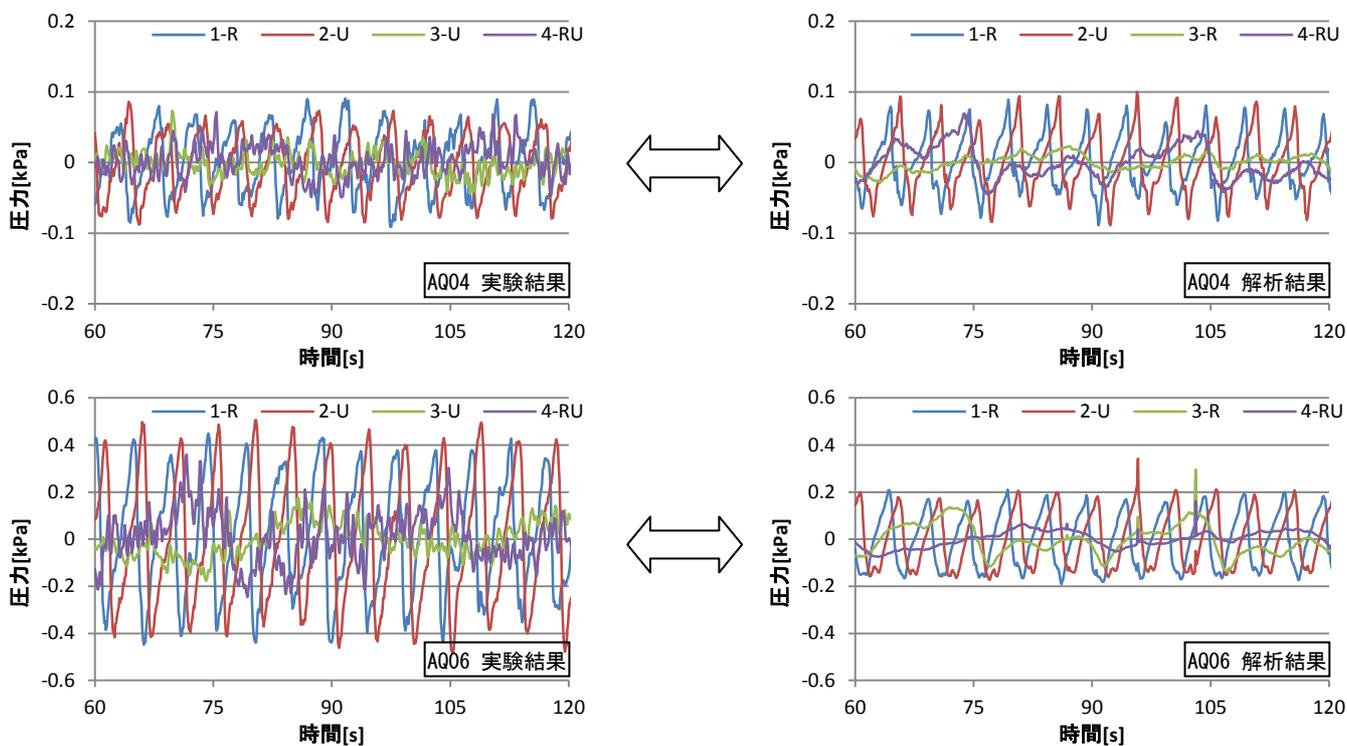


図-3 実験と解析結果の比較 (圧力)

を 1cm としたケースや、陰解法パラメータを $\beta=0.64$, $\gamma=0.15^3$ としたケースを行った。また、図-4 右側に示すようにチャンバ内掘削土のせん断速度が 1 以下になるところが多いことから、その部分で高粘性な流体として取り扱えるようにべき乗型の構成則を用いたが、いずれの方法も実験結果を再現できなかった。今後は、圧力計算時の評価方法を見直して再検討する予定である。

5. まとめ

前報では実際の泥土を用いた攪拌実験を解析し、圧力変動が適切に再現できていることを確認できた。今回はより実際のチャンバ形状に近い複雑な攪拌機構を解析した。その結果、ビンガム流体とみなせる AQ04 では実験結果を適切に再現できていたが、高粘性流体の AQ06 については圧力の評価方法を見直す予定である。

今後もさらに解析方法を検討した上で、チャンバ内閉塞のメカニズム解明や、加泥材の注入・拡散状況の可視化に応用、展開する予定である。

謝辞 解析実施に関してプロメテック・ソフトウェア(株)殿に多大なご協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 高梨他：チャンバ内攪拌シミュレーションへの MPS 解析の適用性，土木学会第 70 回年次学術講演会概要集，VI-062，2015 年 9 月
- 2) 杉山他：攪拌条件を考慮したチャンバ内塑性流動性評価方法（その 2）実機での評価方法に関する検討，土木学会第 70 回年次学術講演会概要集，VI-061，2015 年 9 月
- 3) 倉田他：新しい流体解析技術「粒子法」の流体機器への適用，IHI 技報，vol. 54, No. 2, pp. 45-50, 2014 年

表-2 解析条件

計算方法	陰解法
流体モデル	ビンガム流体
構造モデル	ポリゴン壁
粒子サイズ r	2 (cm)
粒子数 n	58483 (個)
時間刻み Δt	0.001 (s)
再現時間 t	240 (s)
重力加速度 g	9.8 (m/s ²)
密度 ρ	1000 (kg/m ³)
降伏値 τ	表-1 のとおり
塑性粘度 η	
降伏点パラメータ p_r	0.0001
陰解法パラメータ β	1.0
陰解法パラメータ γ	1.0

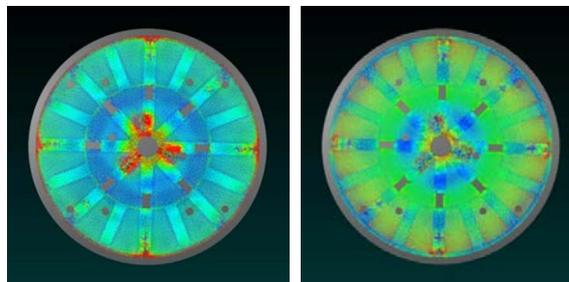


図-4 流速分布 (左) とせん断速度分布 (右)