

ヘリカルリボン翼型アジテータの適用性検討

清水建設（株） 正会員 ○中谷 篤史
 清水建設（株） 正会員 杉山 博一
 清水建設（株） 岩井 俊之

1. はじめに

大断面土圧式シールドでは、チャンバー中心近くの泥土の攪拌性向上を目的としてカッターとは別に小径のアジテータを別途設置して対応することがある。しかし、カッターの回転動力とは別の動力源が必要となるためマシンのコストアップにつながっている。アジテータ部をカッターに付属する形で設けた上で攪拌性が従来のアジテータと同等以上であればメリットも大きいと考えられる。本研究では、高粘性流体の攪拌に用いられているヘリカルリボン翼に着目し、アジテータ代替攪拌機構としての適用性について実験および解析により検討した結果について報告する。

2. 検討の概要

ヘリカルリボン翼の攪拌性を検証するため、別稿¹⁾のチャンバー模型装置を用いて攪拌実験を行った。実験では、着色した水を添加し、様々なアジテータ形式で拡散状況を確認した。また、実験だけでは攪拌性を定量的に評価できないため、粒子法による流体解析によって攪拌性を確認した。

3. 実験的検討

(1) チャンバー模型装置

図1にチャンバー模型装置の概要を示す。詳細は別稿¹⁾を参照されたい。

(2) アジテータ装置（模型）

図2にアジテータ模型を示す。（左）は従来型のアジテータ形式、（中）、（右）は今回シールド用に考案したヘリカルリボン翼である。

(3) 実験条件・方法

表1に実験条件を示す。実験装置のカッターとアジテータは独立して回転させることができるが、今回はカッターと同じ方向に同じ回転数(0.5rpm)で回るように調整した。

チャンバー模型装置には、あらかじめ泥土を模擬した高粘性流体を充満させる。高粘性流体は高吸水性樹脂と水を所定の配合で作製したものであり、実験相似則が満足できるように粘性調整されている。

実験では、高粘性流体を攪拌している状態に図1に示した注入孔から着色した水を200mL/分の流速で20分間注入して拡散状況を観察した。

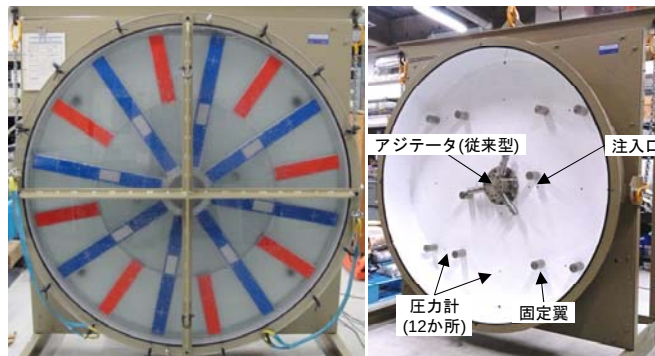


図1 チャンバー模型装置
 （左；全景，右；隔壁部）



図2 アジテータ模型
 （左；従来型，中；ヘルカルリボン1，
 右；ヘルカルリボン2）

表1 実験条件

ケース名	アジテータ模型	回転	回転数
AG1	従来型	カッターと同期	0.5rpm
HR1	ヘルカルリボン1	カッターと同期	0.5rpm
HR2	ヘルカルリボン2	カッターと同期	0.5rpm

キーワード 泥土圧シールド、アジテータ、ヘリカルリボン

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 社会システム技術センター TEL. 03-3820-8414

(4) 実験結果

図3に攪拌実験の結果を示す。従来型のケース AG1 と比較して、ケース HR1 およびケース HR2 は同等以上に着色した水が拡散していることがわかる。また、中央部を確認したところケース HR2 が中央部まで攪拌できていることがわかった。

4. 解析的検討

(1) 粒子法解析の概要

粒子法 (Moving Particle Semi-implicit method) を用いて実験条件を再現した解析を実施し、アジテータ付近の流速やせん断速度の分布を確認した。表2に解析条件を示す。

(2) 解析結果

図4に解析結果を示す。流速分布では、ケース AG1 およびケース HR1 はアジテータ周囲が全体的に青く流速が遅いが、ケース AG2 は若干緑色の流速が上がっている領域が確認できる。また、せん断速度分布をみてもケース AG2 はカッター軸まわりにも水色のせん断速度が少し高い領域が増えており、攪拌効果が高いことを示している。

5. 考察とまとめ

アジテータの代替攪拌機構としてヘリカルリボン状の攪拌翼を案出し、実験と解析により攪拌効果が従来型と同等以上あることを確認した。実機適用にはまだ検討すべき課題はあるものの、この形状をベースに考えていけば良いと考えている。

参考文献

- 1) 杉山博一, 岩井俊之, 高梨和光, 安井克豊: 土圧式シールドにおける添加材の注入・拡散状況の予測方法の研究, トンネル工学報告集, 第26巻, II-1, 2016年11月
- 2) 杉山博一, 岩井俊之, 高梨和光, 安井克豊: 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), 土木学会第71回年次学術講演会, III-438, 2016年9月

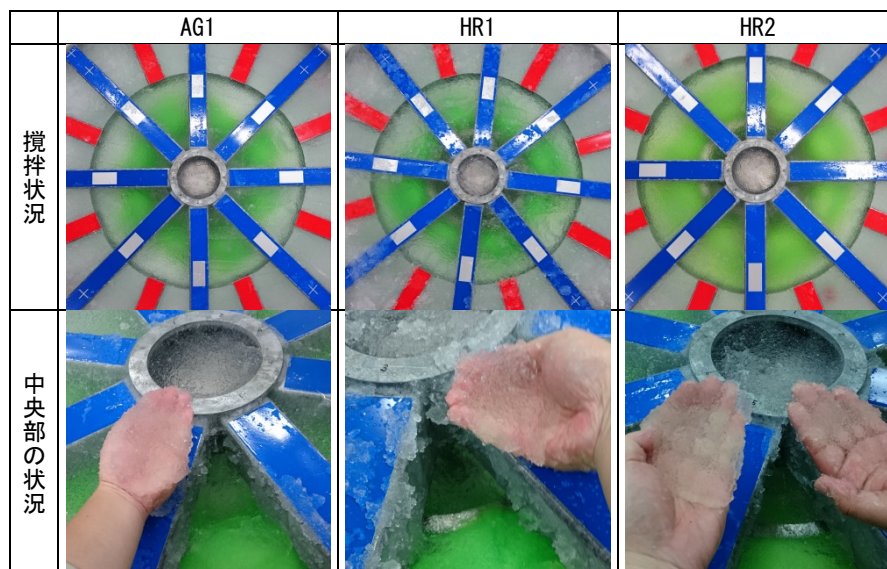


図3 実験結果 (攪拌状況, 中央部の状況確認)

表2 解析条件

計算方法	陰解法
流体モデル	ビンガム流体
降伏値 τ	70 (Pa)
塑性粘度 η	2 (Pa s)
粒子サイズ r	2 (cm)
粒子数 n	約 6 万個
密度 ρ	1000 (kg/m ³)
カッター・アジテータ 回転方向・回転数	坑内側から見て時計回り 0.5rpm

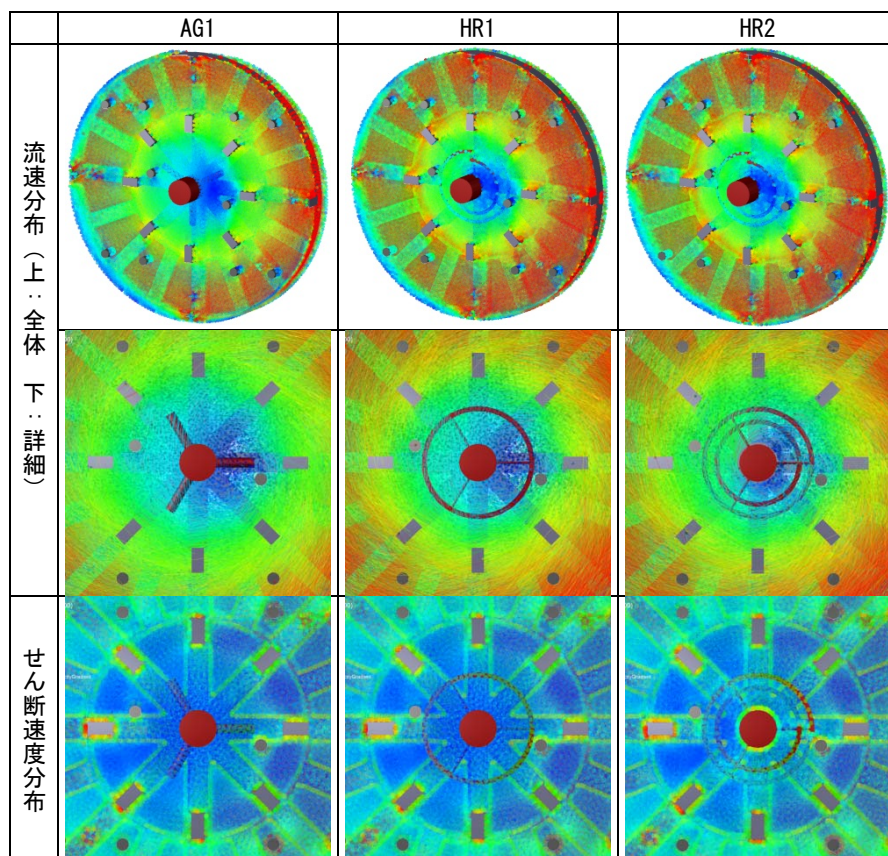


図4 解析結果 (坑内側からみた図)