

低空頭対応場所打ち杭 BCH 工法改良に向けた新たな取り組みについて（その1）
～流体解析による掘削ビットの改良効果の検証～

(一財) 先端建設技術センター
ケミカルグラウト (株)
(公財) 鉄道総合技術研究所
鹿島建設 (株)

正会員 〇橋立 健司
 関谷 淳一
正会員 佐名川太亮
正会員 田島 新一

正会員 吉川 正
 小松 和彦
正会員 神田 政幸
正会員 井出 雄介

1. はじめに

BCH（Bottom Circulation Hole）工法は、リバーサーキュレーション工法の一つであり、より効率的な工法への改良について筆者らは研究開発を実施している。この中で、流体解析ソフト「PHOENICS」を用いたシミュレーションを行い、掘削効率を定量的に予測するとともに、補助翼の追加により効率が増加するメカニズムの解明を試みている。本稿ではその検討方法と結果について報告する。

2. モデルの作成

本研究では昨年度も流体解析ソフトによるモデル作成と解析を行っている。しかし昨年度のモデルでは掘削効率（巻き上げ性能）を評価する上で不十分な点が主に2点あった。一つ目は定常状態での流れの確認に留まり、経時変化を追跡できなかった点。二つ目は安定液のみの挙動解析に留まり、砂礫の動きを解析できなかった点である。本年度はこの両者について改善を試みている。まず経時変化を追跡可能にするために、定常解析を非定常解析に変更している。次に砂礫の挙動を解析するために、新たなパラメータ群を導入し、粒子濃度の分布が導出されるよう設定している。これは砂礫の集合体を疑似的な流体として表現し、安定液相と砂礫相の多相流モデルとして解析する処理である。解析設定を表-1に示す。

これらの変更を行った上で、図-1のような解析モデルを作成した。左側は従来型掘削ビットの全体図、右側は改良型掘削ビットの拡大図である。改良型は上段ブレードに補助翼が付く。解析空間の境界条件のうち、底面と側面は外部から遮断された壁面である。上面は自由境界であり、外部は安定液 100%の設定である。ロッド下端から安定液が供給され、揚泥管から外部へ排出される。さらに上面境界から流体が出入りし、収支のバランスが保たれる。粒子濃度の分布とその経時変化を描画すると、図-2のように砂礫の巻き上げが可視化される。さらに濃度分布を数値で出力することにより、巻き上げ効果を定量的に評

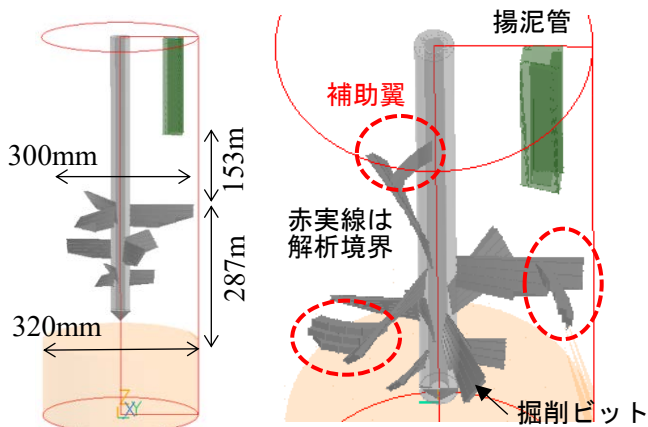


図-1 PHOENICSにより再現した BCH の掘削ビットと揚泥管

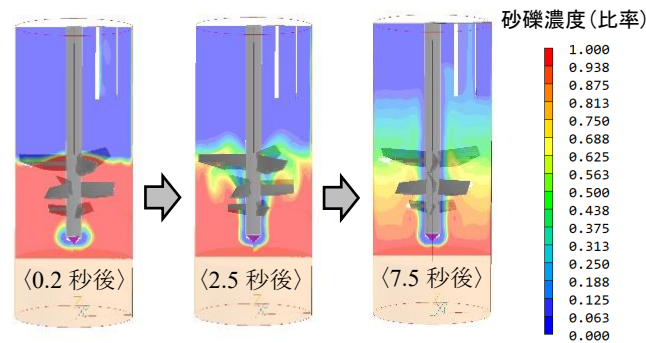


図-2 粒子濃度分布の変化（砂礫の巻き上げ）

表-1 流体解析の各種設定

項目		数値	単位
安定液	密度	1,200	kg/m ³
	粘性係数	180	mPa・s
	供給速度	6	L/min
砂礫粒子	密度	2,500	kg/m ³
	粒径	1	mm
ビット	回転速度	120	rpm
揚泥管	吸引速度	12	L/min

キーワード 場所打ち杭, リバーサーキュレーション工法, 非定常流体解析, 掘削効率

連絡先 〒112-0012 東京都文京区大塚 2-15-6 オーク音羽ビル 4F (一財)先端建設技術センター TEL 03-3942-3991

価し、比較することができる。

3. 解析による比較

改良型掘削ビットの性能を検証するため、表-1 に示す設定で流体解析を行い、従来型と改良型の結果を比較した。

掘削効率を比較するため、砂礫濃度分布を確認した。図-3 は揚泥管中心を通る縦断面について、掘削ビットの回転開始から 10 秒後の砂礫濃度分布を比較したものである。上段ブレード以深の部分と比べると、10 秒後の砂礫濃度が従来型に比べて改良型の方が低くなっており、より多く砂礫が巻き上げられていると推測される。さらに定量的な比較として、図-4 の破線位置（下段ブレードと中段ブレードの間）における砂礫濃度の水平分布をグラフ化した。改良型は、従来型に比べて砂礫濃度が低くなっていることから砂礫がより多く上昇していることが分かる。従って、改良型は従来型よりも掘削効率が向上していると考えられる。

次に掘削効率が変化するメカニズムを調査するために、流速を示すコンターと流向を示すベクトルを重ねて出力した。図-5 は揚泥管中心を通る縦断面の 10 秒後の流速流向分布である。上段ブレード端部から揚泥管直下にかけて、従来型より改良型の上昇流が強くなっていることが分かる。図-6 の破線で示すように上段ブレードと揚泥管の間の速度分布を比較すると、改良型の方が一貫して高速になっていることが分かる。このように流れの分布が変化したことにより、掘削効率が向上したものと考えられる。

4. まとめ

本稿では、BCH 工法の掘削効率について流体解析ソフトを用いて解析した。その結果、砂礫の巻き上げを可視化し、掘削効率の変化を定量的に確認することが可能なモデルを構築できた。今後は実大実験で得られたデータを用いてより精密なフィッティングを行い、流体解析によって実施工の状況を予測し、ツールや仕様の最適化による施工効率の向上を目指す予定である。

参考文献 1)吉川正, 橋立健司, 神田政幸, 佐名川太亮, 田島新一, 井出雄介, 関谷淳一, 小松和彦: 低空頭対応場所打ち杭 BCH 工法の新たな取り組みについて ―掘削機構の改良と流体解析による掘削機構の改良効果の検証―, 土木学会第 77 回年次学術講演会, 2022.9

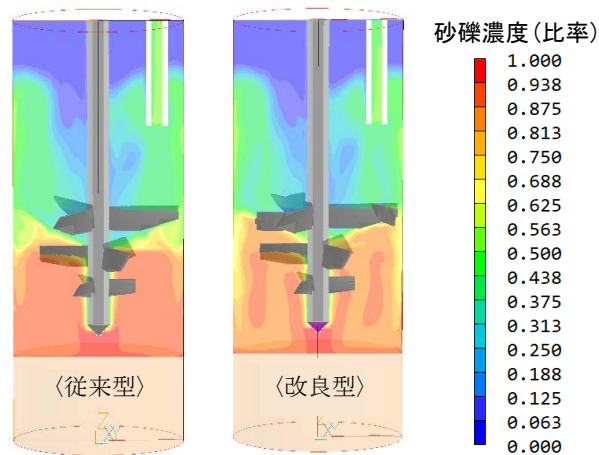


図-3 従来型と改良型の砂礫濃度分布 (10 秒後)

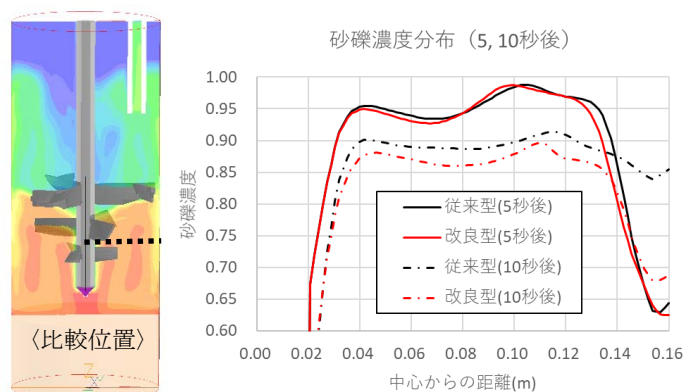


図-4 砂礫濃度の数値比較 (5, 10 秒後)

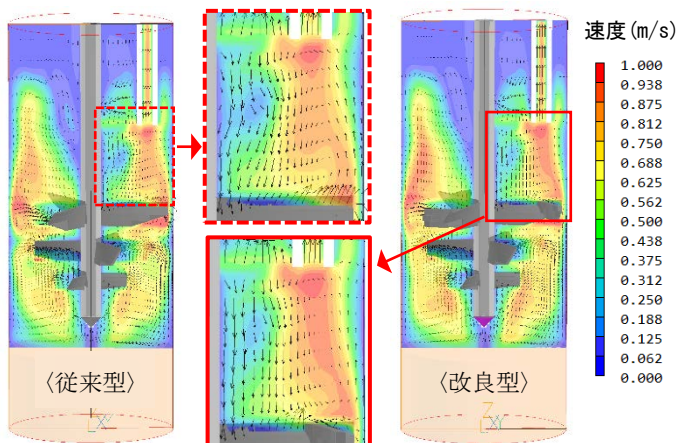


図-5 従来型と改良型の流速・流向分布 (10 秒後)

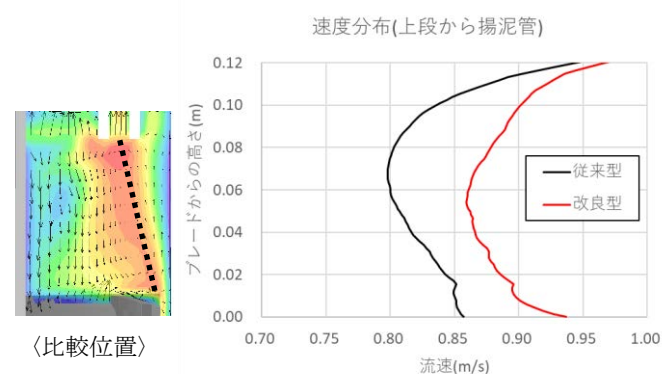


図-6 流速の数値比較 (10 秒後)