

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2）
～縮小模型実験による掘削ビットの改良効果の検証～

鉄道総合技術研究所
先端建設技術センター
鹿島建設
ケミカルグラウト

正会員
正会員
正会員
正会員

○佐名川太亮
吉川 正
田島 新一
関谷 淳一

正会員
正会員
正会員
正会員

神田 政幸
橋立 健司
井出 雄介
小松 和彦

1. はじめに

BCH（Bottom Circulation Hole）工法は、リバース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¹⁾²⁾。この中で、BCH 工法の掘削効率改良に関する検討を実施しており、本稿では縮小模型実験による補助翼を追加した場合の掘削効率改善に関する検討について報告する。

2. 縮小模型実験の概要

縮小模型実験の条件設定においては、相似則を考慮して設定した。ここでは、BCH 工法における掘削の過程を考えた場合、考慮すべき相似則の指標として、①フルード数、②レイノルズ数、③液体と土粒子の相互作用、を設定し、最終的に表-1 に示す模型実験の条件を設定した。

模型実験装置の概要を図-1 に示す。スケールとして実物の1/5 程度を想定し、実物の形状を模擬した3 段のブレードを有する直径約240mm の掘削ビット模型と、上段のブレードに内側に倒れこむように取り付けられた補助翼を有する改良型掘削ビット模型を製作した（図-2）。内径300mm の円筒形のアクリルの中に模擬安定液を入れた後に、実際の砂礫地盤材料を想定した鹿島硅砂3号B（ $D_{50}=1.2\text{ mm}$ ）を用いて水中落下法により模型地盤を構築し、掘削ビット模型を地盤表面付近に設置・固定して回転させることで、掘削時の揚泥を模擬した。

模擬安定液の作液には、テルナイト社製の増粘剤（テルセローズ 60G）を使用した。この材料を用いて作液した模擬安定液に対してファンネル粘度とB 型粘度の計測を行い、目標（粘度が $10\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 程度）となるように配合を0.2%と設定した。

計測項目は、掘削ビットの回転数といった実験条件に関する管理項目のほか、掘削ビットの回転トルク、レーザー光による濁度、および画像撮影による地盤材料の挙動の計測を行うことで、掘削効率に関する評価を行った。なお、濁度計で計測され

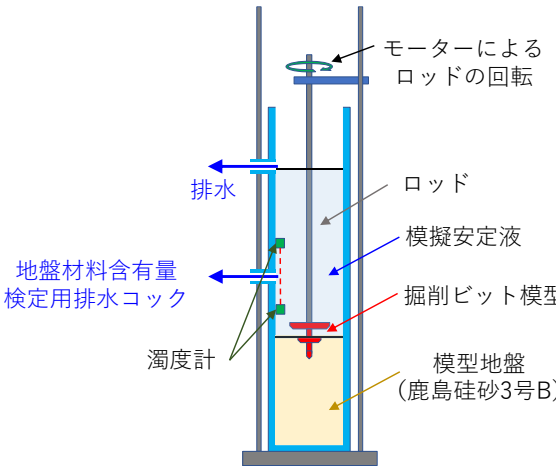


図-1 模型実験装置の概要

表-1 模型実験の条件と実物の比較

	実物	模型
掘削ビット寸法	1200 mm	240 mm
土粒子径	5 mm	1.2 mm
重力加速度	9.8 m/s^2	9.8 m/s^2
速度	1	0.5
回転角速度	30～60rpm	60～120rpm
粘性係数	$100\text{ mPa}\cdot\text{s}$	$11\text{ mPa}\cdot\text{s}$

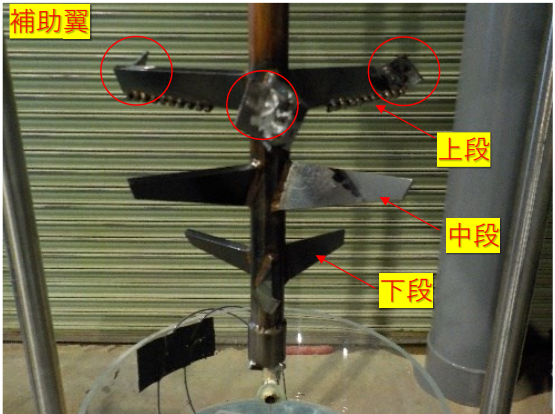


図-2 改良型掘削ビット模型

キーワード 場所打ち杭，リバースサーキュレーション工法，縮小模型実験，掘削効率

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38
(公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 基礎・土構造 TEL042-573-7261

る透過率と排水コックから採取した模擬安定液中の地盤材料含有量の関係を定期的に調べたところ図-3 に示す結果となり、おおよそ線形の関係となることが示された。ただし、透過率 0%あるいは 100%付近では、透過率と水中含有量の関係は線形ではなく急激に地盤材料の含有量が変化するものと推測される。

実験のパラメータは掘削ビット模型における補助翼の有無とし（補助翼がないものを Case1, 上段に補助翼を取り付けたものを Case2 とする）、各ケースについて 60 rpm での掘削ビットの回転を 10 分間行ったのちに、120 rpm での 10 分間の回転を連続して行った。

3. 実験結果

掘削ビットの改良効果について考察する。濁度計で計測された透過率の変化を図-4 に、掘削ビット回転中の状況を図-5 に示す。60rpm での透過率の変化を比べると、補助翼を取り付けることで透過率が下がり始める時間が短縮化されており、地盤材料の巻き上げ量が増大していることがわかる。また、掘削ビット模型回転時の地盤材料の巻き上げ高さを図-5 に記載しているが、この結果からも、補助翼の効果が確認された。

一方で、回転時のトルクを見ると、補助翼がない Case1 では 4.1Nm であったのに対し、補助翼を付けた Case2 では 2.5Nm と、約 40%回転時のトルクが減少している。これは、内側に向けて取り付けた補助翼によって、掘削ビット回転時に地盤材料が掘削面（本実験ではアクリル面）に押し付けられる量が減少したためと推測される。

4. まとめ

本稿では、BCH 工法の掘削効率の改善について縮小模型実験による検討を行った。補助翼の取り付けによって前報³⁾で示した数値解析と同様に、地盤材料の巻き上げ量が増大する結果が得られた。また、掘削ビット回転時のトルクの減少効果も確認されたことから、掘削ビット回転時に心ずれが生じにくくなるなどの付加的な効果の可能性も示唆された。

参考文献 1) 吉川ら：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 2) 佐名川ら：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 ―掘削効率に関する縮小模型実験―，土木学会第 77 回年次学術講演会，2022.9 3) 小松ら：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～，土木学会第 78 回年次学術講演会(投稿中)，2023.9

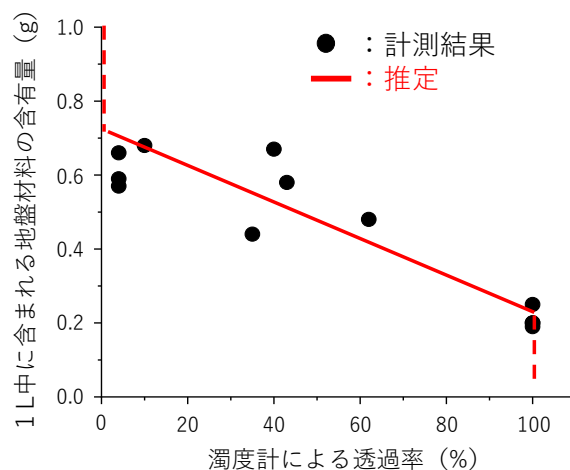


図-3 濁度計による透過率と地盤材料含有量の関係

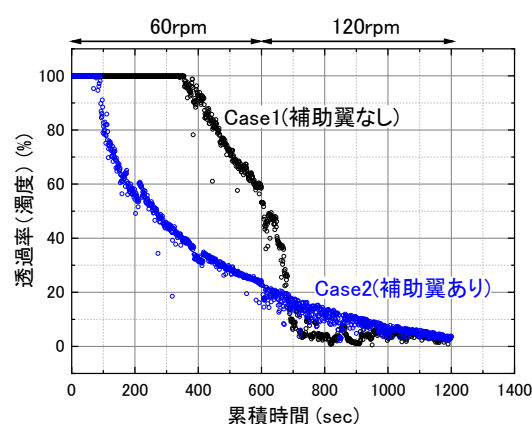


図-4 掘削ビット回転中の透過率の変化

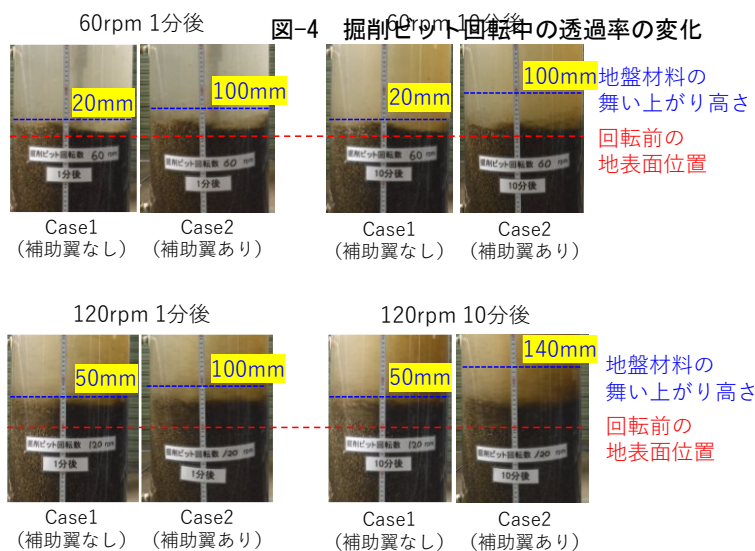


図-5 掘削ビット回転中の状況