

## 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～

(公財) 鉄道総合技術研究所	正会員	○佐名川太亮	正会員	神田 政幸
(一財) 先端建設技術センター	正会員	吉川 正	正会員	橋立 健司
鹿島建設 (株)	正会員	田島 新一	正会員	井出 雄介
ケミカルグラウト (株)		関谷 淳一		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。この中で、BCH 工法の掘削効率の評価方法の一つとして縮小模型実験による検討を実施しており、本稿ではその検討方法と結果について報告する。

### 2. 模型の概要

まず、BCH 工法の掘削状況を模型実験で再現するため、相似則について考察を行う。一般的な水理実験では、慣性力、粘性力、重力より導かれるフルード数やレイノルズ数を用いて条件設定がされる<sup>2)</sup>。しかしながら、BCH 杭の掘削は、①掘削ビットによる土砂の掘り起しと水流の発生、②掘削泥水の移動（土砂と安定液の巻き上げ）、③掘削泥水中の土砂の沈降、などいくつかの現象から構成され、揚泥管による掘削泥水（土砂を含む）の排出も伴う。また、安定液と地盤を模擬した模型実験においては、作業性から流体は水、地盤材料は実物（ただし、粒径は調整）を用いるため、一般的にレイノルズ数とフルード数を完全に一致させることは不可能である<sup>2)</sup>。そのため、本実験では相似則の成立を一部無視して、実験条件を設定した。

模型実験装置の概要を図1に示す。スケールを実物の1/5程度と想定し、実際（or 実物）の形状を模擬した掘削ビット模型に加え、上段の攪拌翼に攪拌補助翼を取り付けた改良掘削ビット模型を作成した（図2）。掘削ビットはモーターにより一定の速度で回転させ、先端から注水を行う構造である。また、別途揚泥管による排水も再現することが可能である。内径300mmの円筒形の亚克力の中に入れて後に東北珪砂6号（ $D_{50}=0.3\text{mm}$ ）を水中落下法により模型地盤を作成し、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。掘削ビットによる掘削泥水の揚泥（巻き上げ）能力向上は揚泥管による排泥効率を高め掘削効率の向上に繋がる。実物と模型実験条件の比較を表1に示す。

計測項目は、ビットの回転数や水の注入量といった実験条件に

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, 模型実験, 掘削効率

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7261

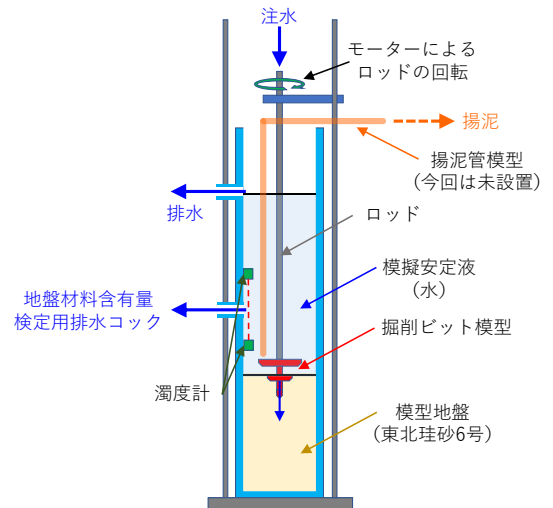


図1 模型実験装置の概要



(a) 掘削ビット模型 (改良前)



(b) 改良掘削ビット模型

図2 掘削ビット模型

関する管理項目のほか、レーザー光による濁度計を水槽内に設置し、濁度の変化を連続的に計測した。なお、濁度計で計測される透過率とコックから排水された水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増減するものと推測される。

### 3. 掘削模型実験結果

ここでは、様々な実験結果の中から、掘削ビットの改良効果について考察する。下段の攪拌翼までを模型地盤に貫入した状態で掘削ビット模型を回転させたときの透過率の変化を図4に、掘削中の状況を図5に示す。一般的な形状を模擬した改良前の掘削ビット模型では、水がやや濁っていることは確認できるものの、濁度計による透過率の低下までは見られなかった。一方で、改良掘削ビット模型では、改良前と比較すると透過率の低下が顕著であり、揚泥効率が大きく改善していることがわかる。また、回転速度が高いほど透過率の低下も大きくなっており、流速の増加に伴い揚泥量が増加していると推測される。前報りの数値解析結果でも示されているように、攪拌補助翼の設置によって上昇流の発生が励起され、揚泥効率が向上する可能性が模型実験結果からも示された。

### 4. まとめ

本稿では、BCH工法の掘削効率に関する模型実験について試行するとともに、実験結果から攪拌補助翼による揚泥効率の向上の可能性が示唆された。今後は、相似則の整合等を考慮して実験条件を整理するとともに、BCH工法の改善に向けた基礎的検討を積み重ねていく予定である。

**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(投稿中), 2022.9

2) 江守一郎, 斉藤孝三, 関本孝三: 模型実験の理論と応用, 技報堂出版, 1973.

表1 実物の実験条件の比較

項目	実物	模型
流体	安定液	水
地盤材料	砂	砂
掘削ビット直径	800mm	150mm
地盤材料の粒径	2~0.074mm	0.3mm
安定液の比重	1.05~1.20g/cm <sup>3</sup>	1.00g/cm <sup>3</sup>
粘性係数	15mPa・s	1.0mPa・s
ビット回転速度	30~60rpm	60~120rpm
安定液の給水量	200 L/min	2 L/min

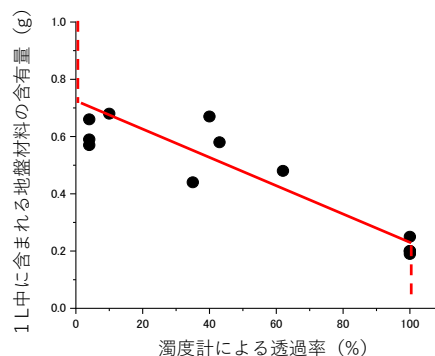


図3 濁度計による透過率と地盤材料含有量の関係

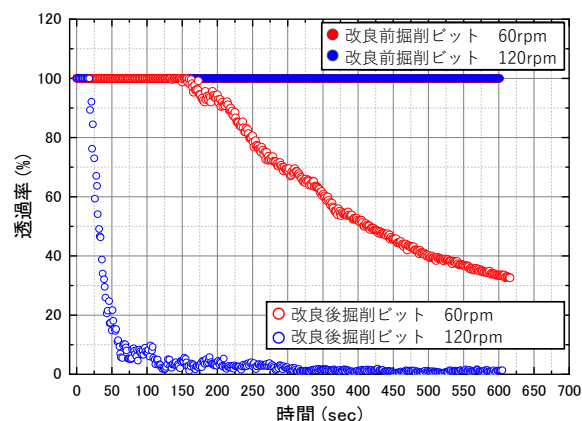
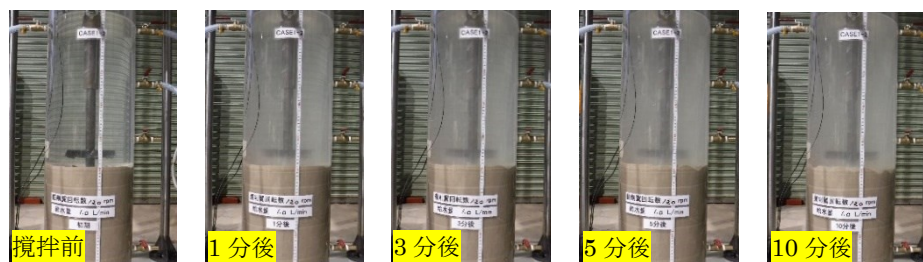
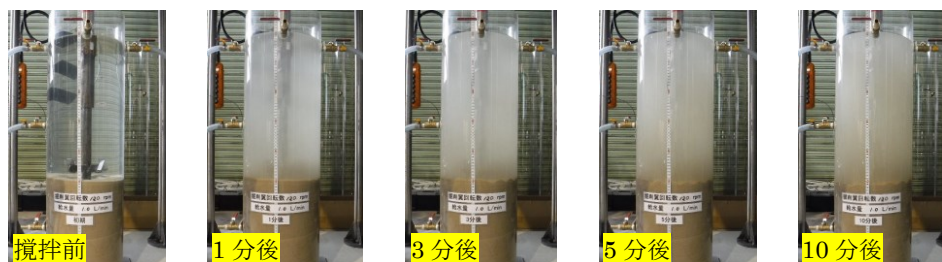


図4 攪拌中の透過率の変化



(a) 改良前掘削ビット模型



(b) 改良掘削ビット模型

図5 攪拌中の状況