

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 —

(一財)先端建設技術センター 正会員 ○ 吉川 正 鹿島建設(株) 正会員 田島 新一
 (公財)鉄道技術総合研究所 正会員 橋立 健司 正会員 井出 雄介
 正会員 神田 政幸 ケミカルグラウト(株) 正会員 関谷 淳一
 正会員 佐名川太亮 正会員 小松 和彦

1. はじめに

国内のインフラの多くは、構築後、50年以上が経過しており、それらを安全、安心して使用するためには、維持補修、更新、さらには耐震補強、利便性の向上のための改良等が必要である。

構造物を支える基礎も例外ではなく、特に、都市部の建物、道路、鉄道等の基礎については、近接した条件下で工事を行わざるを得ない場合が多くある。その中で、既設の橋桁の下など低空頭下での施工に対応した基礎杭の施工方法として、幾つかの工法が実用化されているが、リバースサーキュレーション工法であるBCH(Bottom Circulation Hole)工法は、他工法より軽量でコンパクトな施工機械による施工が特長である¹⁾⁴⁾(図1)。

BCH工法は、開発から20年近くが経過しており、多くの実績¹⁾³⁾があるが、より効率的な工法への改良が望まれ、昨年度から掘削機構の改良についての研究開発を実施している。

改良効果及び実現性があると判断した改良方法を対象に、安定液と掘削泥水を均質な液体とし、掘削ビットの回転による流れの変化をシミュレートすることで、効果を検証した結果を報告する。

2. 掘削機構の改良方法について

BCH工法の掘削機構の改良については、掘削ビットに関する①回転速度の変更、②攪拌翼の角度の変更、③攪拌補助翼の設置、④先端構造の変更、その他に⑤揚泥管構造の変更、⑥揚泥管直上への整流ファン設置、⑦安定液へのマイクロバブル混入の7項目に対して机上検討を実施した(表1)。

その結果、掘削ビットに関する①回転速度の変更、②攪拌翼角度の変更、③攪拌補助翼の設置が、改良効果及び実現性がともに有ると判断し、その効果についての検証を試みた。

残りの項目については、次年度に検証を試みる予定である。

3. 流体解析による掘削機構の改良効果の検証

(1) 流体解析の実施項目とソフトウェア

表1の①、②、③の3項目について、流れの変化のシミュレーションによる検証には、流体解析ソフト「PHOENICS」を用いた。

(2) 流体解析のモデルと解析用物性値

流体解析のモデルと解析用物性値を図2、3に、攪拌補助翼(上昇流用/下降流用)の概要図を図4に、解析結果を図5~8に示す。図1の安定液の送液を模擬して、軽液層と同じ物性の液体をロッド下端から供給した。



写真1 東京駅丸の内駅舎保存・復原への適用³⁾

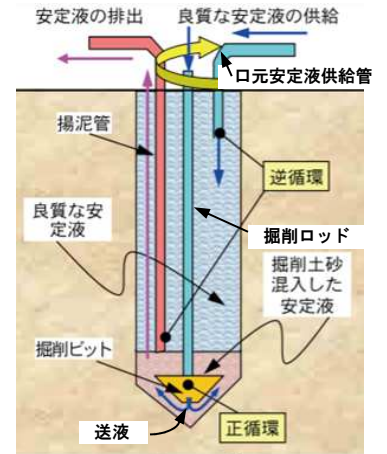


図1 BCH工法の機構図

表1 掘削機構の改良方法と改良効果・実現性

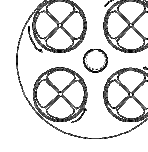
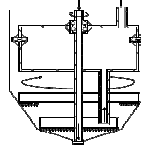
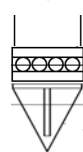
改良項目	改良方法	改良効果 実現性
掘削ビット	①回転速度の変更	◎
	②攪拌翼の角度の変更	◎
	③攪拌補助翼の設置	◎
その他	④先端構造の変更	○
	⑤揚泥管の構造変更	○
	⑥揚泥管直上への整流ファン設置	○
	⑦安定液へのマイクロバブル混入	○

凡例 ◎:改良効果有・実現性有 ○:改良効果有・実現性少

④掘削ビット
先端構造

⑤揚泥管構造

⑥整流ファン



実物

モデル

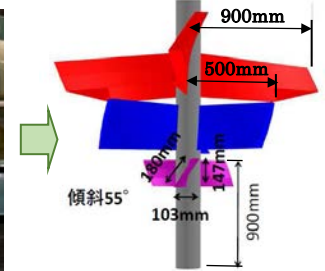


図2 φ1,800mmの掘削ビット

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, 流体解析, 低空頭, 狭隘, 耐震補強, 建築基礎, 近接施工
 連絡先 〒112-0012 東京都文京区大塚2丁目15番6号 (一財)先端建設技術センター TEL03-3942-3991

1) 掘削ビットの回転速度の違いによる揚泥効果

回転速度が増加するにつれて鉛直方向の速度ベクトル値の大きな領域が上方まで広がっている (図5)。

実際は、図1に示すように孔口の安定液供給管から安定液が下降に向かって供給されるとともに揚泥管で泥土混じりの高比重の泥水が排出されるので、揚泥管下端付近で上昇流が収束するビットの回転速度を見出す必要がある。

2) 掘削ビット攪拌翼の角度の違いによる揚泥効果

攪拌翼の角度の違いによる流体の上昇傾向は、55度と45度がほぼ同レベルであり、35度では上昇流が低下する傾向が見られる (図6)。実際の掘削ビットの三翼の配置と角度は、長年の経験と実績から設定され、流体解析からも揚泥性能上良い可能性が高いが、より詳しい検証が必要である。

3) 上昇流用及び下降流用の攪拌補助翼の効果

現状の攪拌補助翼無しの三翼で攪拌混合された流体は、孔壁方向に流れ、高速で上昇している。一方、中心から半径の約2/3の範囲には下降流が生じている。上昇流用補助翼がある場合は、中心から半径の1/3~1/2付近で下降流の流速が低減する傾向が見られる。下降流用補助翼がある場合は、流体の遠心方向及び孔壁付近の上向き方向の流速を抑制し、より中心側に別の上昇流を発生させる効果がみられる (図7, 8)。揚泥管は掘削ロッドと孔壁の間に位置するので、その吸い口付近に上昇流のピークを移動させることで、揚泥効率の向上が期待される。

4. まとめ

BCH工法の掘削機構の改良、特に掘削ビットの構造変更、掘削ビットの回転数の変更について検討し、その効果について流体解析による評価を試みた。

今まで、泥水中でほとんど分からなかった、掘削泥水の流れの変化をある程度可視化することができた。同時に実施した掘削模型実験の結果と合わせることで、掘削泥水の流れのより正確な可視化、効率的な掘削機構への改良設計並びにそれらの実装を図っていきたい。

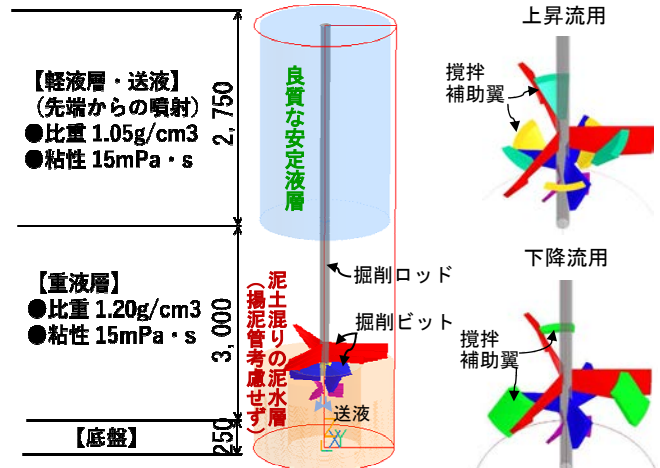


図3 解析モデルと解析用物性値

図4 攪拌補助翼

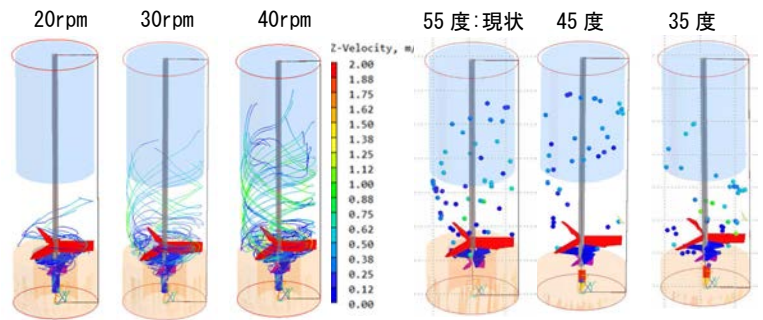


図5 掘削ビット回転速度毎の上昇流の変化

図6 攪拌翼の角度毎の上昇流の変化

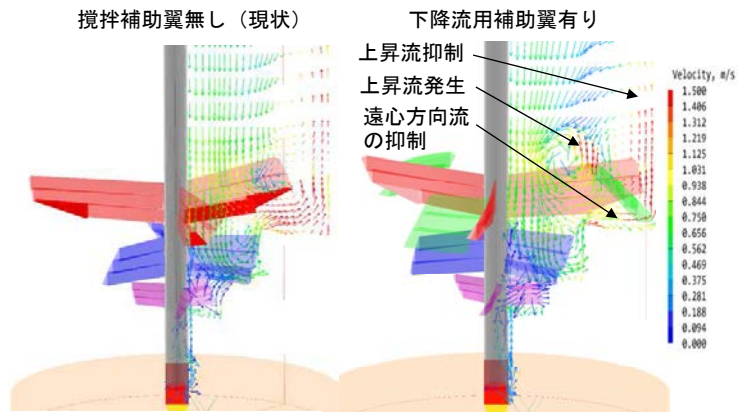


図7 下降流用補助翼の効果

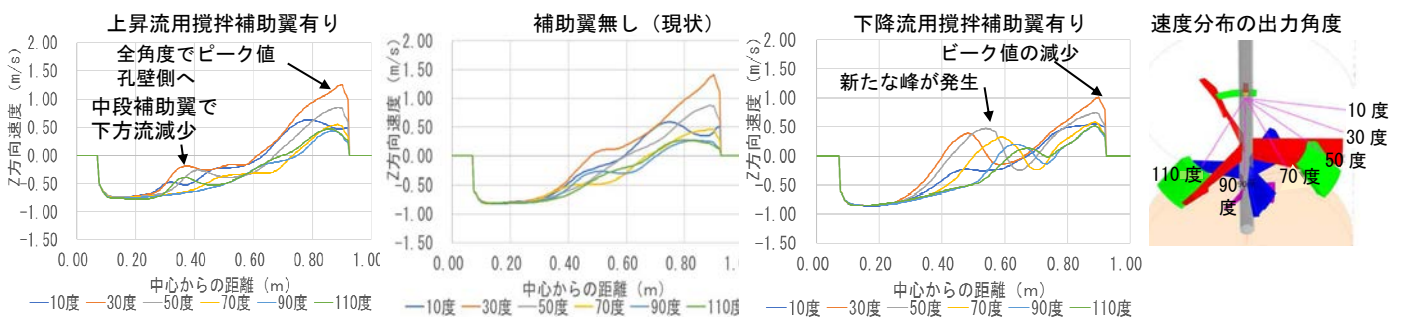


図8 攪拌補助翼の種類と有無による流体の鉛直方向速度の変化

参考文献

- 1) 神田政幸: 寄稿文鉄道構造物における基礎工—新幹線構造物の基礎工の変遷と生産性向上—, ベース設計資料 No. 180 土木編, 建設工業調査会, pp. 71-75, 2019. 3
- 2) 佐名川太亮他: 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 (投稿中), 2022. 9
- 3) 第24回 BELCA 賞ベストリフォーム部門表彰建物 <http://www.belca.or.jp/b130.htm>
- 4) 村田俊彦, 吉川正, 棚村史郎, 神田政幸, 齊藤茂, 小滝裕: 低空頭・狭隘対応場所打ち杭 BCH 杭 (Bottom Circulation) 工法の概要と特徴, 第59回土木学会年次学術講演会, III, pp. 929-930, 2004. 9.