

シールドマシンの支障物検知および切削技術の実験的検証

鹿島建設(株) 正会員 ○久保田光太郎 永谷英基 石原泰幸

1. 開発背景と目的

シールドトンネルの施工において、図-1 に示すように、計画路線において地上構造物や移設困難な埋設物の直下に残置杭や仮設鋼矢板等が存在し、施工の支障となることがある。従来このような場合は、掘進を一時停止し、地盤改良等の補助工法を実施後、作業員がシールドマシン前方に出て撤去していた。しかし、この作業は安全面でのリスクや工期に及ぼす影響が大きい。

一方、シールドマシンで支障物を直接切削する場合、摩擦熱や高負荷な運転による油温上昇によって、カッタービットやチャンバー内土砂の温度が上昇するため、掘進を一時停止して温度を低下させる場合がある。このことにより、支障物切削時は掘進の進捗が著しく低下する。

今回、前述の課題に対して、小口径シールドマシン実機を用いた実証実験を行い、支障物を検知するセンシング技術や支障物の切削技術、ならびに支障物切削時の温度上昇抑制技術について検討したので報告する。

2. 実験概要

大型土槽内に PHC 杭 (φ450mm) を埋設し、小口径のシールドマシン実機 (φ1450mm) で切削しながら掘進する実証実験を行った。図-2 に実証実験の概要図を示す。掘進は泥土圧推進工法で行い、加泥材には高分子材を、カッタービットには支障物切削用の特殊ビットを使用した。カッター回転速度は 1~2.9rpm、掘進速度は 1~5mm/min とした。また、三軸加速度センサと熱電対を図-3 に示した位置のビット内に設置した。実験中は、上記ビットの加速度と温度に加えカッタートルクや土圧、ジャッキ推力等のすべての計測データをリアルタイムでモニタリングした。また、支障物切削によって上昇したビット温度を低下させるため冷却加泥材を使用し、その効果を検証した。

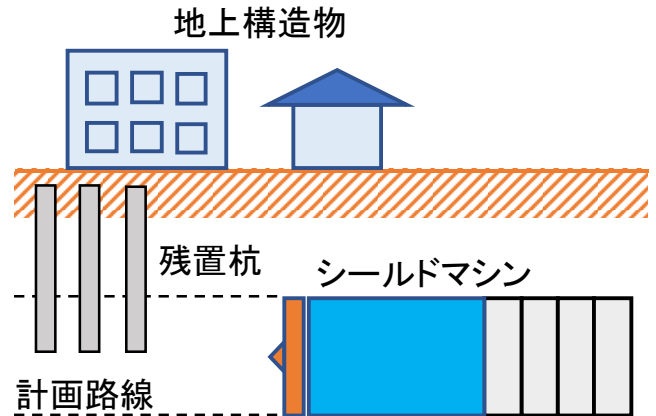


図-1 支障物イメージ図

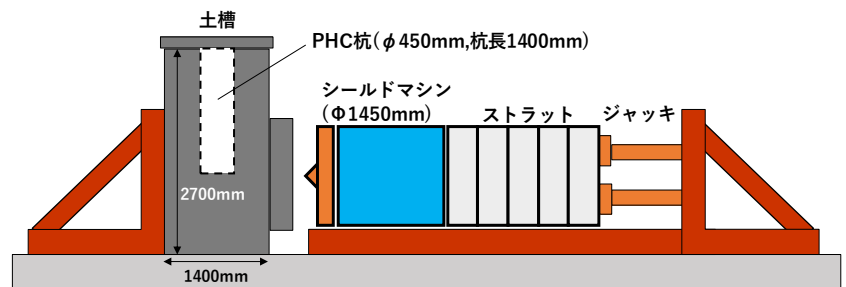


図-2 実証実験概要図

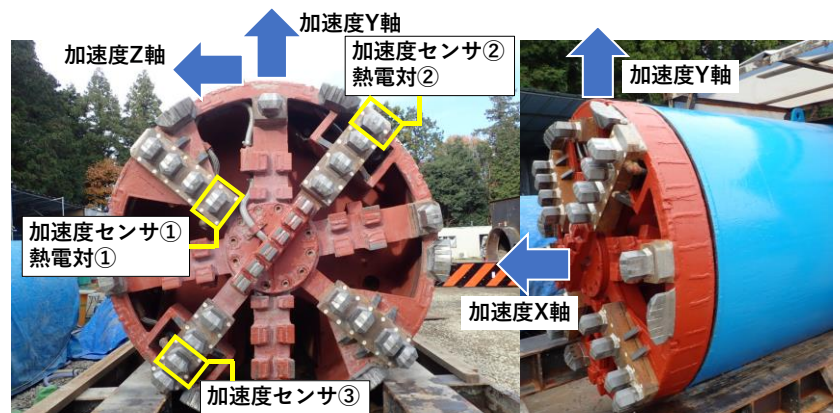


図-3 センサ取付け位置と加速度の向き

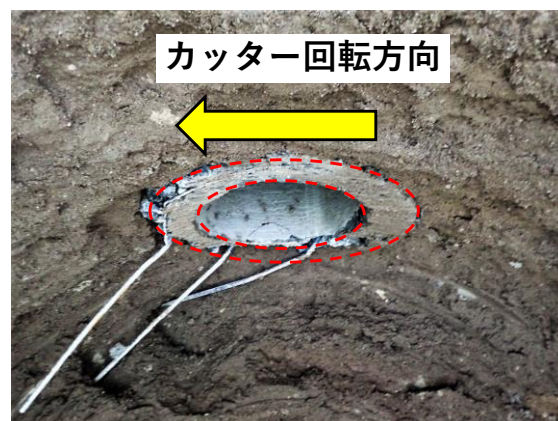
キーワード： シールド、支障物、加速度、温度、加泥材

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6482

3. 実験結果と考察

(1) PHC 杭の切削状況

図-4 に実験終了後に撮影した PHC 杭の切削状況を示す。一部の鉄筋が残っていたものの、PHC 杭を切削しながら掘進することができた。切削片はコンクリート、鉄筋ともに粉末状に破砕されたものから長さ 10cm を超えるものまで確認された。排土状況を確認すると、長さ 10cm 超の切削片の多くはチャンバー内に残留していたが、粉末状の切削片は排土とともに排出された。



(2) PHC 杭の検知

図-5 に加速度センサによる支障物検知の結果を示す。掘進方向の加速度 X 軸、マシン面盤の半径方向の加速度 Y 軸、カッター回転方向の加速度 Z 軸のいずれにおいても PHC 杭切削時の反応が大きくなっている。特に加速度 Z 軸の反応が大きくなっており、支障物検知にカッター回転方向の加

図-4 実験終了後の PHC 杭切削断面

速度が有用であると考えられる。一方、加速度センサ搭載ビットが PHC 杭を切削していない時にも加速度の反応が見られるが、これは他のスポークについているビットが PHC 杭を切削している時の振動が現れているためと考えられる。

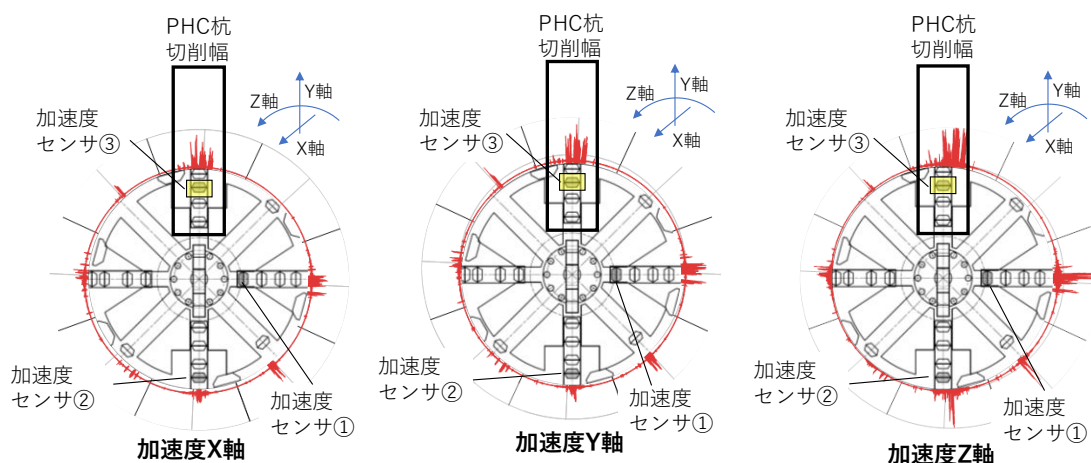


図-5 支障物検知の結果（加速度センサ③）

(3) 冷却加泥材の効果

図-6 に冷却加泥材によるビット温度の測定結果を示す。なお、加泥材はチラーユニットで 5℃まで冷却した。図-6 に示すように、PHC 杭の切削が進

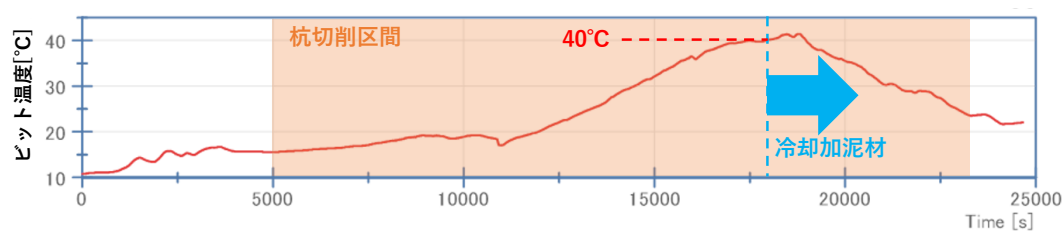


図-6 冷却加泥材によるビット温度の測定結果

むにつれてビット温度が上昇し、40℃まで到達した。その後、常温の加泥材から冷却加泥材に切り替えることで、ビット温度が低下することを確認できた。この結果から、切削開始当初から冷却加泥材を使用することでビットの温度上昇を抑制できると考えられる。

4. まとめ

今回実施した実証実験によって、支障物切削用の特殊ビットを使用することで支障物を切削しながらの掘進が可能であること、加速度センサによって支障物が検知できる可能性があること、冷却加泥材を使用することで温度上昇を抑制できることを確認した。