

自由断面掘削機遠隔操作システムの開発

西松建設 正会員 ○山本悟 山下雅之
 ジオマシンエンジニアリング 塚田純一
 フューチャーアイリス 高橋将史

1. はじめに

自由断面掘削機による掘削作業は通常、切羽近傍に設置された機体上からオペレータが目視により操作を行うため、掘削に伴う粉じんや激しい振動・騒音にも晒される過酷な環境下での作業となるほか、設計断面通りに掘削されているか、必要に応じて作業員が危険な切羽直下に降り、直接目視確認する必要がある。しかし、切羽は地山が露出しており、岩塊の抜け落ち（肌落ち）が発生すると、死傷災害につながる極めて危険な場所であるため、切羽直下作業を無くすための技術開発が急務であった。

このような背景から、自由断面掘削機による掘削作業の操作を崩落等危険性の高い切羽から離れ、安全で良好な環境下の室内（以下遠隔操作室）からオペレータが遠隔で実行可能とする「自由断面掘削機遠隔操作システム」を開発した（図-1）。

2. システムの概要

自由断面掘削機遠隔操作システムは、『遠隔操作室』、『映像・制御信号伝送システム』、『機体制御システム』および『ガイダンスシステム』で構成されている。

①遠隔操作室

遠隔操作室（図-2）には遠隔操作コクピットおよび複数のモニタ（図-3）が設置され、このモニタ画面のカメラ映像、機体情報を見ながら機体走行やブーム操作等を遠隔で行う。なお、掘削時の音・振動等もセンサを介してコクピットに伝送され、機体上での実機操作に近い作業環境が再現できるよう工夫がされている。



図-1 自由断面掘削機遠隔操作システムの設置状況

キーワード 山岳トンネル, 自由断面掘削機, 遠隔操作, ガイダンス, 地山評価

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門二丁目2番1号 西松建設(株) 技術研究所 TEL 03-3502-0247

②映像・制御信号伝送システム

自由断面掘削機には9台のFHDカメラと、各無線送受信用のアンテナが設置されている。また、トンネル坑内全体を見渡せる俯瞰カメラが集塵機上部に設置されている。映像・制御信号の伝送については、60GHz帯のVバンド帯域高速無線LAN、5GHz帯の小電力無線および5GHz帯のWi-Fiの3種類の無線伝送方式を使用したシステムを構築した。

③機体制御システム

操作コクピットからの制御信号を受けて、機体の走行、ブーム操作、カッタヘッド回転といった直接掘削作業に関する動作、それ以外のアウトリガーの張り出し、キャプタイヤケーブルの巻取り、巻き出し等有人作業時に可能な動作をすべて遠隔制御することができる。

④ガイダンスシステム

カッタの掘削位置を可視化する『掘削ガイダンスシステム』(図-4)および掘削地山の性状を定量評価する『地山評価システム』(図-5)で構成される¹⁾。各種情報は遠隔操作室内モニターで確認することができる。

3. 導入効果

①安全性の向上:掘削作業を遠隔で実行可能とすることで、崩落等危険性の高い切羽から離れられるため、安全性が向上する。さらに、地山評価システムにより地山性状(換算強度)を効率的にリアルタイムで把握可能であり、選定支保の妥当性評価や掘削作業後の切羽作業における危険個所の評価・指示等が可能である。

②作業環境の改善:遠隔操作室には空調が完備されており、集塵機より後方に配置されているため、粉じんもなく最適な気温・湿度で自由断面掘削機の遠隔操作を行うことで、熱中症などの心配なく掘削作業が可能である。

③掘削品質の向上:遠隔操作室にしながら設計断面線に対する現在のカッタ位置をリアルタイムに確認することで余掘りの低減が可能となる。また、有人操作時でも目視確認で分かりづらかったトンネル進行方向の奥行きも可視化することができるため、支保工建て込み時の手戻りを無くすことが可能である。

4. おわりに

現場適用試験において、本システムを用いた自由断面掘削機の移動および掘削作業の遠隔操作を遅延なく実施することができた。今後、本格的な現場適用を通してシステムの完成度を高めていき、トンネル掘削の自動化・無人化への取組みをさらに加速させていく予定である。

参考文献

- 1) 山本悟, 山下雅之, 三井善孝, 高橋将史, 塚田純一(2020):「自由断面掘削機の掘削支援システムの開発」, 土木学会第75回年次学術講演会, VI-665



図-2 遠隔操作室



図-3 遠隔操作コクピット・モニター

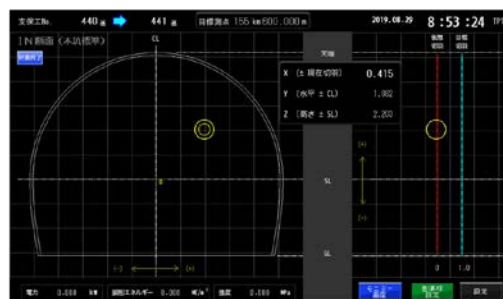


図-4 カッタヘッド軌跡表示例

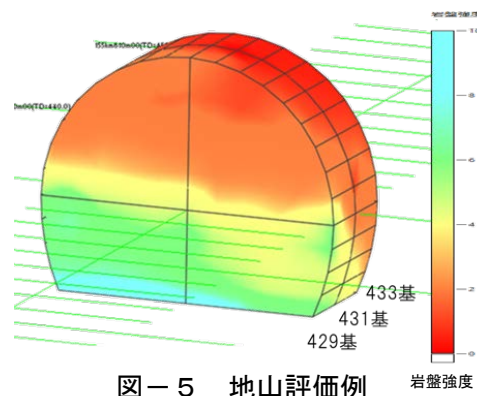


図-5 地山評価例

岩盤強度