

TBM 吹付モルタル自動ハツリ装置の開発

清水建設(株) 関西支店土木部 正会員 木村 厚之
 清水建設(株) 関西支店土木部 正会員 ○前田 全規
 清水建設(株) 土木技術本部開発機械部 正会員 田上 達之
 ジオマシンエンジニアリング(株) 塚田 純一

1. はじめに

人口減少に伴う労働力減少と高齢化の進展を背景に生産性向上への取り組みは建設業においても喫緊の課題である。また、施工による粉じん騒音・振動などの低減も労働環境改善として強く求められている。本稿では TBM 掘削避難坑の拡幅掘削における吹付モルタル撤去作業を可能な限りロボット化、IoT 化し生産性・安全性向上を目指した開発・導入の取り組みについて報告する。

2. 川辺第一トンネル工事概要

湯浅御坊道路(御坊 IC~有田 IC)は和歌山県御坊市から和歌山県有田郡有田川町に至る総延長約 19km の一般有料道路で、現在 4 車線化する事業がすすめられている。そのうち、川辺第一トンネル工事は、供用中の対面 2 車線トンネルに併設する避難坑を拡幅掘削(図-2)し、掘削断面積 70~89m²、トンネル延長 2,641m の 2 車線道路トンネルを構築するものである。



図-1 川辺第一トンネル位置

3. モルタルハツリ装置の開発背景

φ4.5m の TBM (トンネルボーリングマシン) で施工された既設避難坑は、厚さ 20~30 mm の吹付モルタル(ビニロン繊維入り)が坑壁に施されており、拡幅掘削時には、ズリへの混入防止と適正な分別処理が求められた。

当初は掘削用大型ブレイカによる吹付モルタル撤去を計画したが、周辺地山の混入が大きいことからコンクリート研り装置(スパイクハンマ)(写真-1)による撤去を試みた。スパイクハンマは圧縮空気を用いて 6 本のビットに打撃を発生させコンクリート表面を研る機械である。通常はバックホウ先端にアタッチメントとして取り付けて使用する。

試験施工ではスパイクハンマをバックホウに取り付けて撤去を試みたが、撤去作業に時間がかかり(2.0hr/m)、トンネル掘削サイクルタイムに大きく影響することが課題となった。

そこで、この課題を解決すべく、スパイクハンマ付バックホウを切羽前方の避難坑内に設置することでトンネル掘削作業と並行してモルタル撤去作業を行ったが、吹付けモルタルを撤去した無支保直下での作業と坑道換気による本坑作業の粉じんの大量流入があることから、オペレータの安全や環境の確保が課題であることが判明した。そこで、避難坑内でのモルタル撤去作業を自動無人運転とする自動モルタルハツリ機の開発、導入することで課題の解決に取り組んだ。

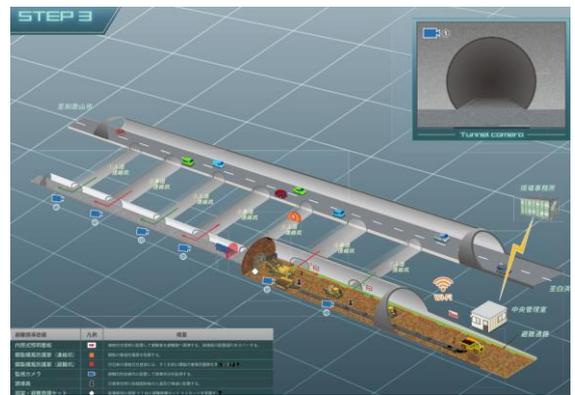


図-2 避難坑拡幅掘削イメージ



写真-1 スパイクハンマ

キーワード トンネル, 拡幅掘削, TBM 吹付モルタル撤去, 自動化, 省力化, IOT

連絡先 〒649-1325 和歌山県日高郡日高川町中津川 1357-2 清水建設(株) 関西支店土木部 TEL 050-5578-4792

4. 自動モルタルハツリ機

自動モルタルハツリ機の概要を図-4 に示す。

この装置は、スパイクハンマを搭載した作業装置と制御盤、コンプレッサー、発電機のそれぞれを搭載した台車を連ねて、軌道上を伸縮移動するものである。作業装置は旋回・摺動機構を搭載しスパイクハンマを作業面に対して垂直かつ適切な離れに配置することができ、効率的な研り作業が可能である。

装置は無人自動運転とし、オペレータが軌道の延長と点検・給油の準備工を行った後は、現在断面を一定時間ハツリ作業、けん引ジャッキによる伸縮移動を交互に繰り返し設定した距離まで連続して進む。ハツリ作業や装置の状況は、現場 LAN を通じてタブレット端末から確認できるシステムとなっている（写真-1）。

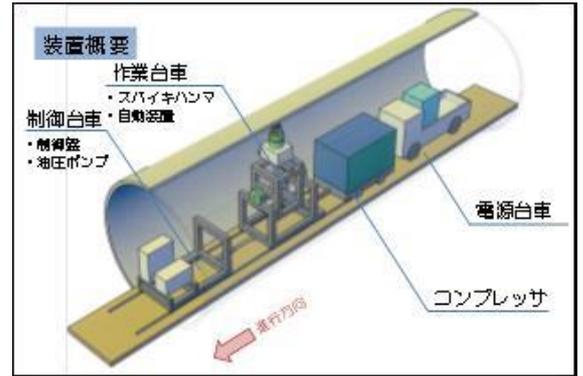


図-4 自動モルタルハツリ機概要



写真-2 自動モルタルハツリ機

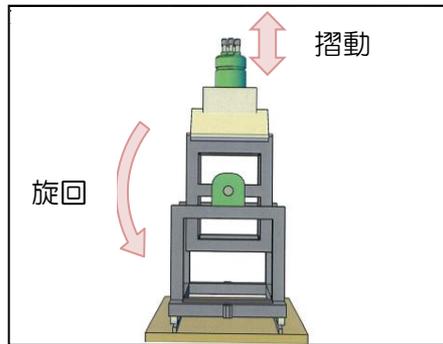


図-1 作業装置機構



写真-1 タブレット端末

5. 実機の運用と改善

自動モルタルハツリ機を現場に導入、運用を開始した。本機にて取り除けない部分（支保工区間、床版直近等）や若干の研り残しについては切羽直近にて切羽機械による撤去を行うものの、掘削ズリの混入率や切羽掘削サイクルタイムへの影響は大きく改善することができた。

モルタルの研り残しが生じる問題について、原因としては以下のことが考えられた。

- ①レールの設置精度の誤差（左右研り残し）
- ②床版施工高さの誤差（天端部研り残し）
- ③吹付施工面の凹凸（部分的研り残し）
- ④吹付施工厚の不均一（部分的研り残し）

これらの問題を解決すべく、スパイクハンマが常に研り面に対して常に最適な距離を保持できるようプログラムを修正することで①～③の課題に対して改善することができた。今後は④吹付施工厚さの不均一に対して研り残しを少なくなるよう更なる改善に取り組む所存である。

6. おわりに

労働者不足、作業員の高齢化が深刻化する中、機械や IT による無人・省力化の要望は高い。今後は、本システムの実施工において更なる効率改善に取り組んでいく予定である。本システムが建設業労働者不足改善の一助になれば幸いである。



写真-1 モルタル研り施工状況



写真-1 モルタル研り施工面