

遠隔操作技術を用いたトンネル吹付けシステムの開発

(株) 熊谷組 九州支店 岩松トンネル作業所	正会員	○新宮 信也
九州支店 岩松トンネル作業所	正会員	徳永 英人
土木事業本部 トンネル技術部	正会員	尾畑 洋
土木事業本部 機材部		坂西 孝仁

1. はじめに

導入後 30 年を経た山岳工法 (NATM) では、主要な支保部材である吹付けコンクリートの高強度化, 低粉塵化の技術開発が行われ, 坑内環境は改善してきている. しかし, 圧縮空気を利用した吹付け作業では粉塵の発生をなくすことは困難であり, 作業員の健康面や労働負担が大きな課題となっている.

そこで, 労働負荷を大幅に低減するため, 無人化施工技術を活用し, 危険な切羽側での吹付け作業位置を環境の良い操作室に移動することで, 安定した吹付け作業を行うことができる遠隔吹付けシステムを開発した.

当システムを用いて, 施工中の上半切羽で試験施工として吹付け作業を行った. 本報告では, システム概要, 試験施工結果について報告する.

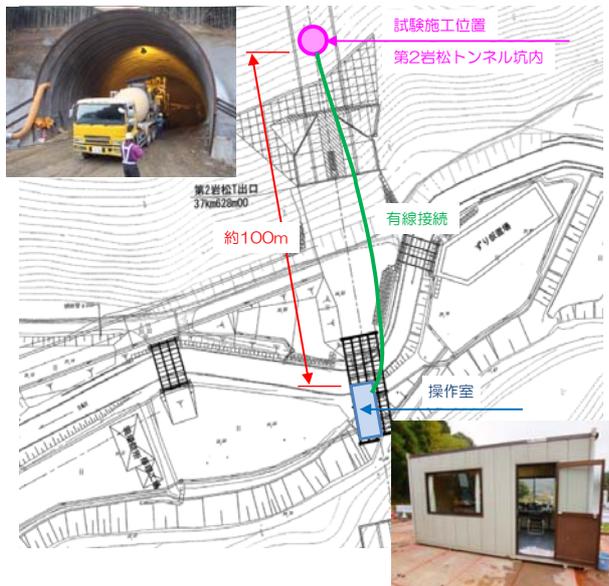


図1 試験施工位置図

2. 試験施工概要

試験施工は, 長崎県大村市の九州新幹線 (西九州), 第 1 岩松トンネル外 3 箇所他工事 (鉄道・運輸機構) のうち, 第 2 岩松トンネルの上半切羽において実施した. 図 1 のとおりトンネル坑口より約 20m 位置の切羽で行った. 操作室は切羽より 100m 後方となる坑外の作業ヤードに設置し, 操作室からモニターを見ながら吹付け作業を行った. オペレータは当トンネルで施工を行っている吹付け担当の通常の作業員で試験施工を行った.

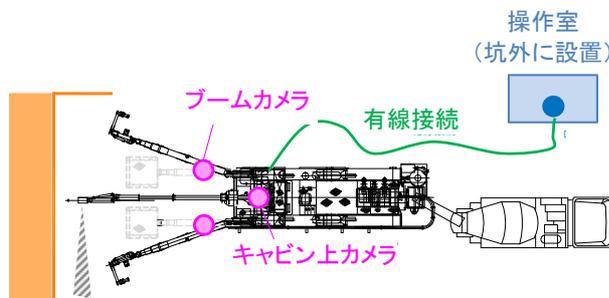


図2 遠隔吹付けシステム概要図

3. システム概要

遠隔吹付けシステムの概略図を図 2 に, 吹付け機に設置したカメラの位置を写真 1 に示す. キャビン上カメラより切羽全体, 左右ブームカメラでそれぞれに相対する側壁部を映すようにした.

写真 2 に示すように, 吹付け作業時の粉塵付着防止や視界確保を目的として, カメラレンズ周囲から配管を通じてエアブローを行った. また, キャビン上のカメラは無人化施工で使用されているズーム機能を有し, 上下, 左右に旋回できるものを使用した.

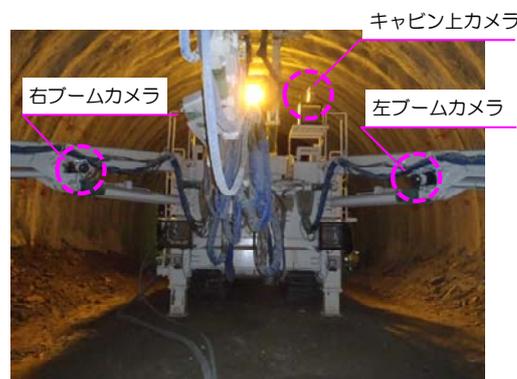


写真1 カメラ設置位置

キーワード 山岳トンネル, 吹付けコンクリート, 遠隔, フィルタリング

連絡先 〒856-0043 長崎県大村市小川内町 79-1 TEL0957-47-6657

吹付けシステム操作室を写真3に示す。吹付機の操作は、吹付機オペレータが行い、カメラのズームや方向操作はカメラオペレータにより行った。

吹付機オペレータは、通常の吹付け作業の際に使用しているリモコンを用いて、モニタを見ながら吹付け作業を行った。吹付機オペレータが、カメラオペレータにカメラのズーム・旋回を指示し、視界を確保できるようにしながら施工を行った。

3. 試験施工結果

吹付け作業時の3台のモニタ表示を写真4に示す。

いずれのモニタにおいても視界は良好で、粉塵により視認精度が低下することによる吹付け作業への影響はなかった。また、視界も十分に確保されており、通常の無人化施工で使用しているカメラとエアブローを併用することにより吹付け作業を行うことが確認できた。

作業時間について、コンクリート・急結剤は通常の吹付け作業と同様の吐出量として行い、作業途中で停止することなく行うことができたため、作業効率も低下がないと言える。

試験施工では、切羽から100m離れた位置から有線を通じて、画像データ通信、マシンコントロールを行ったが、遠隔操作で問題になる画像とコントロールのタイムラグが小さく、施工への影響はほとんどないということが確認できた。

また、今回の試験施工よりも前に行った試験施工において、無線による遠隔吹付けの可能性についても試行しており、有線・無線のどちらの方法でも施工可能であることがわかった。

仕上がり状態について、試験施工では最終の仕上げ吹付けは遠隔操作では行わず、通常の切羽での吹付け作業で行った。しかしながら、仕上げ吹付け前の状態で吹付け面の出来形を目視確認した結果、特に大きな凹凸が発生していることもなく、平滑な仕上がりとなっており、仕上げ吹付けまで行えることが確認できた。

4. おわりに

無人化施工システムを活用して、トンネルの遠隔吹付け作業ができることを試験施工により確認した。

今後の課題として、以下のことが挙げられる。

- ① 吹付けコンクリート作業環境で、長期間、カメラのレンズが曇らないこと
- ② 無線などの通信が遅延なく長時間安定して、わかりやすい映像が送れること
- ③ 吹付機の動作状況のモニタリングが可能になること

上記の課題について、技術開発・試行に着手しており、近い将来には吹付け作業全体のシステムで遠隔作業が実現できるようになるものと考えている。



写真2 粉塵防止装置



写真3 吹付けシステム操作室

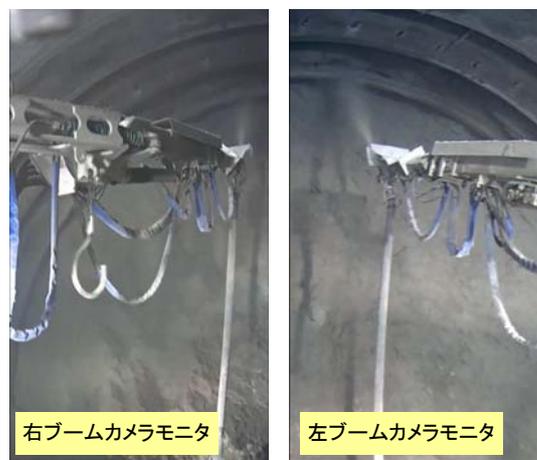


写真4 操作室モニタ画像