

# 吹付けコンクリートの遠隔操作システム

山岳トンネル工事の安全性向上と効率化を目指し、「無人化施工技術」を活用して、作業員が切羽から離れた安全でクリーンな環境下でコンクリート吹付け作業を行えるシステムです。

## 概要

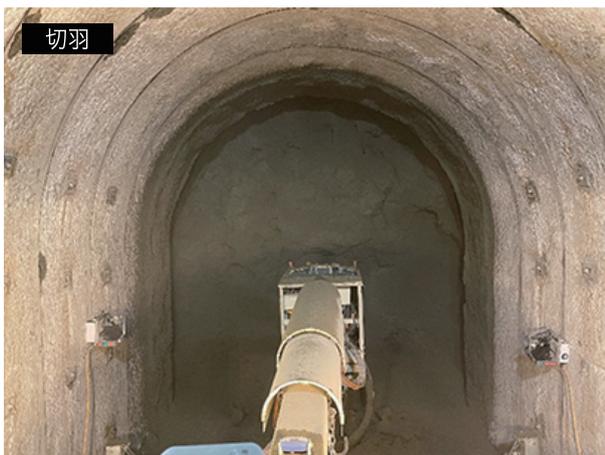
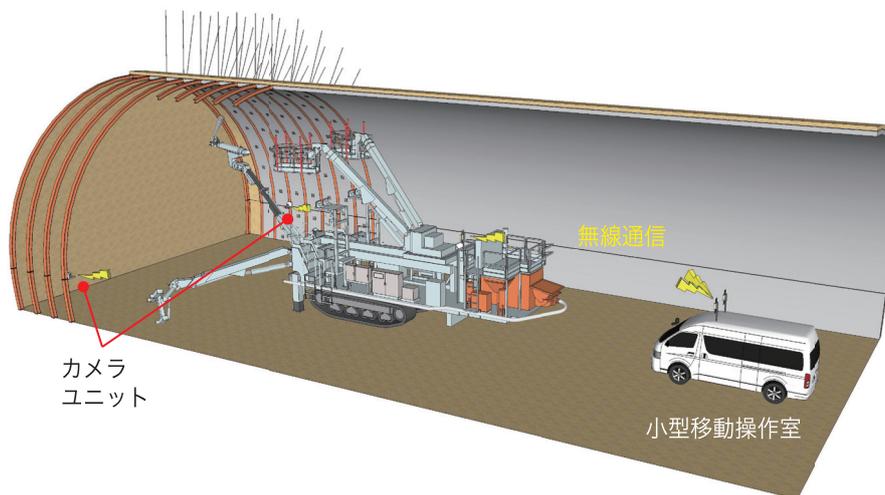
トンネル災害の多くは、切羽作業中に発生しており、特に装薬・吹付け・支保工建込み作業は、切羽に接近して行う作業であるため、被災確率が高くなります。

従来のコンクリート吹付け作業は、粉じん濃度が高い環境下で、作業員が保護具（保護メガネや防塵マスク）を着用しての作業となるため、作業員が切羽にできるだけ接近しないで作業できる技術の開発が、「労働環境の改善」と「安全性の向上」には不可欠となります。そこで、長崎県雲仙普賢岳の災害復旧工事等で確立した重機を遠隔操作する「無人化施工技術」の要素技術を山岳トンネル工事に取り入れた「吹付けコンクリートの遠隔操作技術」を開発しました。



## システム構成

- ・吹付け機と作業員の目（視野）となる複数のカメラなどと、無人化施工の技術を活用した遠隔操作オペレーションを組み合わせたものである。
- ・カメラにはレンズへの粉じん付着防止のため、エアシャワーリングを装備している。
- ・吹付けロボットには自動で首振りを行うノズルスウィング機能を装備している。
- ・遠隔操作室は移動式とし、吹付け機とは無線（もしくは有線）LANを通じて映像やロボット操作信号を伝送する。
- ・オペレータは、操作室からモニタ映像を見ながら、吹付け機のリモコンボックスを操作する。



切羽

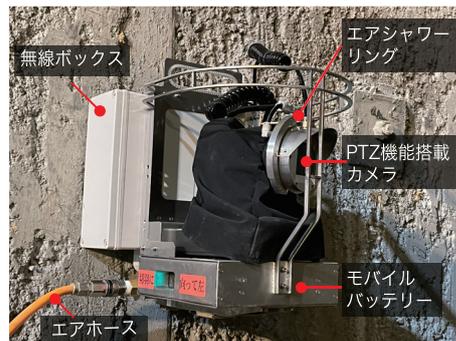


小型移動操作室

## システム構成

### カメラユニット

- ・ PTZ機能搭載カメラとエアシャワーリング、モバイルバッテリー、カメラ操作および映像用の各無線ボックスで構成する。
- ・ 筐体背面と底部に取り付けた強力マグネットで、鋼製支保工や吹付け機エレクトラーム等に固定する。これにより、カメラユニットの配置の自由度が高まり、吹付けオペレータの希望に応じたカメラ配置が可能となる。
- ・ 映像無線機（5GHz）は、フルHD映像を操作室に低遅延で伝送する。
- ・ エアシャワーリングは、吹付け機本体に装備したエアホースリールからエアを供給し、カメラへの吹付け粉塵の付着を防止する。



カメラユニット

### 小型移動式操作室

- ・ 操作室は、坑内移動の取り回しの良さを優先させ、ワンボックスカーの後部座席を改造し、ディスプレイや通信機器等を配置する。
- ・ 車内に大容量バッテリーを搭載し、モニタや通信機器に電力を供給する。

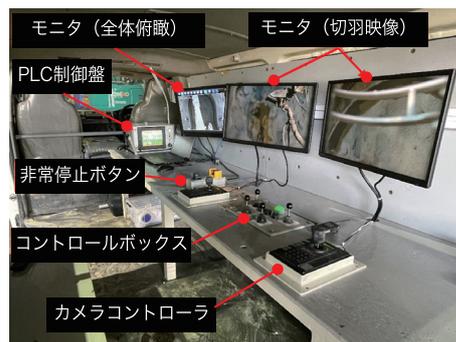


小型移動式操作室

### ノズルワークシステム

- ・ カメラと操作室内のモニタ映像には、ハード上0.3秒以上の遅延が生じる。
- ・ 吹付け作業時のオペレータの操作は、ノズルの前後・回転とアームスライドを反復操作する時間が大半を占める。
- ・ 操作に対する遅延は遠隔操作を難しくする一因であり、ノズルワークが仕上り精度を左右する。

- ➡ ・ 吹付けロボットにセンサを取付け、ノズルの回転や前後移動を制御する自動ノズルスウィング機能（前後・回転）を付加することで、映像遅延に伴うレスポンス低下を防止する。

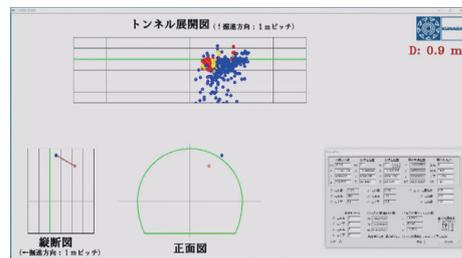


操作室内部

### ガイダンスシステム

- ・ 操作室のモニタ画面のみでは、吹付け箇所とノズルとの位置関係を正確に把握することが難しい。

- ➡ ・ 吹付け機本体にミニコン内蔵カメラを複数台設置し、各カメラがレーザーマーキングシステムから切羽面に照射された点を認識することで、カメラ位置（3次元座標）を同定する。
- ・ ノズル先端から吹付け面に照射する緑色レーザーを連続撮影（30fps）することで、即時に照射点を3次元座標に変換し、ノズルと吹付け面との距離や方向、吹付け厚さをリアルタイムに表示する。



ガイダンスシステム表示画面

## 導入効果

- ・ 切羽から離れた操作室からコンクリート吹付け作業を遠隔操作することにより、山岳トンネル工事で特徴的な災害である落盤・土砂崩壊災害リスクを回避することができます。
- ・ 吹付け中の作業員の曝露粉塵をゼロにでき、坑内労働環境を抜本的に改善して、快適な労働環境での作業を提供できます。