

# 新工法紹介 機関誌編集委員会

04-378	トンネル切羽安定度 予測システム TFS-learning	安藤ハザマ
--------	-------------------------------------	-------

### ▶ 概要

山岳トンネルの施工において、穿孔した発破孔に爆薬を装填する作業や、鋼製支保工を建込む作業については、切羽面直下での作業となり、切羽面からの落石や地山の崩落などに対して危険が伴う。したがって、切羽面直下での作業前に切羽の安定度を確実に把握し、適切な安全策を講じることは、切羽作業の安全性を確保する上で重要である。通常、切羽の安定度は、発破掘削後、目視で切羽状況を観察することで確認するが、この方法では作業員等の経験に依存する部分が多く、切羽の不安定箇所を見落とす危険がある。これに対し、本工法では、山岳トンネル発破後の切羽安定度について、発破孔穿孔データを用いて予測する(図-1)。AI(人工知能)を用いて自動的に切羽安定度を予測することで、トンネル施工時、切羽の不安定箇所を見落とすことなく、安全に施工できる。

### ▶ 特徴

切羽安定度については、切羽評価点を指標に予測する。算出

にあたっては、遺伝的プログラミングを用いて発破孔穿孔データと切羽評価点の相関関係を学習し、切羽評価点を導き出す数理モデルを構築する。施工データが蓄積される毎に繰り返し機械学習し、予測精度を高めていく。予測した発破後の切羽安定度については、カラーコンター図で表示し(図-2)、切羽の不安定箇所を可視化する。本技術を適用した効果について以下に示す。

- ・切羽全体の安定度を網羅的かつリアルタイムに評価でき、切羽の不安定箇所を確実に把握できる(図-3)。
- ・得られた切羽の不安定箇所に対して鏡吹付け等の切羽安定対策を実施することで、切羽作業の安全性が向上する。

### ▶ 用途

- ・発破方式で施工する山岳トンネル工事

### ▶ 実績

- ・国土交通省東北地方整備局発注 国道106号新箱石地区道路工事(新箱石トンネル)

### ▶ 問合せ先

安藤ハザマ 土木事業本部 技術第三部 トンネルグループ  
〒107-8658 東京都港区赤坂6-1-20  
TEL: 03-6234-3673

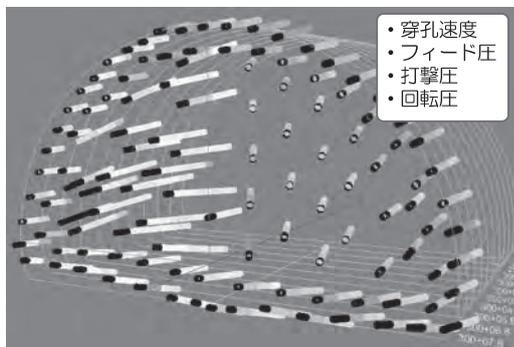


図-1 発破孔の穿孔データ

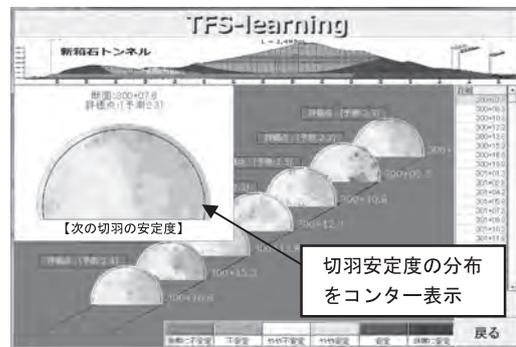


図-2 TSF-learning システム画面



図-3 新箱石トンネルにおけるシステム運用結果

04-382	吹付けコンクリートの 遠隔操作技術	熊谷組
--------	----------------------	-----

▶ 概 要

NATM が山岳トンネルの標準工法に導入され、約 30 年が経過した。この間、様々な技術開発によって我が国特有の困難な地質性状を克服してインフラの整備に貢献した。

その一方で吹付けコンクリート工は作業員の健康を害するリスクが高い工程のひとつであり、坑内労働環境を改善するために重要な課題である。加えて、切羽作業中は災害の被災確率が高い。

そこで、熊谷組は「坑内労働環境の改善」と「安全性の向上」を図ることを目的として、作業員が切羽から離れた安全でクリーンな環境下で吹付けコンクリートが行える「吹付けコンクリートの遠隔操作技術」を開発した。

この技術は長崎県雲仙普賢岳の災害復旧工事で確立した「無人化施工技術」の要素技術を山岳トンネルの吹付けコンクリート工に導入したもので、エレクター型吹付け機に取付けた 3 台のモニターカメラからの映像を切羽から約 100 m 後方に設置した操作室まで送信し、その映像を確認しながら作業員が吹付け機を操作室から遠隔で操作して吹付けコンクリートを施工する（写真-1、図-1）。

エレクター型吹付け機の左右エレクタブームに取付けた 2 台のモニターカメラが従来吹付け作業における作業員の視覚を補完し、キャビン上方に取付けた 1 台のモニターカメラで吹付け箇所全体を俯瞰しながら、作業員は吹付け状況を確認する。モニターカメラには防塵対策を施し、レンズ面への吹付け粉じんの付着を抑制する（写真-2）。

▶ 特 徴

操作室のクリーンな環境下で吹付けコンクリート操作を行うため、吹付け中の作業員の曝露粉塵ゼロが達成可能で「ずい道等建設工事における粉塵対策に関するガイドライン」で示されている粉塵濃度目標レベル以下（ $3 \text{ mg/m}^3$ ）の坑内労働環境を抜本的に改善して快適な作業環境を確保できる。

さらに、切羽から離れた場所から吹付け作業を遠隔操作することで切羽崩落・崩壊災害リスクを回避できる。

▶ 用 途

- ・山岳トンネル工事

▶ 実 績

- ・九州新幹線（西九州）、第 1 岩松トンネル外 3 箇所他工事で試験施工を実施し、施工の実現性を確認

▶ 問合せ先

（株）熊谷組 土木事業本部 トンネル技術部  
〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1  
TEL：03-3235-8649

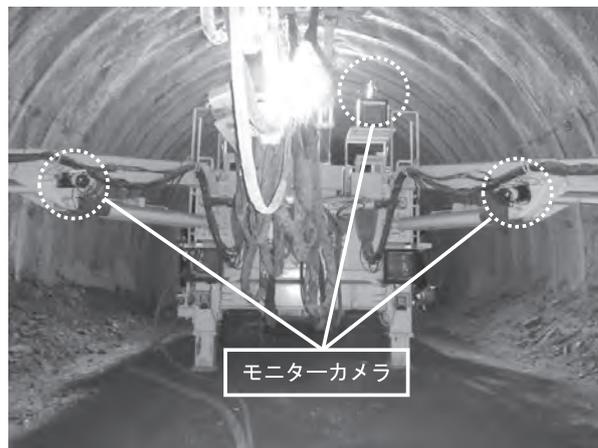


写真-1 モニターカメラ取付け位置

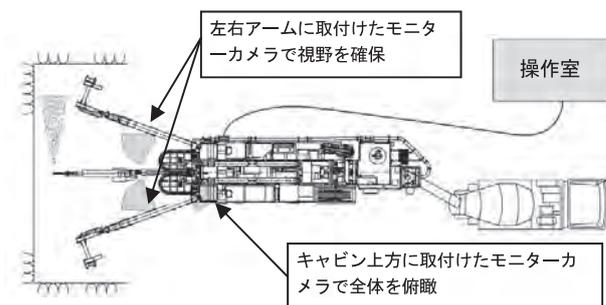


図-1 吹付けコンクリートの遠隔操作技術の概要



写真-2 遠隔操作による吹付け状況