

トンネル無人計測システム (Tunnel RemOS-Meas.) の開発

西松建設(株) 正会員 ○額 額 善孝

正会員 山下 雅之

正会員 山本 悟

ジオマシンエンジニアリング(株)

塚田 純一

1. はじめに

山岳トンネルでは切羽観察や変位計測をはじめとした様々な計測作業が切羽近傍で行われるが、掘削サイクルの合間の限られた時間内に実施するため、切羽への往来や待機時間が生じることにより、生産性が低下してしまっている。また、切羽近傍では肌落ちや重機との接触等により被災する危険性が高くなるため、安全性を確保することも重要である。

このような背景より、筆者らは計測作業を無人化するための「トンネル無人計測システム (Tunnel RemOS-Meas.)」を開発した。本システムは、山岳トンネルの無人化施工を目的として構築を進めている「Tunnel RemOS」¹⁾の要素技術である。本稿では、開発したシステムの概要について述べる。

2. システムの概要

開発したシステムの概略を図-1に示す。本システムは切羽近傍における計測作業の無人化を目的としており、本体部と操作部により構成される。

(1) 本体部

本体部には計測機器が搭載されており、切羽近傍の本体部を遠隔操作することで計測作業を行う(図-2)。機体の大きさは幅 100cm×長さ 115cm×高さ 150cm 程度、足回りはクローラであり、坑内重機との離合、狭隘な箇所や不整地での走行・旋回が可能であるため、掘削サイクルの合間に迅速に計測作業を行うことができる。計測機器の設置スペースは昇降リフトとなっており、適切な高さで計測機器を使用することや(図-3)、計測機器を追加・入替することが可能である。動力源はリチウムイオンバッテリーとすることで、連続稼働時間、坑内環境、機体重量に配慮している。また、計測機器に加えて、周囲確認用カメラ、表示灯、ラインスキャナ、ブザー等の、周囲への注意喚起や緊急停止のための安全装置も搭載されている。

(2) 操作部

操作部にはモニターやリモコンが備えられており、切羽から離れた位置でカメラ映像を確認しながら本体部の

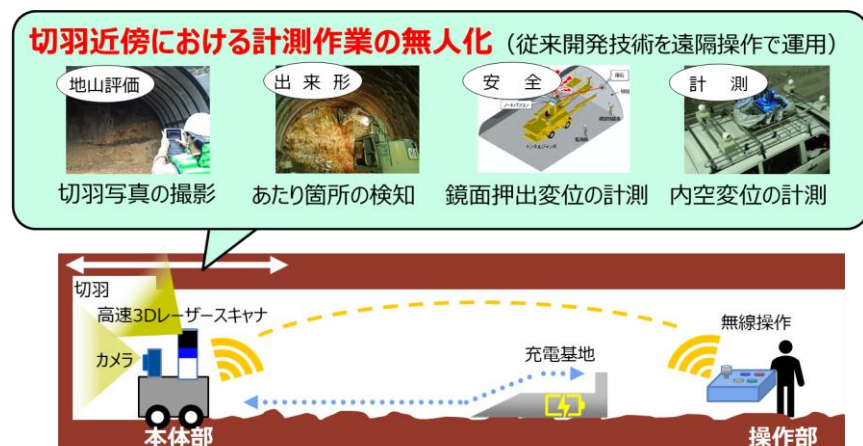


図-1 トンネル無人計測システム (Tunnel RemOS-Meas.) の構想



図-2 本体部

キーワード 山岳トンネル, 無人化施工, 計測, 切羽観察

連絡先 〒105-6407 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 西松建設(株) 技術研究所 TEL 03-3502-0247

走行や計測を無線操作で行うことができる(図-4)。現段階では切羽から数十～百 m 程度の位置での操作を想定しているが、今後 Tunnel RemOS の構築が進んだ際には専用の遠隔操作室や坑外で操作することも考えられる。

3. 本システムで運用する計測作業

現段階ではカメラと高速 3D レーザースキャナ(以下、スキャナ)が本体部に搭載されており、下記の計測技術の運用を予定している。

(1) AI 切羽評価システム

AI 切羽評価システム²⁾は、撮影された切羽写真を用いて切羽観察簿の各項目を AI で自動評価するシステムであり、主にタブレットアプリで操作を行う。本システムで撮影した切羽写真をタブレットへ送信することにより、迅速に AI の評価結果を得ることが可能である。

(2) 切羽掘削形状モニタリングシステム

切羽掘削形状モニタリングシステム³⁾は、あたり取り作業中にスキャナで取得された切羽掘削形状の点群データを設計断面と比較し、あたり取りの必要箇所を迅速に可視化するシステムである(図-5)。スキャナをブレイカの上に搭載していた従来と比較して、ブームによる死角の減少やスキャナに伝わる振動の軽減が見込まれる。

(3) 車載式トンネル 3D スキャニングシステム

車載式トンネル 3D スキャニングシステム⁴⁾は、スキャナやプリズム内蔵型基準球等の計測機器一式を計測車に搭載することで、迅速に内空変位の計測を行うシステムである(図-6)。計測精度を確保するために基準球同士の離隔距離を保つ必要があるため、本体部に基準球を搭載することは難しいが、スキャナを三脚で設置する従来の方式と比較すると準備や片付けを含む計測時間の短縮が見込まれる。

4. おわりに

今回、山岳トンネルの計測作業の無人化を目的としてトンネル無人計測システム(Tunnel RemOS-Meas.)を開発した。今後は、本システムを施工中のトンネル現場へ導入して計測機器の防護や充電基地の開発を始めとした改良を進めるとともに、Tunnel RemOS の他技術の開発も進めることで山岳トンネル施工の無人化を進めていく。

参考文献

- 1) 山下, 山本, 田口: 山岳トンネルにおける無人化施工への取り組み, 土木施工 1 月号, pp.68-71.
- 2) 三井, 山下, 山本, 園田: 山岳トンネルにおける AI を活用した切羽評価システムの開発, 第 75 回土木学会年次学術講演会, VI-665.
- 3) 山本, 三井, 高橋: 切羽掘削形状モニタリングシステムの開発, 第 74 回土木学会年次学術講演会, VI-281.
- 4) 山本, 三井, 宮原: 車載式トンネル 3D スキャニングシステムの開発, 第 73 回土木学会年次学術講演会, VI-052.



図-3 昇降リフト使用時の様子



図-4 操作部のリモコン



図-5 切羽掘削形状モニタリングシステムを用いたあたり取り



図-6 車載式トンネル 3D スキャニングシステムを用いた内空変位計測