

点検ロボットによるトンネル点検の効率化と施設管理技術の高度化 —高山国府トンネルにおけるフィールド試行事例—

国土交通省中部地方整備局高山国道事務所	非会員	永富 達也	非会員	尾崎 俊彦
サンコーコンサルタント (株)	フェロー会員	○小西 純一	非会員	雪田 真吾
	非会員	津金 裕之	正会員	松本 相均
計測検査 (株)	非会員	岩本 直士	非会員	有髙 慎也

1. 点検ロボットのフィールド試行の目的

国土交通省では、所管するトンネルについて、2014年度に策定された道路トンネル定期点検要領（2014年6月：国土交通省道路局国道・防災課）に従い、5年に1回の定期点検を行うこととし、点検により判定した構造物の健全度に応じて順次補修工事を実施していく5年毎のメンテナンスサイクルを確立した。

国土交通省が掲げる点検記録作成支援ロボット（以下、点検ロボットと呼ぶ）のフィールド試行の目的の一つは、点検要領の改定に先駆け、点検効率化が実現される現場条件を明らかにしたうえで効果検証を行うこと、もう一つは点検ロボットで得られる画像の3Dモデル化による施設管理技術の高度化の検討を行うためのデータ取得である¹⁾。

本稿では、中部地方整備局高山国道事務所管内の高山国府トンネルにおける走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM（以下、MIMMと呼ぶ）のフィールド試行事例を紹介する。ここでは、MIMMの概要および適用効果を述べるとともに、今後の点検技術を展望する。

2. MIMMの原理および特長

MIMMは、トンネル覆工壁面の連続画像撮影システム、高

精度3Dレーザ計測システムを車両に搭載し、覆工表面ひび割れ、漏水等の変状と、トンネル断面形状を計測するものである。MIMM計測車には、図-1に示すように、覆工壁面撮影システム（MIS）とモービルマッピングシステム（MMS）が搭載されている。計測方法は、法定速度内で走行しながら、トンネル覆工面を撮影するとともにレーザ計測を行うものである。撮影画像の分解能は、1.5mm/pix（ひび割れ幅検出精度0.3mm程度の場合）を基本に0.75mm/pixでの撮影も可能である。

通行規制を伴わないトンネル計測作業が可能であるが、計測中に点検用照明を点灯して走行するため、運輸局より保安基準の緩和認定を受けている。対向車や並走車の安全走行に支障をきたさないために、半断面ずつの走行計測を行う。

3. 高山国府トンネルにおけるMIMM適用効果

高山国府トンネルは、国道41号高山国府バイパスの延長3,259mのトンネルである。今回の走行型高速3Dトンネル点検システムMIMMのフィールド試行では、事前に道路トンネル定期点検要領に基づく定期点検（近接目視、打音検査、触診）を実施し、変状箇所にチョーキングを施した後に走行計測を実施した。定期点検は、夜間の全面通行規制を伴い、



図-1 走行型高速3Dトンネル点検システムMIMMの概要

キーワード 点検ロボット、トンネル点検、3Dレーザ計測、覆工壁面撮影システム、モービルマッピングシステム
連絡先 〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄2-11-7 サンコーコンサルタント株式会社 名古屋支店 TEL 052-228-6131

高所作業車を用いた。近接目視・打音検査によるひび割れ・うき・はく離の点検に要した時間は3日(21時間)であった。

(1) 走行計測の安全性・交通への影響

計測車は50km/h, すなわち一般車と同じ速度・流れで走行したため, 安全かつ, 交通渋滞を引き起こすことも無かった。

(2) 点検時間の短縮

走行計測時間は2時間であり, 打音検査によるうき・はく離の点検に要した9時間と合わせて11時間であり, 従来点検(21時間)に比べて通行規制時間の短縮へつながった。

(3) 鮮明な覆工面・附属物の画像とひび割れの確実な記録

図-2に示すように, 事前にチョーキングを施した幅0.3mmのひび割れや附属物の鮮明な画像がMIMMにより得られた。

MIMMによる撮影画像から作成した変状展開図(図-3)では, 定期点検で記録した幅0.2~2.5mmのひび割れを漏れなく記録しているほか, それより幅の小さいヘアークラックも記録されている。また, ひび割れの位置・形状・長さについてもGPS情報の付与により記録精度が向上している。

得られた覆工面・附属物の撮影画像および変状展開図により, 次回点検における変状の進行状況等の判定が容易となる。

(4) 3Dモデルの作成

MIMMのレーザー計測で取得したトンネルの3次元形状データを利用して, 図-4に示すような3Dモデルを作成した。3Dモデルは, 変状位置や附属物との位置関係が正確に把握できるため, 補修設計や補修工事へ活用することにより, トンネルの維持管理技術の効率化・高度化が期待できる。

4. 課題と展望

今回のフィールド試行により, MIMMの適用が, 点検作業の安全性向上, 作業時間の大幅な短縮, 変状の進行状況の確実な把握が可能となることがわかった。AIによる変状の自動抽出ソフトも開発中であり, 今後一層の省力化が期待される。また, 3Dモデルの活用により, 施設管理技術の効率化・高度化へ大いに寄与するものと考えられる。

課題としては, 附属物背面や非常駐車帯の拡幅断面妻部を撮影できないこと, 覆工のうき・はく離を判定できないことが挙げられ, 今後期待される技術開発項目を以下に列挙する。

- ① 撮影ができない部分について, 人力等により別途撮影した画像をMIMMで取得した画像と合成するソフトの開発
- ② AI変状抽出の高度化により, 2回目以降の点検で, ひび割れ等の進行を画像から自動抽出できるソフトの開発
- ③ 覆工のうき・はく離を自動判定する技術については, 現在, レーザー打音装置の開発と実証実験が行われている²⁾。本技

術の実用化により, 触診・打音検査作業の効率化, 個人差の解消による評価品質の向上が期待される。

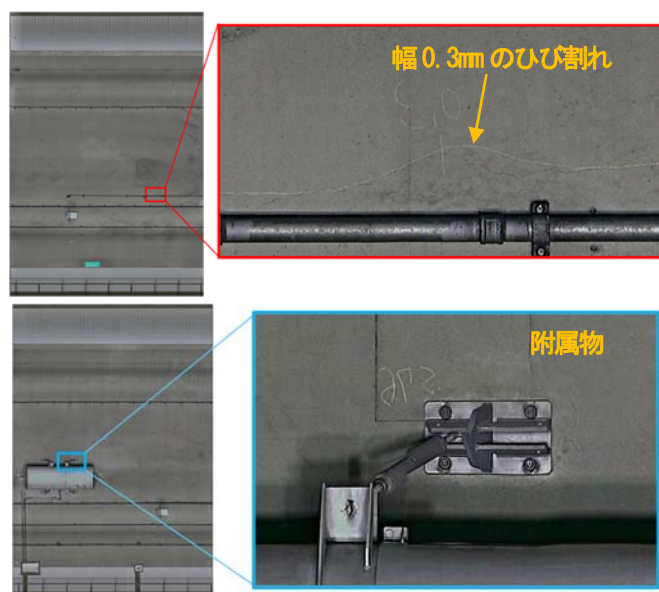


図-2 MIMMによる高山国府トンネル覆工面の撮影画像(一部)

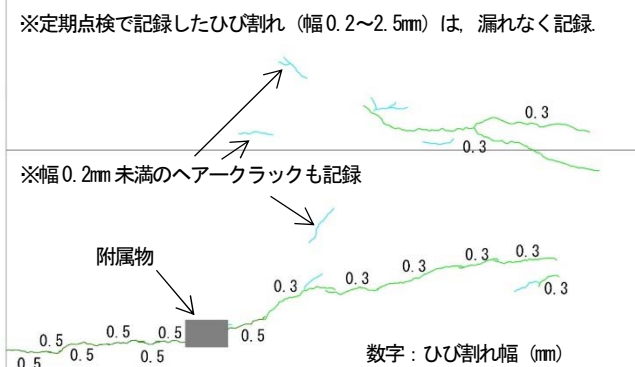


図-3 MIMMによる高山国府トンネルの変状展開図(一部)

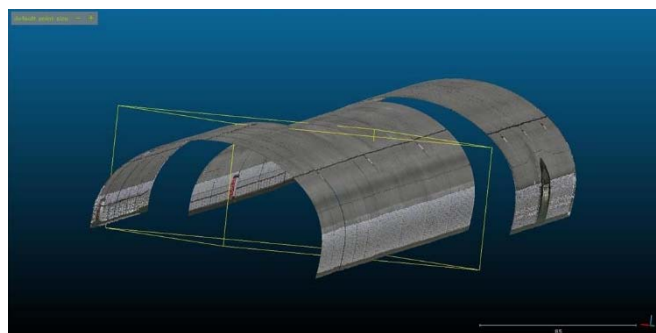


図-4 高山国府トンネルの3次元モデル(スパンNo.103~116)

参考文献

- 1) 国土交通省: フィールド試行説明資料, 平成30年10月。
- 2) 長谷川登, 錦野将元, 三上勝大, 岡田大, 近藤修司, 河内哲哉, 島田義則, 倉橋眞理, 北村俊幸: レーザーを利用したコンクリートの健全性検査の高速化技術の開発, 検査技術, Vol.22, No.3, pp.57-61, 2017。