

次世代社会インフラ用ロボットを活用した鉄道トンネル特別全般検査
ー 三菱インフラモニタリングシステムMMSD II ー

小田急電鉄(株) 正会員 ○伊藤 正樹
小田急電鉄(株) 新谷 良平
三菱電機(株) 柚山 武郎

1. はじめに

国土交通省「鉄道の輸送トラブルに関する対策のあり方検討会（2018年2月）」より、鉄道構造物の老朽化が進む中、列車運行の安全性を確保するためには、効率的なメンテナンス体制の確立が急務であるとの意見が述べられており、鉄道のトンネル検査においては、目視観察・スケッチ記録を補完する方法として、覆工表面を連続的に撮影・記録するシステム等の点検技術が実用化されている。そのような中、小田急電鉄におけるトンネル特別全般検査では、技術者を主体とした入念な目視と打音検査を実施しており、現地調査および変状展開図の作成に時間を要していたことから、検査労力の削減を目指して三菱インフラモニタリングシステムMMSD II（以下、MMSD II という。）の導入を決定した。本稿では、MMSD II の概要、特別全般検査における活用範囲ならびに実施結果について述べる。

2. MMSD II の概要

MMSD II は、三菱電機株式会社で開発した計測システム（写真1）である。軌陸車に8K高解像度ラインカメラと高密度レーザを搭載し、軌道を走行しながら計測することで、高精細な8Kカメラ画像と正確な位置情報を持った三次元点群データを取得できる。これらの計測データを表1に示すソフトウェアで解析することにより、トンネルの劣化や変状を詳細に把握することができる。また、照明を搭載しているため別途照明器具を必要とせず、回送走行速度が25km/h、計測走行速度が15km/hであることから短い時間で現地への移動と計測が可能となる。

3. 特別全般検査における活用範囲

活用範囲を定めるにあたり、トンネル特別全般検査における主な調査項目について、MMSD II の計測性能と従来の調査方法を比較し、表2に示すとおり代替が可能、支援が可能、実施不可の3段階で評価した。

評価結果より、内空断面測定および連続画像撮影を従来点検方法から代替することとし、ひび割れの検出結果を参考資料として活用することで、従来の近接目視を支援することとした。



写真1. MMSD II 計測車両

表1. 解析ソフトウェア

機能	概要
レール検出	三次元点群データからレール位置をmm精度で検出
建築限界測定	場所ごとに適切な限界枠を適用して三次元点群データから建築限界支障を検出
トンネル展開図自動生成	8Kカメラ画像から変状展開図の基礎になる展開図の自動生成
トンネル変状検出	8Kカメラ画像からひび割れ等各種変状を検出
トンネル変状の変化点検出	前回のトンネル全般検査と今回との変化点を検出
トンネル変状等のCADデータ生成	三次元点群データからのCADデータ生成

表2. MMSD II の調査項目

調査項目	従来の調査	MMSD II 計測性能	評価
近接目視	はく離、ひび割れ、材料劣化漏水等の変状を検出	ひび割れのみ検出可能	支援
打音検査	変状検出箇所を対象に実施	打音検査は対象外	不可
ひび割れ調査	幅0.1mm以上のひび割れを検出	幅0.3mm以上のひび割れを検出 最少幅0.1mmまで検出可能	支援
内空断面測定	5mごとに測定	連続的で高精度な測定が可能	代替
連続画像撮影	全方位カメラで撮影 撮影速度1km/h	覆工全面の撮影が可能 撮影速度15km/h	代替
変状展開図作成	検出した変状をスケッチし 人力にて変状展開図を作成	検出したひび割れを含んだ 変状展開図の自動生成が可能	支援

キーワード 鉄道，トンネル，特別全般検査，MMSD II

連絡先 〒160-8309 東京都新宿区西新宿1-8-3 小田急電鉄株式会社 TEL03-3349-2381

4. 実施結果

(1)近接目視 MMS D II の計測結果を参考に近接目視を実施した結果、従来と比較してひび割れ計測、チョーキング、スケッチ記録にかかる作業時間を約20%削減することができた。

(2)ひび割れ調査 計測性能である0.3mm以上のひび割れの未検出が4%(7本/175本)であった。図1のような0.2mm以下の微小なひび割れと併せて、近接目視にて再確認したことにより所定の計測精度を確保することができた。

(3)内空断面測定 図2に示す三次元点群データを取得したことにより、連続的な内空断面測定結果を得ることができた。その結果、全周にわたる建築限界支障の有無を把握することができた。

(4)連続画像撮影 取得したカメラ画像と計測したトンネル形状より、図3のように、画像と貼り合わせたトンネル変状展開図を作成した結果、識別性能を向上させることができた。

(5)変状展開図作成 基礎となる変状展開図を自動生成した結果、報告書作成業務を大幅に効率化することができた。

5. まとめ

実施結果より、MMS D IIを活用してトンネル特別全般検査を実施することで、従来点検と同様の成果を得ながら、現地調査および報告書作成業務の労力を削減することができた。一方で、変状の検出精度を維持するためには技術者に頼らなければならず、従来の現地調査を省略するうえでは重要な課題であると考え。また、導入後初めての計測であったため、MMS D IIによる過去の計測データがなく、差分比較による経時変化を確認することができなかったことから、継続的な活用により計測データを蓄積させることが必要と考える。

今後は、新たな技術の開発や計測精度の向上に伴い、調査箇所のスクリーニングを実施し、打音検査範囲の縮減を図るとともに、AIによる健全度判定を実施することで、さらなる効率化(図5)を目指す。

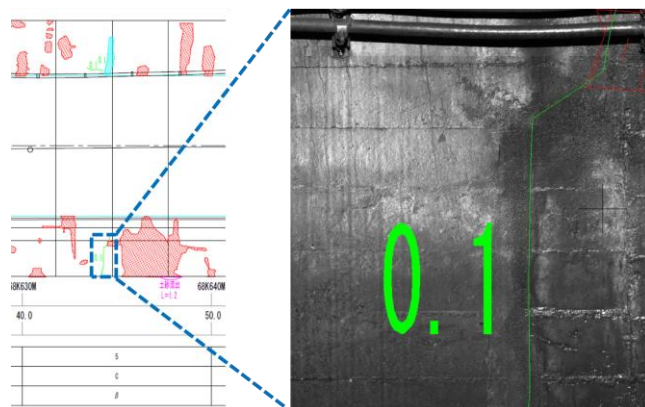


図1. ひび割れ



図2. 三次元点群データ

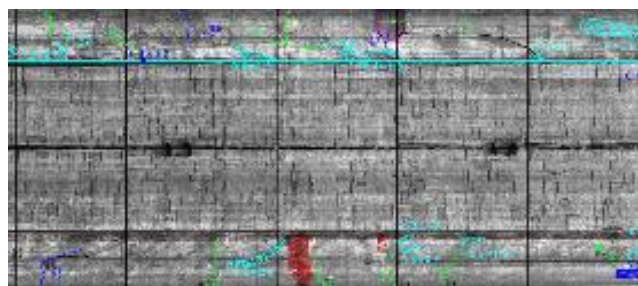


図3. トンネル変状展開図

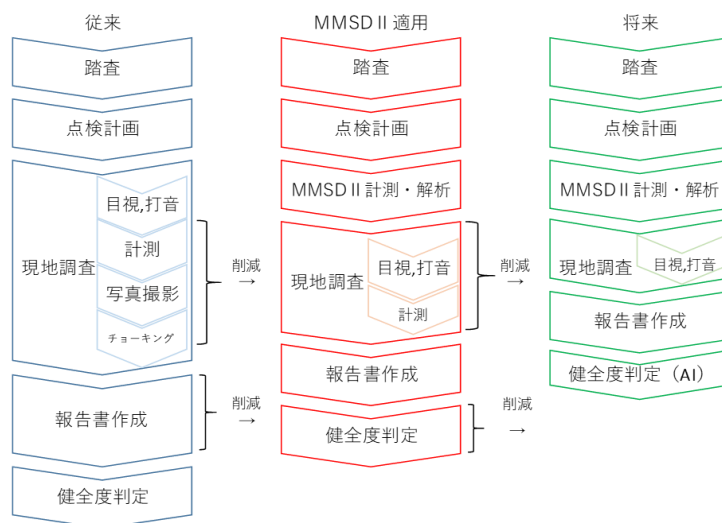


図5. 検査体制の変移

参考文献

- 1) 鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編) トンネル