

新しい新幹線用トンネル覆工表面撮影車の開発と導入

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○森井 広樹
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 滝澤 彰宏
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 菅原 和孝

1. はじめに

当社では、トンネル覆工表面の変状状況を正確かつ短時間で捕捉することを目的として、レーザー計測装置によりトンネル覆工表面の変状状況を画像として記録できる「トンネル覆工表面撮影車 (TuLIS)」を2000年に導入している¹⁾。トンネル検査では、トンネル変状展開図 (以下、展開図) と呼ばれるひび割れなどの変状を図化した資料を活用しているが、撮影車導入以前は、目視検査時の野帳スケッチから展開図を作成していた。そのため、ひび割れ等の位置や形状、時間的変化を正確に押さえることが困難であった。撮影車導入後は、撮影画像から現地との整合が取れた精度の高い展開図作成が可能となり、検査の正確性や効率が向上した。

新幹線用車両の老朽化に合わせて、従来より高精度かつ高速走行でデータ取得が可能で更に新機能を追加した車両を開発・導入したので本稿で報告する。

2. 新型トンネル覆工表面撮影車の概要

2.1 車両概要

新型車両には、トンネル覆工表面の画像に加えて奥行き情報 (覆工表面の凹凸) を同時に計測できるセンサを12個搭載している。トンネル半断面ずつ計測を行い、データを取得する (図-1)。

従来車両との違いは主に以下の3点である。

(1) 高精度なデータの取得

トンネル覆工表面の2次元の画像データと3次元の形状データを1mm間隔で同時に取得可能となった。

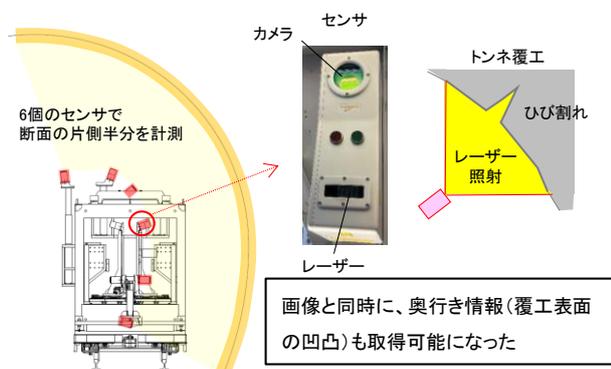


図-1 新型車両概要

(2) 計測速度の向上

計測装置の変更に伴う処理速度の向上により、従来の約2倍となる計測速度20km/hで高精度なデータを取得できるため、計測作業の効率化が達成される。

(3) ひび割れ抽出の自動化に向けた機能の追加

従来は人が撮影画像からひび割れをトレースして図化していたが、ひび割れ把握の効率化と今後の自動化を目指し、新型車両で取得可能なトンネル覆工表面の凹凸情報を用いたひび割れ抽出の補助機能を追加導入した。

2.2 取得データ

取得データの概要を説明する (図-2)。センサ1個につき、約2m幅で1mm間隔のデータ取得を行う。取得された反射輝度断面データと深度形状断面データを連続的に並べることで、反射輝度画像 (2D) と深度形状画像 (3D) が得られる。深度形状画像は、深さデータを濃淡で可視化している。黒が近い点、白が遠い点である。

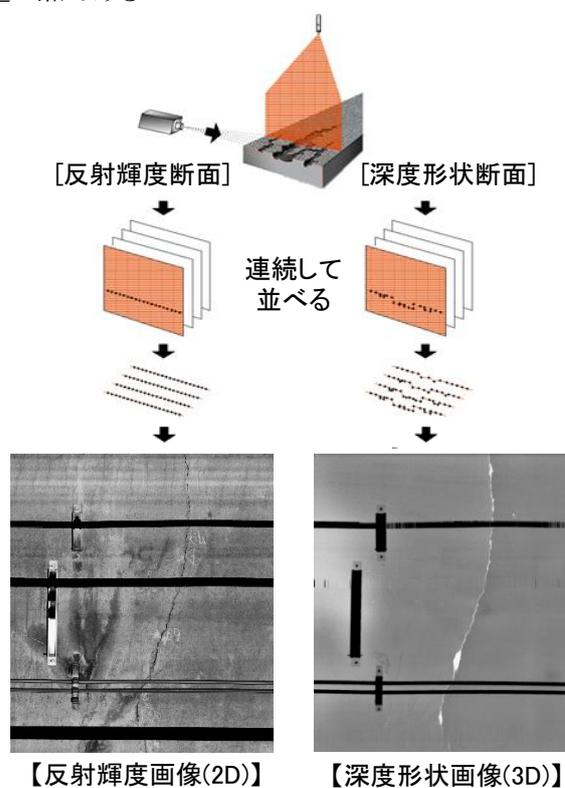


図-2 取得データの概要

キーワード トンネル検査、計測車、ひび割れ抽出

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木二丁目2番2号 J R 東日本旅客鉄道株式会社 TEL 03-5334-1244

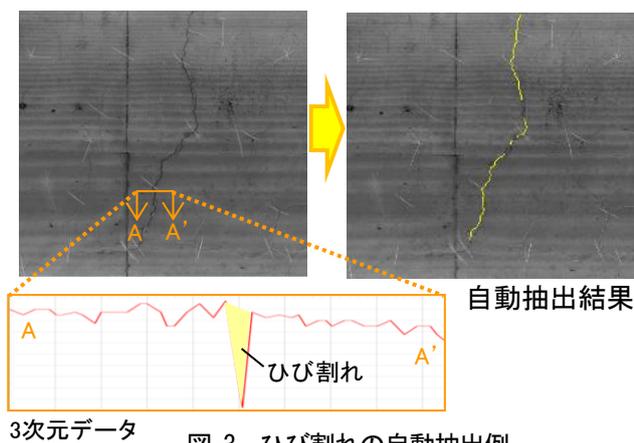


図-3 ひび割れの自動抽出例

2.3 ひび割れの自動抽出機能

取得した3次元形状データを用いた、ひび割れの自動抽出例を示す(図-3)。断面情報(奥行や幅)や連続性からひび割れを抽出しているため、ひび割れ形状によっては抽出できない場合もある。また計測間隔が1mmであることから自動抽出は概ね1mm以上を対象としている。

3. 走行検査

開発した車両を用いて実トンネルでの計測を行い、走行性能とデータ取得可否状況の確認、ならびにひび割れ自動抽出結果の確認を行った。なお、完成した車体での計測状況を図-4に示す。

3.1 対象トンネル選定

断面形状の異なる3種類(複線標準型、円形、箱型)から、それぞれカントの大きいトンネルを選定した。カントとは曲線線形に対して設けられる左右レールの高低差である。車体設計時にも同様の考え方で、複数断面に対して、同一のセンサ配置でトンネル全断面を計測できるように考慮がされている。

3.2 結果

走行検査結果を以下に示す。

(1) 走行性能の確認

走行時の振動状況やブレーキ性能の確認を行った。計測時(15-20 km/h)と回送時(30km/h)のどちらも顕著な振動は発生せずブレーキの効きも良好だった。



図-4 完成車体による計測状況

(2) 全断面でのデータ取得

複線標準断面および円形断面では、設計通りのセンサ配置で全断面のデータを取得できることを確認した。箱型断面では、一部レールレベルが想定より高く、センサと覆工表面との距離が近づく箇所があったため、センサ位置を手動で調整した。その結果、問題なく全断面のデータが取得できた。

(3) ひび割れの自動抽出

全断面データを用いたひび割れの自動抽出結果の確認を行った。複線標準断面のAトンネルにおいて、直線部と曲線部をそれぞれ20mに対して、3回計測を実施した。ひび割れは事前に高所作業車を用いて現地確認を行い、1mm以上のひび割れ箇所と延長を把握している。1mm以上のひび割れの自動抽出率は、80%程度という結果になった(表-1)。

表-1 ひび割れの自動抽出結果(Aトンネル)

	1回目	2回目	3回目	平均値
直線部	77%	79%	80%	79%
曲線部	78%	78%	77%	78%

4. 今後の課題

走行検査の結果を踏まえた今後の課題として、以下が挙げられる。

(1) ひび割れ自動抽出精度の向上

ひび割れの自動抽出率向上を図るとともに、施工目地や打設目地など直線で連続的な深さがある形状の誤抽出低減もしくは機械的な削除手法を検討する。

(2) ひび割れ以外の変状抽出機能の追加

ひび割れ以外の変状についても、撮影データの蓄積により、豆板や叩き落とし箇所等の自動抽出可能な対象を増やしていく。

(3) データの二時期比較

ひび割れ自動抽出結果の二時期比較方法を検討し、変状の進展性と着目箇所を把握した検査に活用する。

5. おわりに

新しい撮影車は、2020年2月から本格的な計測を開始した。この撮影車の導入により、トンネル検査の精度向上が期待され、早く確実な覆工表面の変状把握、適時適切な補強・補修対策の実施が可能となる。今後はトンネル検査技術のさらなる発展を図り、安全・安定輸送に貢献に努めていく。

参考文献

1) 鈴木延彰:トンネル覆工表面撮影者の導入, 日本鉄道施設協会誌, pp.41-4, 2000.8