

トンネル検査時要注意箇所投影装置の製作・検証

鉄道総合技術研究所 正会員 ○清水 達貴 野城 一栄 仲山 貴司
三輪 陽彦 石井 貴大

1. はじめに

鉄道トンネルには、戦前や高度経済成長期に建設されたものが多く、延命化が必要な時代に入っており、管理者により適切な検査と措置が行われている。日々の巡回のほか、定期的な検査（通常全般検査や特別全般検査）が義務付けられ、検査員による目視や打音を通じて、健全度の判定が行われている。しかし、現状では暗いトンネル坑内において、事前に準備した手元の資料と現地を照合しながらの作業となるため、調査に時間を要している。そのため、現地において注視すべき箇所（以下、要注意箇所）を迅速に特定し、検査を効率化することが要望されている。

そこで本研究では、鉄道トンネルの検査の効率化を目的として、図1のようなトンネル覆工の表面に要注意箇所を投影する装置の製作、検証を行った。

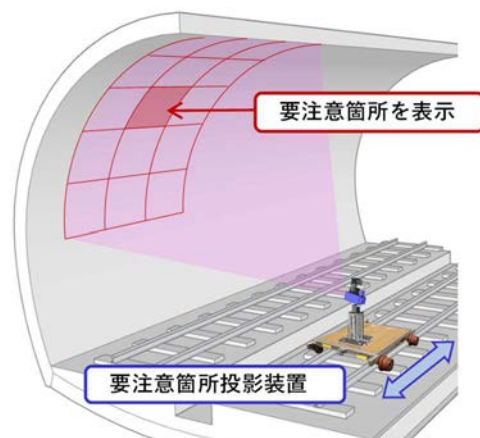


図1 要注意箇所投影装置の模式図

2. 投影装置の概要

製作した要注意箇所投影装置を図2に示す。製作した投影装置は軽便トロの上にプロジェクターを固定するための回転台座、要注意箇所を映し出す超短焦点用プロジェクター、移動距離測定装置およびタブレットPCを搭載する。トンネルの形状や軌道中心から覆工面の離隔は現場ごとに異なり、現地の条件に応じて投影の補正が必要となるが、ソフトウェアで補正を行う仕様としており、プロジェクターは市販品を利用することが可能である。

タブレットPCには要注意箇所投影プログラムをインストールしている。このプログラムは覆工の連続写真からトンネルの要注意箇所を自動判定した結果^{1) 2)}をキロ程やトンネル覆工の曲率、投影距離に合わせて補正したメッシュ図を自動で作成するものである。タブレットPCをプロジェクターに接続し、図3のように覆工表面に赤色のメッシュ図を投影し、要注意箇所を赤く塗りつぶして表示する。このメッシュ図は移動距離測定装置で位置補正される。

移動距離測定装置はロータリーエンコーダとマイコンボードから構成され、ロータリーエンコーダ回転時のパルス信号をマイコンボードで角度に変換し、タブレットPCへシリアル通信する。これにより、図4のように軽便トロに投影装置を搭載した状態で台車を手押しすることで、線路方向の正しい位置に連続して自動投影する。さらに、回転台座によりプロジェクターの角度を調整し、トンネル円周方向にもメッシュ図を調整して投影することも可能にした。



図2 要注意箇所投影装置

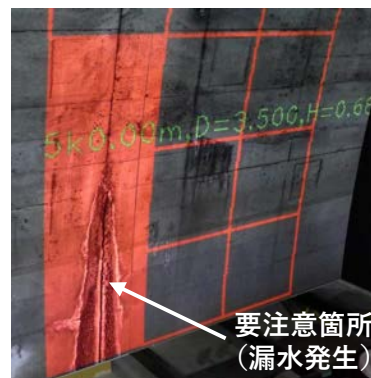


図3 要注意箇所の投影

キーワード トンネル、検査、省力化

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7266

3. 投影の鮮明度の検証

製作に先立ち、実トンネルにおいて要注意箇所が鮮明に投影できるか確認するため、プロジェクターの必要とする光束について検証した。検証は室内照度を現地のトンネル坑内の明るさに近い 30lx 程度に調整し、図 4 のような実際のトンネルの形状と覆工表面の状況を模擬した FRP 製のモックアップにメッシュ図を投影した。表面には実トンネルの覆工表面写真を約 1/3 スケールで縮小印刷したものを貼り付けた。図 5 のようにプロジェクターの光量を調整し、メッシュ図が鮮明に確認できる光束を目視確認した。この結果、プロジェクターの光束が 8,000lm 以上あればメッシュ図が鮮明に目視で確認できた。

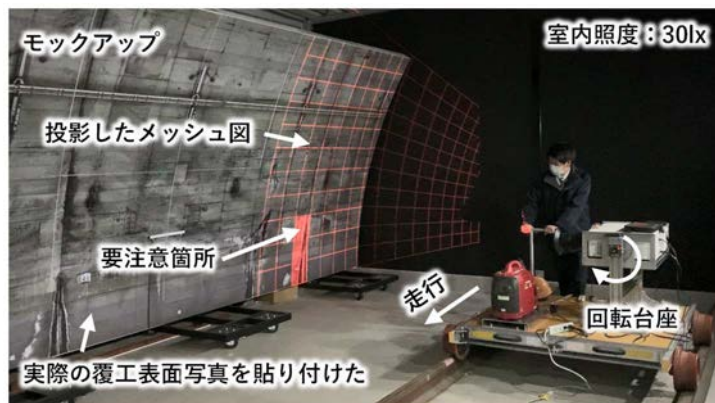


図 4 投影状況

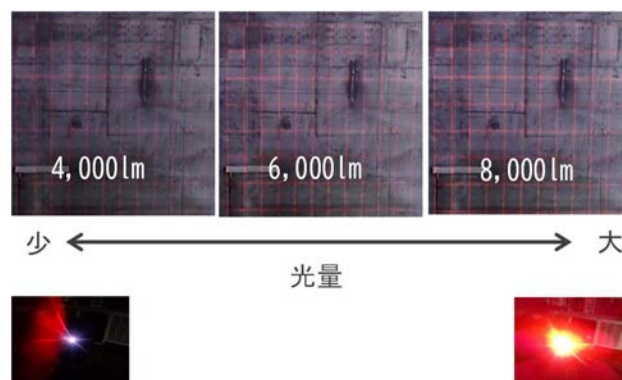


図 5 投影の鮮明度の検証

4. 投影装置の移動精度の検証

投影装置を線路方向に走行させたとき、要注意箇所がずれることなく正規の位置に投影されるか確認するため、投影装置の移動精度について検証した。検証方法は、投影装置を線路上に合計 100m 移動させたときのロータリーエンコーダの測定誤差を確認した。検証の結果、図 6 のように 100m 移動時において表示誤差は 0.16m であった。トンネルでは距離の指標となる目地が 10m~20m 間隔にあり、この目地の位置で適宜位置の補正を行うことができる。この場合の誤差は、0.016m~0.032m となる。これは、実トンネルで検査をする上で十分な移動精度と考えられる。

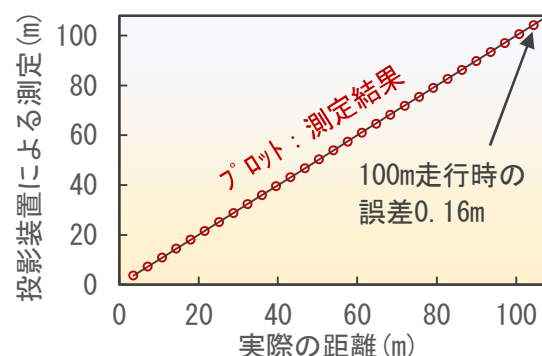


図 6 投影装置の移動精度の検証

5. おわりに

本研究では、トンネルの要注意箇所を投影する装置を製作するとともに、投影の鮮明度の検証、投影装置の移動精度の検証を行った。

今後はプロジェクターの小型化など、投影装置の利便性の向上や、投影装置のコストダウン等について検討する予定である。また、実トンネルにおいて本投影装置を用いた投影検証を行う予定である。

参考文献

- 1) 大原勇, 仲山貴司: ディープラーニングを用いた開削トンネルの健全度自動判定の試行, 第 77 回土木学会年次学術講演会, 2022.9
- 2) 大原勇, 仲山貴司, 三輪陽彦, 清水達貴: ディープラーニングを用いた開削トンネルの健全度自動判定, 第 28 回地下空間シンポジウム, 2023.1

謝辞

本研究は国土交通省交通運輸技術開発推進制度 (JPJ002223) により実施しました。