

トンネル覆工表面撮影手法の検討

西日本旅客鉄道（株）正会員 ○ 井上 英司

西日本旅客鉄道（株）正会員 櫛田 正人

1. はじめに

トンネル覆工表面の検査については、これまで目視検査を主体としてきたが、検査者による判定のバラツキの問題や、検査に時間がかかるといった問題があった。以前から当社では目視に付加するものとして、スリットカメラによる覆工表面撮影を行っていたが、アナログデータのためにその特性に応じた取扱いが必要であった。

そこで、今回、市場に存在するデジタル撮影手法を用いることを前提として、作業の効率化や検査者の技量による影響を排除し、正確な時系列管理が可能な手法を目指して、撮影手法の検討に取り組んだので、その結果を報告する。

2. 開発のコンセプト

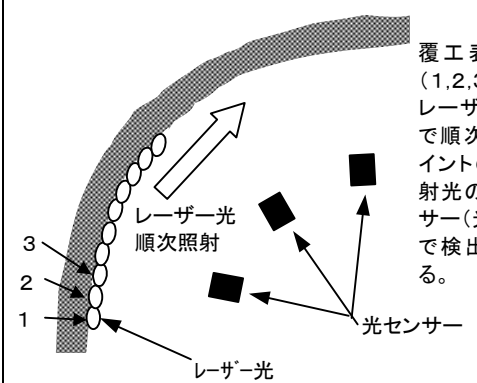
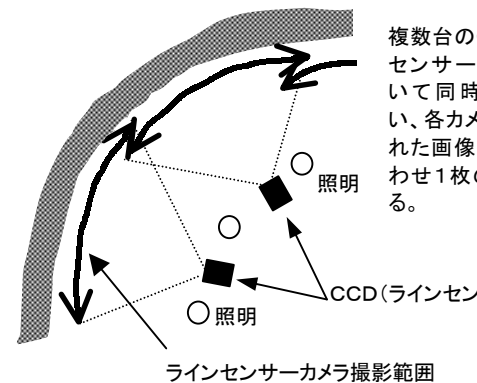
検査作業環境の改善や、検査者による変状判定のバラツキや見落としを無くし、精度の良い時系列管理を行うために、下記に示す項目を満足することを基本（最低条件）とした。

- ・検査の効率化、検査作業環境の改善
- ・1画素1mm撮影が可能（画像分解能1mm）
- ・トンネル形状・覆工表面の明暗（汚れ・漏水等）に影響を受けにくい
- ・変状の時系列管理が可能

3. 検討撮影手法

撮影手法については、現在市場に存在するレーザー方式とCCD（ラインセンサー）方式について検討を行った。表1に撮影手法の概要を、表2に撮影手法の特徴を示す。

表1 撮影手法の概要

撮影法	レーザー	CCD(ラインセンサー)
撮影概要	レーザー光を覆工表面に照射し、その反射光の濃度を光センサー（光電子増倍管）で検知し、順次移動しながら変状の濃度画像を記録する。  覆工表面横断方向（1,2,3...と順番に）レーザー光を超高速で順次照射し、各ポイントの覆工表面反射光の濃度を光センサー（光電子増倍管）で検出し、画像とする。	覆工表面をライトで照射し、進行方向にCCD（ラインセンサー）を用いて順次移動しながら変状の濃度画像を記録する。  複数台のCCDラインセンサーカメラを用いて同時撮影を行い、各カメラで撮影された画像をつなぎ合わせ1枚の画像とする。

キーワード：トンネル覆工表面撮影，レーザー，CCD（ラインセンサー）

連絡先：鉄道本部 技術部 〒530-8341 大阪市北区芝田 2-4-24 TEL06-6375-8924 FAX06-6375-8919

表 2 撮影手法の特徴

撮影法	レーザー	CCD(ラインセンサー)
特徴	・光センサーの感度が良い(ダイナミックレンジが広い) ・焦点合わせが不要 ・それぞれの光センサーで取得した画像を重ね合わせるので、画像のつなぎ合わせが不要(半断面場合) ・撮影時、覆工表面 50 m 程度以下の環境が必要(トンネル内照明を消す必要有り：トンネル内作業時必要)	・撮影時に均一な照明が必要 ・焦点合わせが必要 ・それぞれの CCD の画像取得範囲が決まっているので、それぞれの画像をつなぎ合わせる必要がある ・撮影速度の高速化が比較的容易 ・トンネル内の他作業に影響を受けにくい

4. 検討試験結果

(1) 検討項目

以下の項目について検証試験を行った。

- ・クラック、漏水、汚れ等の検出性能
- ・クラック幅等の検出精度(撮影誤差)

(2) 試験結果

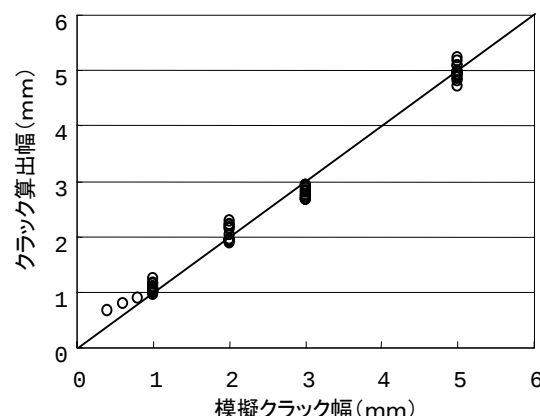
それぞれの手法を用いて模擬クラック及び実トンネルの覆工表面を撮影し、その画質、精度について検証した。(図 1 参照)

その結果、漏水等の検出性能については、画質のみを比較した場合、明瞭な差は見いだせなかった。ただし、レーザー手法は、壁面の影響を受けにくいことが確認できた。これは、ダイナミックレンジが広いことの効果と考えられる。

クラック幅の検出精度については、現状のクラック幅算出のアルゴリズムを用いて、実クラック幅 ± 1 mm 程度の良好な結果が得られた。特にレーザー手法については、クラック幅を可変スリット法¹⁾を用いて算定した場合、模擬クラック撮影試験において模擬クラック幅 ± 0.3 mm 程度という高精度な結果を得ることが確認できた。(図 2 参照)



図 1 トンネル撮影試験風景

図 2 模擬クラックの幅算定検証試験結果
(レーザー方式)

5. 導入手法

当社の場合、検証試験結果で得られたクラック幅の計算精度や使用方法として新幹線と在来線の併用を考えていることから、トンネル覆工表面の状態や形状に影響を受けにくい手法、すなわちダイナミックレンジが広く、焦点合わせの不要なレーザー方式が適していると判断した。

6. 最後に

撮影装置は、トンネル覆工表面検査システムとして平成 13 年度中に導入する予定である。本年 4 月に導入したトンネル保守管理システム「TuMaS」とのリンクを図り、導入後は、要注意箇所等のデジタルデータによるより精度の良い時系列管理が可能となり、検査者によるバラツキが生じない一定レベル以上の検査精度が確保できるものと考えている。

[参考文献]

- 1) 寺田他：「可変スリット法を用いた路面クラックの認識(1)」 情報処理学会第 34 回全国大会