

ラインセンサカメラを使用したトンネル覆工点検システムの開発

西日本高速道路株式会社 正会員 ○竹本 将
 西日本高速道路エンジニアリング九州株式会社 正会員 谷口徹也
 株式会社フジエンジニアリング 正会員 仲田慶正
 株式会社エルゴビジョン 森 直幸

1. はじめに

平成 26 年 7 月 1 日に道路法施行規則第 4 条が改正され、構造物点検は「近接目視により 5 年に 1 回の頻度で行うことを基本」「点検及び診断の結果について、その内容を記録し保存すること」となった。西日本高速道路株式会社（以下、「NEXCO 西日本」という）では現在、西日本管内延長約 740 km の高速道路トンネルに対し、トンネル覆工表面画像を用いることでトンネル詳細点検を効率的に行い、その結果を定量データとして管理している。上記規則の改正により、近接目視点検を重点的に実施しながら更なる点検作業の高精度化と効率化も求められている。そこで NEXCO 西日本では、ハイビジョンカメラを使用した従来技術のトンネル覆工点検システムに代わり、新たにラインセンサカメラを使用したトンネル覆工点検システムを開発した。本稿では、当システムの開発内容について記述する。

2. 高速道路トンネルの覆工詳細点検の流れ

図-1 にトンネル覆工詳細点検の流れを示す。NEXCO 西日本では、近接目視・打音点検を基本とし、その補助として専用の撮影車両で得た覆工表面画像を観察して損傷を抽出・図化した結果を使用している。

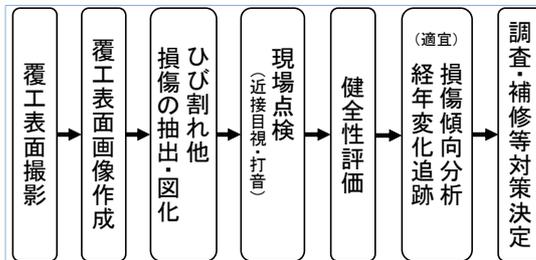


図-1 トンネル覆工詳細点検の流れ

3. 従来型トンネル覆工点検システム

従来型トンネル覆工点検システム（以下、「ハイビジョンシステム」という）は、業務用のハイビジョンビデオカメラとレコーダーを搭載した撮影車両を使用する。撮影走行速度は 5～80 km/h、覆工表面画像は高解像度のカラー画像で、最小ひび割れ視認幅は 0.2 mm 程度である。図-2 にハイビジョンシステム撮影車両を示す。

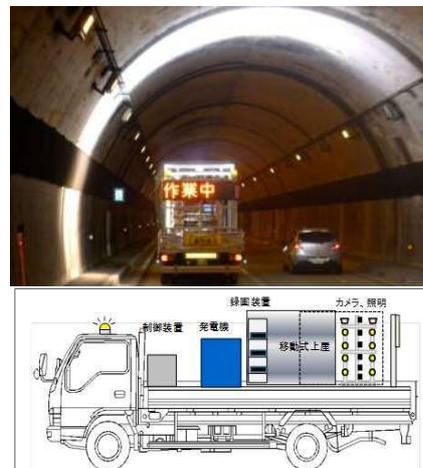


図-2 従来型トンネル覆工撮影車両

4. 新たなトンネル覆工点検システムの開発

4-1 現況と課題

ハイビジョンシステムの現況と課題を表-1 に示す。従来型からのバージョンアップは、「より速く」「より確かで」「より安全に」をコンセプトに、撮影速度の高速度化、画像解像度の向上、お客様への安全配慮、画像合成・損傷展開図の作業省力化を目指して開発を行った。

4-2 開発内容

4-2-1 本システムの構成

本システムは、①7 台のラインセンサカメラを搭載した専用車両で、現地トンネルの覆工表面を走行しながら撮影する「覆工表面画像撮影システム」、②撮影した各カメラの画像を合成する「覆工表面画像合成ソフトウェア」、③合成した覆工表面画像を解析してひび割れを自動的に抽出・図化する「ひび割れ自動抽出ソフトウェア」で構成する。

表-1 ハイビジョンシステムの現況と課題

項目	現況	課題
撮影	撮影速度	80km/h 撮影速度の高速度化 (100km/h)
	撮影機器	ハイビジョンカメラ
高照度照明 (約15000Lx)		お客様への安全配慮 (照明の不可視化)
内業	覆工表面画像作成	多大な合成作業 画像合成の省力化 (作業の自動化と作業ステップの削減)
	損傷展開図作成	人力作業 ひび割れの自動抽出・図化

キーワード トンネル詳細点検、ラインセンサカメラ、赤外線照明、覆工表面画像合成、ひび割れ自動抽出
 連絡先 〒530-0003 大阪市北区堂島 1-6-20 堂島アバンザ 18 階 西日本高速道路(株) TEL06-6344-7095

4-2-2 覆工表面画像撮影システム

本システムの核となる撮影ユニットを開発した。撮影ユニットは、赤外線領域のバンドパスフィルタを設置したラインセンサカメラと赤外線LED照明ユニットで構成している。赤外線領域での撮影により以下の効果が期待できる。

- ① 450nm 付近の波長が最も強い太陽光の影響を 1/5~1/10 に低減できるため、明かり部からトンネル内に進入する際の太陽光の影響を抑制できる。また、トンネル内既設照明光も同様に影響をほとんど排除できる。
- ② 使用する赤外線照明は不可視領域であるため、撮影走行時に周辺を走行するお客様のわき見運転防止に寄与できる。

撮影ユニットを図-3 に示す。新型のトンネル覆工撮影車両は、この撮影ユニットを 7 台搭載し、2 車線トンネル半断面を 1 回で撮影可能である。新型トンネル覆工撮影車両を図-4 に示す。

4-2-3 覆工表面画像合成ソフトウェア

覆工表面画像合成は、①輝度補正、②解像度の不均一、画像の傾きや歪みのキャンセル、③各カメラ画像同士のオーバーラップ部における位置合わせ、の手順で行う。

4-2-4 ひび割れ自動抽出ソフトウェア

本ソフトウェアでは、前処理（輝度の正規化とノイズの除去）、検出処理（ひび割れ幅を想定した線状のテンプレート画像との相関値が高い画素を線領域として検出）、後処理（分割線の接続、ノイズ除去）の 3 ステップにより覆工面のひび割れを自動抽出する。検出処理では、従来の線検出のように物体の輪郭やひび割れよりも太い線には極力反応しない設計としたことにより良好な抽出結果が得られた。

5. 新システムの効果

5-1 覆工表面画像の解像度

本システムとハイビジョンシステムの画像比較結果を図-5 に示す。画素サイズが 1.6mm/画素から 0.5mm/画素に向上したことで、幅 0.2mm のひび割れが鮮明に撮影されている。また赤外線領域での撮影効果として、コケなどが覆工表面に付着している場合も、ある程度透過して撮影可能であることが判った。図-6 にコケ付着箇所でのひび割れ撮影状況を示す。

5-2 ひび割れ自動抽出

ひび割れ自動抽出結果の一部を図-7 に示す。近接目視で幅 0.2mm と判定したひび割れについて、各方向において抽出することができた。手動抽出であったこれまでの作業をある程度自動化することで、作業効率の向上が期待できる。

6. おわりに

本システムの開発により、撮影～ひび割れ自動抽出がある程度実用化できた。今後は、ひび割れ自動抽出精度の向上、ひび割れ以外の損傷の自動抽出、時期の異なる複数回の損傷抽出結果を用いた経年変化の早期把握を目指す。また、近接目視点検結果との比較を行い、近接目視点検の代替え技術となり得るかの検証を行う所存である。

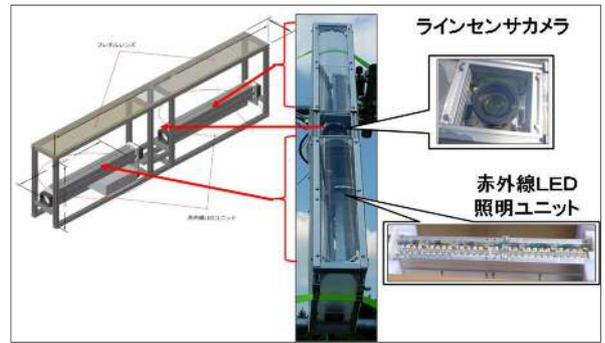


図-3 撮影ユニット



図-4 新型トンネル覆工撮影車両

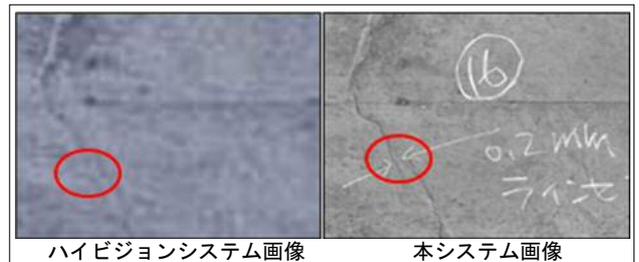


図-5 覆工表面画像比較

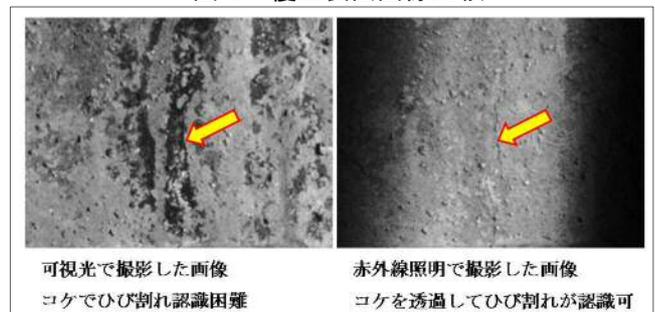


図-6 コケ付着箇所でのひび割れ撮影状況

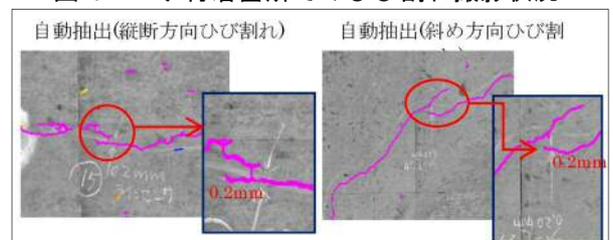


図-7 ひび割れ自動抽出結果