

## トンネル覆工表面画像を用いたひび割れ自動抽出技術の開発

|                       |     |       |
|-----------------------|-----|-------|
| 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 |
| 西日本高速道路株式会社           | 正会員 | 竹本 将  |
| 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           |     | 内田勇治  |

## 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」と規定された。西日本高速道路株式会社（以下、「NEXCO 西日本」という）では、西日本管内延長約740kmという多大な延長のトンネルを管理していることから、トンネル詳細点検の効率的かつ正確な実施が求められている。そこで、近接目視打音点検に先立ち、トンネル覆工表面画像（以下、「覆工画像」という）から予め損傷を把握する手法を導入しているが、更なる近接目視打音点検の効率化及び継続的定量データ管理を目指し、覆工画像を用いたひび割れの抽出技術を開発中である。本稿では、開発中のひび割れ抽出技術について精度検証を行った結果について記述するものである。

## 2. 高速道路トンネルの覆工詳細点検

図-1 に高速道路トンネルの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、その支援として専用の撮影車両で撮影した覆工画像を用いている。覆工画像から損傷を抽出・図化・一次評価して重点点検箇所を選定し、近接目視・打音点検の際に、特に注意して点検を実施している。近接目視・打音点検後は、健全度評価を行い、調査や補修など対策方針を決定する。

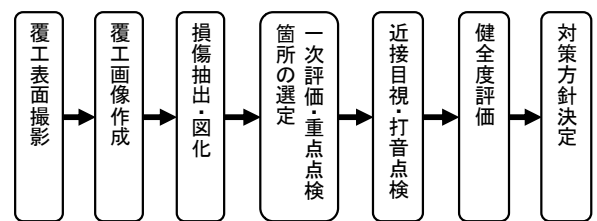


図-1 トンネル覆工詳細点検の流れ

## 3. トンネル覆工点検システム

NEXCO 西日本と西日本高速道路エンジニアリング九州株式会社は、トンネル覆工点検システムを開発した。本システムは、7 台のラインセンサカメラを搭載した「トンネル覆工表面撮影車両(e



写真-1 e QドクターT 外観



写真-2 走行撮影状況

QドクターT)」、撮影した各カメラの画像を合成して覆工画像を作成する「覆工表面画像合成ソフトウェア」、合成した覆工画像を解析してひび割れを抽出・図化する「ひび割れ自動抽出・編集ソフトウェア」で構成している。写真-1 にe QドクターT 外観、写真-2 に走行撮影状況、写真-3 に覆工画像の例を示す。

ひび割れ抽出は次の手順で解析を行う。図-2 にひび割れ抽出手順図を示す。

- (1) ひび割れ抽出・編集ソフトウェアで覆工画像を解析し、自動抽出・図化する。
- (2) 施設物などひび割れ以外に図化したもの（以下、「ノイズ」という）を編集機能で除去する。

なお、ひび割れ抽出ソフトウェアの適用外範囲は、漏水・遊離石灰を伴うひび割れ、煤汚れが多く覆工表面が黒ずんでひび割れが目視確認困難な場合、照明・ラック・補修箇所、ジェットファンなど施設物の裏にあるひび割れ、幅0.2mm未満のひび割れ、である。

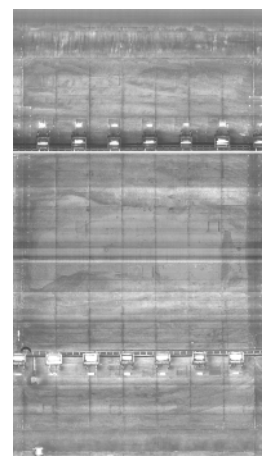


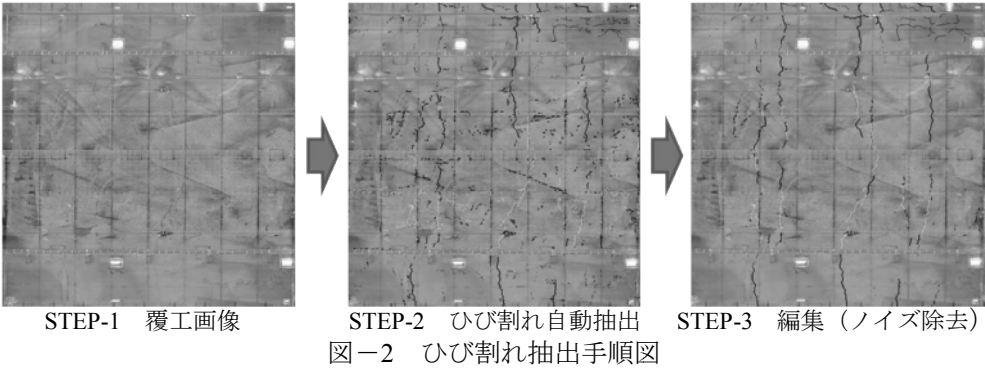
写真-3 覆工画像例

キーワード トンネル詳細点検、ラインセンサカメラ、ひび割れ抽出・図化、共通率

連絡先 〒810-0073 福岡県福岡市中央区舞鶴1-2-22 天神ジャパンビル7階 TEL092-771-1414

4. ひび割れ自動抽出精度検証  
4-1 ひび割れ自動抽出精度検証手順

トンネル覆工点検システムを使用して、ひび割れ抽出延長の精度検証を実施した。実施手順は次のとおりである。表-1に検証対象トンネルを示す。



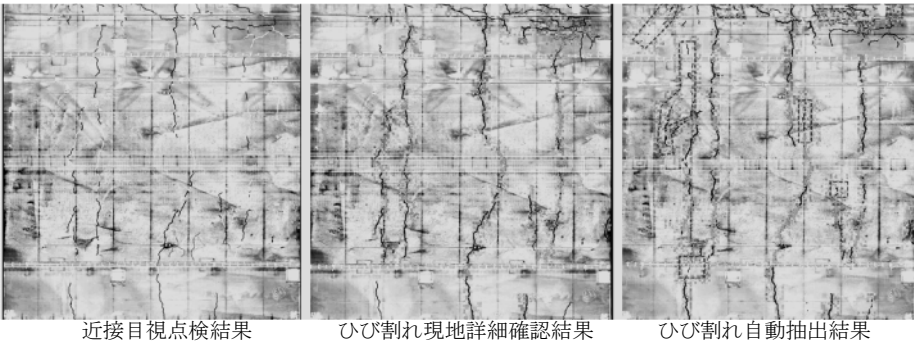
- (1) 検証対象範囲について、近接目視点検結果に基づき、現地ひび割れを詳細確認する。(ひび割れ分布、ひび割れ幅0.2mm以上を対象に記録)(「a」という)
- (2) 覆工表面撮影を行い、検証対象範囲の覆工画像作成・ひび割れ自動抽出(手動編集なし)を行う。(「b」という)
- (3) 「a」と「b」のピクセル数を比較し、「a」を100%として共通する率を算出する。  
$$\text{共通率}(\%) = a/b \times 100$$

表-1 検証対象トンネル

| トンネル | 工法   | 特徴                          | 検証スパン数 |
|------|------|-----------------------------|--------|
| A    | NATM | 煤汚れ平均的                      | 5      |
| B    | 在来   | 煤汚れ平均的、漏水・遊離石灰、コンクリート打設模様顕著 | 5      |

4-2 ひび割れ自動抽出精度検証結果

A トンネルの近接目視点検結果、ひび割れ現地確認結果とひび割れ自動抽出結果の比較例を図-3に示す。A



トンネルの検証結果を表-2に示す。覆工表面の煤汚れが平均的なNATM工法のトンネルにおいて、現地詳細確認結果とひび割れ自動抽出結果との平均共通率は93%となった。図-3ひび割れ自動抽出結果において、点線で囲んだ範囲は、近接目視点検で抽出されなかったひび割れで、現地詳細確認においてひび割れが確認され、そのひび割れを自動抽出できた箇所である。

B トンネルのひび割れ現地確認結果とひび割れ自動抽出結果の比較例を図-4に示す。表-3にBトンネルの検証結果を示す。覆工表面の煤汚れが平均的な在来工法のトンネルにおいて、現地詳細確認結果とひび割れ自動抽出結果との平均共通率は88%となった。Aトンネル(NATM)とBトンネル(在来)の共通率はほぼ同等となったが、わずかな差の原因としては、コンクリート打設で生じた模様上に生じたひび割れが、コンクリート面とひび割れのコントラスト不足により抽出されなかったと考えられる。

5. おわりに

本検証により、前述の条件下においては、近接目視点検結果に近いひび割れの抽出が可能であることが分かった。今後は、煤汚れが多いトンネルでの検証、抽出精度を保持しながらのノイズ低減技術の導入により、近接目視点検の支援技術として確立する所存である。

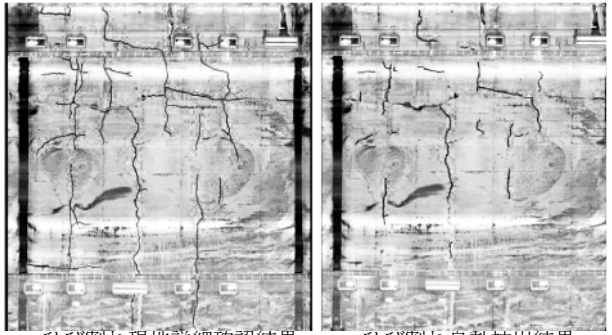


表-2 Aトンネルひび割れ自動抽出整合率

| スパンNo. | 現場確認結果<br>(ピクセル数) | ひび割れ自動抽出結果 |        |
|--------|-------------------|------------|--------|
|        |                   | ピクセル数      | 整合率(%) |
| 1      | 156523            | 150241     | 96     |
| 2      | 255602            | 245389     | 96     |
| 3      | 170393            | 156743     | 92     |
| 4      | 134652            | 125209     | 93     |
| 5      | 132512            | 117935     | 89     |
| 平均     |                   |            | 93     |

表-3 Bトンネルひび割れ自動抽出整合率

| スパンNo. | 現場確認結果<br>(ピクセル数) | ひび割れ自動抽出結果 |        |
|--------|-------------------|------------|--------|
|        |                   | ピクセル数      | 整合率(%) |
| 1      | 681985            | 588553     | 86     |
| 2      | 196648            | 181523     | 92     |
| 3      | 426363            | 391786     | 92     |
| 4      | 494301            | 447468     | 91     |
| 5      | 327546            | 262089     | 80     |
| 平均     |                   |            | 88%    |