

## 画像解析技術を用いたトンネル覆工コンクリートのひび割れ調査

大成建設(株)土木技術研究所 フェロー会員○丸屋 剛 正会員 堀口 賢一 非会員 小山 哲  
国土交通省関東地方整備局横浜国道事務所 正会員 澤 健男

## 1. はじめに

目視点検作業に要する時間や費用の効率化、ひび割れの定量化や検出精度向上を図るため、トンネル覆工コンクリートをデジタルビデオカメラで撮影し、ウェーブレット変換を用いた画像解析手法によりひび割れ検出する技術<sup>1)</sup>の実用化を検討した。本手法は自動処理により人為的な判断が介入しないため、ばらつきの少ないひび割れ評価が可能である<sup>2)</sup>。国道246号線山北バイパスのトンネルを対象に本手法の有効性の検証を行った。

## 2. 調査概要

対象としたトンネルは2003年に竣工した延長325mの2車線道路トンネルである。本調査では、目視観察および撮影画像からのトレース、撮影画像からウェーブレット変換を用いた画像解析の3つの方法よりひび割れ展開図を作成し、ひび割れの発生状況やひび割れ幅の比較を行った。

### 1) 現地撮影

13台のデジタルビデオカメラ、録画装置、照明器および発電機などを4tトラックに搭載し、時速10~20kmで走行しながらコンクリート覆工面を撮影した。ひび割れ0.3mm以上の検出や画像処理作業の効率化を考慮して、空間分解能1.5mm/pixelで撮影を行った。現地撮影状況を写真-1に示す。

### 2) 撮影画像処理

デジタルビデオカメラから録画された動画画像を静止画像に変換し、トンネルの延長および円周方向に画像データを繋ぎ合わせ、覆工面全体の撮影画像を作成する。

### 3) ひび割れ画像解析

覆工面全体の画像データから約10mごとに32分割したセクション単位の画像を作成し、ウェーブレット変換とひび割れ判定処理を行い、二値化画像を作成する。この画像に細線化処理、ひび割れ幅推定処理、dxfファイル作成処理を行い、AutoCADでひび割れ展開図を作成する。



写真-1 撮影状況

## 3. 解析結果

ひび割れ展開図の作成として、以下に示す(a)~(c)の3つの方法が挙げられる。

### (a) 撮影画像から画像解析する方法

撮影画像からひび割れ画像解析を行い、AutoCADで展開図を作成する。この方法は人為的な判断を介さずに効率的な処理ができ、ばらつきの少ない定量的で高精度なひび割れ評価が得られる。しかし、コンクリート型枠跡や汚れなどを除去するための後処理が必要となる。

### (b) 撮影画像からトレースする方法

撮影画像から作図ソフトを用いてひび割れをトレースして展開図を作成する。高精度なひび割れを抽出できるが、トレースする際の人為的な判断が介入し、画像解析の方法に比べてばらつきの生じる可能性が高い。

### (c) 目視観察からトレースする方法

この方法は画像解析や作図ソフトなどを必要とせず簡易的に調査できるが、スケッチやトレースする際に人為的な判断を必要とする場合が多く、定量的なひび割れを評価することが難しい。

以下、ひび割れの発生状況とひび割れ幅の検討を行った。

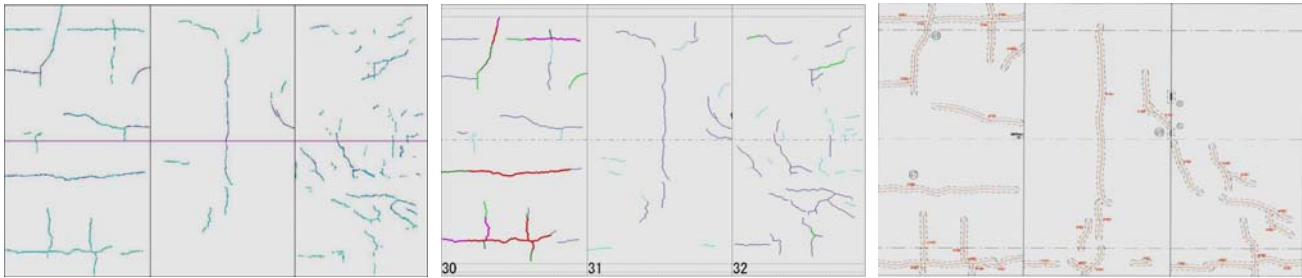


図-1(a) ひび割れ展開図(画像解析) 図-1(b) 撮影画像のトレース 図-1(c) 目視観察のトレース

1) ひび割れ発生状況

方法(a)～(c)で作成したセクション No.30～32 のひび割れ展開図を図-1(a)～(c)に示す. 方法(a)と(b)は同様のひび割れ発生状況を示しているが, 方法(c)はひび割れの見落としが幾つもあり, 他の2つの方法に比べてひび割れ検出精度が劣っている.

図-1(a)と(b)における 0.3mm 以上のひび割れ幅の延長は定量的に良く一致しており, 比較結果を表-1 に示す.

2) ひび割れ幅

No.30の天端部分に2.0mmのひび割れが見られるが, 全般的に0.3～0.5mmのひび割れが多く発生している. 図-1(a)のひび割れ幅は測定値と一致しており, 同様に図-1(b)はNo.31～32で一致しているが, No. 30ではひび割れ幅を大きめに評価している. 方法(a)と(b)のヒストグラムを図-2に示す.

(a), (b)の方法は良く合致しているが, (b)のトレースの方法でひび割れ1.0mm以上は14%を占めているのは, セクションNo.30でひび割れ幅を大きめに判断しているからである.

図-3に方法(a)と(b)のセクション毎のひび割れ延長のヒストグラムを示す.

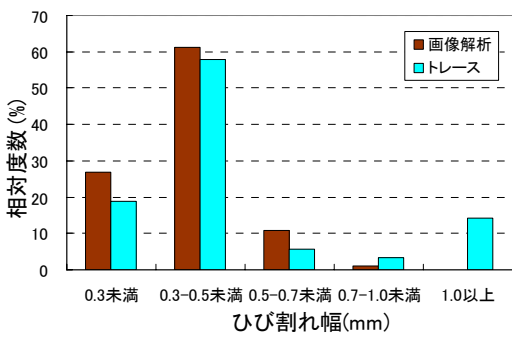


図-2 ひび割れ幅のヒストグラム

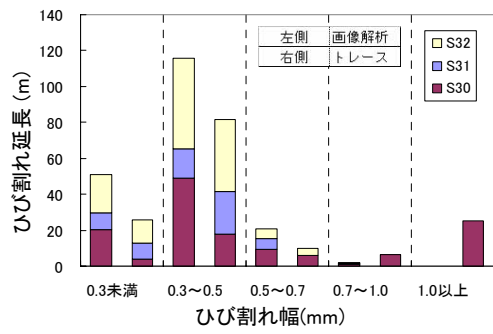


図-3 ひび割れ延長のヒストグラム

4. まとめ

3種類の方法で作成したひび割れ展開図を比較し, 得られた結論は以下の通りである.

- 1)空間分解能1.5mm/pixelの撮影画像から, 0.3mm以上のひび割れ検出が十分可能である.
- 2)ひび割れ発生状況は, 撮影画像から作成した2つの方法は良く合致し, ばらつきの少ない定量的かつ高精度なひび割れ評価が可能である. 一方, 目視観察による方法は他の2つの方法に比べて検出精度が劣っている.
- 3)ひび割れ幅は, 撮影画像からトレースした方法は画像解析による方法よりも相対的にひび割れ幅を大きく評価する傾向が見られる.
- 4) ウェーブレット変換を用いた画像解析手法をひび割れ調査に適用することにより, ひび割れを定量的, 客観的に評価することができ, 適切で効率的な維持管理が可能であると考え.

参考文献

1) 丸屋 剛, 堀口賢一, 小山 哲, 澤 健男: ウェーブレット変換を用いた床版コンクリートのひび割れ調査の実用化, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.691-696, 2007.

2) 丸屋 剛, 堀口賢一, 小山 哲, 澤 健男: 床版コンクリートのひび割れ調査への画像解析技術の適用, プレストレスコンクリート, Vol.50, No.2, pp.85-91, 2008.

表-1 ひび割れ幅の延長

|       | No.=30 | No.=31 | No.=32 |
|-------|--------|--------|--------|
| 方法(a) | 59.5m  | 23.1m  | 55.6m  |
| 方法(b) | 55.6m  | 23.8m  | 43.5m  |