

走行式トンネルコンクリート点検システムに関する研究（その3） ハイビジョン画像からひび割れを抽出するための最適画像処理方法の検討

竹中技術研究所* 正会員 岡田 正美 正会員 米澤 敏男
 正会員 大野 定俊
 ニコン技術工房** 正会員 小出 博
 京都大学大学院*** 正会員 朝倉 俊弘

1. はじめに

トンネル内の覆工コンクリートの落下事故をはじめとするコンクリート構造物の劣化現象が社会的に大きな問題となっている。そこで、筆者らはハイビジョンカメラ、サーモグラフィ、電磁波レーダを走行車両に搭載し、走行しながら覆工コンクリートの表面から内部に至る欠陥情報を合理的に検知する方法について研究を行っている。本報告は、このうちハイビジョンを用いて、各種のひび割れを配置し製作した模擬欠陥トンネルを走行撮影し、撮影したデジタル画像からひび割れを抽出するための画像処理手法の最適化を検討した結果をまとめたものである。

2. 実験概要

実際に剥落した事例を含む覆工コンクリートの代表的なひび割れをモデル化し、図 2 に示すように配置し製作した模擬欠陥トンネルにて、ハイビジョンによる走行撮影実験を行った。撮影したデジタル画像からトンネル内の各種ひび割れを抽出するための最適画像処理方法を表 1 に示すような水準で評価した。シャッター速度、照明、照度など各種設定条件は、予備実験から本撮影に最適と判断された表 2 に示す値とした。ハイビジョンのシステム構成を図 - 3 に示す。走行して撮影したハイビジョン画像をHDビデオレコーダーに録画し、併せて計測したカメラの位置情報よりひび割れを含む必要な画像のみをキャプチャーし、その静止画像にて画像処理の検討を行った。

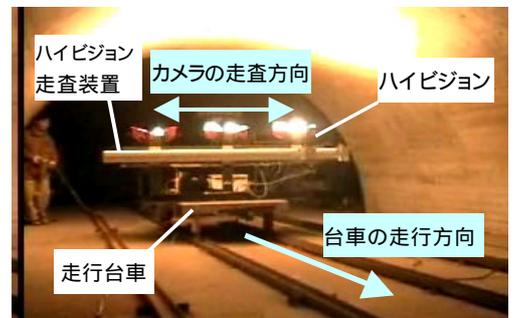


図 1 模擬欠陥トンネル撮影実験状況

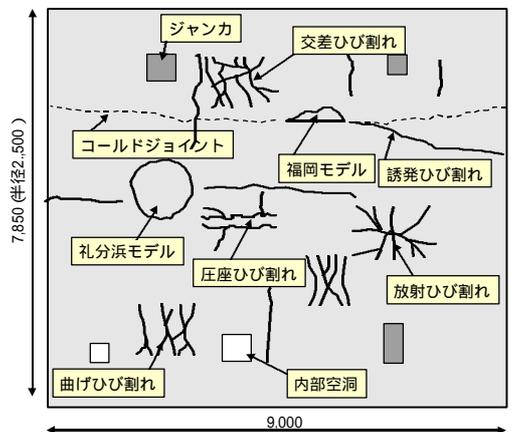


図 2 模擬欠陥トンネルひび割れ図

表 1 実験計画表

要因	水準
ひび割れの種類	誘発ひび割れ、礼文浜モデル、交差ひび割れ、圧座ひび割れ、曲げひび割れ、福岡モデル、放射ひび割れ
ひび割れ幅	0.04mm ~ 5.0mm
画像処理方法	部分分割処理、2段階処理、エッジ強調、背景スムージング、複合処理 (エッジ強調 + 背景スムージング)

表 2 ハイビジョン撮影条件

撮影画角	走行速度	シャッター速度	絞リ値	照明	照度
100cm x 56cm	5km/h	1/2000秒	4	ハロゲンランプ	2000lx

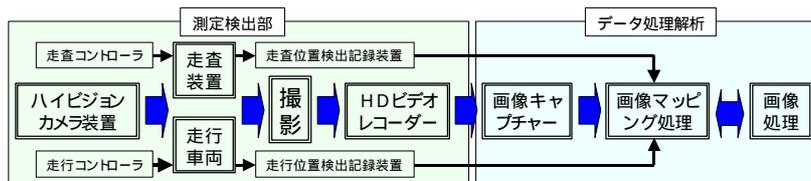


図 3 ハイビジョンシステム構成図

キーワード：ハイビジョン、ひび割れ、調査診断、画像処理、覆工コンクリート

連絡先：* 千葉県印西市大塚 1-5-1, TEL0476-47-1700, FAX0476-47-3080
 ** 神奈川県横浜市栄区長尾台町 471, TEL045-853-8535, FAX045-853-8484
 *** 京都府左京区吉田本町, TEL075-753-5012, FAX075-753-5065

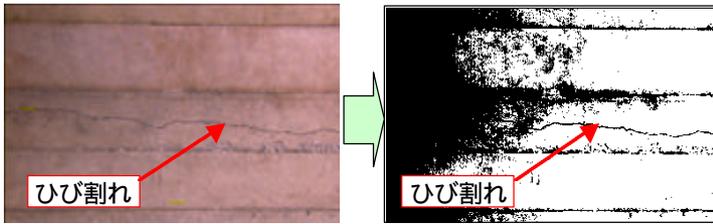


図 4 単純 2 値化例 (不均一な照度分布)

3. 実験結果

撮影したデジタル画像からひび割れを抽出するためには、背景(白)とひび割れ(黒)の画像に変換する方法(2値化)¹⁾が一般的である。しかし、照度が不均一である場合や表面に汚れがある場合など、単純に2値化処理のみではひび割れを抽出することが困難であることが知られている。(図 4 参照)この抽出を困難とする影響を低減する方法として、表 1 に示すような各種画像処理が考えられ、その効果についての評価を実施した。照度分布が均一となるように処理面積を細かく分割する部分分割方法や、照度分布が異なる箇所を別々に2度に分けて処理する2段階処理方法(表 3)では、ひび割れはある程度抽出できるものの、型枠線や分割のしきい線も同時に強調されるなどの問題があった。また、輝度値の微分処理より得られる急激な変化点(ひび割れ部)を強調するエッジ強調処理や背景の輝度値を平滑化する背景スムージング処理(表 3)では、の処理方法に比べてひび割れは強調されるが、同様にノイズや型枠線も強調される結果となった。しかし、背景とひび割れ部を複合的に処理した(表 3)画像においては、ひび割れ以外の情報が比較的精度良く消去され、ひび割れの抽出に適していることが明らかとなった。

画角を 100cm×56cm で設定し、模擬トンネル内を 5km/h 程度で走行し撮影した画像から、先述の複合処理によりひび割れを抽出した結果を表 4 に示す。この結果、幅 0.15mm 程度以下のひび割れは検知するのは困難であったが、それ以上のひび割れについては検知することができ、幅 0.3mm 程度以上では、ひび割れ幅など詳細まで認識できることがわかった。

4. まとめ

- 1) ハイビジョン画像(画角 100cm×56cm)を複合画像処理(エッジ強調+背景スムージング)した後、2値化することにより効果的にひび割れを抽出することが可能となった。
- 2) 模擬欠陥トンネルにおける走行撮影実験から、5km/h でひび割れを検知できることが確認できた。

<謝辞> 本研究は、運輸施設整備事業団「運輸分野における基礎的研究推進制度」の平成 11 年度(第二次募集)研究課題「走行式トンネルコンクリート点検システムに関する研究」の成果の一部であり、ご協力いただきました皆様に感謝の意を称します。

(参考文献) 1) 高木他：画像解析ハンドブック, 東京大学出版会

表 3 画像処理検討結果

画像処理	2値化処理画像	評価
部分分割処理		
2段階処理		
エッジ強調		
背景スムージング		
複合+		

表 4 模擬欠陥トンネルひび割れ抽出結果

No.	ひび割れ	ひび割れ幅(mm)	検知
1-1	誘発ひび割れ	1.8~2.0	○
1-2	誘発ひび割れ	1.0~1.2	○
1-3	誘発ひび割れ	0.7	○
1-4	誘発ひび割れ	0.06~0.1	×
1-5	誘発ひび割れ	1.1	○
1-6	誘発ひび割れ	0.25~0.45	○
1-7	誘発ひび割れ	0.15~0.2	○
1-8	誘発ひび割れ	0.06~0.1	×
1-9	誘発ひび割れ	0.35	○
1-10	誘発ひび割れ	0.7~1.2	○
2	礼文浜モデル	1.0~5.0	○
3-1	交差ひび割れ	0.06~0.1	×
3-2	交差ひび割れ	0.2~0.3	○
4-1	圧座ひび割れ	0.7~1.0	○
4-2	圧座ひび割れ	0.2~0.25	○
4-3	圧座ひび割れ	0.06~0.08	×
5-1	曲げひび割れ	0.1	×
5-2	曲げひび割れ	0.15~0.2	×
5-3	曲げひび割れ	0.3	○
5-4	曲げひび割れ	0.08	×
6	福岡モデル	1.0~5.0	○
7-1	放射ひび割れ	0.15	×
7-2	放射ひび割れ	0.1	×
7-3	放射ひび割れ	0.3	○
7-4	放射ひび割れ	0.04~0.08	×

○: ひび割れ幅など詳細まで検知可能
 ○: 検知可能
 ×: 検知不可能