

斜張橋の斜材点検ロボットの性能について (その2)

西松建設(株) 正会員 ○迫 綾子, 西松建設(株) 正会員 原田 耕司
 西松建設(株) 盛重 知也
 佐賀大学 正会員 伊藤 幸広, 佐賀大学 学生会員 志岐 和久

1. はじめに

著者らは、本題目のその1で紹介したように、斜張橋の斜材表面を点検・調査するロボットを開発した。ロボットの仕様を表-1に示す。ロボットは内蔵の電動モーターで斜材を昇降しながら、斜材の全周を内蔵カメラで動画として撮影する。撮影された動画はSDカードに保存できるので、後日動画から静止画を切り出し、損傷の大きさを画像解析によって求めることができる。斜材表面の損傷の形状・寸法は、腐食環境の評価や補修設計の重要な指標となるため、画像解析の精度を確認することが必要である。

表-1 ロボットの仕様

項目		仕様
外形寸法		566×566×566mm(突起物を除く)
質量		31.6kg
昇降装置	方式	斜材をガイドとし電動モーター駆動による自走式
	モータートルク	3.9N・m
	速度	2.5(m/min)[昇り]
カメラ	機器	ワイヤレス CMOS カメラ
	画像	動画(AVI形式), SDカードに保存可能
走行距離測定方法		内蔵距離計
電源		VRLA(制御弁式)バッテリー 4.4kg

その1で実際の現場調査の環境を考慮したロボットの走行性能について述べたので、本稿では、画像解析の精度確認実験の概要および結果について述べたあと、実橋梁への適用例について報告する。

2. 撮影画像解析の精度確認実験

2-1 実験概要

画像解析で斜材表面の損傷等の大きさを内蔵カメラで撮影した動画から損傷がある箇所の静止画を切り出し、画像処理ソフトを用いて画像のピクセル数から求めるので、この解析方法の精度を検証する実験を行った。実験に使用した擬似損傷には、円形タイプと線形タイプの2つの形状の損傷を用いた。精度の検証は、擬似損傷の大きさを画像による解析値と実際にノギスで計測した値を比較することにより行った。

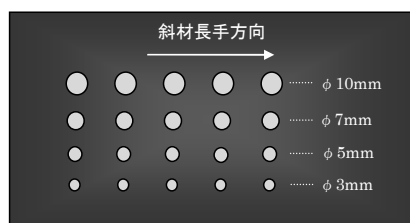


図-1 損傷の種類と配置

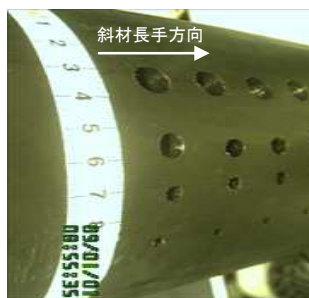


写真-1 静止画像の例

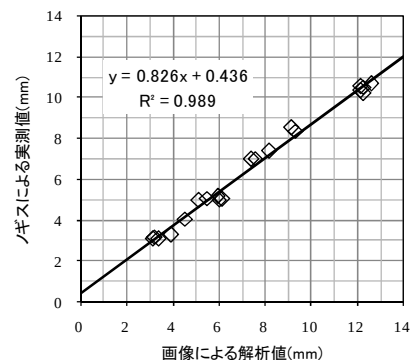


図-2 円形タイプの検証結果

2-2 実験結果

(1) 円形タイプの場合

斜材表面にφ3mm, φ5mm, φ7mm およびφ10mmの円形の擬似損傷を図-1に示すような配置で設けた。この擬似損傷をロボットの内蔵カメラで撮影し、撮影動画から切り出した静止画像の例を写真-1に示す。このような画像から求めた損傷の大きさと実際の大きさを比較したものを図-2に示す。本実験での最大の誤差はφ10mmの対してで、2.04mmであった。結果の単回帰式の傾きは0.826で、決定係数は0.989であった。画像解析による解析値は実際の値より15~20%程度大きく計測されたので、損傷の大きさの推定には補正が必要であることがわかった。

キーワード 斜張橋, 斜材, 非破壊検査, ロボット

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門 1-20-10 西松建設株式会社 TEL 03-3502-0249

(2) 線形タイプの場合

次に線形タイプの模擬損傷を用いて検証を行った。この実験ではロボットの屋外での操作性も調べるために、屋外に模擬斜材を設置し実験を行った。斜材の傾斜角は 30° とし、斜材表面に図-3に示すような擬似損傷を設けた。損傷の種類は、円周方向および長手方向の長さが 20, 40, 60 および 80mm の 4 ケースで、いずれも幅 1.1mm, 深さ 0.5mm の溝である。

図-3の損傷を斜材の2箇所にて、2台のカメラ(カメラA, B)で動画を撮影し、円周方向と長手方向についてそれぞれ画像による解析値とノギスによる計測値を比較した。また、準備から計測までの作業性も確認した。

円周方向の損傷についての実験結果を図-4に、長手方向についての実験結果を図-5に示す。どちらの結果も単回帰式の傾きが1に近く、決定係数が0.99以上と高い相関性が見られ、損傷の方向による解析結果の違いはないことがわかった。

損傷の長さが長くなるほど誤差が大きくなり、長さ80mmのときに誤差が最大になった(円周方向は6mm, 長手方向は3.7mm)。この理由としては、損傷が長くなるほど画像処理の段階において損傷の端部が特定しづらくなるためと考えられる。

作業性に関しては、バッテリー取付けなどの準備から、斜材へのロボット取付け・走行までに要した時間は20分程度であり、操作も簡易で作業性は良好であった。

3. 実橋梁での調査

3-1 調査概要

本題目のその1で検証した走行性能と、本稿で検証した画像解析の精度から、開発したロボットは実際に調査を行うのに十分な能力を有していることを確認した。そこで、実橋梁の斜材の調査を行い、実用性を改めて確認した。

対象とした橋梁は1991年に完成した3径間連続PC斜張橋である。橋長は370m, 橋高は81.75mで、全部で80本の斜材を有している。斜材の長さは、最短が約10mで最長が約100mである。調査は最長の斜材で行った。

3-2 調査結果

調査状況を写真-2に示す。長さが約100mの斜材であったが、走行中の不具合はなく昇降し、斜材の全周を撮影することができた。撮影画像の状態は良く、斜材表面をよく観察することができた。作業性も試験時と変わらず良好であった。

4. まとめ

撮影画像解析の精度確認実験を行った結果、解析値に補正をかけることで実際の損傷の大きさを推定できることがわかった。実橋梁の斜材を撮影した結果も良好で作業性も実験時と変わらないことを確認した。

本実験の結果とその1で報告した走行性能の結果を併せて、開発したロボットは実用性のあるロボットであることが示された。

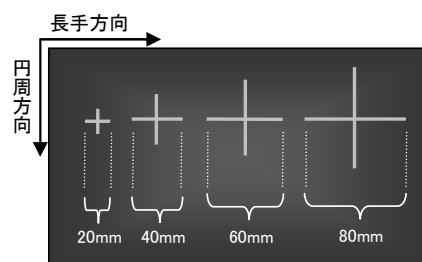


図-3 損傷の種類と形状

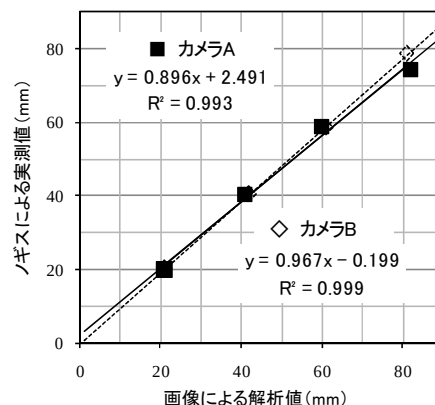


図-4 線形タイプ(円周方向)の検証結果

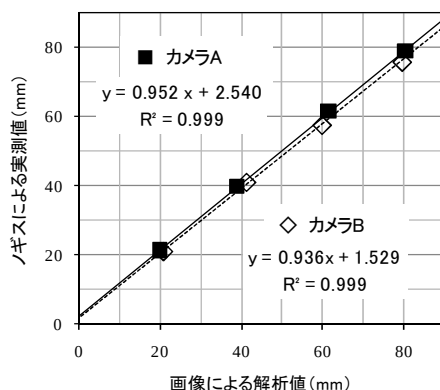


図-5 線形タイプ(長手方向)の検証結果



写真-2 実斜材の調査状況