

誘導加熱装置を用いたデジタル画像相関法による鋼材の亀裂検知に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○草野孝俊

長崎大学 正会員 出水亨 森田千尋 松田浩 佐賀大学 正会員 伊藤幸広

1. はじめに

近年、鋼橋における鋼床版等の部材に疲労亀裂の発生が増大している。疲労亀裂は、発生部位によっては、進展すると脆性破壊を引き起こし、橋梁の安全性に重大な影響を及ぼす恐れがある。したがって、早い時期で発見し、適切な処置を行うことが重要である。

橋梁の実現場で多く用いられている亀裂の検査手法として磁粉探傷試験や浸透探傷試験等がある¹⁾。しかし、これらの手法は、検査時間を要する、検査範囲が狭い、塗膜を除去する必要がある²⁾等の問題がある。

そこで、本研究ではデジタル画像相関法(以下、DICM)を用いて、新しい亀裂欠陥検知法の開発を進めてきた。本手法は、誘導加熱装置を用いて構造物の表面や内部の亀裂を開閉させ、その挙動を DICM で計測することで亀裂を検知するというものである。昨年度までは、産業用カメラによる計測を行ってきたが、今年度は実用化に向け、より安価で手に入る市販のデジタルカメラを用いて、本手法による亀裂検知を行うことを目的とし、研究を進めてきた。

2. 産業用カメラと市販のデジタルカメラとの計測比較

2.1 試験概要

昨年度までの産業用カメラでの亀裂検知と同様に市販のデジタルカメラでも可能であるかを検証するため、それぞれのカメラを用いて亀裂検知の比較を行った。

試験には寸法 650×300×12.2mm、表面亀裂長さ85mm(SS400)の試験体を用いた。試験体概要図を図1、亀裂拡大写真および亀裂概要を写真1、表1に示す。

産業用カメラと試験体との距離は800mmとし、撮影解像度は0.045mm/pixel、Nikon 1 V3(ニコン社)と試験体との距離は620mmとし、撮影解像度0.02mm/pixelに設定した。また、計測に関しては、サーモグラフィ装置で加熱装置の電源を入れる直前から切った直後まで2分間撮影した。DICMに関しては、加熱を始める前の初期画像と加熱を止めた直後の画像を撮影した。なお、加熱位置は写真2に示す2つのパターンで行った。

2.2 試験結果

パターン1のDICMによって得られた産業用カメラのy方向2点間距離変化率分布を図2(a)に、市販のデジタルカメラのy方向2点間距離変化率分布を図2(b)に示す。図2(a),(b)より、計測精度に差は見られるものの共に亀裂が検知できていることが分かる。

パターン2のDICMによって得られた産業用カメラのy方向2点間距離変化率分布を図3(a)に、デジタルカメラのy方向2点間距離変化率分布を図3(b)に示す。図3(a),(b)より、計測精度に差は見られるものの共に亀裂が検知できていることが分かる。

以上の結果より、産業用カメラと同様に市販のデジタルカメラでも亀裂検知が可能であることがわかる。

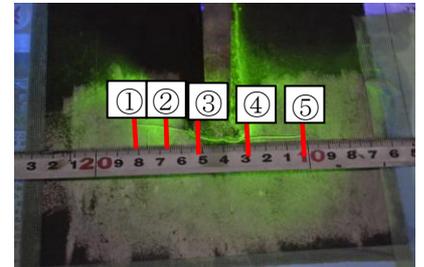
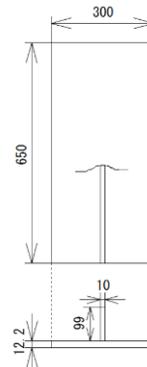


図1 試験体概要図

写真1 亀裂拡大写真[mm]

表1 亀裂概要

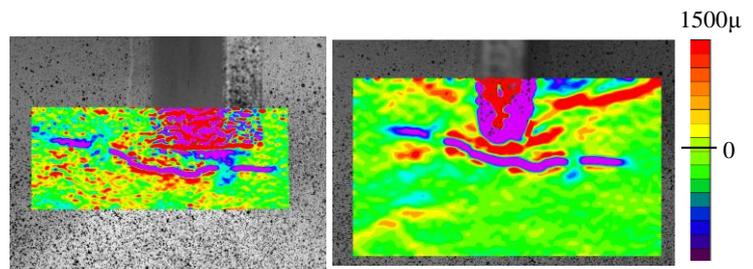
	①	②	③	④	⑤
亀裂幅 [mm]	0.01	0.03	0.05	0.02	0.01



(a) パターン1

(b) パターン2

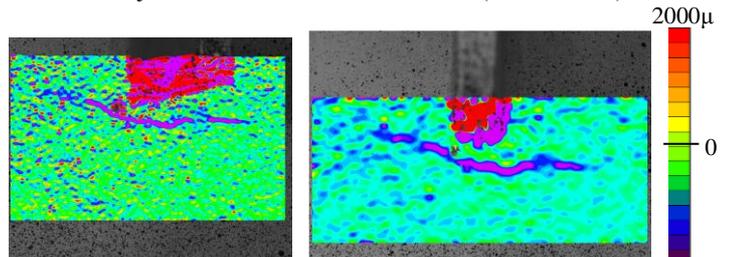
写真2 加熱パターン



(a) 産業用カメラ

(b) 市販のデジタルカメラ

図2 y方向2点間距離変化率分布(パターン1)



(a) 産業用カメラ

(b) 市販のデジタルカメラ

図3 y方向2点間距離変化率分布(パターン2)

キーワード デジタル画像相関法, 亀裂, 鋼橋, デジタルカメラ, 加熱, 欠陥検知法

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学文教キャンパス工学部 1号館 TEL 095-819-2601

3. 実橋梁計測

3.1 予備試験概要

現場での計測を想定した模擬試験体を作成し、本手法による予備試験を行った。

試験体概要図を図4に示す。亀裂拡大写真および亀裂概要について写真3、表2に示す。DICMでの計測のために、試験体計測面に白色のスプレーで下地を塗布し、乾燥後、黒色のスプレーでランダムパターンを散布した。なお、撮影距離は300mmとし、撮影解像度は0.014mm/pixelとした。また、計測に関しては、サーモグラフィ装置で加熱装置の電源を入れる直前から切った直後まで1分間撮影した。DICMに関しては加熱を始める前の初期画像と加熱を止めた直後の画像を撮影した。なお、試験体表面の明るさを一定に保つため、LEDライトを2つを使用した。

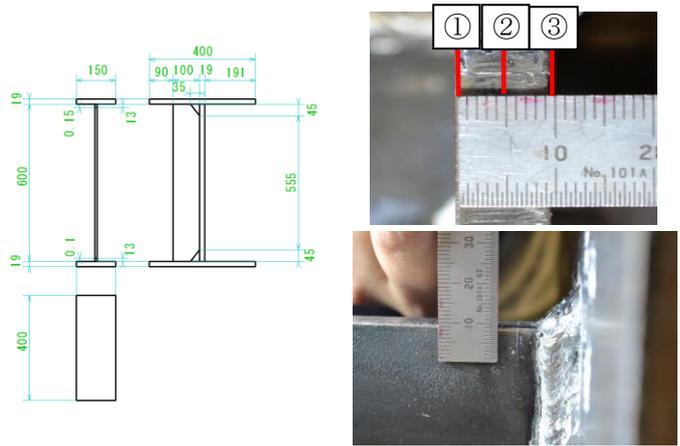


図4 試験体概要図(mm) 写真3 亀裂拡大写真(mm)

表2 亀裂概要

	①	②	③
亀裂幅[mm]	0.08	0.1	0.1
亀裂深さ[mm]	10		

3.2 予備試験結果

DICMによって得られたデジタルカメラのy方向2点間距離変化率分布を図5に示す。なお、解析はsubset121, step10, filter7で行った。図5より、亀裂を検知することができることが分かる。

3.3 実橋梁試験概要

橋梁点検業務で亀裂が確認された橋梁において、本手法による亀裂検知を行った。なお、本試験では塗膜の上から亀裂が確認された亀裂において本手法による亀裂検知を行った後、磁粉探傷試験を行い、本手法による計測結果と比較した。

亀裂拡大写真を写真4に示す。また、計測には製作治具、製作加熱装置を用いた。なお、撮影距離は亀裂部とデジタルカメラとの距離をできるだけ近づける距離に設定し、本例では300mmとした。また、加熱は1分間行い、DICMに関しては加熱を始める前の初期画像と加熱を止めた直後の画像を撮影した。

3.4 実橋梁試験結果

DICMによって得られたy方向2点間距離変化率分布を図6に示す。なお、解析はsubset121, step10, filter7で行った。また、磁粉探傷試験によって得られた結果を写真5に示す。図6より、精度は良くないものの亀裂を検知できていることが分かる。写真5より、本手法の結果と同様の箇所に亀裂が生じていることが分かる。したがって、亀裂は塗膜割れではなく、鋼材にも亀裂が生じていることが分かる。よって、本手法による結果が妥当であることが分かる。

以上のことより、実橋梁においても市販のデジタルカメラを用いて、本手法による亀裂検知が可能であることが分かった。

4. まとめ

- ・ 産業用カメラと同様に市販のデジタルカメラでも本手法による亀裂検知を行うことができた。
- ・ 市販のデジタルカメラを用いても実橋梁の亀裂位置を検知することができるということが分かった。

5. 謝辞

本論文を作成するにあたり、中菱エンジニアリング株式会社 岡本佳樹様(当時長崎大学大学院)、タマホーム株式会社 宮前旬見様(当時長崎大学)には実験や解析の協力や適切な助言を頂きました。ここに感謝の意を表し、厚く御礼を申し上げます。

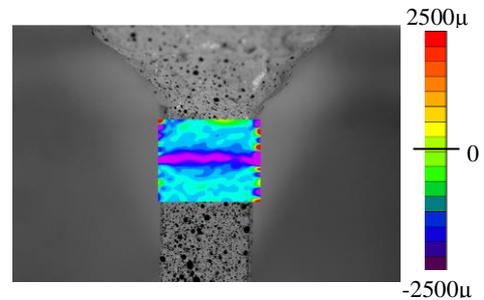


図5 y方向2点間距離変化率分布



写真4 亀裂拡大写真 (mm)

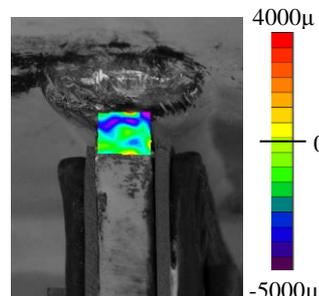


図6 y方向2点間距離変化率分布

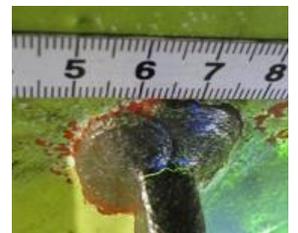


写真5 磁粉探傷試験結果

参考文献

- 1) 加藤光昭：磁粉探傷試験及び浸透探傷試験適用時の留意点，溶接学会誌，Vol.54, No.3, pp.39-43, 1985
- 2) 三好滋：溶接部の磁粉探傷試験および浸透探傷試験，溶接学会誌，Vol.44, No.4, pp.298-310, 1975