

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法の開発

長崎大学大学院 正会員 出水 享 佐賀大学大学院 正会員 伊藤 幸広
長崎大学大学院 正会員 松田 浩 長崎大学大学院 正会員 森田 千尋

1. 結 論

近年、鋼橋や鋼床版等の部材に疲労亀裂の発生事例が増加している。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。

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、検査時間を要すること、計測範囲が狭いこと、塗装を除去する必要があることなどの問題がある。そこで、本研究では、上述する問題を解決するため塗装を除去することなく短時間かつ広範囲に鋼材の亀裂を検知する手法の開発を行った。

2. 計測手法

図1に開発した手法の概要図を示す。本手法は誘導加熱装置により鋼材のみを直接加熱して、亀裂を強制的に開口・閉口させ、そのひずみ変化を塗装上からデジタル画像相関法(DICM)²⁾によって面的に検出する手法である。計測システムは、デジタルカメラ、照明、ノートパソコン、誘導加熱装置で構成される。そのため、簡易なシステムかつ軽量である。

DICMは、測定対象物表面の模様のランダム性を基にして、変形前後の測定対象物表面を撮影したデジタル画像を画像処理することにより、計測範囲全体にわたって変位やひずみを算出する手法である。

3. 検証実験

開発した手法の亀裂検知の検証実験を行った。試験体概要を図2に示す。試験体は長さ650mm、幅300mm、厚さ12mmの横板に長さ290mm、幅99mm、厚さ7mmの縦板を溶接した。材質はSS400である。この試験体を疲労試験機を用いて亀裂を発生させた。亀裂部の磁粉探傷試験の結果を図3に示す。図にはルーペで目視観察した亀裂幅を示す。亀裂長さは約155mm、亀裂幅は、0.01mm～0.07mmである。今回、亀裂の上から厚さ約240 μ mの塗装を施した。

加熱にはパナソニック社製IHヒーターを用い、亀裂部の裏側面を加熱した。なお、目標温度を100℃程度とした。計測は、DICMと赤外線サーモグラフィを用いて、亀裂面を計測した。加熱前を初期画像、約100℃時を変形画像して、ひずみを算出した。

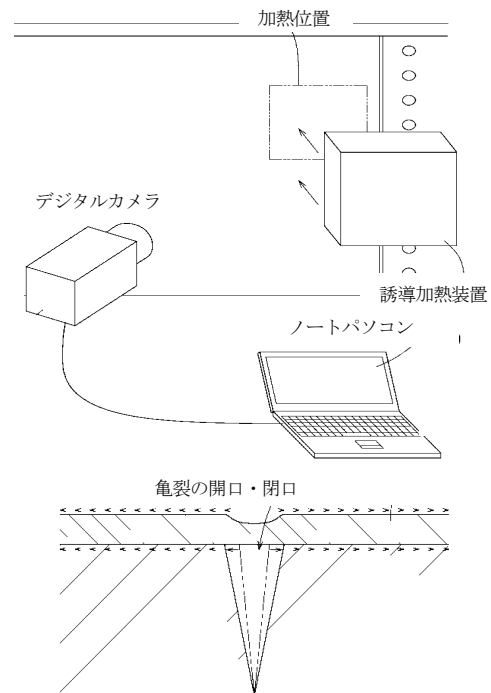


図1 亀裂検知法の概要図

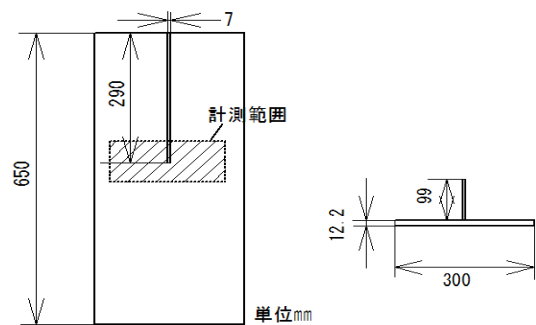


図2 試験体概要図

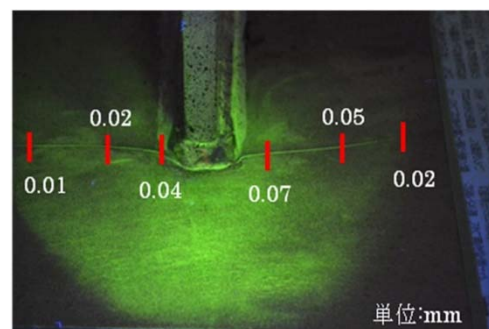


図3 亀裂部詳細

DICM によって得られたひずみ分布を図 4 に示す。図より亀裂先端まで圧縮ひずみが生じていることから、亀裂を正確に計測できていることがわかる。なお、本試験では亀裂部裏面から加熱しているため、裏面が反る。したがって、亀裂は閉じ、亀裂部には圧縮ひずみが生じている。また、亀裂の中心部では $10,000\mu$ 以上の圧縮ひずみが発生しており、その圧縮ひずみは先端になるにつれて低下している。

5. 実橋梁への適用

開発した手法を実橋梁に適用した。計測状況を写真 1 に示す。計測にはモノクロ CCD カメラ (500 万画素) を用いて計測を行った。計測面からカメラの距離を 650mm としたため、撮影解像度は 0.044mm/pixel となる。

加熱にはパナソニック社製 IH ヒーターを用いた。加熱前に DICM で初期画像を撮影し、その後、IH ヒーターで亀裂面を加熱した。亀裂面が約 100°C に上昇したら加熱を止め、DICM および赤外線サーモグラフィで計測を行った。試験においては、事前に計測面に黒色のスプレーでランダムパターンを塗布した。これは DICM の計測に必要なためである。また、亀裂検知の精度検証を行うために計測後に磁粉探傷試験を行い比較を行った。

DICM により計測したひずみ分布を図 5 に示す。図より右上から左下に延びる亀裂が計測できていることがわかる。また、亀裂先端が二股に分かれていることも確認できる。本試験では亀裂面側から加熱を行っているため、膨張により亀裂が開き、亀裂面には引張ひずみが生じている。磁粉探傷試験によって確認された亀裂部分の写真を写真 2 に示す。写真より、亀裂長さは約 75mm で、亀裂先端が二股に分かれていることがわかる。

DICM と磁粉探傷試験の結果を比較すると、DICM はほぼ亀裂を検知できていると考える。ただし、DICM では、亀裂先端の二股を細部まで検出できなかった。この原因として、カメラの画素数が 500 万画素と低いことから撮影解像度を向上させることで解決できると考える。

6. 結 論

本研究で得られた結果は以下のようにまとめる。

- 1) 熱的負荷を与えることにより、鋼部材に生じている亀裂を DICM で計測することにより亀裂を検知することができた。
- 2) 実橋梁においても亀裂位置を高精度に検知することができた。

今後は、さまざまなパターンの疲労亀裂を模擬した試験体を用いて実験を行うとともに多種多様な現場に適用可能なフレキシブルな IH ヒーターの製作を行う。さらに、実現場の適用も増やしていく。

【参考文献】

- 1) Sutton, M.A., J.-J., Orteu, and J.-J., Scierier : Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements, Springer, 2009.
- 2) 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

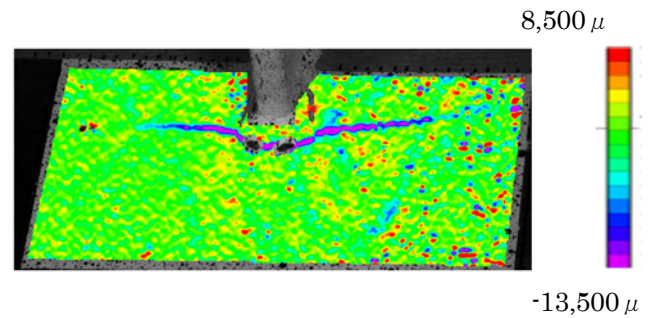


図 4 ひずみ分布



写真 1 計測状況

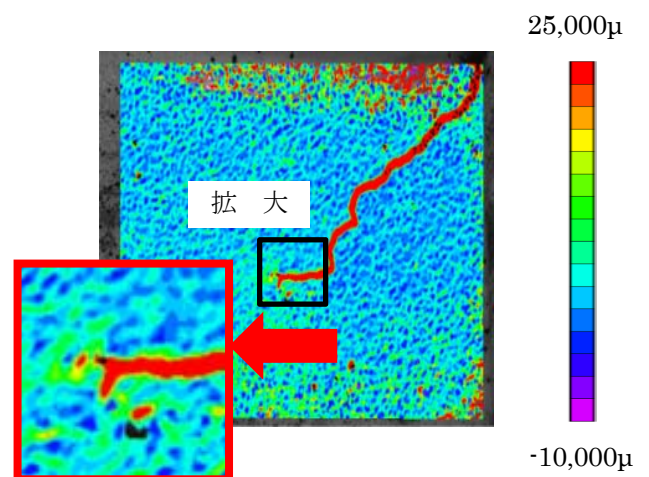


図 5 ひずみ分布

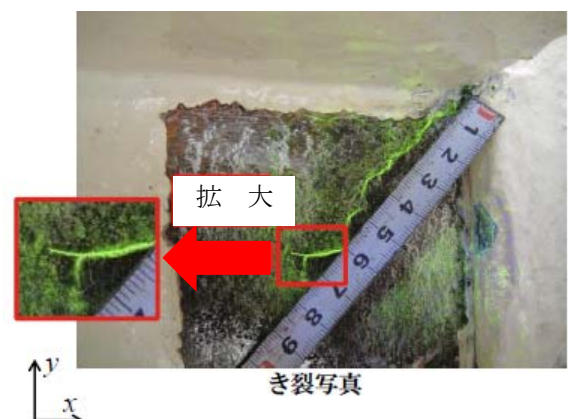


写真 2 磁粉探傷試験結果