

熱源を用いた鋼部材のき裂欠陥検知法の開発に関する実験および解析的研究

長崎大学大学院 学生会員 ○岡本 佳樹 長崎大学 学生会員 草野 亮俊
長崎大学 正会員 出水 亨 松田 浩 佐賀大学 正会員 伊藤 幸広

1. はじめに

近年、鋼橋の部材に疲労き裂の発生する事例が増加している。疲労き裂の発生は橋梁構造物の中では局部的な現象であり、橋梁としての強度にただちに影響を与えるものではない。しかし、疲労き裂を放置しておくと落橋などの重大な事故に進展するおそれがある。したがって、それらを早い時期で発見し、適切な補修を行うことが重要である。

一般的にき裂の検知には磁粉探傷試験や浸透探傷試験などの非破壊検査手法が広く用いられている。しかし、その手法には、塗装を除去しなければ検査できないこと、検査法が煩雑であり熟練を要することなどの問題がある。そこで、上記の問題を解決するために、光学的全視野計測法の一つであるデジタル画像相関法（以下、DICM と表記）を用いて、新しいき裂検知法の開発を行うことを目的とする。

2. 橋梁塗装を施した試験体での試験および FEM 解析

2.1 試験・解析概要

試験体の概要を図 1 に、き裂付近拡大図を写真 1 に示す。試験には、長さ 650mm、幅 300mm、厚さ 12.2mm、き裂長さ 155mm、平均き裂深さ 6mm、平均き裂幅 0.03mm で、橋梁塗装が施された試験体を用いた。橋梁塗装は、変性エポキシ樹脂とウレタン樹脂塗料を用い、厚さは約 240 μ m とした。

DICM での計測結果の妥当性を検討するために、汎用有限要素解析コード Marc を用いて解析を行った。解析モデルは全体モデルで、解析モデルを図 2 に示す。

2.2 試験・解析結果

FEM および赤外線サーモグラフィによって得られた温度分布図を図 3、図 4 に示す。これらの図より、FEM は温度の広がり方、試験体の温度を精度よくシミュレートできていることが確認できる。

FEM および DICM によって得られたひずみ分布図を図 5、図 6 に、図 1 内の A 間の 2 点間距離経時変化を図 7 に示す。図 5 より、き裂の中心部から先端まで 10000 μ 以上の圧縮ひずみが生じていることが分かる。図 6 より、き裂先端まで圧縮ひずみが生じていることから、き裂を正確に計測できていることが分かる。き裂の中心部では約 10000 μ 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。したがって、FEM 解析によるひずみ値と DICM によるひずみ値がほぼ一致していることが確認できる。図 7 より、FEM および DICM の A 間の 2 点間距離経時変化がほぼ一致していることが確認できる。以上より、DICM の計測結果の妥当性が確認できた。

なお、本手法では、き裂の検知だけではなく、塗装不良についても検知することができる。

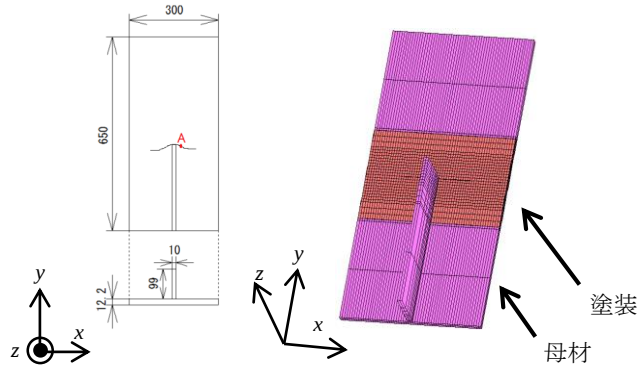


図 1 試験体概要図

図 2 解析モデル

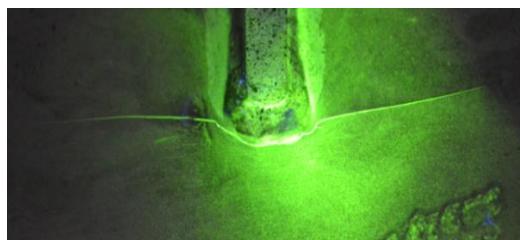


写真 1 き裂付近拡大図

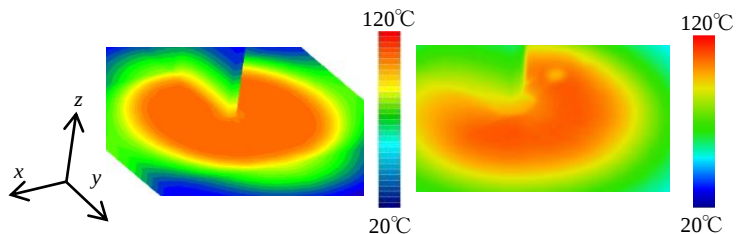


図 3 温度分布図(FEM)

図 4 温度分布図(サーモ)

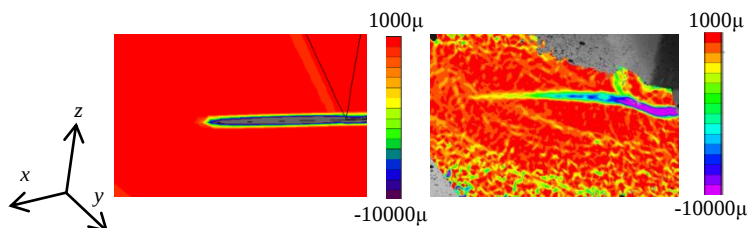


図 5 ひずみ分布図(FEM)

図 6 ひずみ分布図(DICM)

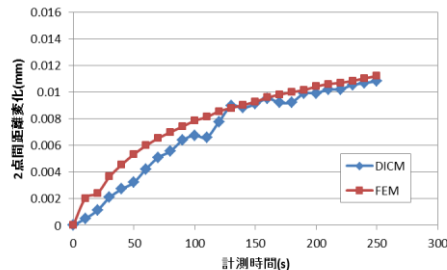


図 7 A 間の 2 点間距離経時変化

キーワード：デジタル画像相関法，赤外線サーモグラフィ，温度，ひずみ

住所：長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科総合工学専攻

電話：FAX：095-819-2590

3. 実橋梁の計測

3.1 試験概要

磁粉探傷試験によって確認されたき裂部分の写真を写真2に、き裂部分概要図を図8に示す。写真2および図8より、き裂長さは約75mmで、き裂先端が二股に分かれていることが分かる。なお、き裂の周辺の塗膜は、き裂の目視確認および磁粉探傷試験のため、除去されている。試験においては、DICMでの計測のため、き裂の周辺に黒色のスプレーでランダムパターンを塗布した。

計測は、二次元計測とした。その理由は、温度変化によるき裂の開閉は、面外(内)方向への変化は起こらないこと、三次元計測より二次元計測は設置が容易で、計測の時間短縮になるからである。計測状況を写真3に示す。なお計測は、画角の異なるCCDカメラでの計測結果の比較を行うために、写真3に示すように2台用いた。計測面からカメラの距離を650mmとしたため、撮影解像度は51mmレンズで0.044mm/pixel、17mmレンズで0.146mm/pixelとなる。

加熱には、パナソニック社製IHヒーター(約140℃～約190℃)を用いた。加熱前にDICMで初期画像を撮影し、その後、IHヒーターでき裂面を加熱した。き裂面が約100℃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。

3.2 試験結果

赤外線サーモグラフィによって得られた温度分布図を図9に示す。図9より、IHヒーターによってき裂周辺部の温度が約100℃まで上昇していることが分かる。また、均一な温度の広がり方が確認できるので、実橋梁においても問題なく温度を計測できることが分かる。

51mmレンズおよび17mmレンズにおいてDICMによって得られたひずみ分布図を図10、図11に示す。図10よりき裂の位置が鮮明に計測できていることが分かる。また、き裂先端の二股に分かれている部分も計測できていることが確認できる。17mmレンズで撮影されたひずみ分布図を示す図11より17mmレンズでもき裂位置を鮮明に計測できていることが分かる。しかし、き裂先端の二股に分かれている部分は計測できていない。

以上より、実橋梁においても、き裂を計測することができるとことが確認できた。また、17mmレンズでもき裂先端以外はき裂をほぼ検知できていることから、広範囲にわたって計測を行うことができるということも確認できた。

4. まとめ

- ・ FEM解析を用いて、き裂を有する試験体のき裂およびその周辺部分の温度・ひずみ挙動をシミュレートすることができた。
- ・ FEM解析とDICMの結果がほぼ一致していたことから、DICMの結果の妥当性が確認できた。
- ・ 実橋梁においても、温度分布およびき裂位置を高精度に可視化することができた。

謝辞

本論文を作成するにあたり、株式会社大島造船所 森崎雅俊様(当時長崎大学大学院)から、丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

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



写真2 き裂写真

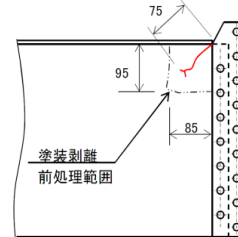


図8 き裂部分概要図



写真3 計測状況

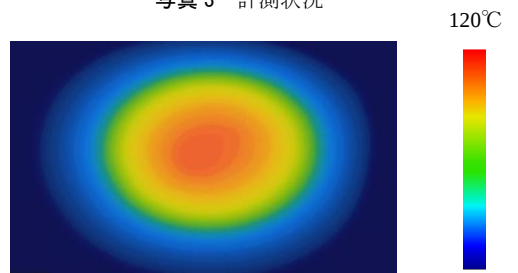


図9 温度分布図

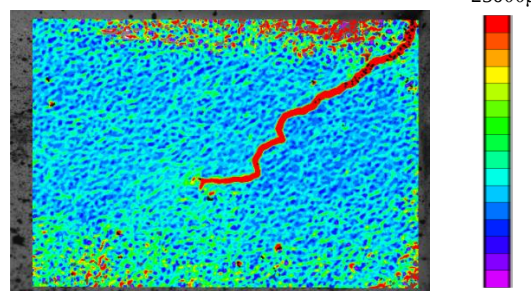


図10 ひずみ分布図(51mmレンズ)

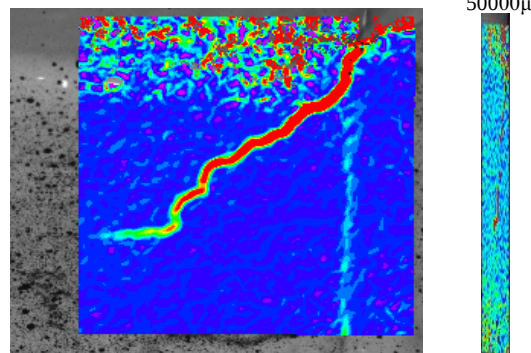


図11 ひずみ分布図(17mmレンズ)