

熱的負荷による塗膜除去不要な鋼部材疲労亀裂の光学的全視野探傷法に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○小金丸 暁

長崎大学 正会員 松田浩 森田千尋 中村聖三 出水享 佐賀大学 正会員 伊藤幸広

1. はじめに

近年、道路橋の鋼製橋脚や鋼床版等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、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。

橋梁の実現場で多く用いられているき裂の検査手法として磁粉探傷試験 (MT) や浸透探傷試験 (PT) などの非破壊検査手法が挙げられる。しかし、その手法には、高度な技術を必要とすること、時間がかかってしまうこと、計測範囲が小さいこと、塗膜を除去する必要があることなどの問題がある¹⁾²⁾。

本研究は、熱源を用いてき裂を開閉させ、それを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) で計測することにより、き裂発生を可視化させる新しい鋼部材のき裂欠陥検知法の開発を目的としたものである。本報では、塗装膜を剥がすことなく疲労試験によって生じる疲労亀裂の亀裂長さに注目するとともに、塗膜割れと鋼材の疲労亀裂の区別を判別可能性について検証したものである。

2. 試験体製作

本研究では、より実構造物に近い試験体での亀裂探傷試験を実施するため、塗装を施した状態で疲労試験を行い、疲労亀裂を発生させた試験体を製作した。疲労試験を行う際、疲労亀裂の発生時期や進展速度を予測するため、試験体の表面に銅線を貼付することで、亀裂長さの発生と進展をコントロールした。原理としては、銅線を疲労試験機に電気的に接続しておくことで、銅線貼付部に亀裂が入った際に同時に銅線が切れ疲労試験が停止するという、一般に行われている手法で実施した。

使用鋼材は SM400 材で、写真 1 に示す試験体を 5 体製作した。試験体寸法を図 1 に示す。塗装は実際の鋼構造の塗装仕様に準拠して実施した。試験体に施した塗装仕様を表 1 に示す。試験体を製作する流れとしては、①試験体の溶接・加工、②銅線の貼付、③塗装、④疲労試験の順に行った。

疲労試験後は、DICM での亀裂探傷を行い、その後、塗装を剥がして磁粉探傷試験を行った。その際、ルーペで亀裂長さ と幅を計測した。各試験体の概略図と亀裂長さを図 2 に示す。亀裂先端部分の亀裂幅はすべての試験体において、0.01mm 程度であった。

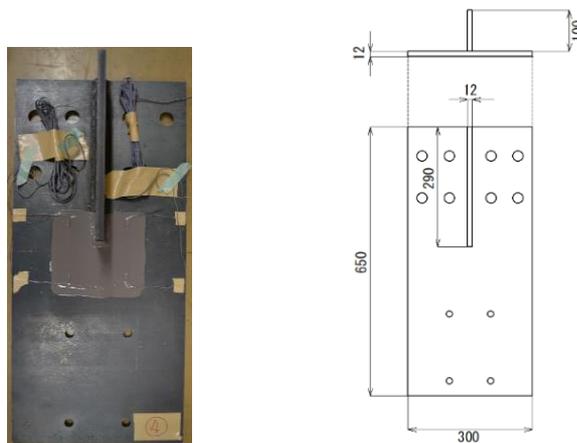


写真-1 試験体写真

図-1 試験体寸法図

表-1 塗装概要

層	塗装種類	標準膜厚 (μm/層)
1層~3層	変形エポキシ樹脂塗料	60
4層~5層	上塗用ポリウレタン樹脂塗料	25

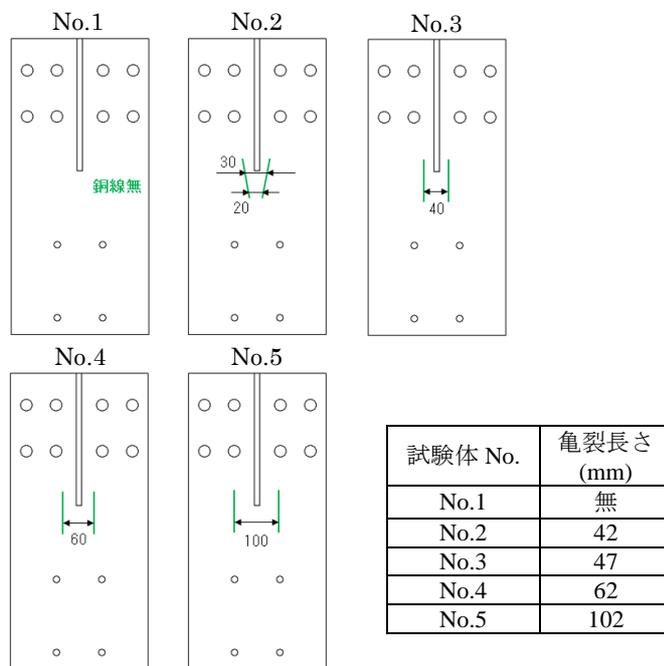


図-2 試験体概略図

キーワード デジタル画像相関法, 疲労亀裂, デジタルカメラ, 熱的負荷, 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. 計測概要

製作した試験体を対象に、DICM による亀裂探傷を行った。計測には、デジタル一眼レフカメラ Nikon 1 V3 に望遠用レンズを装着して撮影した。カメラの撮影距離は 600mm とし、各試験体での撮影解像度は 0.0187~0.0204mm/pixel である。本手法では鋼材を加熱するために市販の家庭用 IH ヒータを用いた。加熱位置は亀裂部横とし、加熱時間は 120 秒間とした。加熱前後の画像を撮影し、DICM による変位解析を行った。計測の際には、計測面の明るさを一定に保つため、2 台の LED ライトを使用し、試験体の表面に白黒のランダムパターンを塗布した。ランダムパターンの写真を写真 2 に示す。また、赤外線サーモグラフィ装置を用いて加熱状況の確認も同時に行った。加熱箇所を写真 3 に、計測状況を写真 4 に示す。



写真-2 ランダムパターン

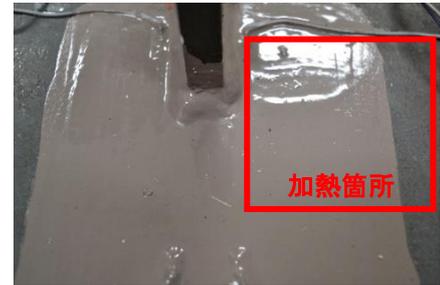


写真-3 加熱箇所

4. 計測結果

磁粉探傷試験によって得られた欠陥磁粉模様を写真 5 に、塗膜上から DICM によって得られた y 方向ひずみ分布図を図 3 に示す。図 3 中に亀裂の先端部分を赤線で示す。No.2 と No.3 の試験体では DICM において亀裂が確認できるが、磁粉探傷試験の結果と DICM の結果を比較してみると、亀裂先端部分がやや見え辛くなっていることが確認できる。No.4 と No.5 の試験体では DICM において亀裂が確認でき、磁粉探傷試験の結果と DICM の結果を比較してみても、亀裂先端部まで探傷できていることが確認できる。以上より、塗膜上からでも、塗装を剥がすことなく、亀裂の探傷が可能である。

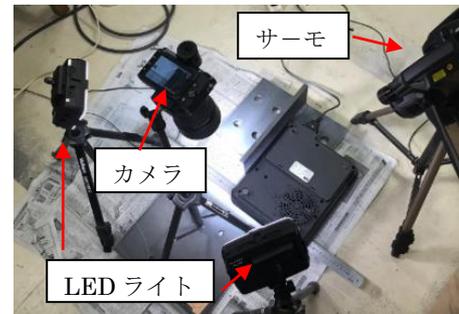


写真-4 計測状況

5. まとめ

- ・ 実構造物に生じた亀裂により近い亀裂部を再現することができた。
- ・ 亀裂がない No.1 の試験体とそれ以外の亀裂を有する No.2~5 試験体のひずみ分布図を比較してみると、亀裂を有する試験体では、亀裂の部分だけ大きなひずみが生じており、亀裂を探傷できている。
- ・ 磁粉探傷試験の結果と DICM によって得られたひずみ分布図を比較すると、亀裂の形状や亀裂長さが概ね一致している。
- ・ DICM を用いた亀裂探傷法では、塗膜の上からの亀裂探傷が可能であり、従来の手法における問題点のひとつを解決することができる。

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

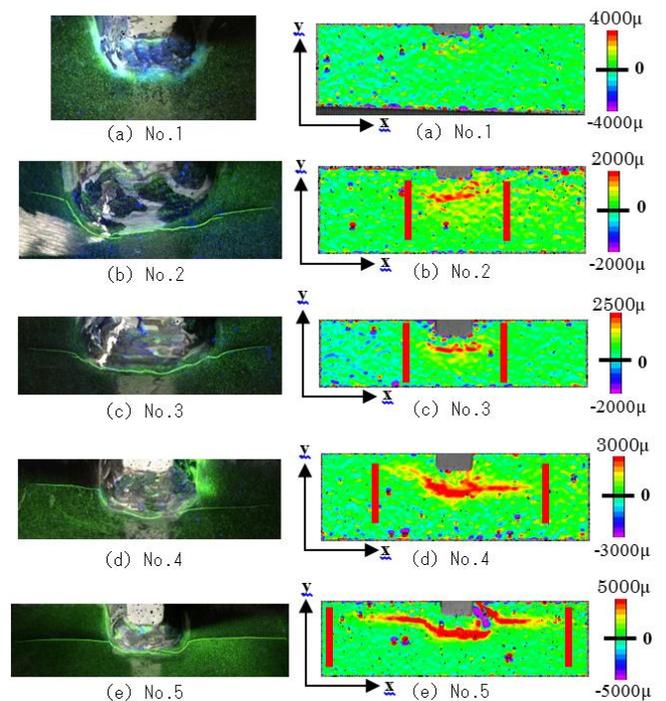


写真-5 磁粉探傷試験結果 図-3 y 方向ひずみ分布