

誘導加熱を利用した塗膜除去不要な鋼部材亀裂検知装置の開発

宮地エンジニアリング(株) 正会員 ○山下 修平
佐賀大学 正会員 帯屋 洋之 正会員 伊藤 幸広
長崎大学 正会員 松田 浩 正会員 出水 享

1. はじめに

近年、道路橋の鋼桁や鋼床版等の部材に疲労亀裂が発生する事例が増加しており、疲労亀裂初期段階での対策が重要である。疲労亀裂の調査では、まず熟練点検者による目視点検が行われ、その後詳細な調査として磁粉探傷試験や浸透探傷試験等が行われている。しかし、これらの試験方法は塗膜の除去および再塗装が必要でありコストや検査時間の問題がある。本研究は、鋼構造物の亀裂調査において塗膜の除去が不要な非破壊検査方法として、誘導加熱によって鋼部材を熱変形させ画像解析によって亀裂を検知する検査装置の開発を目的に行った。

2. 開発した検査装置の概要

開発した検査装置は、誘導加熱装置と撮影装置によって構成されている。誘導加熱装置のコイル部および撮影装置の外観をそれぞれ写真-1 および写真-2 に示す。鋼部材に設置し加熱を行う誘導加熱装置のコイル部の外径寸法は 208mm×208mm×13mm (W×L×H) であり、質量は 764g である。撮影装置には、デジタルカメラ、LED ライトおよび赤外線放射温度計が搭載されている。デジタルカメラは画素数 1530 万画素、質量 110g のものであり、6 倍のクローズアップレンズを装着し最短焦点距離を 110mm とした。赤外線放射温度計は、撮影面の表面温度管理を行うものであり、温度センサを撮影面に向けている。撮影方法としては、写真-3 に示すように、正面のマグネットにより鋼部材に装置を接着し、安定させた状態で行うものとした。

誘導加熱は、磁性体のみを加熱するという熱伝導によらない加熱方法であるため、鋼部材を直接加熱変形させ、その際に生ずる亀裂の開閉口を表面の塗膜のひずみを計測することにより亀裂の有

無を検知するものである。表面ひずみ計測には、デジタルカメラによって撮影した加熱前の初期画像と誘導加熱後の比較画像を用いてデジタル画像相関法解析によって行った。

3. 実験概要

亀裂検知実験に用いた試験体は、写真-4 に示すように、鋼橋の I 桁の一部分を模して作製したものである。

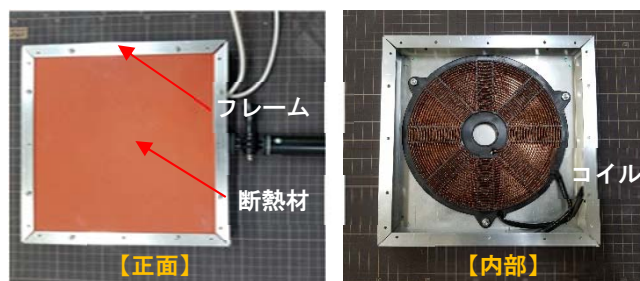


写真-1 誘導加熱装置のコイル部

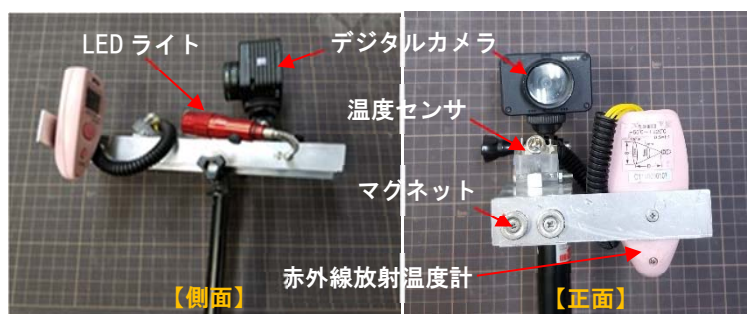


写真-2 撮影装置



写真-3 撮影方法

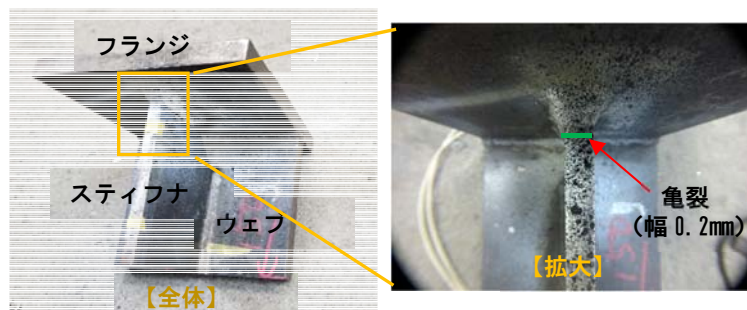


写真-4 試験体

亀裂は、フランジとスティフナのすみ肉溶接のスティフナ側の溶接止端部から 4.5mm 離れた位置に、フランジと平行に放電加工によって設けた。亀裂の幅は 0.2mm、深さ 3.0mm である。デジタルカメラの撮影範囲となる部分には塗装を施し、デジタル画像相関法の解析精度を高めるため、塗料によりランダムパターンを設けた。



写真-4 実験方法

実験では、誘導加熱装置による加熱位置の違いが亀裂検知に及ぼす影響を調べるため、ウェブ面の加熱 (Case-1) およびフランジ面の加熱 (Case-2) の 2 ケースについて検討を行った。

4. 実験結果

図-1 は、Case-1 および Case-2 について亀裂位置における温度上昇量の経時変化を示したものである。なお、撮影装置に設置した赤外線放射温度計の計測値の精度を検証するために亀裂近傍に熱電対を貼付し計測した。Case-1 においては、フランジからの熱伝導によるため、加熱時間 300 秒でも亀裂位置での表面温度は 15℃程度であった。Case-2 は亀裂のあるスティフナの直接加熱であるため、温度上昇量は加熱時間 120 秒で 57℃であり、180 秒で 67℃となった。

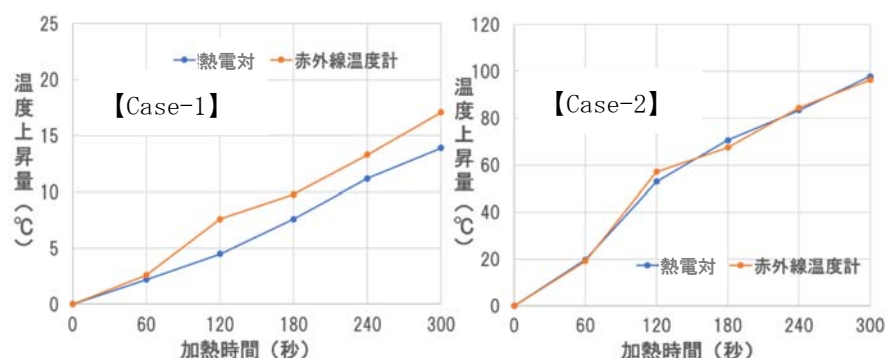


図-1 亀裂位置での温度上昇量の経時変化

図-2 は、Case-1 における亀裂周辺の Y 方向 (図の上下方向) のひずみ分布を示したものである。加熱時間 300 秒でも亀裂位置での温度上昇量は 14℃と低く、亀裂位置でのひずみ変化は見られない。一方、Case-2 における亀裂周辺の Y 方向のひずみ分布について、温度上昇量 40℃と 60℃場合を示したものが図-3 である。温度上昇量 40℃および

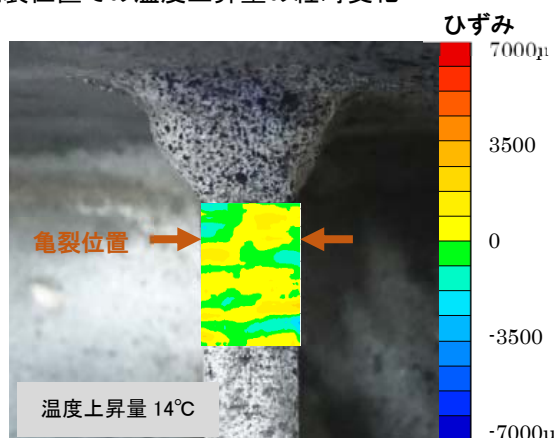


図-2 Case-1 のひずみ分布

60℃のいずれの場合においても亀裂直上のひずみは収縮であるのに対し、亀裂以外の部分は膨張ひずみとなっている。これは、鋼材部分の膨張により亀裂が閉口したためと考えられる。加熱温度が高いほど膨張、収縮ひずみの違いは大きく表れた。このように、明確に亀裂の存在を塗膜上から検知することができた。

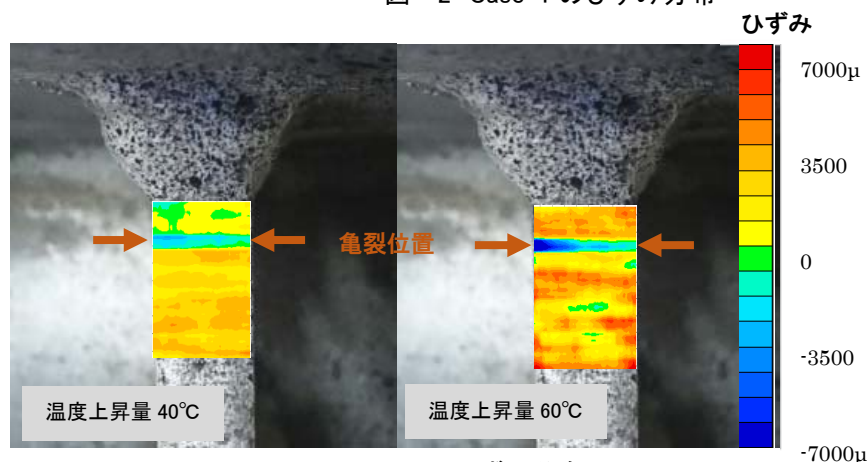


図-3 Case-2 のひずみ分布

5. まとめ

誘導加熱を利用した亀裂検知装置を開発し、塗膜上から亀裂を検知できることが確認できた。