

赤外線カメラを用いた鋼橋疲労き裂検出の試み

中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 正会員○衣笠 泰広 正会員 大窪 克己
非会員 高橋 徹 非会員 田中 友樹

1. はじめに

鋼道路橋の疲労に対する維持管理手法は、塗膜に生じる塗膜割れを定期点検等で目視し、磁粉探傷試験で疲労き裂であるかどうかを調査する手法が一般的である。高速道路等、供用から相当年数が経過し、大型車両が頻繁に通行する鋼道路橋においては、耐荷性能に影響を及ぼす恐れのある主桁部の疲労き裂(G型等)が発生している。これに対し磁粉探傷試験による疲労き裂の調査を進めているが、磁粉探傷試験では調査員による接触が必要であり、仮設足場等の準備や交通規制等に時間や労力を要することが課題となっている。そこで、磁粉探傷試験とは異なり、非接触で疲労き裂を検出することを目的とした「赤外線疲労き裂調査システム(以下、IC-Find IC: Infrared Camera F: Fatigue I: Implement N: Notice D: Damage in steel member)」を開発した。本稿では、IC-Findを用いた鋼橋疲労き裂検出の試みについて述べる。

2. 塗膜割れに対する疲労き裂検出手法

固体は熱弾性効果により圧縮時に発熱、引張時に吸熱する。疲労き裂が進展する場合、交通荷重の作用により疲労き裂が開閉を繰り返すため、先端部には図-1に示すように健全な部材とは異なる微小な温度変動が瞬間的に生じる。この温度分布変動を熱画像として計測し、対象物の欠陥を検出する技術が既に考案されている。¹⁾ この考えに基づき疲労き裂検出を目的とした調査システムであるIC-Findを実用化した。IC-Findでは撮影した熱画像にロックイン解析²⁾を施し、温度分布変動を可視化する。

3. IC-Findの概要

IC-Findは熱画像を撮影する高性能の赤外線カメラと撮影を補助する付属部品、画像を解析するための専用PCで構成されている。実際の構成を図-2示す。

熱画像の取得から解析・判定までの手順は図-3に示すフローに沿って行う。まず塗膜割れ部の撮影による熱画像の取得を行う。その後、熱画像にロックイン解析を施し、疲労き裂の判定に用いる解析画像を作成する。疲労き裂有無の判定は解析画像における「塗膜割れ箇所に局所的な温度変動の発生」、「引張圧縮の温度変動が瞬時に交番すること」を確認し、この2つの現象が取得データの中で複数回出現した場合、疲労き裂有りとして判定する。

注釈1) 公開特許「構造物の欠陥検出方法および装置(特許第4803652

号 JFE スチール株式会社, 国立大学法人大阪大学)」

2) JFE テクノリサーチ株式会社の短時間周波数固定ロックイン法

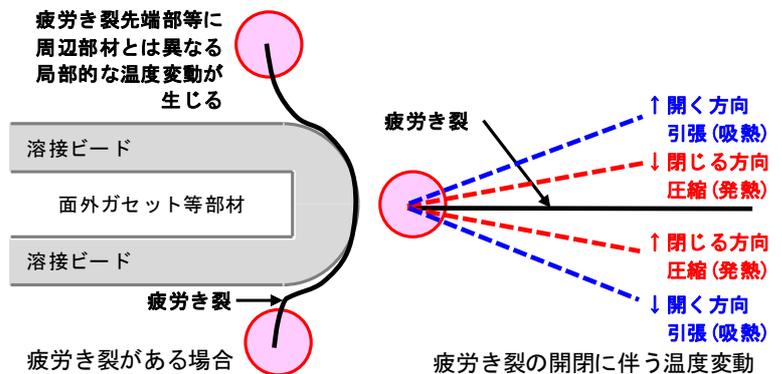


図-1 疲労き裂検出原理



図-2 IC-Findの構成

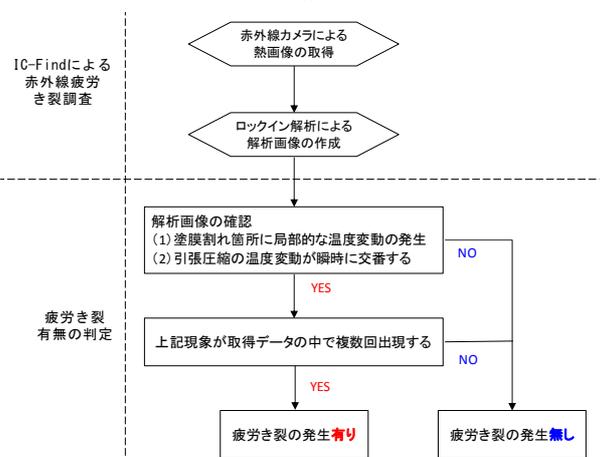


図-3 IC-Findによる調査フロー

キーワード 疲労き裂 赤外線

連絡先 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-23-7 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 土木技術部 TEL 03-5339-1721

4. 室内試験結果

実用化にあたり、模擬疲労き裂を有した試験片と疲労試験機を用いた室内試験を行った。模擬疲労き裂に与えた応力集中に対し、IC-Find を用いて温度変動を捉えた室内試験結果を図-4 に示す。引張圧縮応力による局所的かつ瞬間的な温度変動の交番の有無を識別することで、疲労き裂の検出が可能であることを確認した。

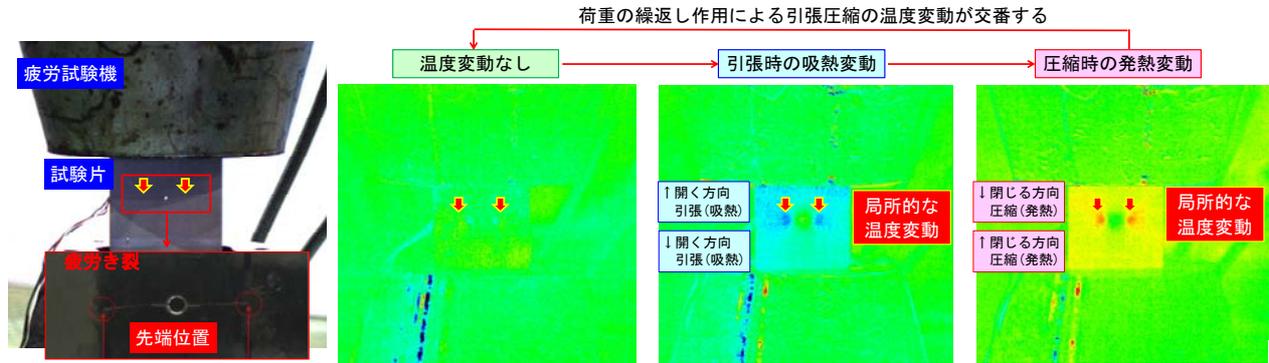


図-4 室内試験結果

5. 実橋での検証結果

実際に定期点検で塗膜割れが確認された実橋において IC-Find を用いた赤外線疲労き裂調査を行い、実橋での調査検証と磁粉探傷試験結果との整合確認を行った。

5.1 現場撮影における条件

IC-Find で現場撮影を行うにあたっては、以下の条件が設定されている。

- ・撮影離隔 対象に近接することが望ましいが、10m 程度以内であれば桁下からでも撮影が可能。
- ・撮影角度 対象と正対することが望ましいが、60°以内であれば解析可能な熱画像が取得出来る。
- ・塗膜条件 塗膜により温度変動解析値が 50%程度になるため、対象の塗膜が 350μm 以内であれば、解析可能な熱画像が取得出来る。(赤外線カメラの温度分解能 0.02℃)
- ・交通条件 大型車両等による荷重負荷が必須であり、撮影時間中に大型車両が通行したことを確認する。

以上を満たす条件下で実橋において撮影し、赤外線疲労き裂調査を行った。

5.2 疲労き裂の検出事例

実橋における赤外線疲労き裂調査で疲労き裂が検出された代表的な調査結果を図-5 に示す。対象は一般有料道に架かる鋼道路橋(鋼 3 主桁桁)の対傾構ガセット取付部の主桁に発生した G 型の塗膜割れである。解析画像で示す通り、塗膜割れ箇所にも局所的な温度変動が確認され、引張圧縮の温度変動が瞬時に交番したため、「疲労き裂有り」と判定した。同箇所でも磁粉探傷試験を行った結果、図-6 に示すように、表面キズの指示模様が検出され、実橋においても IC-Find による疲労き裂の検出が可能であることを確認した。本検証では表-1 に示す通り、同様の検出事例を他橋の 1 箇所においても確認している。赤外線疲労き裂調査で疲労き裂が検出されなかった箇所については全て、磁粉探傷試験でも表面キズは検出されなかった。

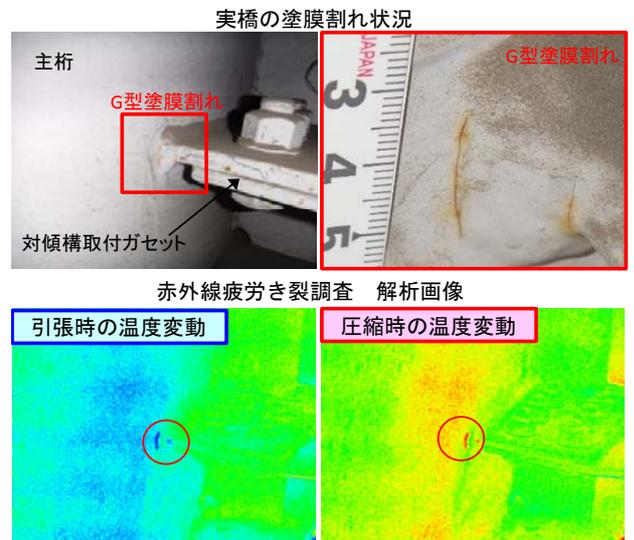


図-5 疲労き裂検出代表例

6. まとめ・今後の展望

開発した IC-Find を用いて非接触による疲労き裂の検出を実橋に対して行うことが出来た。今後、IC-Find による赤外線疲労き裂調査が、疲労き裂に対する調査手法として確立した技術となるよう、検証数をさらに増やし、判定精度や撮影に対する知見を積み重ねていく所存である。



図-6 磁粉探傷試験結果

表-1 比較結果一覧

	疲労き裂 有り	疲労き裂 無し
赤外線疲労 き裂調査	2 箇所	26 箇所
磁粉探傷 試験	2 箇所	26 箇所
整合率	100%	100%