

自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィによるデッキ貫通疲労き裂検知

大阪大学 正会員 ○阪上 隆英, 学生会員 和泉 遊以
 国総研 正会員 玉越 隆史, 正会員 石尾 真理
 大阪大学 非会員 久保 司郎

1. 緒言 経年鋼橋梁の構造健全性を保証するためには、疲労き裂の発生・進展を的確にモニタリングすることが重要となる。鋼床版には様々な部位に様々な形態の疲労き裂が発生・進展する。溶接ビード貫通型など、き裂が検査可能な表面に開口している場合には、目視あるいは磁粉探傷などの非破壊検査手法により検出が可能である。これに対し、トラフリブの裏側を基点としてデッキプレート側に進展する疲労き裂は検査可能な表面にき裂が開口していないため、超音波探傷など内部きずの有効な検査手法が用いられてきた。しかしながら、き裂発生が予測される箇所すべてに対して超音波探傷を行うことは事実上不可能であり、効率的な非破壊試験方法の開発が急務となっている。著者らはこれまでに、走行車両による輪荷重負荷の下での鋼床版の疲労き裂先端近傍の応力分布を、自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィを用いて高精度計測することにより、疲労き裂を遠隔から検出する新しい非破壊検査技術を開発し、その有用性を疲労試験および供用中の道路橋鋼床版に対する測定により示してきた。本報では、鋼床版に発生・進展するデッキプレート貫通型の疲労き裂検出に対する、自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法の適用性を検討するため、鋼床版を模した試験体を用いた疲労試験においてき裂検出実験を実施した結果を示す。また、得られた赤外線計測結果と、別途行った超音波探傷試験との比較検討を行った。

2. 自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法 き裂を含む構造物に載荷した時には、き裂による特異応力場のため、き裂先端付近の熱弾性温度変動は周辺部に比べて局所的に大きくなる。この特徴的な温度変動分布を赤外線サーモグラフィにより計測し、き裂による特異応力場を可視化することにより、き裂の検出および寸法計測を行うことができる。しかしながら、温度変動は赤外線計測ノイズと同程度の微小なものであるため、赤外線計測データと応力変動に関する参照信号とのロックイン相関処理を行うことによりノイズを除去し、微小な熱弾性温度変動分布の計測を行う。従来のロックイン処理においては、応力変動に関する参照信号を、被測定物に取り付けたひずみゲージなどから外部入力していた。自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィでは、赤外線計測画像内の一部領域の温度変動データから参照信号を作り、すべての領域の温度変動データとロックイン相関処理を行うことで、外部からの参照信号を用いることなく、走行車両によるランダムな輪荷重負荷の下での相対応力分布を高精度に求めることができる。

3. 試験体および試験装置の概要 試験装置の概観を図1に、鋼床版試験体を図2に、それぞれ示す。試験体のデッキプレートおよびトラフリブの厚さは、それぞれ19mmおよび6mmであった。試験体には最小荷重10kN、最大荷重110kN、振動数9Hzの圧縮の繰返し荷重を計200万回負荷した。その間のある一定載荷



図1 試験装置の概観

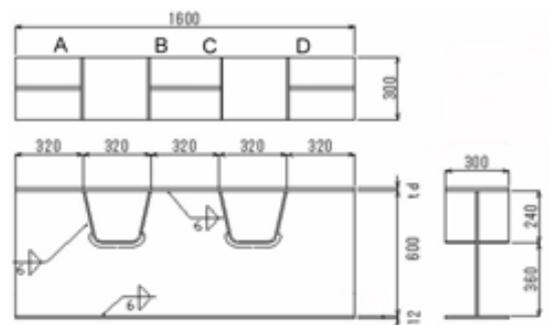


図2 試験体の概要

キーワード 非破壊検査, 赤外線サーモグラフィ, 熱弾性応力測定, 疲労き裂, 鋼床版, デッキ貫通き裂
 連絡先 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻

回数ごとに、負荷荷重による応力変動に伴う赤外線強度変動を、赤外線サーモグラフィで測定した。毎秒 113 フレームで測定した時系列赤外線データに対して自己相関ロックイン処理を施し、き裂による応力集中部の検出を行った。

4. 試験結果 測定対象は、図 2 に示した A 部のデッキプレートとトラフリブ間の溶接部とした。自己相関ロックイン処理により得られた相対応力分布画像を図 3 に示す。参照信号は、図 3(a)に矢印で示した溶接部の中心付近にとった。繰返し載荷開始直後においては、溶接部にあまり顕著な応力集中は見られない。載荷回数の増加に伴い、溶接部に相対応力値が局所的に高くなる部分が見られるようになり、その位置は横リブ交差部から遠ざかるようになった。この応力集中部は、デッキプレート、トラフリブおよび横リブの交差点を起点に、デッキプレート上部に進展している半楕円裏面き裂の前縁における高い応力集中部の影響が計測面に現れたものと考えられる。載荷回数 50 万回、100 万回および 200 万回における、横リブ交差部から応力集中部までの距離と、超音波探傷により求められたき裂先端から横リブまでの距離を表 1 に示す。表より、応力集中部の位置が、載荷回数の増加に伴い横リブ交差部から遠ざかる傾向が確認できる。これは、半楕円裏面き裂の進展によりき裂前縁の応力集中部が移動したためであると考えられる。応力集中部の位置と、超音波探傷により求められたき裂前縁の位置は良く一致している。したがって、自己相関ロックインサーモグラフィ法により、デッキ貫通型き裂の検出および半楕円裏面き裂の前縁の位置の推定が可能であることが分かった。

謝 辞 本研究の遂行にあたり、日本学術振興会科学研究費基盤研究(A)による援助を受けた。ここに記して謝意を表す。

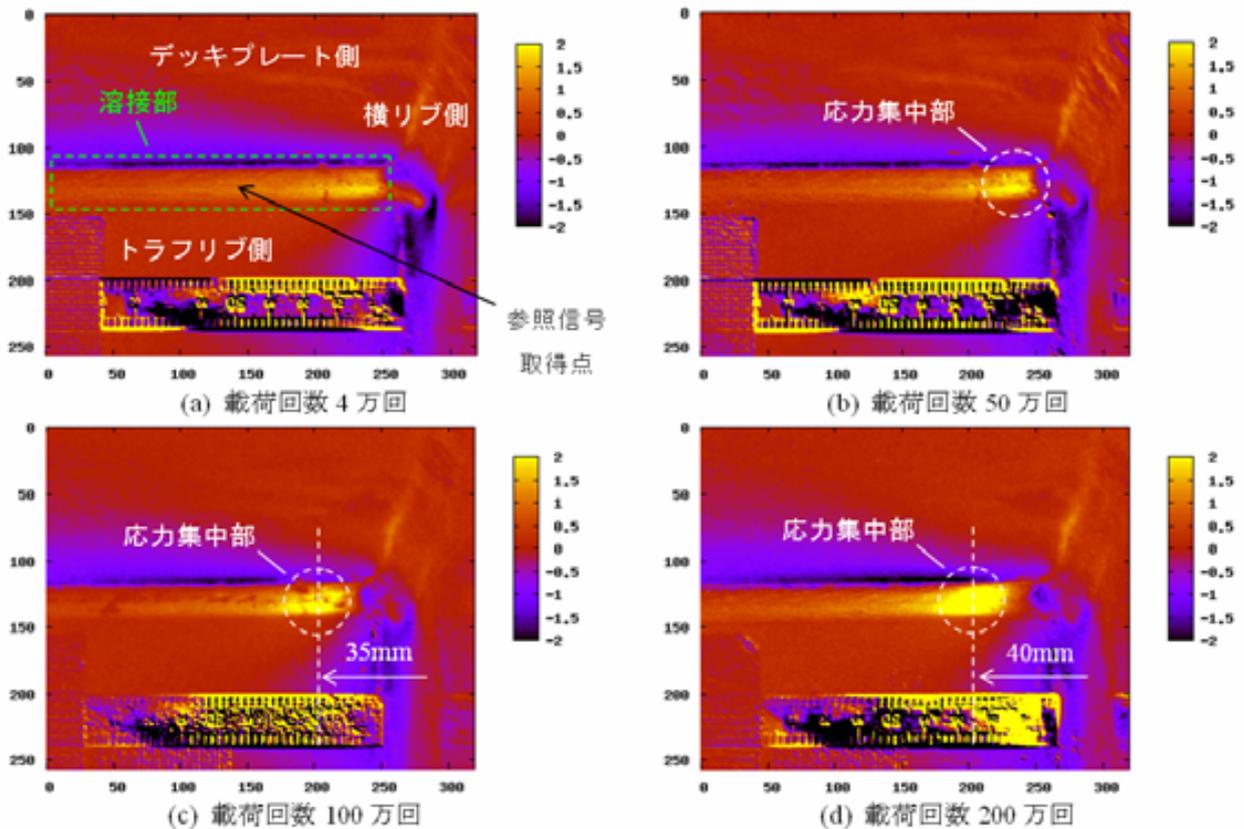


図 3 各載荷回数ごとに得られた自己相関ロックイン処理による相対応力分布画像

表 1 赤外線計測と超音波探傷結果の比較

載荷回数	横リブ交差部から応力集中部までの距離 (赤外線計測結果)	横リブ交差部からき裂先端までの距離 (超音波探傷結果)
50 万回	横リブと重なっているため判別不能	17mm
100 万回	35mm	34mm
200 万回	40mm	40mm