

自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィによる鋼床版のデッキ進展き裂検出 ～ 現場計測による適用可能性の実証 ～

神戸大学 正会員 ○阪上隆英 滋賀県立大学 正会員 和泉遊以
首都高技術センター 正会員 小西拓洋 神戸大学 学生会員 松岡洋平

1. 緒言

デッキ進展き裂は、目視検査可能な表面にき裂が開口していないためその検出が困難であること、さらには進展すると路面陥没の恐れがあるなど、道路橋鋼床版の維持管理において問題となっている疲労損傷形態の一つである。著者らはこれまでに、自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法を用いた熱弾性応力分布計測により、鋼床版のデッキ進展き裂を遠隔から検出できることを実験室レベルの定点载荷試験および輪荷重走行試験により示した^(1,2)。本報では、首都高速道路における現場実験を通じて、現場での実走行車両による载荷条件、計測環境においても、自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィによりデッキ進展疲労き裂を検出できることを証明した結果を示す。

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载荷した時には、き裂による応力集中のため、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、熱弾性応力測定により得られる温度変動は微小であり、応力変動による温度変動は計測ノイズと同程度となる場合がある。熱弾性応力測定の高精度化のためには、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 S/N 比を改善する必要がある。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自己生成し、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。これにより、外部からの参照信号を用いることなく、走行車両による不規則な载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. 計測対象

計測対象は、首都高速湾岸線（神奈川地区）の鋼床版のデッキ進展き裂である。本実験では、き裂の発生していない横リブとの交差部、交差部から発生したデッキ進展き裂およびトラフリブ中央で発生したデッキ進展き裂の計測を行った。計測日は、平成23年10月4日であり、横浜市の平均気温は18.3℃であった。測定対象部には、防食のための塗装が施されていた。防食塗装膜があると、塗装膜内での熱拡散により、鋼板表面で起こる熱弾性温度変動が減衰・遅延して表面に現れる。また、赤外線計測においては、測定対象物表面の反射を防ぎ放射率を向上させるため、表面につや消し黒色塗装を塗布することが望ましい。本実験では、防食塗装膜および黒色塗装が疲労き裂検出性に及ぼす影響を調べるため、(A)防食塗装有-黒色塗装無、(B)防食塗装有-黒色塗装有、(C)防食塗装無-黒色塗装有の3種類の条件での測定を行った。この場合、き裂検出は、(C)から(A)の順に難しくなる。本計測箇所はボックス桁の中にあつたため、橋上を通行する大型車に赤外線計測のタイミングを合わせることは難しい。しかしながら、計測箇所は平日には大型車が頻繁に通行している位置にあり、大型車の载荷による熱弾性温度変動が30秒間の計測時間に検出された場合には測定データを保存、それ以外は破棄し、計測回数を重ねることでき裂検出に有効なデータの蓄積を行った。計測にはMCT



図1 計測状況

キーワード 非破壊検査, 赤外線サーモグラフィ, 疲労き裂, 鋼床版, デッキ進展き裂

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学大学院工学研究科機械工学専攻

アレイセンサを搭載した赤外線カメラ(温度分解能25mK)を用い,計測速度157 frames/sで測定を行った.計測状況を図1に,計測対象部位を図2にそれぞれ示す.



(a) 交差部 (b) 一般部

図2 測定対象部位

4. 計測結果

まず交差部のデッキ進展き裂に対する自己相関ロックイン処理画像および参照信号取得点での赤外線強度変動波形を,健全部のデータとともに図3に示す.自己相関ロックイン処理のための参照信号取得点は,図中に□印で示した位置に設定した.自己相関ロックイン画像のコントラストは,参照信号取得点に対する赤外線強度変動の相対値分布を示している.赤外線計測の厳しさを条件が,前述の(A)から(C)へと順に緩和されるにしたがい,横リブ交差部から少し離れた溶接ビード上に,応力集中箇所が鮮明に見られることがわかる.これらを健全部(d)での応力集中位置(スカラップ付近)と比べると明らかな違いがあり,疲労き裂の進展を確認することができる.自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィによる計測結果において,熱弾性温度変動が最も大きい点をもとに,デッキ進展き裂の先端位置を推定すると,横リブから48mmであった.これに対して,超音波探傷により推定されたき裂先端位置は43mmであった.超音波探傷から赤外線計測までの期間に,疲労き裂が進展していたことも考えられ,両者には良好な一致が見られたといえる.

次に一般部に対する計測結果を図4に示す.デッキ進展き裂の両先端を示す2箇所の顕著な応力集中が検出できていることがわかる.さらに,熱弾性温度変動が最も大きい点をもとに,デッキ進展き裂の先端位置をもとにき裂長さを推定すると,64mmとなった.超音波探傷により推定されたき裂長さは70mmであり,両者には良好な一致が見られた.

5. 結 言

自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィによりデッキ進展疲労き裂を検出できることを,現場実験により証明した.横リブ交差部,一般部ともに,溶接ビード上にデッキ進展き裂の存在を示す応力集中箇所が鮮明に見られ,疲労き裂の発生・進展を確認できた.また,応力集中部の位置は,超音波探傷による推定位置と良好に一致した.

文 献

(1) 阪上隆英, 和泉遊以, 玉越隆史, 石尾真理, 久保司郎: 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, 土木学会第62回年次学術講演会講演概要集, 2008, pp.937-938. (2) 阪上隆英, 和泉遊以, 森直也, 久保司郎, 大西弘志, 玉越隆史: 自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィによる鋼床版デッキ貫通き裂の検出 ~ 防食塗装膜と荷重周波数がき裂検出性に与える影響の検討 ~, 土木学会第65回年次学術講演会講演概要集, 2010, pp.281-282.

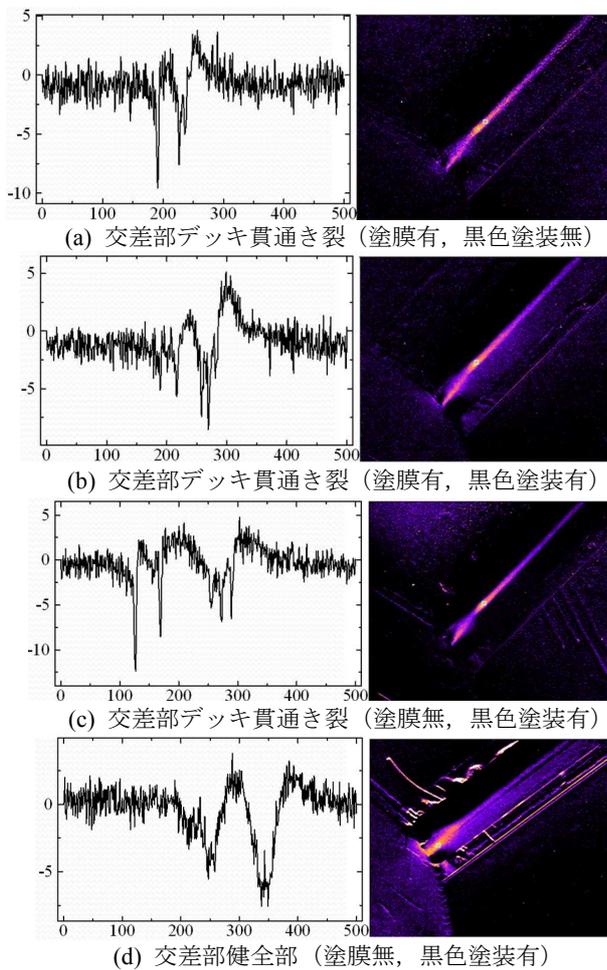


図3 交差部のデッキ貫通き裂の検出結果

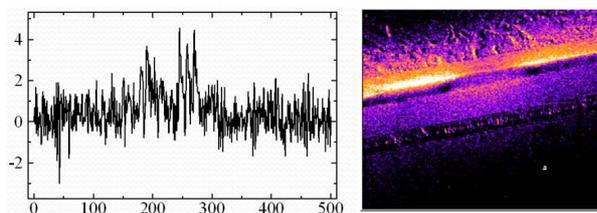


図4 一般部のデッキ貫通き裂の検出結果 (塗膜有, 黒色塗料有)