

自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィによる道路鋼床版の疲労き裂検出限界の検討

～車両重量・季節がき裂検出性に与える影響～

大阪大学 学生員 ○森直也 大阪大学 学生員 和泉遊以 神戸大学 正会員 阪上隆英
 大阪大学 非会員 田川哲哉 大阪大学 非会員 久保司郎 国総研 正会員 玉越隆史

1. 緒 言

近年、高度成長期に建設された鋼構造物の多くが当初の設計寿命を迎える、あるいは既に設計寿命を超えるといった経年劣化問題が生じている。道路鋼床版もその一つである。疲労損傷が懸念される鋼床版の供用安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。著者らはこれまでに鋼床版上を通過する車両の輪荷重による疲労き裂先端の応力場変動をもとにき裂を検出する、自己相関ロックインサーモグラフィ法の開発を行ってきた。本報では、鋼床版の疲労き裂検出に対する同法の適用限界として、通過する車両の重量がき裂検出に及ぼす影響について検討した結果を示す。

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載荷すると、き裂による特異応力場により、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。これ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。自己相関ロックイン法では、赤外線計測画像内の一部領域の温度変動データから作成した参照信号を用いて、全領域のデータと自己相関処理を行う。これによりノイズ軽減を行い、走行車両によるランダムな輪荷重負荷下での相対応力分布を高精度に求めることができる。

3. 実験方法

本実験では、供用下の道路橋鋼床版を対象とし、様々な重量の走行車両による欠陥検出性の検討を行った。鋼床版のデッキプレートおよびトラフリブ間の溶接部に発生した4つの異なるき裂を対象とした実験を、2009年6月および2010年2月に行った。6月の実験では重量が既知(20.1t)の荷重車および一般車両の通過時の赤外線計測を行い、2月実験では重量が5.0t、10.0t、21.4tの3台の荷重車の通過時の赤外線計測を行った。検査面は、既存の防食塗装膜を一旦除去した状態で赤外線放射率向上のため黒色塗料を塗布し、測定を行った。一般車も対象とした6月の実験では、道路上を走行する車両の可視動画撮影と鋼床版に発生したき裂を含む領域に対する赤外線計測を同時に行った。測定後、可視動画撮影データと赤外線計測データを同期させ、車両の通過に伴う赤外線強度変動波形とその荷重源となる車両の特定を行った。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、撮影画像内の揺れを画像処理により補正したのち自己相関ロックイン処理を施し、き裂先端部での応力集中部の検出を行った。一般車の重量については、可視計測より得られた画像を基に車種を推定し、その重量を概算した。赤外線サーモグラフィとしては、計測波長領域7.7-9.3 μm 、温度分解能25mKのMCTセンサを搭載した機種を用いた。

4. 実験結果(2009年6月実施)

様々な測定結果の中から、代表的な普通自動車(総重量5t未満)、中型トラック(総重量5t以上11t未満)、および荷重車(重量20.1t)による測定結果を図1に示す。自己相関ロックイン処理に用いる参照信号は、それぞれき裂先端近傍部において取得した。図1に示した軸重は、各軸について得られた赤外線強度変動波形の変動幅の比より求めた値の最大値を示している。図1より、中型トラックおよび荷重車によるロックイン処理結果ではき裂先端近傍での応力集中部が鮮明に現れていることが確認できる。この結果から、総重量10tに満たない中型トラックであってもき裂検出が可能であることが示された。赤外線強度値の変動幅と一軸あたりの重量の関係を図2に示す。ここで一般車については、荷重積載量が不明なため、空車時の車両重量およ

キーワード 自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ、鋼床版、疲労き裂、熱弾性温度変動

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻 TEL06-6879-4490

び総重量の値を示し,き裂検出が可能であったものについては・印,不可であったものについては×印で示す. 図3より,一軸あたり2t未満の車両については,欠陥検出が困難であることがわかる.そのため,欠陥検出には少なくとも一軸あたり2t以上の荷重が必要であることがわかった.

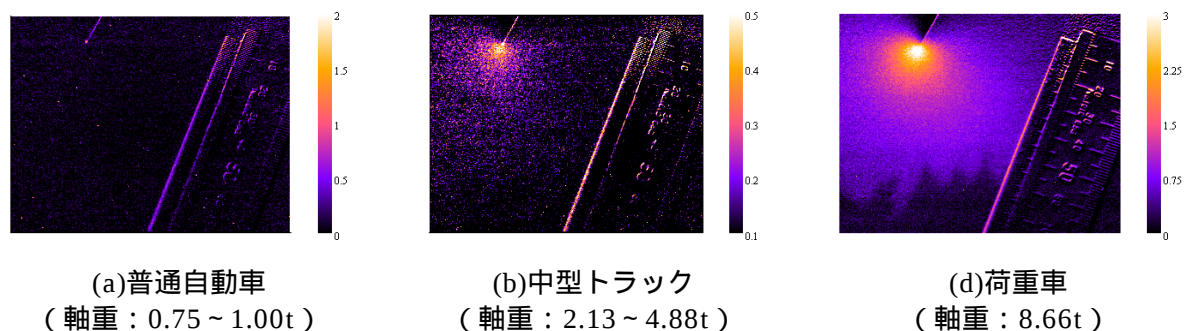


図1 自己相関ロックイン処理結果

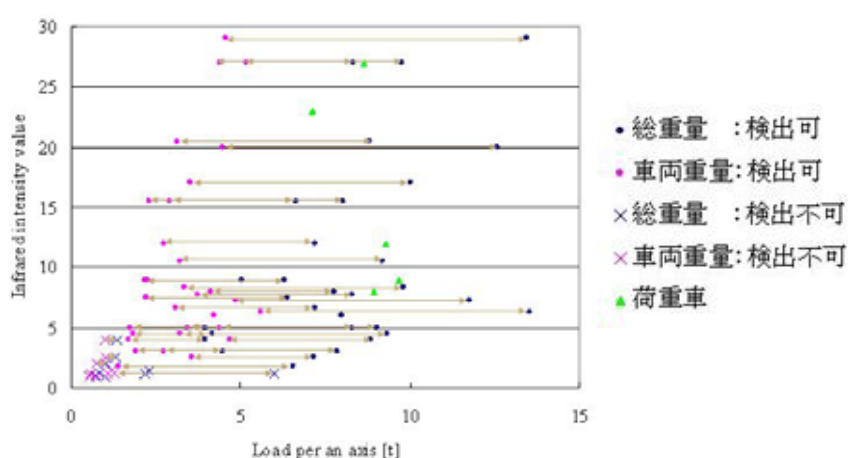


図2 軸重と赤外線強度変動値の振幅の関係

5. 実験結果(2010年2月実施)

重量の異なる3台の荷重車による,き裂先端近傍における赤外線強度変動の振幅の値および自己相関ロックイン処理結果を表1および図3にそれぞれ示す.表1より2月の計測結果では,赤外線強度変動値の振幅が6月の計測に比べ半減していることがわかる.季節による路面温度の違いにより,アスファルト舗装の剛性が変化したことが実働応力そのものに影響を及ぼしたのではないかと推察される.しかしながら,図3に示すように,総重量10t程の中型トラックによる載荷でも,き裂先端付近の熱弾性温度変動の局所的増大を検出でき,これをもとにき裂の検出が可能であることが明らかになった.

表1 赤外線強度変動値の振幅

車両	6月	2月
荷重車1	データなし	1.5
荷重車2	データなし	3
荷重車3	15.5	5

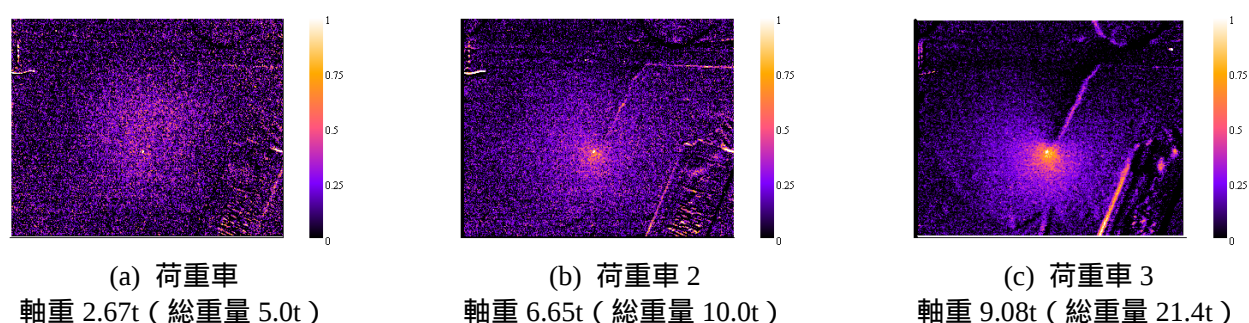


図3 自己相関ロックイン計測結果(車両速度 50km/h)