

高精度赤外線カメラを用いた鋼橋梁疲労亀裂などの計測基礎技術研究

NEXCO 西日本インノベーションズ(株) 正会員○築山 彰, 非会員 内田 勇治, 非会員 堀 充宏

西日本高速道路(株) 正会員 横山 和昭, 正会員 和田 圭仙, 正会員 浅野 貴弘

神戸大学大学院工学研究科 機械工学専攻 構造安全評価学研究室 正会員 塩澤 大輝, 正会員 阪上 隆英

1. はじめに

鋼橋の健全性を保証するためには、疲労による亀裂発生・進展や異常応力集中などを的確に検知することが重要である。疲労センサなどを用いる手法では、予め応力集中位置の事前情報が必要であり、面的計測を行う場合には、設置工数が大きくなる。本研究では、赤外線サーモグラフィを用いた遠隔・非接触・面計測による亀裂・応力集中部の実用的な検知を目標とした。ここでは神戸大学 阪上研究室で開発された自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法を実橋梁での亀裂・応力集中部検知に応用し、橋梁のたわみなどによるノイズ抑制機能を追加して亀裂・異常応力集中検知が可能であることを報告する。

2. 自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法および変位補正

自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法は、サーモグラフィの特定の位置の値の時間変動を参照信号とし、他位置の値の時間変動との相関から相対応力値を計算する手法である。図-1 は中央に穴の開いた金属試料を引張試験機で上下方向に圧縮伸張し、この赤外線サーモグラフィ(左図)に対して、自己相関ロックイン処理を行ったものである(右図)。赤表示部分に大きな応力がかかっていることを表す。しかし、本来応力が発生しない中央孔下端に大きな値が出現している。これは、引張試験機により負荷がかかる過程で、孔の位置が上下に微細に変位することから起こるノイズである。実橋梁においても車両走行時にたわみが起こるため、同様にノイズが発生する。この問題を解決するため、本研究では可視ビデオカメラを同期撮影し画像処理のテンプレートマッチングを用いることで変位を検出、この情報をサーモグラフィの変位補正処理に用いてノイズを抑制している。図-2 に処理手順を示す。

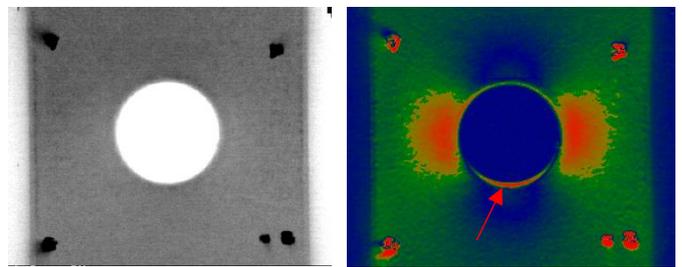


図-1 自己相関ロックイン処理

図-2 に処理手順を示す。

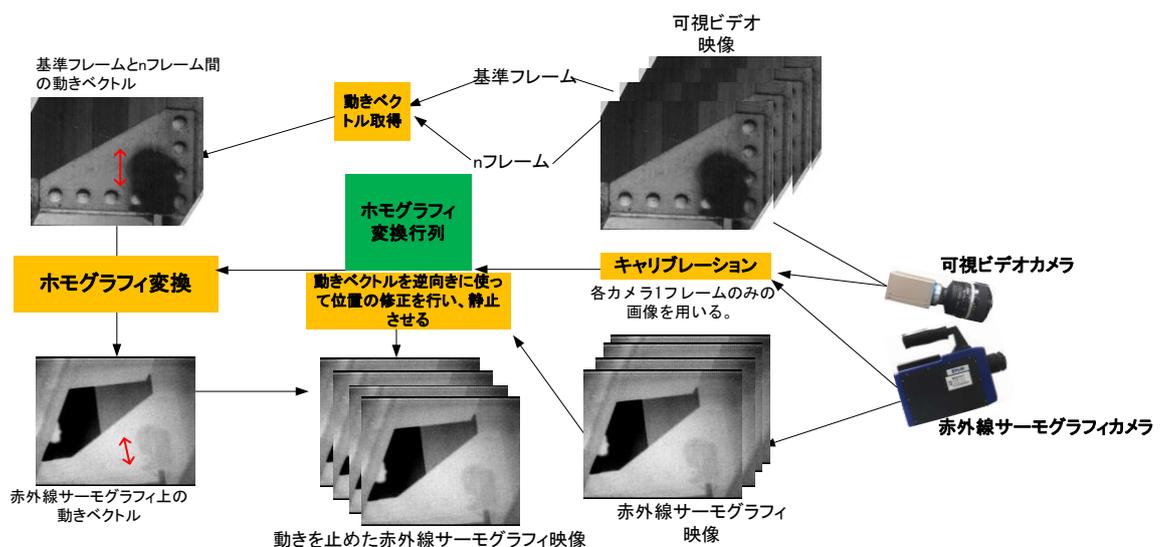


図-2 橋梁たわみによるサーモグラフィ変位補正処理

キーワード 応力計測, 赤外線サーモグラフィ, 自己相関ロックイン, テンプレートマッチング

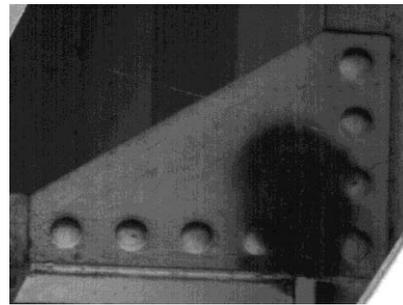
連絡先 〒532-0002 大阪市淀川区東三国 5-5-28 NEXCO 西日本インノベーションズ(株) TEL06-6350-6132

3. 実橋計測

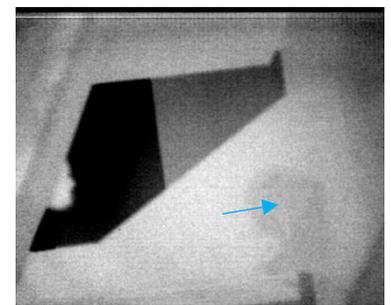
(1) **赤外線サーモグラフィカメラと可視ビデオカメラの同期撮影**：橋梁の鋼部材（図-3）に亀裂が存在していることから、赤外線サーモグラフィカメラと可視ビデオカメラで同期撮影した（図-4）。図-4 右図、青印部分に縦方向の亀裂の先端があることを接近目視確認している。



図-3 撮影状況



可視画像



赤外線サーモグラフィ

図-4 撮影データ

(2) **自己相関ロックイン処理および変位補正処理**：上述の橋梁鋼部材の赤外線サーモグラフィに対し、自己相関ロックイン処理を行った結果を図-5 左図に示す。また、可視ビデオカメラ映像を用いた変位補正処理を行い部材輪郭に検出されたノイズを抑制している結果を図-5 右図に示す。図-5 左図では、赤矢印位置に部材のノイズが出ているが、図-5 右図ではこれらのノイズが抑制されていることが確認できる。また、図-5 青矢印位置にスポット状の強い反応が見られるが、これは、図-4 右図青矢印亀裂先端位置と同一位置であり、亀裂先端の応力集中が明確に検出されている。

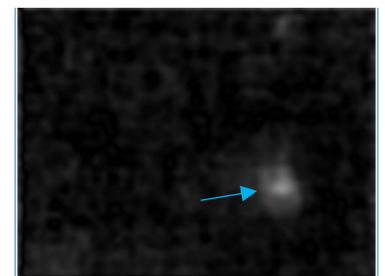
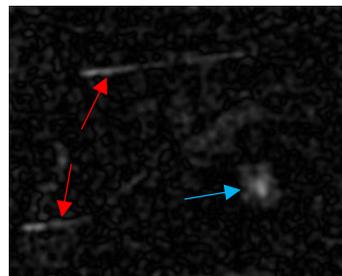


図-5 自己相関ロックイン処理結果（亀裂先あり）

また、図-6 は、図-4 とは異なる位置に配置されている同型の鋼部材のサーモグラフィと自己相関ロックイン処理（変位補正処理済み）結果である。鋼部材の右下青矢印位置に応力が集中しているが、図-5 のようにスポット状にはなっていない。対象鋼部材が繋ぐ2橋梁の一方に車両が走行し一方の橋梁のみたわみが発生する。このとき対象鋼部材に荷重がかかるが、図-6 右はこの際に応力が集中している領域が明るくなっていると考えられる。以上のことから本手

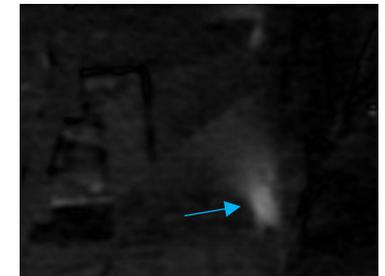
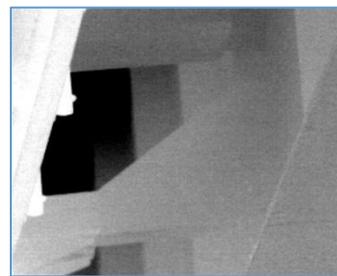


図-6 自己相関ロックイン処理結果（亀裂先なし）

法を使用することで応力集中部の位置、亀裂発生の有無が検知できることがわかる。また、亀裂によるスポット状の明るい領域位置のモニタリングを行うことで、亀裂の伸展を把握できる可能性がある。

4. まとめ

橋梁上を車両が走行することで発生するたわみによる負荷を赤外線サーモグラフィカメラで撮影し、自己相関ロックイン処理を行うことで、応力集中部や亀裂を検知できることが分かった。また、橋梁のたわみの影響によるノイズは、可視画像を併用した変位キャンセルを行うことで低減できることが分かった。今回、1橋のみの適用例であるため、更なる計測例の蓄積を行い処理画像と実際の亀裂に関する知見を増やす必要がある。また、荷重がかかる車両走行のタイミングが路下からではわからないため計測作業の効率が悪い。実運用では変位補正処理の情報を用いて車両走行タイミングを認識し、撮影の効率化を図るような機能の追加が必要であると思われる。

本研究においては、神戸大学 阪上研究室の多大なるバックアップをいただいた。ここに記し、謝意を表します。

参考文献等

- 1) 阪上隆英, 西村隆, 久保司郎, 崎野良比呂, 石野和成：自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法による疲労亀裂の遠隔非破壊検査技術の開発, 日本機械学会論文集 72 巻 742 号 pp50-57, 2006.12.