

温度ギャップ検出赤外線サーモグラフィ法による亀裂検出実用化システム

(株)ブリッジ・エンジニアリング	正会員	○大藤 時秀
本州四国連絡高速道路株式会社	正会員	溝上 善昭
滋賀県立大学	正会員	和泉 遊以
神戸大学	正会員	阪上 隆英

1. 概要

赤外線サーモグラフィを用いた温度ギャップ計測による疲労亀裂検出法により、高効率・高精度に鋼床版デッキプレートーUリブ間の溶接部に生じるビード貫通亀裂を検出できる技術が開発された⁽¹⁾。しかしながら本州四国連絡道路の鋼床版の車線総延長は約100kmと膨大である。また、橋ごとに橋梁形式、点検補修作業車（以下「作業車」という。）の形状・能力、管理路の位置・形状などが異なるため、温度ギャップ法を適用するのに適した撮影システムを開発する必要がある。本報告では、今回開発した撮影・録画システムの試作機の一つと、解析の効率化のために考案された亀裂自動検知アルゴリズム^{(2), (3)}を統合した、実用化システムの内容について示す。

2. 実用化システムの開発

2-1 実用化システムの概要

開発した実用化システム概要図を図1に示す。本システムは、撮影・録画システムと解析・閲覧システムの2つで構成される。

撮影・録画システムは、台車となる駆動装置と赤外線サーモグラフィ・PC・ロータリエンコーダなどの撮影制御・録画装置から構成され、対象箇所の温度画像を移動しながら連続撮影できる。合わせてロータリエンコーダにより位置情報も同期しながらデータを収録する。

解析・閲覧システムは、撮影・録画システムから転送されたデータを亀裂自動検知アルゴリズムにより解析し、亀裂等を自動検出し、亀裂判定の基礎資料として、最適化した温度画像や微分画像を演算・作成し、これらを閲覧するシステムである。

2-2 撮影・録画システム

撮影・録画システムは、撮影する橋梁の管理路や作業車等の状況によって、いくつかの撮影手法が考えられる。実用化にあたり、まずは鋼床版ディテールが古く、車線延長や累積大型車交通量が多い瀬戸大橋での開発を先行して進めることとした。瀬戸大橋では、鋼床版直下に作業車が設置されているため、まず、溶接線が作業車上から撮影可能かの机上検討を行い、輪荷重直下の16本の溶接線中14本が撮影可能であることを確認した。次に、試作機として、作業車内に2本のレールと台車に繋いだワイヤーを巻き取る駆動装置をレール端部に設置し、台車を走行させて撮影実験を行い、良好な結果を得た。写真1に試作機での撮影の様子を示す。その後、2本の溶接線は管理路から撮影することとなるため、台車をクローラ型に改良し、直接グレーチング上を走行させる撮影実験を実施した。しかしながら、クローラ台車のキャタピラとグレーチングの組み合わせでは、振動により撮影動画像がぶれるため、使用に適さないことが判明したため、台車は



図1 システム概要図



写真1 撮影・録画状況

キーワード 赤外線サーモグラフィ, 温度ギャップ計測, 非破壊検査, 鋼床版, ビード貫通亀裂

連絡先 〒655-0047 神戸市垂水区東舞子町4-115 J B本四高速舞子ビル内 TEL 078-785-3651

車輪式とし、レールを設置して走行させる方法とした。写真2に赤外線サーモグラフィ(FLIR 社製, Tau2)を搭載した車輪台車および制御装置を示す。制御装置には、撮影制御機能、録画・表示機能 および ユーザーインターフェースがあり、撮影開始時の環境条件の確認や最適な温度画像が表示できる工夫を行っているほか、録画・再生および台車の制御などができる。

2-3 解析・閲覧システム

従来法は、評価者が温度画像コントラストの違いから、亀裂箇所を抽出し、温度プロファイル等を参考に亀裂を検出していた。また、亀裂位置は台車の移動速度や横リブの温度低下部を参考に算出していた。

これに対し、開発した解析・閲覧システムでは、「亀裂」と「浮きや汚れ」をアルゴリズム^{(2), (3)}に基づき自動検知し、位置情報も同期されている。閲覧もジャンプ機能によって検知箇所へジャンプし、結果を迅速に確認することができる。また、温度プロファイルおよび温度微分値を表示することにより、従来法と比較して効率良く亀裂判定が可能なシステムとした。さらに、温度画像の空間平均処理や微分処理した画像を表示することによって、亀裂がある場合、概ねの亀裂長さが推定できるようにしている。解析・閲覧システムのフローを図2に、閲覧画面を図3にそれぞれ示す。

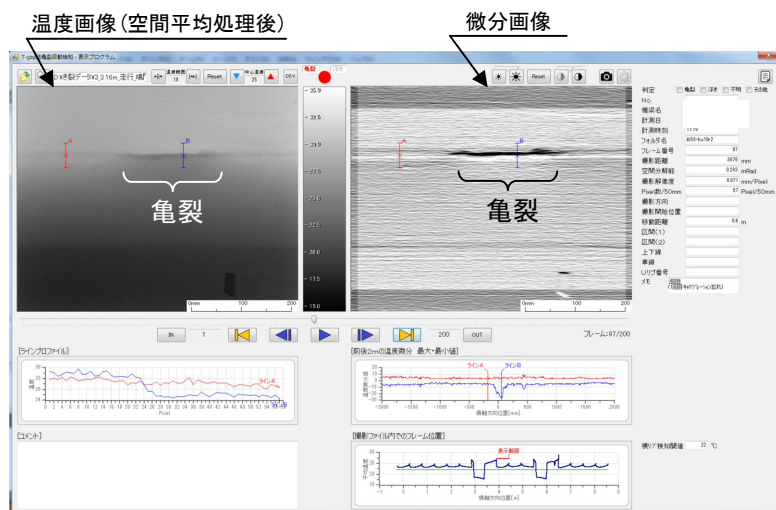


図3 閲覧画面例



写真2 車輪式台車・制御装置

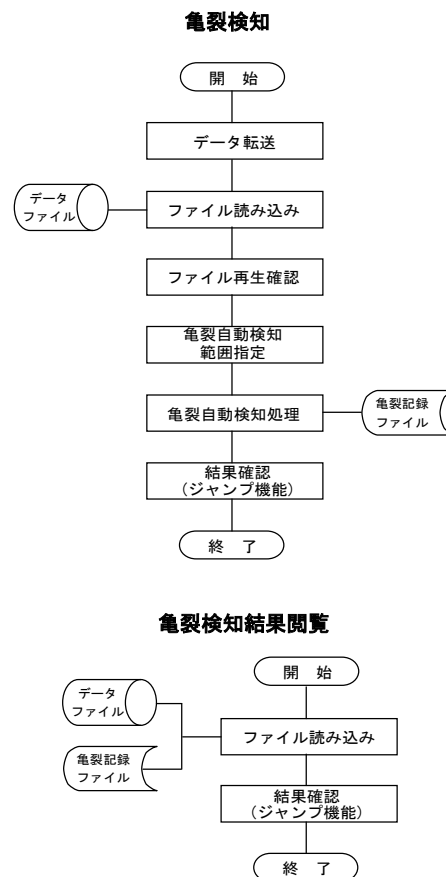


図2 解析・閲覧システムフロー

3. まとめ

温度ギャップ法を適用した疲労亀裂を発見する点検および解析を効率的に行うため、本稿では、レール・台車方式の撮影・録画システムと亀裂自動検知アルゴリズムを組み込んだ解析・閲覧システムを統合した、実用化システムを示した。今後は、レール・台車方式では不可能な環境における撮影システム、可視動画像を同期させた亀裂判定補助システムおよび亀裂自動検知の誤認識軽減システムなどの開発を行い、システムの運用および改良を重ね、実用化システムを高度化していく予定である。

参考文献

- (1) 溝上善昭, 小林義弘, 和泉遊以, 阪上隆英, 赤外線サーモグラフィを用いた温度ギャップ検知による鋼床版デッキプレート-Uリブ間の溶接部に生じる疲労亀裂の遠隔検出, 鋼構造論文集 第22巻第87号, 2015年9月
- (2) 和泉遊以, 溝上善昭, 小林義弘, 阪上隆英, 西脇周季, 赤外線サーモグラフィを用いた温度ギャップ計測による亀裂の検出性及びその高精度化に関する検討, 第70回土木学会年次学術講演会講演論文集, 土木学会, pp.779-780 2015年9月
- (3) 阪上隆英, 溝上善昭, 小林義弘, 和泉遊以, 西脇周季, 赤外線サーモグラフィを用いた温度ギャップ計測における亀裂判別方法に関する検討, 第70回土木学会年次学術講演会講演論文集, 土木学会, pp.781-782 2015年9月