

## 供用中の高速道路橋床版における赤外線を利用した損傷検出技術の検討

西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社 正会員 ○上田知広  
株式会社パスコ 正会員 川島千明  
西日本高速道路株式会社 武田 享  
大阪大学大学院 正会員 小濱健吾

### 1. はじめに

近年、高速道路の橋梁部路面上にポットホールが発生し、安全な車両走行に支障をきたすケースが頻発している。ポットホールは床版コンクリートのはく離や土砂化の進展より発生することが多く、発生を未然に防ぐためには床版部の異常の早期発見と補修が重要となる。現在、床版部の点検では一般的にハンマーを用いた打音検査が実施されている。しかしながら、打音検査の実施には交通規制が必要であり、また、点検作業に多くの人員・期間を要することから作業の効率化が強く求められている。本研究では、高速道路内の橋梁部に対して赤外線サーモグラフィカメラ（以下、赤外線カメラ）を搭載した車両による移動計測を実施し、交通規制を実施することなく舗装内部の損傷を検出する方法について検討した。また、打音検査結果との比較を通して、赤外線カメラを用いた点検手法の有用性を検証した。

### 2. 赤外線熱計測

赤外線カメラを用いて舗装内部の損傷を検出する手法が検討されている[1][2]。本研究では、損傷の有無を判定する温度差閾値（以下、閾値）を決定する方法についても論述する。計測対象の橋梁の諸元を表-1に示す。本計測は図-1に示す点検車両を用いて実施した。車両には可視カメラ・赤外線カメラ・計測制御装置が搭載されている。計測時は5m間隔でシャッターパルスを生成し、車両前方の舗装面を連続撮影した。計測日前後における外気温・降水量の変化を図-2に示す。損傷部への雨水残留状況から損傷箇所を特定するため、計測は降雨後およそ24時間が経過した令和元年7月12日の10時から13時にかけて実施した。

### 3. 計測データの解析

#### (1) 解析手法概要

キーワード：赤外線熱計測、赤外線サーモグラフィカメラ、コンクリート床版、橋梁

連絡先：〒731-1533 広島県山県郡北広島町有田 1177

西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 千代田道路事務所 TEL 0826-72-5055

表-1 計測対象橋梁の諸元

項目	内容
橋長	213.0m（内、解析延長は154.0m）
道路規格	1種3級B
荷重	TL-20 TT-43
型式	RCホロースラブ：73.43m、鋼鉄桁：79.90m
床版コンクリート	圧縮強度 $\sigma_{ck}=240\text{kg/cm}^2$
床版鉄筋	材質 SD30 許容引張応力 $\sigma_{sa}=1800\text{kg/cm}^2$
適用示方書	昭和48年2月 道路橋示方書 同解説
使用材質	SS41、SM50Y



図-1 計測車両外観

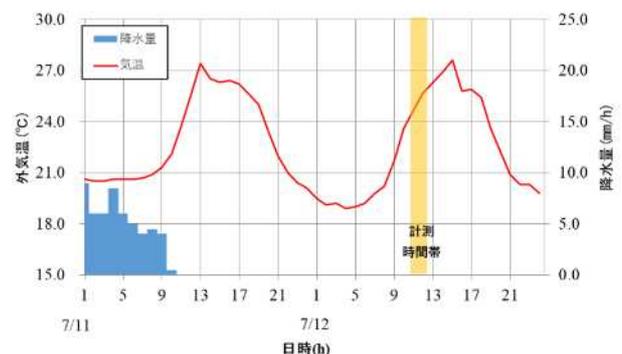


図-2 外気温・降水量の推移

取得した赤外線熱画像から局所的に温度が変化している箇所を損傷候補箇所として抽出した。抽出の流れを以下に示す。

はじめに、画像ごとに路面の基準となる基礎温度を算出する。今回は画像下端から5m前方までの車線の領域を解析範囲とし、その範囲内の温度の中央値を

表-2 解析結果と打音検査結果の比較区分

		打音検査結果	
		損傷有り	損傷無し
赤外線熱画像 解析結果	抽出	A	B
	非抽出	C	D

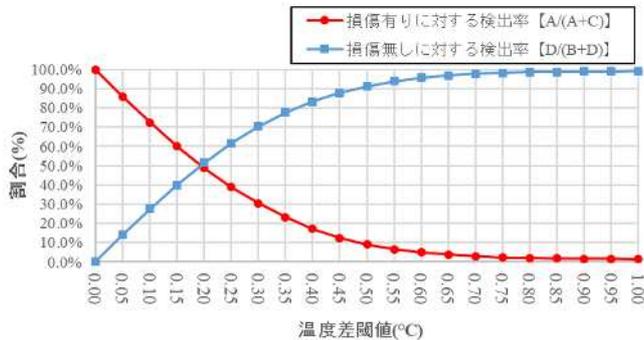


図-3 温度差閾値に対する検出率の変化

基礎温度とした。次に、解析範囲内の各画素に対して、基礎温度との差分値を算出する。その後、各画素の損傷の有無を判定するための閾値を設定し、閾値を超過する画素を損傷有りの候補箇所として抽出した。なお、白線やジョイント部は材質の違いによる温度差が生じることから誤抽出の要因となるため、これらが解析範囲内に写りこんだ領域は解析対象から除外した。

#### (2) 温度差閾値の設定方法

赤外線熱画像からの解析結果と打音検査結果を表-2のように区分する。ABCDは該当区分に属するデータの数である。打音検査によって損傷有りと判定された標本において、赤外線熱画像の解析結果を用いて損傷有りと判定できていた割合は  $A/(A+C)$  によって表される。同様に、打音検査によって損傷無しと判定された標本において、赤外線熱画像の解析結果を用いて損傷無しと判定できていた割合は  $D/(B+D)$  によって表される。A~Dの具体的な数は閾値の設定によって異なる。図-3に、閾値を変化させた時の両者の変化を示す。本研究では、打音検査前のスクリーニング調査として赤外線熱計測を用いることを想定し、損傷無しの検出率よりも損傷有りの検出率を重要と考え、 $\pm 0.10^\circ\text{C}$ を閾値として設定した。この時、損傷有りの検出率は73%となり、損傷無しの検出率は28%となる。赤外線熱画像の解析結果の一例を図-4に示す。(a)は赤外線カメラから取得した熱画像データ、(b)は基礎温度からの温度差をグレースケールで示したものの、(c)は損傷候補箇所、(d)は打音検査で実際に損傷が確認された範囲を示す。

#### 4. 赤外線カメラの有用性に関する考察

本事例では、損傷有りの検出率を73%としたところ

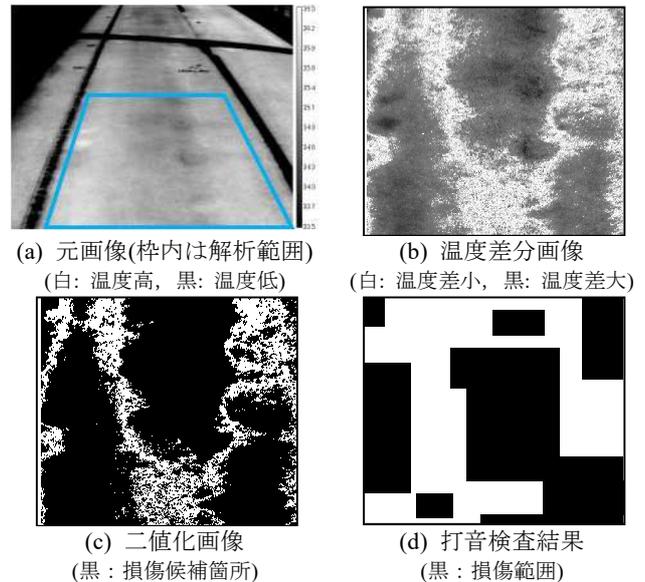


図-4 赤外線熱画像の解析結果例

損傷無しの検出率が28%となり、この値は決して大きい値ではなかった。しかし、図-4に示したように損傷の有無を温度差により明確に判別できるような箇所が存在していることから、赤外線カメラを有効利用するためには以下の2点が重要と考えられる。1つは、検出率の改善のために、損傷の有無によって温度差が大きくなるような環境条件(撮影時期や時間帯)を整えることである。いま1つは、赤外線カメラのみではなく路面性状測定や地中レーダ測定などの他の評価指標との併用である。これらにより、赤外線カメラを用いて高速道路床版を網羅的に計測し、損傷箇所のスクリーニングへと繋げることが期待できると考えられる。

#### 5. おわりに

本研究では、赤外線熱画像上の温度分布から床版部の浮き・はく離箇所を検出する方法を検討した。その結果、赤外線カメラを用いた点検によって、損傷箇所をスクリーニングし、点検・調査の省力化・効率化へと繋げられる可能性を見出した。そのためには、赤外線カメラによる調査において適切な環境条件を特定し、損傷の検出力を改善することや、他の調査方法と併用して損傷を検知していくことが重要であると考えられる。最後に、本研究の実施にあたり、(株)ガイアートの皆様にご協力を頂いた。ここに感謝の意を表します。

#### 参考文献

- [1] 齊藤ら, 赤外線サーモグラフィ法による床版上面の調査手法について, 土木学会第65回年次学術講演会概要集, 2010.9
- [2] 宇野津ら, 赤外線検査法による内部損傷に着目した舗装管理への取り組み, 土木学会第67回年次学術講演会概要集, 2012.9