

打音による損傷範囲確定作業の削減を目的とした赤外線路面調査法の検討

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、高速道路の橋梁床版の劣化に起因すると思われるポットホールが発生により、安全な車両走行に支障をきたす事案が頻発している。ポットホールは床版コンクリートのはく離・土砂化が進展することで発生することが多い。その発生を未然に防ぐには床版部の異常箇所を早期に発見し補修することが重要である。

現在、床版部の点検には一般にハンマーを用いた打音検査が実施されている。しかし、打音検査には交通規制を伴い、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。

筆者らは上記の課題点に対して、赤外線サーモグラフィカメラ（以下、赤外線カメラ）を用いて、舗装内部の損傷に起因する温度差を検出することで異常を検出する手法を提案した¹⁾。

本研究は、過年度研究で課題となった検出率を改善し、損傷を見逃さず、打音範囲を削減する手法について検討した。

2. 赤外線熱計測

本研究では、車両に赤外線カメラを搭載し、走行しつつ路面の計測を3橋（4路線）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、計測時は5m走行する毎に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。

3. 解析手法

計測結果の解析は、以下の手順で行った。（図3）

(1) 温度異常箇所の抽出

(a) 台形変換：はじめに、各画像の下端から5m前方まで、かつ車線内の左右2.5mの範囲までの範囲を解析対象範囲とした。解析対象範囲は熱画像上で台形となっているため、路面を真上から見た矩形状となるように台形変換を行う。

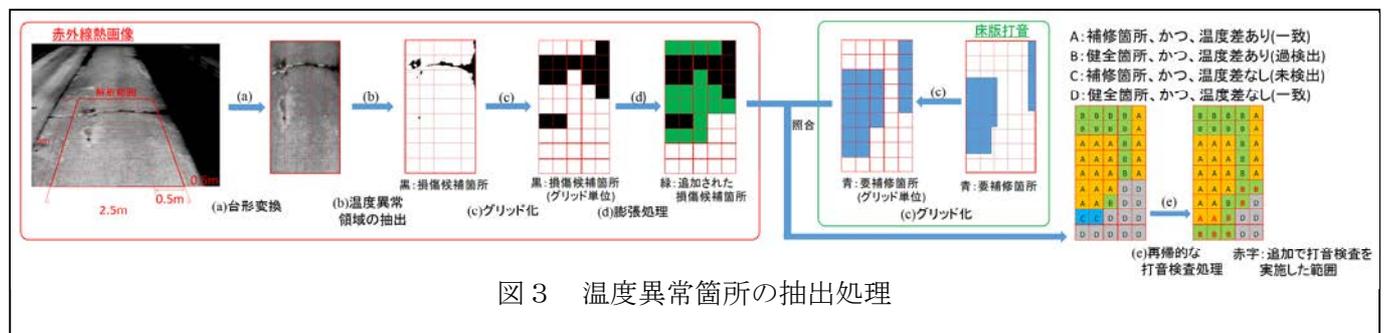
(b) 温度異常領域の抽出：解析範囲内の温度の中央値を基礎温度に設定する。次に各画素に対して、基礎温度との差分値を算出する。その後、各画素の損傷の有無を判定するための閾値を設定し、閾値を超過する画素を損傷候補箇所として抽出する。

(c) グリッド化：実際の床版補修は、50cm四方を最小単位とした施工範囲を設定している。これに倣い、解析対象範囲を50cmのグリッドに分割し損傷候補箇所となる画素を含むグリッドを補修候補として抽出する。

(2) グリッドの膨張処理

損傷の未検出を低減するため、(1)で抽出したグリッド単位の損傷候補箇所に対して、以下の2つの処理を追加で実施する。

(d) グリッドの膨張処理：(c)で抽出した補修候補箇所のグリッドについて、周囲1マスのグリッドを損傷候補箇所追加する。



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

(e)再帰的な打音検査処理：損傷候補箇所を手掛かりに、実際の補修現場で打音検査を行うことを想定する。打音検査と損傷候補箇所が一致した場合(図内のAマス)は、周囲1マスのグリッドを追加で打音検査する。追加された範囲で損傷を新たに検出できた場合(図内のCマス)は、上記の処理を繰り返し実施する。

4. 打音検査結果との比較検証

損傷候補箇所の抽出結果と打音検査結果を比較し、グリッドを以下の4パターンに分類する。

- A：要補修箇所 かつ 損傷候補箇所(一致)
 B：健全箇所 かつ 損傷候補箇所(過検出)
 C：要補修箇所 かつ 非損傷候補箇所(未検出)
 D：健全箇所 かつ 非損傷候補箇所(一致)

打音検査により損傷有りとは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は判定できていた割合は $A/(A+C)$ により表される。同様に、打音検査によって損傷無しとは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は判定できていた割合は $D/(B+D)$ により表される。それぞれの割合は温度異常箇所抽出時の閾値により変化する。図4に閾値を段階的に変化させた場合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として赤外線熱計測を実施することを想定し、損傷有りの検出率が100%であることを必要条件とした。グリッド化のみ実施した場合では、いずれの路線も損傷有りの検出率が100%を満たす最大の温度閾値は $0.2^{\circ}\text{C} \sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 程度であった。このときの損傷無しの検出率はほぼ0%となっている。一方、膨張処理と再帰処理を実施した場合は、損傷有りの検出率が100%を満たす最大の温度閾値は $0.9^{\circ}\text{C} \sim 1.4^{\circ}\text{C}$ 程度と高い値を示していた。このときの損傷無しの検出率は20%~50%程度まで改善されていた。以上の結果から、膨張処理と再帰処理を適用した場合、対象区間では最低でも2割程度の打音範囲の削減が期待できると考えられる。

なお、路線によって温度閾値に対する検出率の推移にばらつきが見られた。橋梁構造や経年数、損傷程度などの要因によって、温度閾値の最適値は適宜変化すると思われる。

5. おわりに

本研究では、赤外線熱画像から温度異常箇所を抽出する手法に、グリッド単位での膨張処理・再帰処理を組み合わせることで、損傷箇所の検出率を維持しつつ打

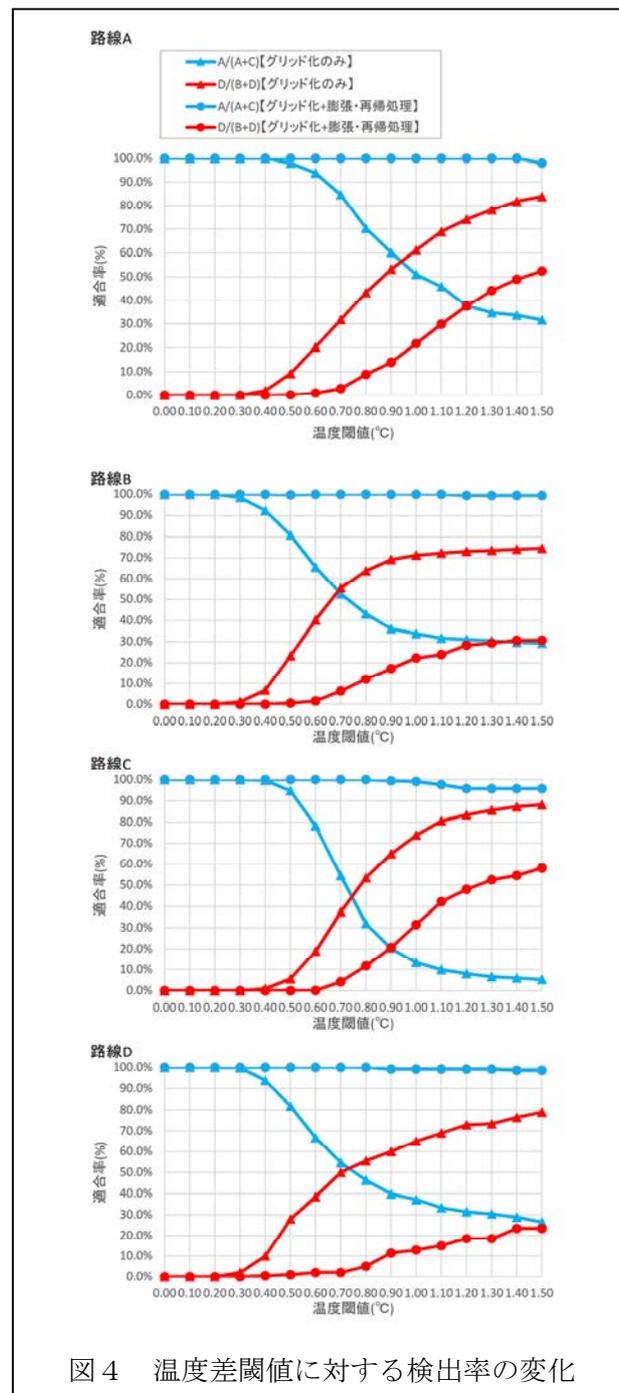


図4 温度差閾値に対する検出率の変化

音範囲を低減する手法を提案した。その結果、打音範囲を2割程度軽減しつつ損傷箇所をほぼすべて検出でき、打音検査による労力・期間の低減可能性を見出した。しかし、膨張処理後の検出率が低い場合、再帰処理量増の可能性について課題が残った。今後は、様々な橋梁への適用、分析により構造毎の最適な温度閾値の関係性、精度向上に必要な測定条件を整理し、計画段階から高精度のデータを取得する方法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 上田知広, 川島千明, 武田享, 小濱健吾: 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, 土木学会第75回年次学術講演会講演概要集, 2020.