

赤外線サーモグラフィーによる点検手法の開発と考察

四国道路エンジニア(株)^{*1} 明石 行雄
 四国道路エンジニア(株)^{*1} 橋本 和明
 (株)ニコンシステム^{*2} 正会員 小出 博
 (株)ニコンシステム^{*2} 正会員 外川 勝

1. はじめに

赤外線サーモグラフィー法（以下赤外線法とする）はコンクリート構造物の表層部損傷による剥落事故などを検知し第三者被害を未然に防ぐ事が容易になる。非接触による遠隔点検方法として近年赤外線法が広く検討されている。赤外線法は遠隔点検可能として効率化が期待できるものの反射や熱放射を誤検知するなど外部環境因子の影響を受けやすいことや測定データから異常部の検出に熟練が要求されるため、広く普及するに至っていないのが実態である。

本報告の測定方法を用いることで赤外線法の現場作業の効率化や測定精度改善が期待できる。

本報告は高速道路の維持管理業務を通じて得られた知見を基に、赤外線法の現場レベルでの技術的な問題点とその対応策について報告する。

本研究では赤外線データ解析用に四国道路エンジニア(株)と(株)ニコンシステムによる解析ソフト「GSRPT-SDE」を利用した。

2. 赤外線法の現場実験検証

2.1 現地調査の目的と検証方法

赤外線カメラ(TVS700: 温度分解能 0.05 以下)を利用し、約 4500 m²の調査面積を対象に赤外線法と打音点検法の相関的中率を把握する。

2.2 現地検証結果と誤認要因の抽出

測定結果として赤外線法の異常検知箇所 79 箇所に対し打音点検法の異常検知箇所は 8 箇所と的中率は約 10%程度であった。

2.3 赤外線法の問題と課題

検証結果から赤外線法の問題は以下に集約される。

- 赤外線調査時間帯の良否の判断。
- 異常部の損傷形状が把握できない。
- 昼間の調査では現場での反射因子（車両）等の影響により誤判断する。

3. 熱環境測定装置を用いた赤外線法

3.1 調査時間帯を判断する客観的な手法

調査時間帯を客観的に判断するために熱環境測定装置を作成した。この熱環境測定装置は損傷部を備えたコンクリート立方体である。この熱環境測定装置を調査対象橋梁の周辺に設置し赤外線カメラで異常を検出

した時間帯が赤外線カメラでの適切な調査時間帯と判断する。一つの橋梁であっても日射量の影響大小で、損傷部の検出される時間帯が異なる。図1は日陰・日向別の時間帯・温度履歴である。調査部位毎に熱環境測定装置で適切な調査時間帯を客観的に把握することができる。

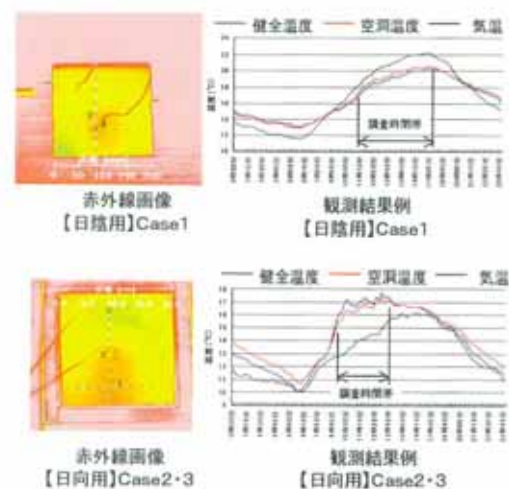


図1 日陰・日向別の温度履歴

3-2 損傷形状の推察方法

コンクリート片剥離において構造物の鉄筋位置は非常に重要である。鉄筋位置により異常部の形状が異なり、今回は損傷パターンを図2に示す分類をした。また損傷パターン別にFEM解析用にモデル作成をした。このモデルは三次元化し左右上下対称としたため異常部の中心から4分割したモデルとした。今回は解析の初期解析の初期条件として初期温度を7.3とし計算打ち切り時間を5時間とした。図3にFEM解析結果を示す。等温線図から、損傷のパターンによって温度差の表れ方が異なる結果を得た。更に温度差の出現を明確にする為に折れ線グラフを作成した。このグラフで、異常部から健全部にかけて温度勾配やグラフの形状が、損傷状況によって異なる。具体的には異常部の位置が表面から奥にいくに従い、折れ線グラフの傾きは緩やかになる。これらを応用することにより損傷状態をパターン化することができる。

キーワード：赤外線法、赤外線サーモグラフィー法、熱環境測定装置、剥離

^{*1} 〒760-0018 高松市天神前 10 番 5 号

TEL 082-834-1196 FAX 082-834-1254

^{*2} 〒220-6116 横浜市西区みなとみらい 2-3-3 クイーンズタワー-B 16F

TEL 045-682-0140 FAX 045-682-013

損傷パターン					
損傷状況	十分な縦筋は確保されているが、表面から4cm以上深に異常部(空洞)が存在している。	縦筋が深く、表面から2cm程度深に異常部が存在している。	損傷パターン①から、進行している状態であるが、異常部の一部が2cmまで達している。	損傷パターン②から、進行したものであるが、自然落下する可能性がある。	損傷パターン③から、進行したものであるが、自然落下する可能性がある。
打音結果	異常音のみで、剥落することはない。	打音することで異常部に穴があき、コンクリート片が落下する可能性がある。	強打するとコンクリート片が落下する可能性がある。	緊急点検が必要	緊急点検が必要
維持管理	観察	注意	注意	要注	要注

図2 損傷パターンと別の整理

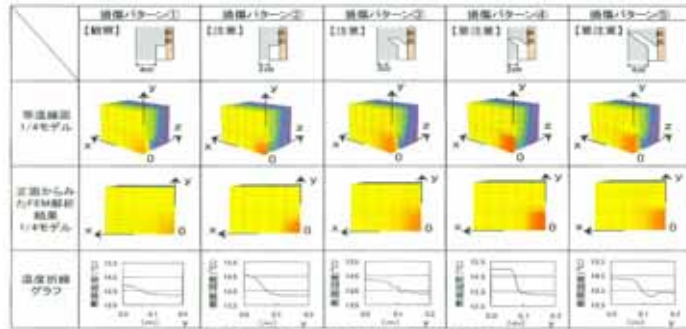


図3 損傷パターン別の等温線図と温度折れ線グラフ

4. 熱環境測定装置を用いた赤外線法の効果

4-1. 損傷形状の検出精度

熱環境測定装置を用いた赤外線法を実道路橋を対象として精度確認した。方法は全面打音検査と比較した、結果を図4に記す。本調査方法で異常と判断した箇所は123箇所である、打音検査で異常と確認した箇所は46箇所であり、本調査方法では全て検出された。また要注意から注意・観察に進むにつれ打音検査で健全部と判断した箇所を異常と判断した箇所が増えていくのわかる。本調査方法はできるだけ多くの損傷部を検出するため微妙な温度差であっても異常と判断している。叩き落としの応急処置を実施した箇所はすべて要注意と判断しており第三者被害を未然に回避することができた。

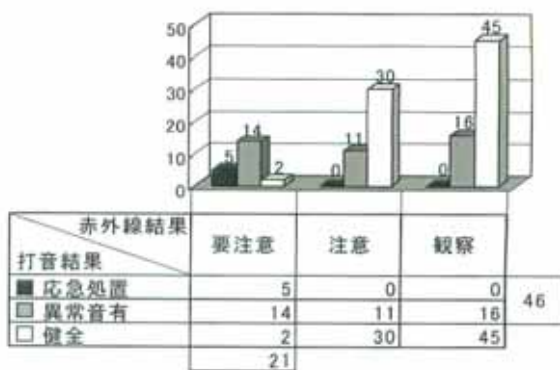


図4 3段階に分類した赤外線調査と打音結果

4-2. 損傷形状の検出限界

本調査では信頼性確保のため。検査技術の限界を明確にしておく必要がある。平成13年から現在に至る現地調査や室内実験の蓄積により本調査手法の検出限界は

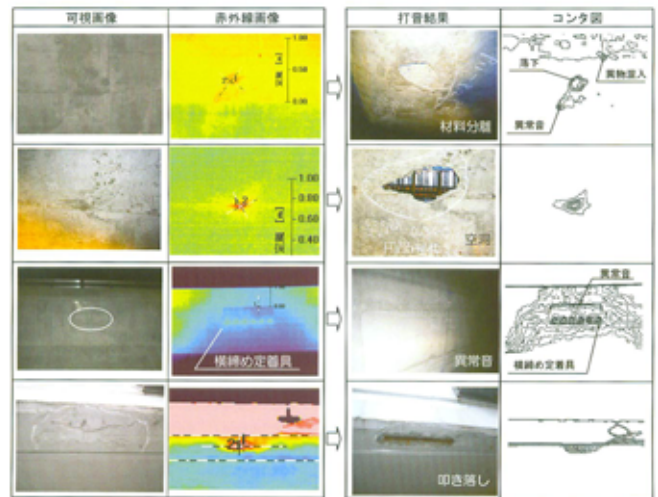
以下になる。

- 空洞部 深さ 4cm 迄
- 浮き。剥離（表面ひび割れ無） 深さ 3-4cm 迄
- 浮き・剥離（表面ひび割れ有） 全て検出
- 異物混入 深さ 2cm 迄

赤外線法は橋梁等の健全度を調査目的とするものではなくコンクリート構造物からのコンクリート片剥落による第三者被害を防止する検査に効果をもたらす。

5. データ解析

図4に赤外線画像と打音結果を示す。材料分離から空洞・剥離に至るまで検出できる。赤外線画像では温度分布の形状が明確に解らないが異常部の判断については調査員に委ねているのが現状である。このため、調査員の経験によって温度分布の捉え方に違いが見られる。対策としコンタ図を作成し温度分布の形状を明確にした。コンタ図を作成することにより赤外線データから損傷状態を明瞭化することができた。



※：コンタ図は、GSRPT-SDEのプログラムを利用（GSRPT-SDEは財団法人道路エンジニア協会と株式会社ニコンシステムの共同開発）

図5 赤外線画像解析・コンタ図と打音検査

6. まとめ

赤外線法は橋梁点検において効率的な調査方法であると言える。赤外線法を利用するにあたり必要項目を以下に記す。

- 赤外線法の検出限界を明確にする。
- 調査員が異常の有無を判断するため損傷部の検出パターンを認識する必要がある。
- 現地調査に適切な時間帯の指標が必要になる。
- 効率的調査のために損傷パターン分類が必要。
- 汚れと損傷の定量判別するための開発が必要。