

夜間時の赤外線カメラを用いた高架橋コンクリートの剥離診断(その1)

西日本旅客鉄道(株) 正会員 渡辺 佳彦 長田 文博 井上 英司
国際航業(株) 正会員 虫明 成生

1. はじめに

高架橋等のコンクリート構造物の劣化をよりの確に、かつ早期に把握することを目的として、従来からの目視検査・高所作業車等を用いた至近距離打音検査に加えて、非破壊・非接触でかつ遠隔からの効率的な検査が可能な、赤外線カメラを用いた熱画像による検査を平成13年度より実施している。

しかしながら、現行の当社における熱画像診断は、撮影時間が夏季(6月～8月)を除く晴天時の昼間(おおむね10時～14時)と限定している¹⁾ため1日に撮影できる時間帯が限られ、また新たな問題点もあって検査距離が伸びていない状況にある。そこで今回は、撮影時間帯の拡大を目指すことを目的に、上記以外の時間帯、特に夜間における熱画像による剥離検知の可能性について検証を行った。

2. 熱画像による剥離診断の問題点

構造物の内部に剥離による空隙が存在する場合には健全部との間に温度差を生じ、日中に剥離部は健全部に比べて高温になる。この構造物表面の温度分布を熱画像でとらえることで、剥離箇所の抽出が可能となる。この原理をもとに熱画像による剥離検知を実施しているが、現在までに以下のような問題点が発見された。

2-1 冬季の撮影

これまでの検討結果では、夏季以外は撮影可能と判断していた。しかし、冬季においては北側の高らん部は熱画像による剥離箇所の判別が困難な場合があることがわかってきた。

2-2 スラブ軌道の影響

高架橋上部がスラブ軌道の場合、直射日光による熱が高架橋下面にまで伝わるため、通常とは異なった熱画像を示す場合があることがわかった。写真-1は昨年5月末に撮影したものであるが、中央部が高温となっていることがわかる。この部分は上下線スラブ板の間に当たり、他の箇所比べてコンクリート厚が薄く、直射日光の影響で温度上昇が周囲よりも大きくなると考えられる。このことから健全部と剥離部との温度差が小さくなり、熱画像による剥離箇所の判別が困難な場合があることがわかった。



写真-1 A 高架橋(熱画像)

3. 夜間撮影の可能性

3-1 夜間撮影の意義

これまででは夏季を除く晴天時の10時～14時に限った撮影を行ってきた。このため撮影可能な日・時間が多くない上に、2.で述べた冬季の北側高らんやスラブ軌道のような現象が新たに見つかったため、撮影距離が伸びていないのが現状である。

今回は、熱画像による剥離検知の適用範囲拡大のため、夜間での剥離検知の可能性を検討することとした。夜間は温度が下降し、それに伴って図-1に示すように、日中とは逆に剥離部は健全部に比べて低温になることがわかっており²⁾、この原理を利用することで、夜間への適用が可能と考えられる。

施工位置は実際に剥離状態が確認されており、研究目的のために存置している安全な(第3者被災の影響のない)箇所を選んだ。撮影に際しては、夜間の剥離検知に昼間の気象条件等が影響する可能性を考慮して、春夏秋冬の各季節、1時間ごとに24時間通して実施することとした。

3-2 夏・秋・冬の各季節における24時間撮影結果

当社では、夏季(6月～8月)は剥離判別可能な部位や時間帯がかなり限定されることが想定されたため、赤外線カメラの撮影時期から除外している。ただし、夜間撮影の可能性については未検討であったため、夏季を含めて調査することとした。

ある橋りょう床版下面の夏・秋・冬の各季節における24時間撮影結果の一部を写真-2に示す。既往の研究の通り夜間は日中とは逆に剥離部の方が健全部より温度が低くなることがわかった。以下、この橋りょう床版部に確認された特定の剥離に絞って、季節ごとの撮影結果を示す。

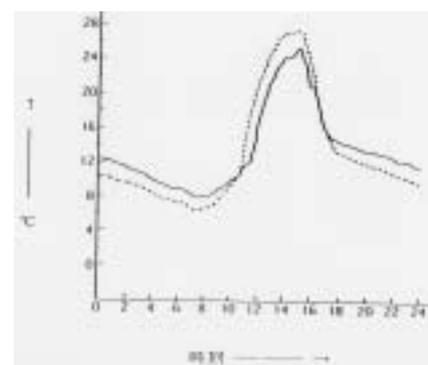


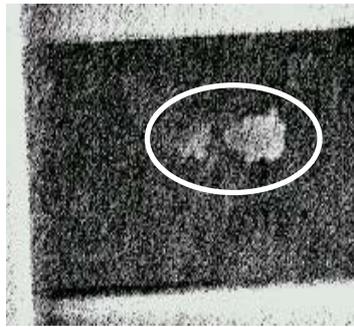
図-1 温度変化の一例(春の晴天時)²⁾
(— : 健全部, : 剥離部)

キーワード：赤外線カメラ・高架橋検査・剥離診断・夜間撮影

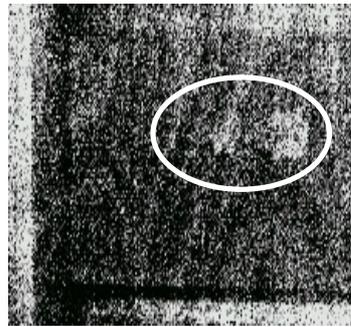
連絡先：福岡支社 小倉土木技術センター 〒802-0002 北九州市小倉北区京町4-7 TEL/FAX：093-512-0921

①夏の撮影結果

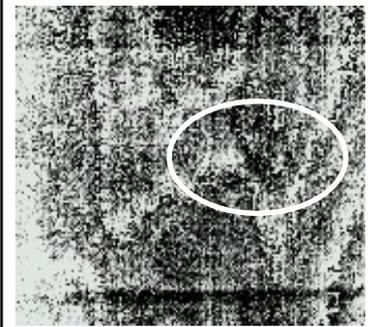
1 時間ごとの剥離部と健全部との温度差を図-2に示す。判別可能な剥離部と健全部との温度差を0.5以上¹⁾とすると、夏季では夜間で撮影可能な時間は4時間程度(おおむね1時~5時)であり、夜間の労務単価増などを考慮するとメリットが小さいと考えられる。



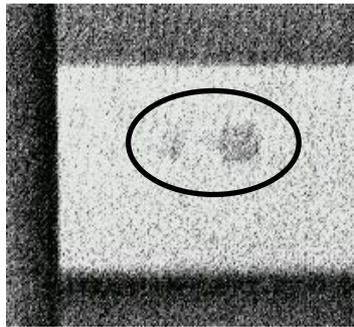
夏：12時(0.89)



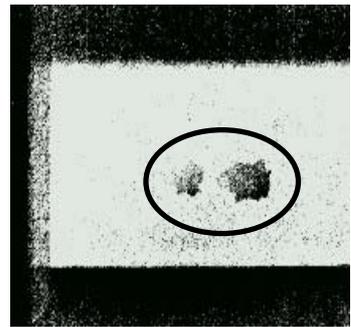
秋：12時(0.62)



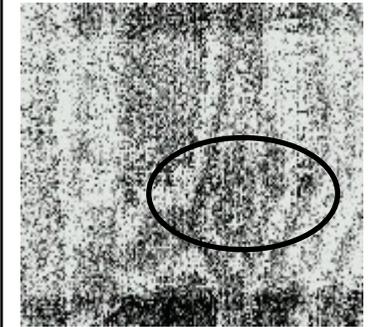
冬：12時(0.69)



夏：0時(-0.42)



秋：0時(-1.05)



冬：0時(-0.38)

写真-2 B橋りょう床版下面における夏・秋・冬季の24時間撮影結果 [印が剥離部を示す] (かっこ内は「剥離部」-「健全部」の温度差を示す)

②秋の撮影結果

一方で、秋季では夜間で剥離判別可能な時間は12時間程度(おおむね20時~8時)と夏季より大幅に増

えることがわかった。この事例では、夏季では夜間での剥離部と健全部との温度差が0.5前後となる時間帯が多く、気象条件によっては判別が難しくなる可能性が高いと考えられるが、秋季では夜間での剥離部と健全部との温度差が0.5度以上となる時間帯が長く続くことが考えられる上に、剥離部の画像が夏季よりも鮮明に写ることがわかった。これらのことは、日中と夜間の温度差が夏季より秋季の方が大きくなりやすいことに起因するものと考えられる。従って、秋季の夜間撮影は有効であると言えよう。

③冬の撮影結果

冬季では夜間で剥離判別可能な時間は6時間程度(おおむね1時~7時)とまずまずの結果であった。ただし、特に夜間においては使用した赤外線カメラ自体の耐環境性(気温0~40での使用)の影響からか、画像に木目調の模様が見られる(写真-2の画像が少し荒いのはこの影響と考えられる)など、剥離判別に悪影響を与えかねない。そのため、本格使用する場合には、助走期間を長くする(赤外線カメラを起動させて、しばらく経過してから使用する)などの対策が必要であると考えられる。

以上の結果から、この事例では夏・秋・冬の3季節のなかでは、夜間における熱画像による剥離検知は秋季が最も有効、その次に冬季という結果となった。今後、残っている春の24時間撮影結果をもとに、昼夜問わず撮影可能な時間帯を季節・部位ごとに設定し、撮影可能時間の拡大やその他諸条件の改善を行っていきたい。

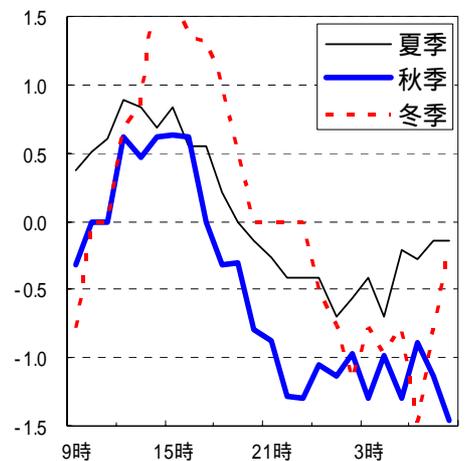


図-2 B橋りょう床版下面における「剥離部」「健全部」の温度差

4. おわりに

平成13年度より赤外線カメラを用いた熱画像による剥離診断を行っており、地上からの目視では困難な剥離箇所を熱画像での確に捉えることが可能であることが実際の高架橋でも実証できてきた。さらに今回、検査時間帯等の拡大を目指し、夜間における熱画像による剥離検知の可能性を検討した。その結果、夏・秋・冬の各季節のうちでは秋季の夜間撮影が最も効果的である可能性が示された。今後は、春夏秋冬の各季節の夜間における熱画像による剥離検知の可能性の検討をさらに進め、撮影可能な時間を今以上に拡大することで、赤外線カメラを有効活用し、高架橋からのコンクリート片剥落を撲滅していきたい。

<参考文献>

- 1) 長田 文博ほか：「赤外線カメラによる高架橋剥離診断手法」、『第8回鉄道技術連合シンポジウム』、2001.12
- 2) (社)日本コンクリート工学協会編：『コンクリートの非破壊試験法研究委員会報告書』、1992