

### 橋梁を対象とした赤外線サーモグラフィ法における効率的な熱環境把握方法の提案

西日本高速道路エンジニアリング四国(株)\*1 正会員 橋本 和明  
西日本高速道路エンジニアリング四国(株)\*1 正会員 明石 行雄  
西日本高速道路エンジニアリング四国(株)\*1 ○正会員 川西 弘一

#### 1. はじめに

赤外線法サーモグラフィ法(以下、赤外線法という)は、浮き・はく離箇所を離れた箇所から検出する非破壊検査である。この検査は浮き・はく離箇所の表面に温度差が出現しないと調査ができない。そして、温度差が出現する時間帯は気温変化状況によって大きく変わる。気温変化の度合いによっては、温度差が出現する日としない日がある。このため、温度差が出現する時間帯を現地で確認することは、調査品質を保持するために必須となる。本論は、橋種別における熱環境の違いを紹介するとともに、現地で適切な調査時間帯を把握する方法について提案するものである。

#### 2. 赤外線法に適した熱環境

##### 2.1 一般的な熱環境

赤外線法は、気温の変化で被写体内に熱流が発生し、健全部と異常部のコンクリート表面に温度差が現れる(図1)。その時間帯は昼間と夜間となるが朝と夕方のある時間帯は出現しない。

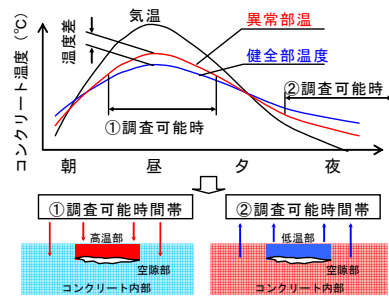


図1 赤外線調査時間帯例

##### 2.2 日較差の違いと赤外線法の検出時間帯

橋梁上部工の被り厚は4cmで、浮き・はく離は鉄筋腐食でコンクリート片が剥落する。筆者らは、日較差が異なると検出時間帯が違うことを確認した(図2)。図2は気温の変化で熱流が発生したモデルを基に実験と理論式から求めたものである。この結果、浮き・はく離深さが同じであっても日較差によって検出時間帯が異なり、検出する温度差も変わる。

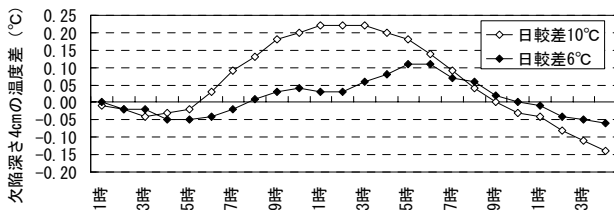


図2 内部欠陥深さ4cmの健全部とはく離部の温度差推移(日較差10°C、6°C)

#### 3. 橋種別の熱環境について

##### 3.1 鋼橋の熱環境

鋼橋の熱環境を測定した(図3)。床版の熱移動は16時から7時までの時間帯で床版から撮影面に向かって熱流が発生している。この現象は気温の変動モデル(図1)と比べると大きく異なる。<sup>1)</sup>

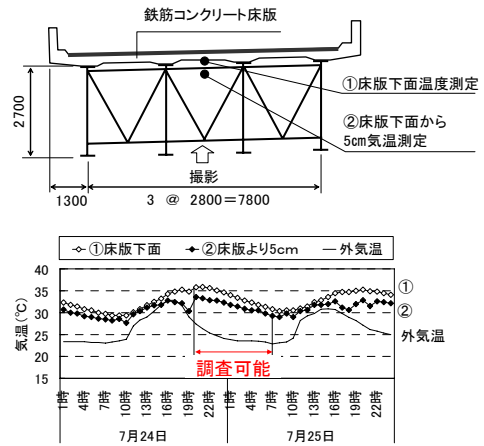


図3 鋼橋の熱環境(調査時間帯)

##### 3.2 箱桁橋の熱環境

箱桁橋の熱環境を測定した(図4)。箱桁橋は日射熱によって箱桁内の空気が外気温より常に高い状態にある(9月の場合)。この状態になると熱流は19時から8時まで箱桁内から撮影面に向かって移動する。この現象も気温の変動モデルと異なり、鋼橋と比較しても熱移動の発生時間帯が違う。<sup>1)</sup>

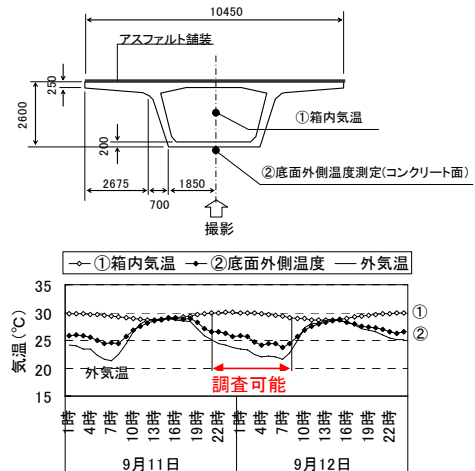


図4 箱桁橋の熱環境(調査時間帯)

キーワード: 赤外線サーモグラフィ法、熱流、熱環境、貼付け型試験体

\*1 〒760-0018 高松市天神前10番5号

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

3.3 日射の影響

鋼橋や箱桁橋のように部材厚が 30cm 未満であると日射熱が直接・間接的に影響を与える (図 5)。熱流の方向で、内部欠陥部表面の温度分布は周辺温度より低温になったり高温になったりする。欠陥部は日射熱が診断対象面に直接照射されると周辺より高温として検出される。日射熱が撮影面の裏側から照射される間接効果時は低温で検出される。しかし、間接効果時の検出時間帯は、日射熱が撮影面まで到達するまで時間を要する (部材厚 30 cm であると概ね 10 時間必要)。

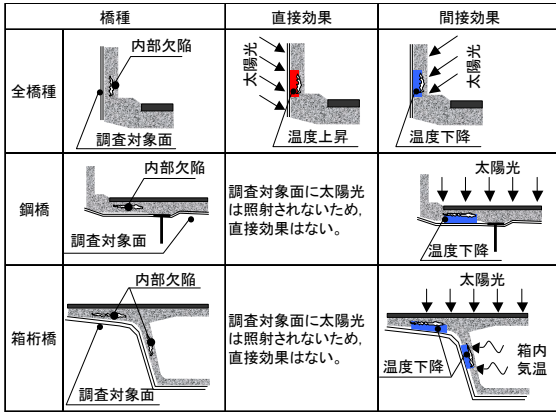


図 5 日射熱がコンクリート部材に与える効果

4. 熱環境把握方法の検討

4.1 被写体内の熱流を直接把握する方法

鋼橋や箱桁橋の場合は気温の変化だけで熱流が発生しない。被写体内の熱流方向を把握するために、橋梁に直接貼り付けて熱環境を把握できるコンクリート試験体 (以下、貼り付け型試験体という) を検討した。貼り付け型試験体は幅 30cm×30cm、厚さ tcm の板状のコンクリート片を橋梁に貼り付けることで、赤外線法の適切な調査時間帯を把握する装置である (図 6)。

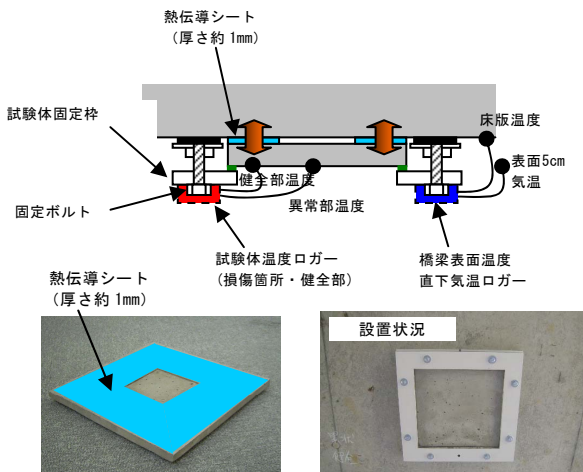


図 6 貼り付け型試験体の設置概要

コンクリート片と橋梁の間には熱伝導シートを設置するため、互いに熱交換を行い、橋梁と熱的に一体化する。熱伝導シートの中央部には 10cm×10cm (t=1mm) の空隙がある。貼り付け型試験体を橋梁の床版下面に設置した (図 8)。tcm 奥の空洞が温度差となっ

て現れるのが確認できる時間帯が赤外線法に適した熱環境である。なお、浮き・はく離深さを 4cm まで検出させたいのであればコンク

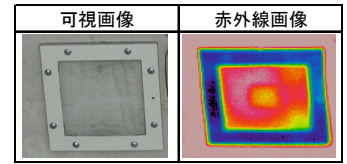


図 7 貼り付け型試験体 (t=3cm)

リート片の厚さを 4cm にすることで、道路管理者が要求する検出精度を満足させることができる。

4.2 貼り付け型試験体の検証

橋梁の床版下面に設置した貼り付け型試験体の熱環境の検証を平成 20 年 9 月に行った。検証方法は、気温の日較差が 7℃以上の晴天日に、鋼橋コンクリート床版下面の温度、床版下面から 5cm 離れた箇所の気温、橋脚周辺に設置した百葉箱内の気温、床版下面に設置した貼り付け型試験体健全部の温度、以上 4 箇所の温度測定を 1 時間ごとに行った (図 8)。

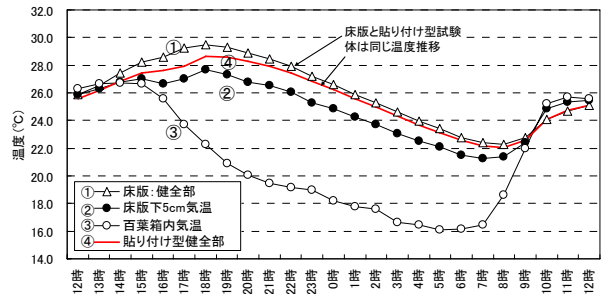


図 8 貼り付け型試験体検証結果

測定結果から、床版下面の温度と床版下面に設置した貼り付け型試験体健全部の温度は、同じ温度推移を示しており、床版と貼り付け型試験体は熱的に一体化している。

5. まとめ

本検討で得られた知見を以下に示す。

- 1) 赤外線法は熱環境によって温度差が出現する時間帯は一定でない。このため、標準的な調査時間帯を設定できない。
- 2) 図 3、図 4 のような日射熱の影響を受ける鋼橋や箱桁橋は、昼間に浮き・はく離箇所の温度差が検出できない。
- 3) 赤外線法は被写体内の熱流の方向と発生時間を考慮して調査時間を決定することが必要である。
- 4) 本論が提案する貼り付け型試験体は、調査員が現地で赤外線法の適切な調査時間帯を把握する手法として有効である。
- 5) 橋梁の部位別に、貼り付け型試験体を配置すると赤外線法の検出精度は向上する。

参考文献

1) 橋本和明・明石行雄・川西弘一：橋種別の熱的環境と部材内の熱流を考慮した赤外線サーモグラフィ法の留意点, pp.2041-2046, コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, №1, 2009