

## 鋼鉄道橋の健全度調査への赤外線リモートセンシングの応用

|                    |     |       |
|--------------------|-----|-------|
| 西鉄シー・イー・コンサルタント(株) | 正会員 | 岡嶋 直子 |
| 長崎大学大学院 生産科学研究科    | 正会員 | 後藤恵之輔 |
| 西 日 本 鉄 道(株)       | 正会員 | 井口 要  |
| 西鉄シー・イー・コンサルタント(株) | 正会員 | 浅利 公博 |
| 長崎大学工学部            | 正会員 | 山中 稔  |

## 1. はじめに

既設鋼橋の健全度調査は、一般に遠望目視により行われているが、塗装により被覆されているため困難な場合が多い。このため、被覆のままで隔離した場所から調査可能な非破壊検査技術の開発が、切に望まれているところである。

長崎大学では、「材料の熱弾性効果に着目した構造物の非破壊検査技術の開発」としてトラス橋の模型実験を行い、サーマルカメラにより圧縮部材におけるの発熱、引張り部材における吸熱を画像として捉えている<sup>1)</sup>。

調査は、実橋(西鉄大牟田線 A 橋)における列車通過時の状態をサーマルカメラにより計測し、その応力変化の画像化を試みることににより、検査技術の開発の一資料となすことを目的として実施した。

## 2. 測定方法

## (1)熱弾性効果

一般に物体に荷重が加わると、材料内部に圧縮及び引張りなどの変形が起こり、変形が穏やかに進行伝搬するとともに、材料内部のエネルギーの変化に相当する熱の出入りが生ずることが、ケルビン(Kelvin)の理論として知られている。すなわち、気体の体積変化に基づく膨張・圧縮時の吸・発熱作用と同様に、固体の場合は気体と比較して極めて小さいが、微小な体積変化に対応した引張りによる降温及び圧縮による昇温が行われ、これは熱弾性効果と呼ばれている<sup>2)</sup>。

$$\Delta T = -KT \Delta \sigma$$

ここで、 $\Delta T$ : 温度変化量、 $K$ : 熱弾性係数、 $T$ : 試験片の絶対温度、 $\Delta \sigma$ : 主応力の変化量である。今回の調査対象の構造部材は、種類: SS400

であることから、熱弾性係数:  $K=3.43 \times 10^{-12} / \text{Pa}$ 、絶対温度:  $T=301.0^\circ \text{K}$  である。

## (2)サーマルカメラ

本実験に使用したサーマルカメラ(熱赤外線映像装置)は、①測定波長:  $8 \sim 13 \mu \text{m}$ 、②走査角: 水平  $30^\circ \times$  垂直  $28.5^\circ$ 、焦点距離:  $20 \text{cm} \sim \infty$ 、③最小検知温度差:  $0.1^\circ \text{C}$  を使用した。

## 3. 現地調査

写真-1に示す西鉄大牟田線 A 橋(鋼桁、リベット支間  $L=12.8 \text{m}$  建設年: 昭和 12 年頃)の橋梁より約  $10 \text{m}$  の位置から桁の拡大観測を、約  $50 \text{m}$  の位置から橋梁全体の観測を、それぞれ①特急電車通過前、②特急電車通過時、③特急電車通過後の 3 パターンで測定した。この調査概要を図-1に示す。

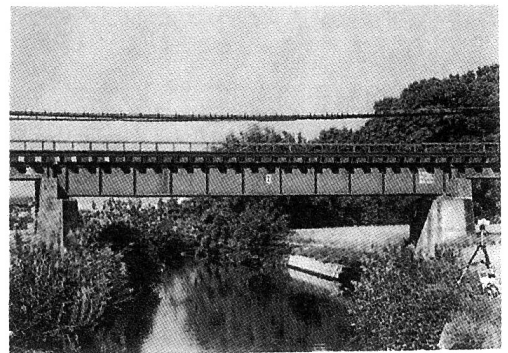
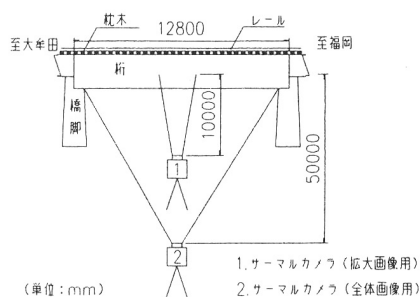


写真-1 A 橋の概観

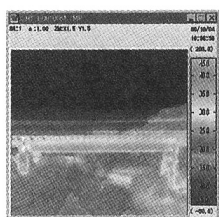
解析方法としては、それぞれのパターンで観測した熱画像を用いて差画像を求めた。求めた差画像は、視察により分かりやすいものにするために、256 色表示のものを用意した。



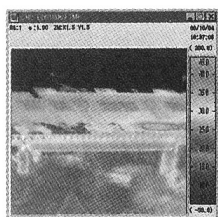
図ー 1 調査概要図

#### 4. 調査結果

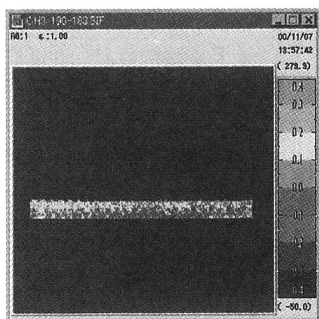
列車通過前と通過中の熱画像を画像ー 1 と画像ー 2 に示す。3 パターンの画像を見てみると、温度の高い順は、②列車通過中→③列車通過後→①列車通過前となっていた。画像ー 3 の全体差画像 (②列車通過中ー①列車通過前) から桁下部の温度が低く、桁上部が高いのが確認できる。これは、列車载荷により桁下部が引張り部となり降温し、桁上部が圧縮され昇温していることを示している。この結果は熱弾性効果を実橋において捉えたものと考えられる。



画像ー 1 列車通過前の熱画像 (全体)

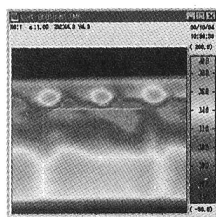


画像ー 2 列車通過中の熱画像 (全体)

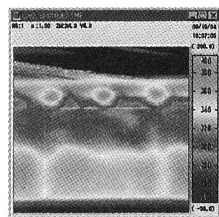


画像ー 3 全体差画像  
(画像ー 1 から画像ー 2 を差し引いたもの)

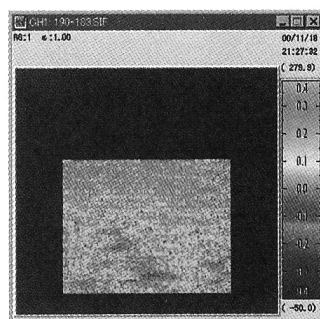
桁拡大部分の調査では、画像ー 4 ～画像ー 6 に示すように、橋梁全体の調査と同様、桁下部で降温、桁上部で昇温しているのが画像として確認できた。



画像ー 4 列車通過前の熱画像 (拡大)



画像ー 5 列車通過中の熱画像 (拡大)



画像ー 6 桁拡大部差画像  
(画像ー 4 から画像ー 5 を差し引いたもの)

#### 5. まとめ

今回の調査結果により、実橋における熱弾性効果を面的に捉えることができた。今後、データの集積を進めれば、列車载荷時の温度変化量、あるいは温度分布等の解析によって、橋梁の健全度がある程度診断できるのではないかと考えられる。橋梁や高架橋の多い路線にとっては、今まで困難であった二次検査の選定方法として、その解析手法の確立が期待されるところである。

#### 【参考文献】

- 1) 後藤恵之輔、全 炳徳、陳 運明、山中 稔：材料の熱弾性効果に着目した構造物の非破壊検査技術の開発、長崎先端技術開発協議会研究成果発表会，pp.66ー72，1997.7.
- 2) 岡本芳三：熱赤外線リモートセンシング熱計測法，コロナ社，pp.109ー111，1994.1.