

## 温度画像を活用した鉄道鋼橋における発生応力分布可視化の実証実験

東日本旅客鉄道株式会社  
パナソニック株式会社

正会員 ○神谷 弘志  
入江 庸介  
磯崎 大志

### 1. はじめに

鉄道鋼橋の検査において、亀裂の確認は目視を基本とし、必要によって磁粉探傷試験や応力測定を実施して詳細な亀裂先端確認や発生応力の測定による原因究明等をしている。

磁粉探傷試験や応力測定は、点の測定であることや、高い専門性やノウハウが必要であることや足場や高所作業車が必要になる。今後、生産年齢人口の減少する中で鉄道鋼橋の老朽化が進むことから、検査の確実な実施が難しくなる可能性がある。

一方、製品の設計開発では赤外線カメラで撮影した温度画像から部材に発生する応力分布を可視化する技術を活用することによって、開発期間の短縮や開発費の削減をしている。また、道路の鋼橋でも活用がされ始めており屋外での活用事例が増えている。

そこで、今回は鉄道の鋼橋での適用性を検証するために実証実験を実施したので報告する。

### 2. 測定原理

固体に断熱的に弾性変形が起きる時、固体内部に熱弾性効果に基づく微小な温度変化が生じる。その温度変化から発生応力を算出する。そこで列車通過時に生じる鋼橋の荷重変動に伴う温度変化を赤外線カメラで撮影することで発生応力を算出することができる。

ただし、温度変化は極めて微小で、鋼橋の場合、1MPa単位の発生応力を算出するためには1/1,000度単位の温度分解能が必要である。

そのためには高温分解能の赤外線カメラと信号処理技術が必要であり、今回その技術と実績があるカメラと手法を採用した。

### 3. 測定計画

今回対象部材に対して近接で測定する場合と遠方から測定する場合を想定して3箇所（近接1箇所、

遠方2箇所）で測定を実施することとした。

近接については、鋼橋支点部のソールプレート溶接部を対象に検査用足場から約1.5mの箇所から測定した。（図1）

遠方については、鉛直補剛材からの亀裂発生箇所等を対象に地上から約12.5mの箇所から測定した。

（図2）

200Hzで撮影が可能なFLIR製の赤外線カメラを使用、対象範囲と距離に合わせたレンズを採用した上で、列車通過前から列車通過後まで十数秒間を測定した。

また、近傍の箇所については、比較用にひずみゲージでの発生応力測定も実施した。



図1 近接における測定状況



図2 遠方からの測定状況

### 4. 測定結果

#### （1）近傍での測定

キーワード 鉄道鋼橋, 発生応力, 赤外線カメラ, 温度画像

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2-479 JR東日本研究開発センター TEL 048-651-2552

図3に、発生応力分布を可視化したものと同じ画角から撮影した写真を示す。

これから、ソールプレート溶接部に大きな応力が集中して発生していることがわかる。ひずみゲージで2箇所測定したが最大発生応力は概ね一致していることも確認した。

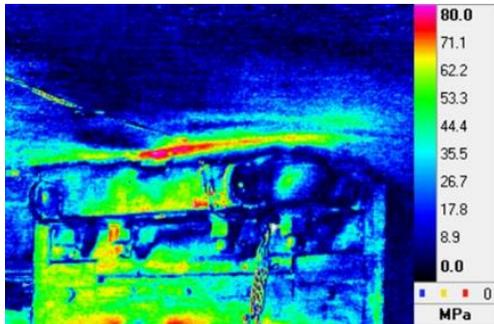


図3 発生応力分布可視化図①

## (2) 遠方からの測定

図4に、発生応力分布を可視化したものと同じ画角から撮影した写真を示す。

鉛直補剛材から発生した亀裂についてはストップホールを設け補修塗料で修繕済であった。ストップホールにおいて応力が集中していることが確認できた。ただ補修塗料とその周辺で発生応力分布が異なっている。これは、塗料が異なると放射率差が生じるためであり注意が必要である。

また、ウェブほぼ全体が一様に発生応力が高い分布となった。測定した画像を確認すると、車両通過時に当該部分にチラつきが見られることから、車両からの反射熱の影響によるものであることがわかった。

道路鋼橋では床板があるが、鉄道鋼橋の場合、開床式のものもあるため、測定角度等に工夫が必要であることがわかった。

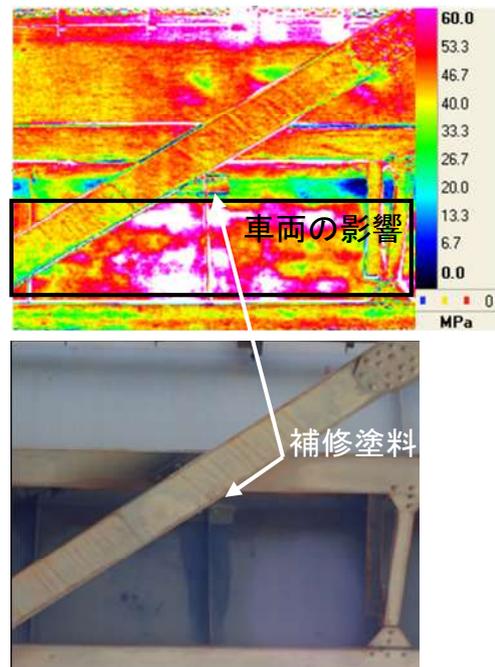


図4 発生応力分布可視化図②

## 5. まとめ

赤外線カメラで撮影した温度画像から部材に発生する応力分布を可視化する技術を鉄道鋼橋に活用する実証実験を実施した。その結果、一部課題はあるものの十分適用可能であることを確認した。

ただし、可視化できる発生応力は主応力和であって発生方向がわからないこと、および現時点では測定から可視化までの解析に時間を要すること等活用上の留意点がある。これからの留意点を考慮しても、以下のような場面で有効に活用できると考えている。

- ・箱桁内部の検査（暗い中での亀裂確認）
- ・特殊な鋼橋での原因調査
- ・大量の類似箇所に対する応力測定
- ・付帯構造物の点検
- ・補修後の発生応力分布確認

また、今回は鋼橋であったが、コンクリート桁でも適用が可能であると考えている。試験室での適用事例はあり、PC桁等における列車通過時のひび割れ発生状況の調査といった場面で有効に活用できると考えている<sup>1)</sup>。今後も実橋での事例を重ねて活用の標準化を図っていきたい。

参考文献：1) 増喜章久：熱画像装置による応力測定、日本赤外線学会誌第10巻第1号