

## 赤外線応力測定システムによる鋼道路橋に発生する応力測定

阪神高速道路(株) 正会員 藤林美早, 西岡 勉  
 パナソニック(株) 非会員 渡邊 武, 入江康介

## 1. はじめに

鋼道路橋の維持管理では、実構造物に発生する応力状態を確認するため、ひずみゲージを用いた計測が一般的に行われる。ひずみゲージによる計測は、対象部位に接近した後、ゲージ貼り付け作業が必要であり、さらに対象部位へのアクセスが容易でない場合が多く、非常に手間のかかる作業である。

一方、鋼部材に発生する応力状態を非接触・非破壊で面的に計測可能な手法として赤外線サーモグラフィ技術がある。この技術は赤外線カメラの視野内に発生する応力状態を面的に可視化することができ、き裂の検出<sup>1,2</sup>や応力集中部位の有無を確認することができる。本稿は、上記の技術を活用した「赤外線応力測定システム(以下、「本システム」という。)」に着目したものである。本システムは、面的な応力可視画像から発生応力を数値化し抽出することができる。これまで、室内での家電製品の設計検証などに使用されてきており、室内ではひずみゲージとの相関は高く、実績もあり信頼性の高い技術である。

以上より、本システムが鋼道路橋でのひずみゲージによる計測の代替手法となり得ることができれば、実構造物に発生する応力状態を図-1のように簡易に計測することができ、非常に有効であると考えている。しかし、室内と異なり屋外での計測は外乱の影響を受けるため、ひずみゲージとの相関を確認する必要がある。本システムによる鋼道路橋を対象とした屋外での計測実績は少なく、ひずみゲージの代替手法となり得るかどうか判断できるデータが揃っていない。そこで、本稿では本システムがひずみゲージによる計測の代替手法となり得るかどうかを判断するための基礎データ収集を目的とし、実橋にて計測した結果を報告する。

## 2. 赤外線による応力計測の概要

赤外線による応力計測の原理は熱弾性理論に基づいており、「固体の弾性変形が断熱的に起きるとき、固体内部に熱弾性効果にもとづく微小な温度変化が生じる」という概念である。計測は赤外線カメラによる連続した温度画像の撮影であり、この温度画像の一定時間の変化  $\Delta T$  を熱弾性効果による応力変換式へ代入し、発生応力  $\Delta\sigma$  として算出している。また、計測視野内はピクセルに分割することができ、ピクセル毎に発生応力を算出することで図-2に示すような応力変化画像を抽出することができる。この際、撮影した温度画像には対象物に作用する荷重変動に伴った温度変化に加え、外乱による温度変化が含まれる。荷重変動に伴う温度変化を正確に抽出するため、荷重変動に伴い変化する温度成分を信号処理で抽出することで外乱によるノイズを除去し、温度変化成分を取得している。なお、赤外線により計測できる応力値は、表面の温度変化による発生応力を求めたものであり主応力和である。



図-1 実橋での計測イメージ

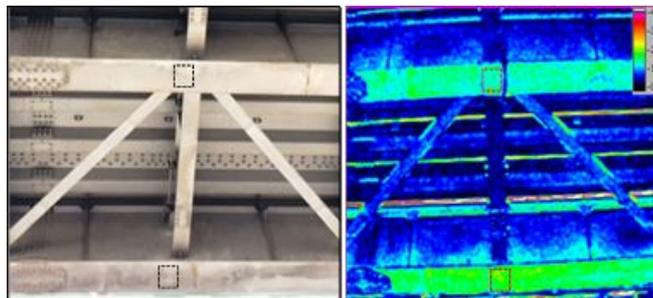


図-2 実橋での計測結果のイメージ

キーワード 赤外線, サーモグラフィ, 非破壊, 応力計測, 熱弾性理論, 鋼道路橋

連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3 阪神高速道路(株)技術部技術推進室 TEL 06-4963-5606

3. 実橋での計測条件

計測対象は主桁下フランジ下面に発生する橋軸方向の応力振幅とし、試験車通過時に本システムとひずみゲージにて計測した。試験車は総重量 200kN のダンプトラックを用い、約 60km/h にて走行させた。計測対象橋梁諸元を表-1 に示す。着目断面は単純桁では支間中央近傍、連続桁では中央径間中央点近傍、側径間 L/4 点 (3L/4 点) 近傍とし、G1・G2 桁を対象とした。なお、計測は交通量の少ない深夜に行い、試験車を走行させた複数ケースより他車の影響を受けていない良好なケースを抽出して比較用に用いた。

4. 応力振幅値の算出

ひずみゲージは橋軸直角曲げの影響を考慮し、図-3 のように主桁下フランジ下面に 1 軸ゲージを 2 箇所貼り付けており、応力振幅は 2 箇所での平均値を用いた。また、赤外線カメラはひずみゲージ貼り付け位置がカメラの視野内に入るよう図-4 に示す赤点線枠内を路下から測定し、本システムから得られる応力振幅は図-5 にて赤点線枠で示される領域のピクセルの平均値とした。

5. 計測結果

本システムとひずみゲージの比較結果を図-6 に示す。一般車の影響を受けていない比較可能なデータは図-6 に示す 16 ケースを用いた。この結果、ひずみゲージにより計測された応力振幅は 5.9 ~ 19.4MPa に対して本システムは 8.2 ~ 19.3MPa であり、両者の差は -3.7 ~ 2.3MPa であった。差が生じた要因として、計測結果より応力振幅を抽出する際の信号処理方法の違いが考えられ、今後比較可能なデータを蓄積することで信号処理方法を改良し、ひずみゲージに対する精度は向上させることができると考えている。

6. まとめ

実橋での応力振幅を比較した結果、本システムとひずみゲージによる計測結果に差は認められたものの、その差は小さく、本システムはひずみゲージによる計測の代替手法となり得る可能性があるとして評価している。本検討は阪神高速道路(株)とパナソニック(株)にて実施した共同研究成果であり、今後は実橋での計測データを蓄積し、ひずみゲージに対する精度向上を図りつつ、鋼道路橋の維持管理における具体的な活用方法が提案できるよう引き続き検討していく。

参考文献

- 1) 和泉ら, 赤外線サーモグラフィを用いた温度ギャップ計測による亀裂の検出性及びその高精度化に関する検討, 土木学会第 70 回年次学術講演会講演論文集, 土木学会, pp.779-780, 2015 年 9 月
- 2) 阪上ら, 赤外線サーモグラフィを用いた温度ギャップ計測における亀裂判別方法に関する検討, 土木学会第 70 回年次学術講演会講演論文集, 土木学会, pp.781-782, 2015 年 9 月

表-1 計測対象橋梁諸元

	橋梁形式	径間長	竣工年度
A 橋	単純鋼床版1桁	23.0	1996
B 橋	3径間連続鋼床版1桁	25.0+25.0+25.0	1996
C 橋	3径間連続鋼床版1桁	48.0+48.0+48.0	1996

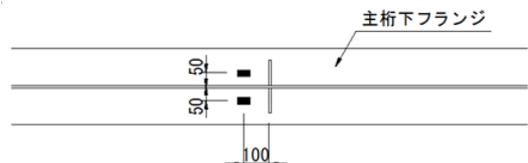


図-3 ひずみゲージ貼付位置

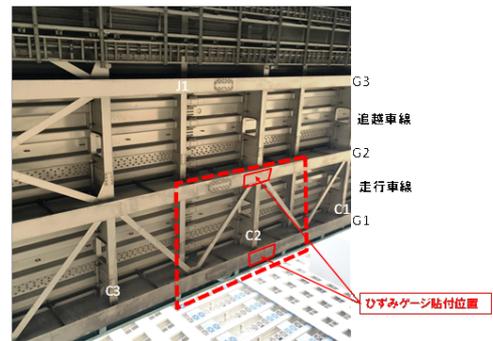


図-4 赤外線での計測範囲

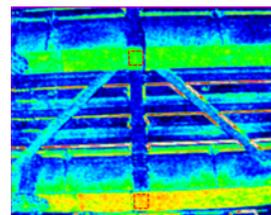


図-5 赤外線での応力抽出範囲

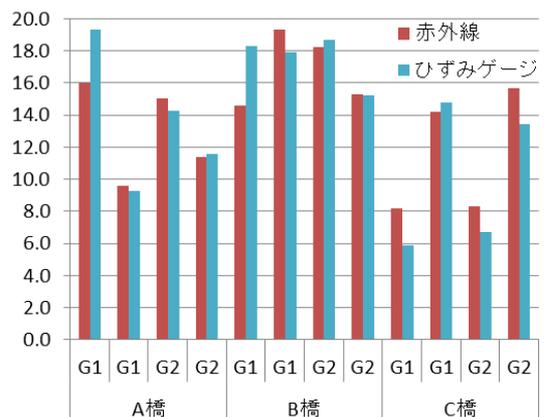


図-6 比較結果