

突起リブを採用した鋼コンクリート合成床版に対する 熱弾性応力測定に基づく底鋼板下面の応力評価

神戸大学 学生員 ○山下 雄大 滋賀県立大学 正会員 和泉 遊以 川田工業 正会員 水野 浩
川田工業 正会員 小笠原照夫 川田工業 正会員 佐々木秀智 神戸大学 正会員 塩澤 大輝
神戸大学 正会員 阪上 隆英 大阪大学名誉教授 フェロー 松井 繁之

1. 緒言

日本の道路橋は高度経済成長期を中心に数多く建設されてきた。そのため現在、経年劣化による安全性・信頼性の低下が懸念されている。鋼・コンクリート合成床版はコンクリート床版と鋼版と合成させて大きな曲げ剛性を確保しているため耐久性を発揮すると共に、施工性、経済性に優れ、複雑な道路線形にも対応できるため、近年施工実績が増加している。

既往の合成床版に関してはその維持管理が必要であり、例えば各部材に生じる応力を正しく把握することが重要であるとの認識があるが、それを簡易でかつ広範囲で行える非破壊検査手法の開発が望まれている。著者らはこれまでに、合成床版におけるスタッド疲労損傷の検出・評価に対する熱弾性応力測定の適用性について検討してきた⁽¹⁾。

本研究では、突起リブで補強した新しいタイプのロビンソン型合成床版を用いた輪荷重走行試験中に赤外線サーモグラフィによる熱弾性応力測定を実施し、スタッドや横リブへの作用応力の計測・評価を試みた。

2. 熱弾性応力測定

材料が弾性範囲内で荷重を受ける場合、主応力和 $\Delta\sigma$ と温度変化 ΔT の関係性は次式のように表される。

$$\Delta T = -\frac{\alpha}{\rho C_p} T \Delta\sigma = -k T \Delta\sigma \quad (1)$$

α : 線膨張係数, ρ : 密度, C_p : 定圧比熱, T : 絶対温度, k : 熱弾性係数

(1)式より、赤外線サーモグラフィから得られた温度変動分布データから、主応力和の変化量を求めることができる。

3. 実験内容

本試験体は新しいタイプのロビンソン型合成床版であり、スタッドの本数低減を目的として、突起リブで補強することにより、コンクリートのずれせん断をスタッドから横リブへ分担させる設計となっている。スタッドの本数と長さに着目した2種類の試験体に対して、輪荷重走行試験機による疲労試験を実施した。図1に試験体の平面図を示す。底鋼板の厚さは $t=6\text{mm}$ 、合成床版厚は $t=190\text{mm}$ である。また、頭付きスタッド径は $\phi 13\text{mm}$ を使用している。疲労試験の載荷荷重は、120kN(6万回)、160kN(6万回)および200kN(60万回)と段階的に上げていった。疲労試験中、輪荷重載荷に伴う合成床版底鋼板下面の応力変動を、熱弾性応力測定により測定した。測定領域は、図1に示した試験体の上半分全体であるが、本論文では図中の太線で囲った領域(測定領域1: 横リブ部、測定領域2: スタッド部)で得られた結果について説明する。熱弾性応力測定には、温度分解能 25mK の FLIR 社製赤外線カメラ SC7500 を用い、撮影速度 157Hz で連続的に温度変動を計測した。

4. 実験結果

試験体②における疲労試験初期(載荷回数約1万回)と疲労試験終期(載荷回数約66万回)の応力範囲分布を図2に示す。応力範囲分布とは、輪荷重が通過する間に計測される時系列応力変動波形の最大と最小の差を画像化したものであり、図2(a)および(b)はそれぞれ測定領域1(横リブ部)および測定領域2(スタッド部)の応力範囲分布を示している。各画像の左側を縦方向に輪が通過している。図2の載荷回数が少ない場合では、鋼板とコンクリートとの付着が保たれており、応力範囲分布に特異な変化は見られない。図2の疲労試験終期では、鋼とコンクリートとの付着が切れた状態になり、スタッドや横リブ近傍において応力範囲分布にずれせん断力に起因する引張応

キーワード 熱弾性応力測定, 赤外線サーモグラフィ, 合成床版, 輪荷重疲労試験, 疲労

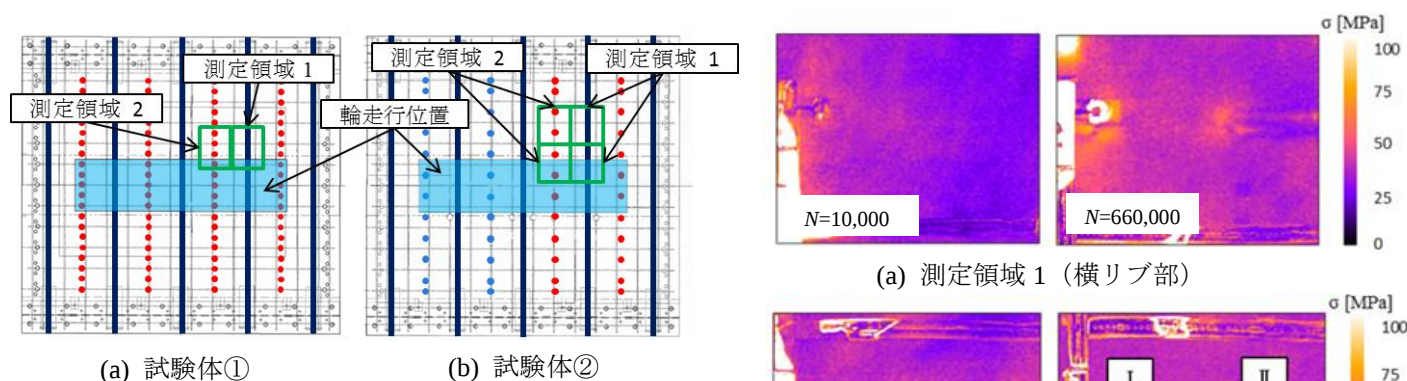
連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学 TEL 078-803-6303

力と圧縮応力が交互に発生する変化を観測することがされた。また図 2(b)の輪が通過している直下のスタッドⅠには橋軸方向の一方向のみに応力が作用しているのに対して、輪の通過位置から離れたスタッドⅡではスタッドを囲むような応力分布がみられているように、スタッドを中心として回転するように応力が作用している様子が観察できた。

次に、各部材への作用応力を定量的に比較する。本研究では、別報で提案したスタッドや横リブの周辺で現われる圧縮と引張の差（以後、応力差と呼ぶ）を用いて、各部材に作用するせん断力を評価する。熱弾性応力測定の結果から、本試験では各部材に対して、橋軸直角方向よりも橋軸方向に顕著なせん断力が働いていることがわかった。図 3 は、輪荷重が通過している間の、橋軸方向にせん断力が顕著に作用しているときの応力分布を示している。この応力分布から、同図に記載しているライン上の圧縮（白）と引張（黒）の差を、各部材の応力差として算出した。結果を表 1 に示す。表より、突起付きの横リブが、当初の狙い通り、ある程度のせん断力を受け持っていることが確認された。また、スタッドの本数が少ない試験体②の方が各部材に作用する応力差が大きく現われているが、スタッドの本数を減らした場合においても、その分の荷重を他の部材で分担していると考えられる。

5. まとめ

熱弾性応力測定に基づいて、新しく開発した合成床版の各部材に働く実働応力を定量的に評価することができた。熱弾性応力測定の結果から、当初の狙い通り、突起付き横リブがコンクリートのずれせん断を受け持つことが確認され、本構造の妥当性が明らかにされた。スタッドの本数を減らした場合においても、その分の荷重が突起リブで分担されており、構造の最適化に対する本測定方法の有効性が示された。



(a) 測定領域 1（横リブ部）

(b) 測定領域 2（スタッド部）

図 2 応力範囲分布（試験体②）

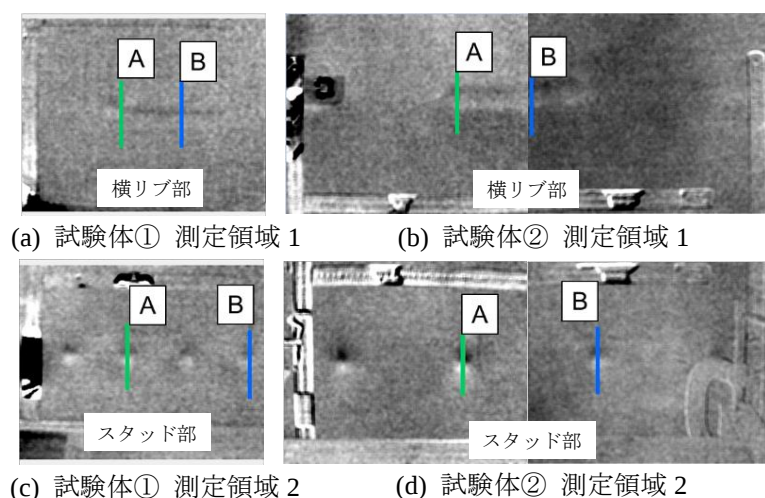


図 3 応力分布と各部材に作用する応力差の取得位置

参考文献

- (1) 水野, 和泉, 阪上, 松井, 杉山: 赤外線サーモグラフィを用いた鋼・コンクリート合成床版の非破壊検査手法に関する研究, 構造工学論文集 Vol.59A, 土木学会, pp.1161-1169, 2013 年 3 月

表 1 スタッド, 横リブに作用する応力差

	試験体①	試験体②
測定領域 1 (横リブ), A	42.0 MPa	50.5 MPa
測定領域 1 (横リブ), B	42.0 MPa	40.4 MPa
測定領域 2 (スタッド), A	73.5 MPa	90.8 MPa
測定領域 2 (スタッド), B	52.5 MPa	60.7 MPa