# 自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法に基づく 鋼・コンクリート合成床版におけるスタッドの疲労損傷評価

神戸大学	学生員		○中野好祐
神戸大学	正会員		阪上隆英
寒地土木硕	肝究所	正会員	岡田慎哉
大阪工業プ	大学 フ	フェロー	松井繁之

滋賀県立大学	正会員	和泉遊以
川田工業株式会社	正会員	水野浩
川田工業株式会社	非会員	栗田学

#### 1. 目的

ロビンソン型の鋼・コンクリート合成床版(以下合成床版と略する) は、鋼板とコンクリートを鋼板に溶接したスタッドにより合成した床 版形式である.合成床板の概要を図1に示す.既往の研究<sup>(1)</sup>により、 合成床版構造では繰返し輪荷重載荷により、スタッドが疲労破断する ことが明らかになっており、その疲労破壊のメカニズムについても検 討がなされてきた.しかしながら、合成床版のスタッド疲労損傷を、 供用中に検出・評価できる手法は未だ確立されていない.著者らはこ

図1 合成床版の概要

れまでに、赤外線応力測定法に基づき供用中の合成床版におけるスタッドの疲労損傷を検出・評価する新たな 手法を提案し、本手法によりスタッド周辺で生じる回転せん断力を検知できることを明らかにした.本報では、 合成床版を用いた輪荷重走行試験を実施し、スタッド周辺で疲労亀裂が発生・進展するまでの間、継続的に赤 外線応力計測を行い、本手法の有用性について検討した結果を示す.

### 2. 測定原理

(1) 赤外線応力測定法 材料が弾性範囲内で荷重を受ける場合,主応力和の変化 *d* と温度変化 *d* との間には,

$$\Delta T = -K_m \cdot T \cdot \Delta \sigma$$

(1)

で示す関係が成立し、( $\Delta T$  は温度変化量、 $K_m$ は熱弾性係数、T は絶対温度、 $\Delta \sigma$  は主応力和の変化量)赤外線 サーモグラフィを用いて温度変化量  $\Delta T$ を測定することで、主応力和の変化量  $\Delta \sigma$  の分布を得ることができる. (2) 自己相関ロックイン処理法<sup>(2)</sup> 自己相関ロックイン処理法では、赤外線計測画像内の一部領域の温度変動 データから参照信号を自己生成し、すべての領域の温度変動データとロックイン相関処理を行う.これにより、 任意荷重の下でノイズ改善された高精度な画像を抽出することができる.

#### 3. 実験方法と結果

合成床版試験体を用いて輪荷重走行試験機による疲労試験を実施した.載荷荷重や載荷回数は,スタッド周辺で早期に疲労亀裂を発生させる目的で決定しているため,実橋梁よりも過大な設定となっている.試験体の底鋼板の厚さは8mm,スタッドφ16×110mm,合成床版厚は160mm(底鋼板8mm含む)である.疲労試験中,定期的に赤外線応力計測を実施し,スタッド疲労損傷の発生・進展に伴う底鋼板下面の応力分布の変化を観察した.赤外線応力測定には,温度分解能0.025℃のFLIR 社製赤外線カメラ SC7530を使用した.繰返し載荷による測定面の応力変動に伴う温度変動を,撮影速度157Hzで2355フレーム(15秒間)の赤外線画像として計測した.取得した時系列データのある200フレームに対して自己相関ロックイン処理を行った.

図2に走行回数217万回時の自己相関ロックイン処理結果,および図2に示したF3スタッドの走行回数ご との結果を図3に示す.図3(c)に示した110万回時において,スタッド下側に亀裂による応力分布の変状が生 じている.さらに走行回数の増加に伴い,応力変状箇所が画面右上方向に移動していることが確認できる.図 4に示した走行回数217万回後のスタッドの曲げ破壊試験の結果より,亀裂の発生位置と進展方向が赤外線測

キーワード 赤外線応力測定法,自己相関ロックイン法,合成床版,スタッド,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 078-881-1212

-805-





図3 F3スタッド周辺の自己相関ロックイン画像の経過

定により得られた応力変状箇所と概ね一致していることが 分かった.本手法により,スタッド周辺で発生した底鋼板下 面に表れた亀裂の検出が可能であり,また亀裂進展状況をあ る程度定量的に観察できることが分かった.

亀裂がまだ生じていないと思われる走行回数 101 万回時 における F3 および E4 の応力分布の時間変化を,図5 および 図6にそれぞれ示す.図5のF3スタッドでは、スタッドを 中心に圧縮を表す高温部が右下から左下へと回転している 様子がみられた.一方,図6に示すE4スタッドでは,F3の スタッドのように回転する応力場は計測されず,一方方向の せん断力のみが働いている分布が観察された.既往研究より, 図7に示すように回転せん断力が,スタッドの疲労損傷発生 に寄与していることが分かっている<sup>(1)</sup>. その後, F3 スタッド では亀裂が発生し、F4 スタッドでは試験終了時においても 亀裂は生じていなかった.図5および図6から分かるように、 スタッド周辺で生じているせん断力の大きさそのものは両 者ともほぼ同程度であったことより,F3 スタッドにおいて 亀裂が発生したのは、スタッドに加わる回転せん断力の影響 であると考えられる.赤外線応力測定法を用いて底鋼板下面 の応力変動分布を調べることにより,スタッドの損傷発生危 険度を評価することが可能であることが示された.

## 4. まとめ

本研究では、ロビンソン型合成床版を用いた輪荷重走行試 験中に赤外線応力測定を実施し、スタッドの疲労損傷の評価 に関する検討を行った.その結果、本手法により底鋼板下面 に表れた疲労亀裂の検出と寸法評価が可能であること、およ びスタッドの損傷発生危険度を評価できることが示された. 参考文献 (1) 松井繁之、文兌景、福本唀士、構造工学論 文集、Vol. 39A、土木学会、pp. 1303-1311、1993 (2) 阪上 隆英ほか、日本機械学会論文集(A)、Vol. 72、No. 724、 pp. 1860-1867、2006