

熱弾性応力測定による鋼構造の疲労き裂補修対策実施効果の検証

神戸大学 学生会員 ○藤本 泰成
 本州四国連絡高速道路 正会員 溝上 善昭, 正会員 花井 拓
 神戸大学 正会員 阪上 隆英, 正会員 塩澤 大輝, 学生会員 東 智之
 滋賀県立大学 正会員 和泉 遊以

1.研究背景・目的

インフラ構造物の安全性を維持するためには、定期的な検査と構造健全性評価、適切な補修が必要である。補修後には補修による応力低減効果、き裂再発生の可能性を検証することが重要となるが、ひずみゲージ等による従来の計測法では十分な検証ができない場合がある。近年注目されている非破壊評価手法として、赤外線サーモグラフィを用いた、熱弾性応力分布計測法がある。本研究では、鋼橋梁の縦桁-横桁交差部の補剛材(以下、「ウェブギャップ板」という)に発生した疲労き裂を対象とし、疲労き裂の補修を行った前後で、熱弾性応力測定を行うことで、補修による応力低減効果を検証した。

2. 計測方法

2-1 熱弾性効果

断熱状態の材料に弾性変形が生じる時、主応力 σ と温度変化 ΔT の関係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

赤外線サーモグラフィを用いて得られる温度変動データから、式(1)に基づき主応力 σ の変化量を求めることができる。

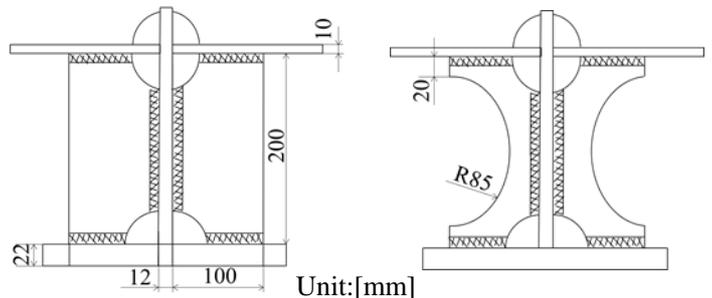
2-2 自己相関ロックイン処理¹⁾

自己相関ロックイン処理は荷重変動に関する参照信号を外入力せずに、赤外線計測視野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、これを用いてロックイン処理を行う手法である。自己相関ロックイン処理により、ノイズ改善された相対応力分布画像を得ることができる。

3.切欠き補修効果の検証

3-1 実験内容

疲労き裂が発生したウェブギャップ板に対し、総重量約200kNの荷重車が計測箇所直上の車線を80km/hで通過した際の熱弾性温度変動を赤外線サーモグラフィにより計測した。計測対象としたウェブギャップ板に対し、溶接部の応力低減、および応力集中箇所を溶接部から母材部に移すことを目的とした補修が行われた。施工は、①ウェブギャップ板への半円切り欠き、②溶接部の疲労き裂除去、再溶接と溶接部止端仕上げ(以下、「再溶接」という)の手順で行った。半円切り欠き施工前後のウェブギャップ板の形状を図-1に示す。熱弾性応力測定は、半円切り欠き施工前後、再溶接後の計3回行い、補修効果の検証を行った。



(a) 補修前 (b) 切り欠き補修後
 図-1 ウェブギャップ板の切り欠き補修

3-2 実験結果

半円切欠き補修前後、および再溶接後におけるウェブギャップ板の写真と自己相関ロックイン画像を図-2に示す。図-2に示した応力の値は式(1)に基づき算出した。図-2(a)の相対応力分布画像では、溶接部の疲労き裂先端に応力集中が見られる。一方、図-2(b)および(c)では切り欠きR部に応力が集中している。また、図に示した応力値より、き裂先端近傍での主応力 σ 変動の値が、切り欠き補修後には約50%程度に低減している。補修後の主応力 σ 変動の最大値は切欠きR部が最も大

きく、最大応力作用位置がき裂先端から切欠き R 部に移ったことが示された。また、再溶接後は溶接部における応力の低減は見られないが、切欠き R 部に応力集中していることは変わっていないことがわかった。本計測の結果、切り欠き施工により、き裂先端近傍での作用応力を低減させることが可能であることがわかった。また、疲労強度等級が低い溶接部から、等級の高い鋼材母材部に応力集中部を移すことにより、溶接部での疲労き裂の再発生を防ぐ補修的に施されたことが熱弾性応力計測により検証できたと考えられる。

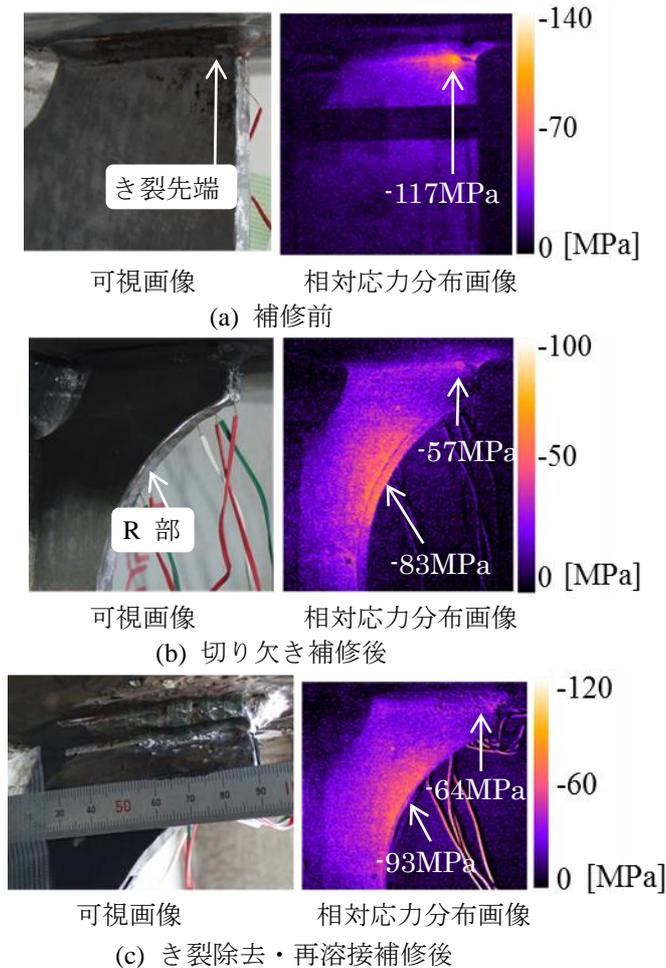


図-2 熱弾性応力測定による切り欠き補修効果の検証

4.当て板補修効果の検証

4-1 実験内容

ウェブギャップ板に対し、台形の当て板補修を行い、溶接部に集中する応力低減を試みた。前述の切り欠き補修の場合と同様の条件で応力変動を計測した。①当て板設置、②再溶接の手順で補修を施した。当て板設置後のウェブギャップ板の形状を図-3 に示す。熱弾性応力測定は、当て板設置前後、再溶接後の計3回行い、補修効果の検証を行った。

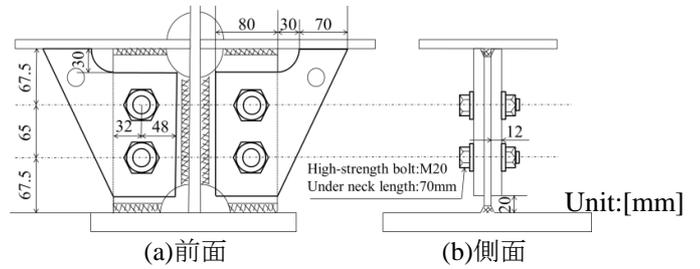


図-3 ウェブギャップ板の当て板補修

4-2 実験結果

当て板補修前後、および再溶接後におけるウェブギャップ板の写真と自己相関ロックイン画像を図-4 に示す。図-4(a)および(b)では、疲労き裂先端近傍において応力が集中しており、図-4(c)では疲労き裂が除去された後も溶接端部に応力集中が見られる。この結果から、現行の当て板補修では、溶接部から当て板に応力を配分することにより、溶接部の応力を低減させることができていないことが熱弾性応力計測により確かめられた。

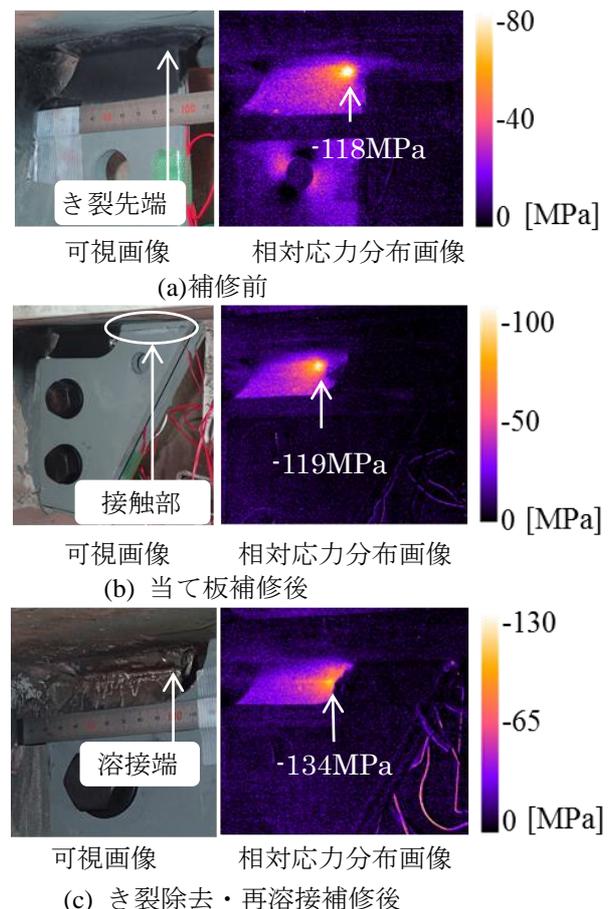


図-4 熱弾性応力測定による当て板補修効果の検証

参考文献 1) 阪上隆英, 西村 隆, 久保司郎, 崎野良比呂, 石野和成, 自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法による疲労き裂の遠隔非破壊検査技術の開発 (第1報 溶接試験片を用いた基礎的検討) 日本機械学会論文集 A 編, Vol.72, No.724, 2006-12, pp.1860-1867.