

アクティブ温度ギャップ法を用いた鋼構造物内の疲労き裂の検出

神戸大学 学生会員 春風 侑哉

神戸大学 正会員 塩澤 大輝

本州四国連絡高速道路(株) 正会員 林 昌弘

神戸大学 正会員 阪上 隆英

1. 目的

長大橋のUリブ鋼床版に発生したビードき裂を効率よく検出する非破壊評価手法として温度ギャップ法が提案され、実用化されている。本手法では、路面が日射を受けて舗装が温められた場合の温度分布を、赤外線サーモグラフィを用いて計測し、得られた温度分布計測に基づいて疲労き裂を検出できる。温度ギャップ法は、防食塗膜を除去することなく遠隔からの疲労き裂検出が可能である。長距離にわたるUリブ鋼床版のビード部を検査するため、日射を利用したパッシブ型の温度ギャップ法が有効に用いられてきた。一方、人工的な加熱を与えるアクティブ型では、入熱量や加熱位置を制御できることから、計測環境によらず安定して高精度な疲労き裂の検出が可能になると考えられる。本報告では、種々のアクティブ型加熱手法を用いた温度ギャップ法の、疲労き裂検出への適用性について検討した結果を示す。

2. 計測原理

温度ギャップ法の概要を図1に示す。検査対象表面を局所的に加熱すると、加熱部から周囲に熱が伝わる。図1のように検査対象にき裂が存在する場合、き裂部の微小な空隙により熱伝導が阻害され、図2に示すように、き裂部では健全部と比較して大きな温度差（以降「温度ギャップ」と呼ぶ）が生じる。この温度ギャップを赤外線サ

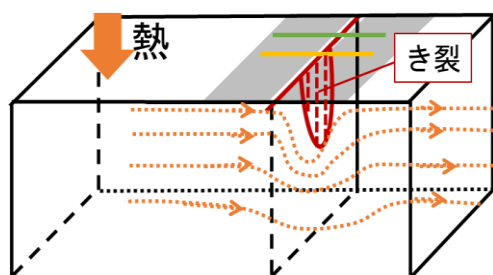


図1. 温度ギャップ法によるき裂検出の概要図

ーモグラフィで計測することにより、鋼材部のき裂を検出する。太陽光などの外部環境によって検査対象が加熱される手法をパッシブ温度ギャップ法と呼ぶのに対して、人工的に検査対象に加熱を与える手法をアクティブ温度ギャップ法と呼ぶ。

3. 実験方法

本実験で用いた測定対象を図3に示す。鋼橋の垂直補剛材溶接部を模擬したガゼット溶接試験体を製作・使用した。材質は橋梁の溶接構造に用いられるSM400Aであり、CO₂ガスシールドアーク溶接で接合されている。この試験体を板曲げ疲労試験機に取り付け、応力比 $R=-1$ の繰返し曲げ負荷を与えることにより、疲労き裂を導入した。疲労き裂の磁粉探傷試験結果の画像を図4に示す。図4より、溶接止端部から全長約110mmの疲労き裂が進展していることが分かる。このき裂はガゼット溶接面の反対側から発生したき裂と合体し、試験体を貫通していた。

アクティブ温度ギャップ法の加熱方法として、ドライヤー（消費電力1000W）による熱風、熱湯の滴下、および熱湯を含んだフェルト布（大きさ110mm×50mm）接触の三種類を適用した。図4に示すように、き裂から30mm以上離れた位置に、熱湯を含んだフェルト布の押し当て、ドライヤーの場合には一点に集中的に加熱を施した。温度分布計測には、冷却型赤外線サーモグラフィを用いた。

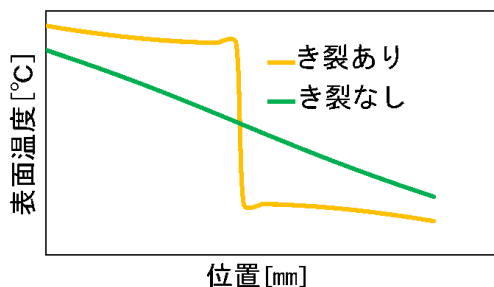


図2. 検査対象の温度勾配とき裂の温度ギャップの概要図

キーワード 赤外線サーモグラフィ, 温度ギャップ法, 疲労き裂, 検査, 長大橋

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学研究科機械工学専攻

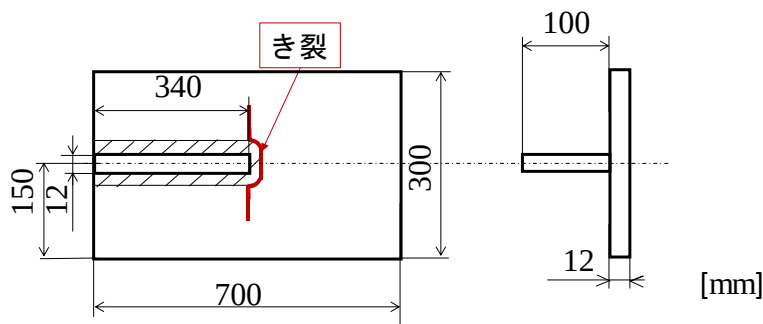


図3. 試験体図面

計測はフレームレートを 11Hz として行った。

4. 実験結果

熱湯を含んだフェルト布および熱風による加熱を行った場合の加熱開始後約 90 秒の赤外線画像を図 5 に示す。図 5 より、いずれの加熱方法においてもき裂の位置において、加熱側で温度が高くき裂を挟んだ反対側では急激に温度が低くなるという温度ギャップが現れていることが分かる。押し当てたフェルト布からガセット方向に様な温度勾配が生じているのに対して、熱風の場合では加熱箇所を中心として同心円状に熱が拡散することによる温度勾配が生じている。図中に示した健全部およびき裂部における温度変化量のラインプロファイルを図 6 に示す。ここで、温度変化量 ΔT は、計測時の温度分布から測定前の初期温度分布を引いた量である。図 6 より、熱湯フェルト布を用いた場合では、き裂部①および②ともに同じ程度の温度ギャップが現れていることが分かる。熱風の場合では加熱部から離れたき裂部①では温度勾配が小さく、き裂における温度ギャップも小さい。このようにフェルト布の場合では布に対して垂直方向の領域を短時間で検査できる。ドライヤーの加熱においても、ドライヤーによる加熱ポイントを走査することにより、熱湯を含ませたフェルト布と同様に均等な加熱が可能になると考えられる。以上のことから、アクティブ温度ギャップ法における加熱方法を工夫して、効率よく温度勾配を与えることにより、き裂の検出が可能になることが分かった。

参考文献

- ・溝上善昭, 奥村淳弘, 大藤時秀, ほか, 赤外線サーモグラフィを用いた温度ギャップ法による U リブ鋼床版のビート貫通亀裂の自動検出と装置開発, 構造工学論文集 Vol. 64A, (2018)

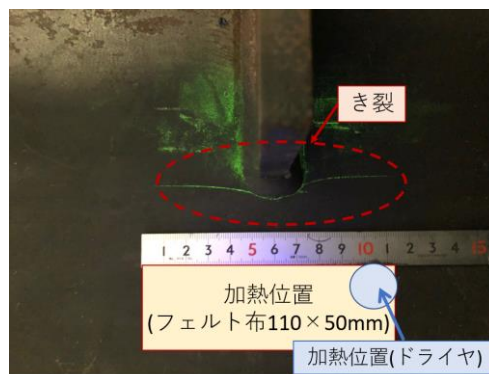
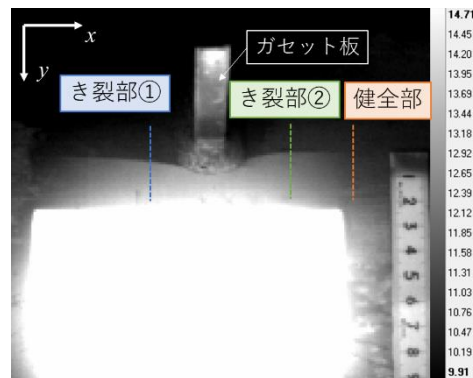
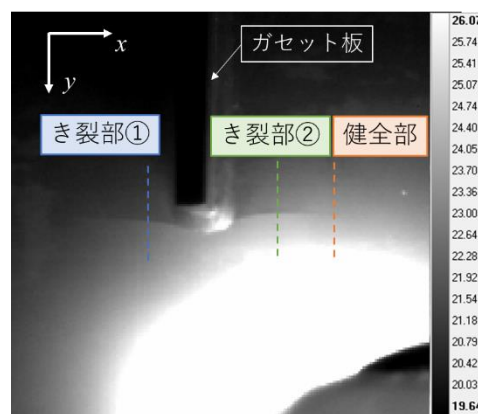


図4. 磁粉探傷検査画像



(a) 熱湯を含むフェルト布による加熱



(b) ドライヤーによる加熱時

図5. 各加熱方法による加熱時の赤外線画像

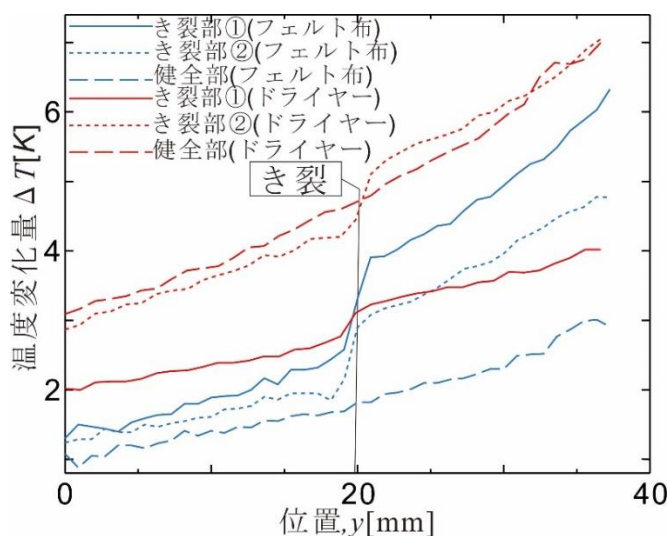


図6. 熱湯に浸した布およびドライヤーによる加熱時の温度変化量の分布