

温度ギャップ検出赤外線サーモグラフィ法によるビード亀裂非貫通部の 検出・評価に関する実地計測および数値解析による検討

滋賀県立大学	正会員	○和泉 遊以	滋賀県立大学	学生会員	上西 広粹
神戸大学	正会員	阪上 隆英	本州四国連絡高速道路	正会員	溝上 善昭
本州四国連絡高速道路	正会員	奥村 淳弘	本州四国連絡高速道路	正会員	林 昌弘

1. 緒言

鋼床版のデッキプレートと U リブ間の溶接部に発生するビード亀裂は、発生数も多く、また亀裂長さが大きくなるとリブ側やデッキ側に進展する恐れがある。著者らはこれまでに、ビード亀裂を簡便かつ高精度に検出する技術として、欠陥部での断熱温度場検出に基づく温度ギャップ検出赤外線サーモグラフィ法（以下、温度ギャップ法と呼ぶ）を開発⁽¹⁾し、亀裂貫通部の長さが 40 mm 程度の亀裂を高い精度で検出できることを示した。一方、上述したビード亀裂は、内部の溶接ルート部を起点にビード表面側へ進展するため、亀裂が検査可能な表面に到達したときには、内部ではすでに溶接長手方向に大きく進展していることも考えられる。そこで著者らは、温度ギャップ法の非貫通亀裂への適用性について、平板の亀裂試験片を用いた実験室レベルの試験により検討してきた⁽²⁾。

本報では、鋼床版ビード亀裂の非貫通部を温度ギャップ法により検出・評価する方法の有効性を、鋼床版での実地計測および有限要素解析によって検討した結果を示す。

2. 実験および数値解析の概要

対象橋梁は 1985 年に供用が開始された鋼床版橋梁であり、デッキ・U リブ間の溶接の溶け込み量は 2mm 以上である。対象としたビード亀裂は、表面長さ 53mm, 112mm の二つとした。実地調査は 2017 年 8 月に行い、まず初めに赤外線サーモグラフィを用いた温度ギャップ計測を行い、その後、亀裂先端部を削孔し、内部の非貫通部の形状を確認した。赤外線サーモグラフィには InSb アレイセンサ搭載の機種を用い、亀裂部周辺の鋼板表面温度を計測速度 157Hz で 10 秒間計測した。温度計測は塗膜上から行い、赤外線放射率の向上および均一化のため、計測表面には疑似黒体化塗料（アサヒペン 耐熱塗料（黒））を適量塗布した。得られた温度データに対して、空間平均処理（3×3pixels）と時間平均処理（157Hz×10 秒）を行い、さらに橋軸直角方向の温度勾配の分布を求めた。

次に有限要素法による数値解析について説明する。解析には NX Nastran を用い、定常熱伝導解析を行った。解析モデルの概要を図 1 に示す。モデル形状は、実地調査で対象とした鋼床版をもとに決定した。溶接部および亀裂の形状寸法は、実地調査により求めたものを採用し、亀裂長さ 53mm および 112mm の亀裂について解析した。溶接部周辺のメッシュサイズを 1mm とし、熱伝導率についてはデッキプレートと U リブおよび溶接部は炭素鋼の値 51.6W/m・K、道路舗装部（アスファルト）は 0.75W/m・K とした。また、実地調査の計測条件に合わせて、U リブの温度勾配を 0.026K/mm（6 月～8 月に相当⁽¹⁾）となるように、道路表面の温度を 45℃、U リブの溶接止端から 110mm の位置の温度を 38℃ とした。得られた鋼板表面の温度分布から、実験と同様に橋軸直角方向（図 1 の y 方向）の温度勾配を求め、実験結果と比較した。

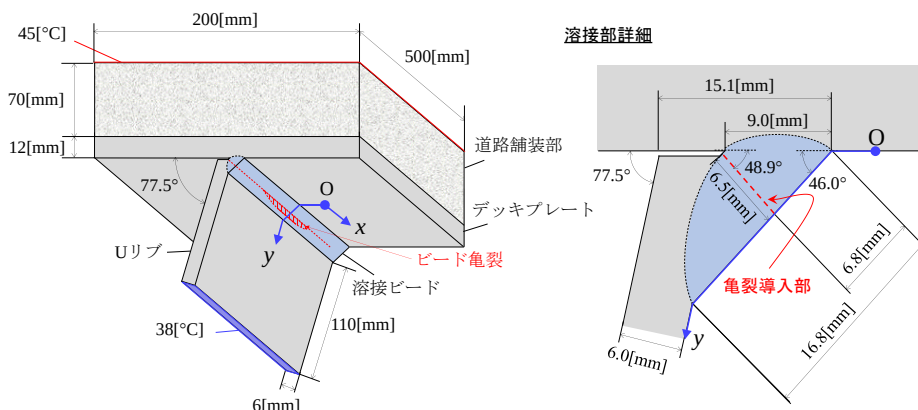


図 1 有限要素法による鋼床版解析モデルの概要

キーワード 赤外線サーモグラフィ, 温度ギャップ法, 鋼床版, ビード亀裂, 非貫通亀裂

連絡先 〒522-0041 滋賀県彦根市八坂町 2500 滋賀県立大学 TEL 0749-28-8379

3. 実験および数値解析の結果

実地計測および FEM 解析により得られた亀裂周辺の橋軸直角方向 (y 方向) の温度勾配分布を図 2 に示す。図の (a) および (b) はそれぞれ表面長さ 53mm および 112mm の亀裂に対して得られた結果であり、亀裂形状の実測値 (残存のど厚) を併せて記載している。

実値計測および FEM 解析で得られた両亀裂の温度勾配分布から、亀裂非貫通部の図中の赤丸に示した領域において、温度勾配が大きくなっている部分が確認できた。残存のど厚の分布から、表面長さ 53mm の亀裂は 112mm の亀裂に比べて、貫通部は短いものの、非貫通部は長く、残存のど厚の小さい部分が橋軸方向 (x 方向) の広い範囲に及んでいる。表面長さ 112mm よりも 53mm の亀裂の方が、図の赤丸で示した温度勾配分布の高い領域が橋軸方向 (x 方向) に広がっており、非貫通部の形状が温度勾配に反映されていることがわかる。また、その温度勾配が高い領域は、残存のど厚がおよそ 2~3mm 以下の位置で現れている。

以上の結果より、温度ギャップ法によって亀裂非貫通部の形状評価が可能であることがわかった。また、得られた温度勾配分布は、FEM 解析と実値計測でおおむね一致しており、実験結果の妥当性を示すことができた。

4. 結言

温度ギャップ法により、鋼床版ビード亀裂の非貫通部を評価できることを、実地調査および数値解析により明らかにした。また、本実験においては、残存のど厚が 2~3mm 以下の位置で、温度勾配分布に変状が認められた。

今後は、非貫通部の亀裂形状を定量的に評価する方法について検討していく予定である。

参考文献

- (1) 溝上善昭, 小林義弘, 和泉遊以, 阪上隆英, 赤外線サーモグラフィを用いた温度ギャップ検知による鋼床版デッキプレート-Uリブ間の溶接部に生じる疲労亀裂の遠隔検出, 鋼構造論文集, vol.22, No.87 号 (2015), pp.47-56.
- (2) 上西広幹, 和泉遊以, 阪上隆英, 溝上善昭, 森山彰, 温度ギャップ検出赤外線サーモグラフィ法による裏面亀裂の検出, 第 72 回土木学会年次学術講演会講演論文集 (2017), pp.1887-1888.

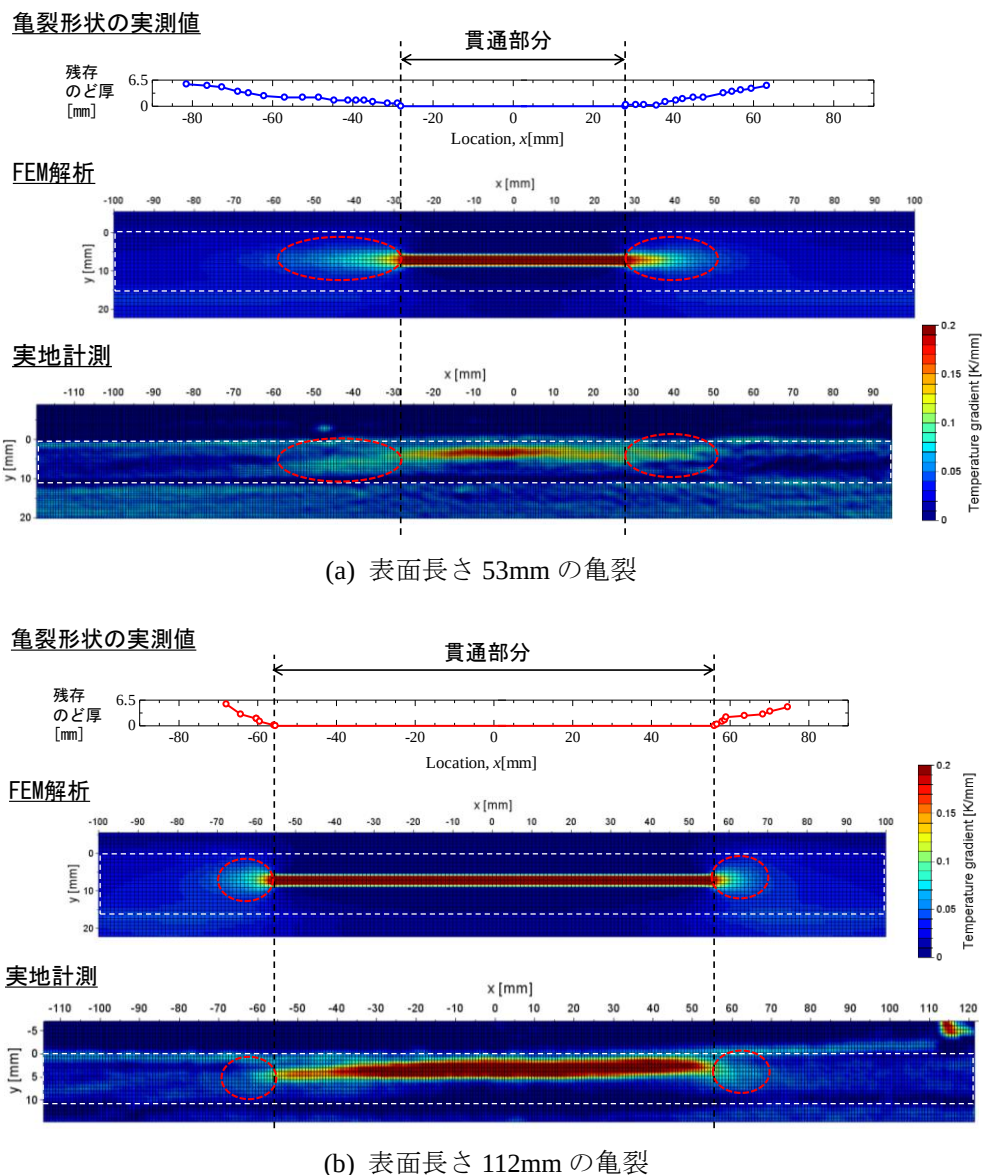


図 2 亀裂部周辺における橋軸直角方向の温度勾配分布