

## 炭素繊維シートを用いた鉄桁き裂修繕

J R 西日本 (正) ○宮島英樹 J R 西日本 (正) 中瀬理至  
 J R 西日本 (正) 中山太士 京都大学 (正) 石川敏之

## 1. はじめに

鋼鉄道橋のき裂補修方法として、高力ボルトによる当て板補修（以下、ボルト補修と称す）が一般的に行われる。しかし、作業スペースの確保やボルト締結器具等が搬入できない狭隘箇所では、ボルト補修を採用することができないケースがある。本稿では、鋼鉄道橋の狭隘箇所に発生したき裂の応急対策として、これまで、鋼鉄道橋では施工事例のない炭素繊維シートによるき裂補修を試験的に施工し、効果を検証したので報告する。

## 2. 橋梁概要とき裂概要

き裂が発生した橋梁は、1968年架設の溶接構造の複線式下路版桁で、設計荷重 KS-16、支間長 45.3m の斜角桁である。

き裂は、図-1 および写真-1 に示すように、端横桁の支承付近のフランジの止端位置のウェブ溶接部から発生しており、き裂長さは 35mm であった。き裂の発生原因は、本橋梁が斜角桁のため、列車通過時の左右の主桁のたわみ差や振動により、フランジの止端位置のウェブ溶接部に応力が集中し、き裂が発生したと考えられる。

き裂が発生した箇所の端横桁と橋台の間隔は約 350mm 程度であり、作業員が一人入れる程度のスペースしかなく、ボルト補修を施工する作業スペースがない程の狭隘箇所であった。き裂が発生しているウェブの裏側からのワンサイドボルトによるボルト補修も検討したが、樋やケーブル等があったため、ボルト補修が困難な箇所であった。また、応急対策として、ストップホールの施工を検討したが、狭隘箇所であるため、き裂の先端を確認することが困難であったこと、ストップホールを施工する作業スペースがなかったことから施工できなかった。

## 3. 補修方法の検討

本橋梁に発生したき裂長さが 35 mm と短く、ボルト補修をするには、桁の改良等が大掛かりな対策が必要になるため、現在までに鋼鉄道橋では事例はないものの、近年、道路橋の補修事例があり、多くの研究者らによって研究が進められている炭素繊維シートによる補修（以下、シート補修と称する）を応急的な対策として採用して、その効果を検証したうえで、経過を観察することとした。

本橋梁でシート補修を施工するにあたり、課題を整理し、既往の研究の成果を確認したうえで、シート補修を施工した。

(1) 片面からの補修：シート補修は、シートを表裏の両面に接着するのが一般的であるが、当該箇所は片側

キーワード 鋼鉄道橋, 溶接構造, 下路版桁, 疲労, シート接着工法

連絡先 〒553-0006 大阪市福島区吉野3丁目2番12号 大阪土木技術センター

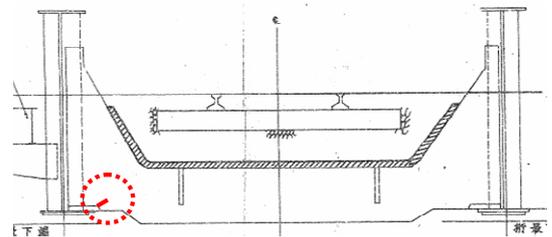


図-1 き裂箇所

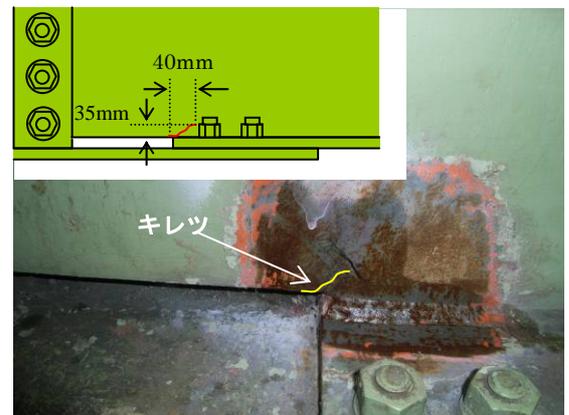


写真-1 き裂状況



写真-2 き裂発生箇所

からの貼付となった。ただし、既往の研究において、片面からのシート補修によって、き裂進展の抑制効果が得られることを確認している<sup>2)</sup>。

- (2) シートのはく離防止：シート補修を施工する場合、き裂位置とシート端部の接着剤に生じるせん断応力が大きくなる。き裂位置では接着するシートの剛性を高く、シート端部ではシートの剛性を小さくすることで接着剤に生じるせん断応力を小さくできる。したがって、シートの剥離を防止する観点から、3枚のシートの端部をずらして接着することとした。

使用した炭素繊維シート(ストランドシート)の概要を表-1に、補修状況を写真-3に示す。なお、本橋梁のシート補修に要した日数は3日間であり、同条件でボルト補修と比較した場合、シート補修の方が安価であった。

表-1 炭素繊維シート概要

繊維目付	900 g/m
引張強度	1.900 N/mm <sup>2</sup>
弾性係数	6.4 × 10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>
設計厚さ	0.429 mm

4. 補修効果の確認

シート補修の効果を確認するため、補修前後のき裂先端近傍の実働ひずみを測定した。図-2にひずみゲージの設置位置を示す。ひずみゲージは、補修前はき裂の先端にき裂の開閉方向に直角に貼付し、補修後はシート上の同じ位置に貼付した。施工前後のひずみ測定結果を表-2に示す。表中の数字は、最大発生ひずみを示している。表には、施工後180日経過時に実施した実働ひずみ測定の結果も示している。この表からわかるように、施工前と比べて、発生ひずみが低減されていることを確認した。補修後180日経過時に対しても、施工後と同程度のひずみであるので、ひずみ低減効果が持続していることがわかる。さらに、補修後180日経過段階では、シートの剥離および表面劣化、シートの浮きも生じていなかった。



写真-3 炭素繊維シート補修状況

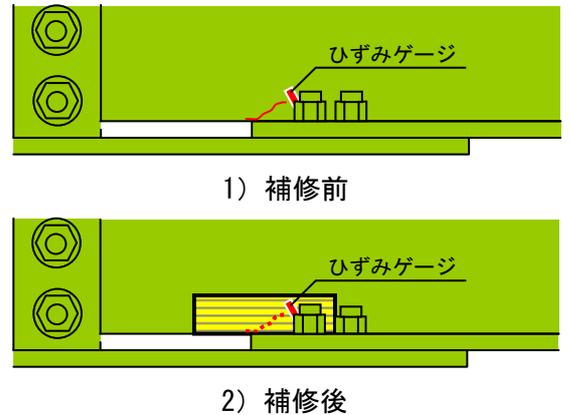


図-2 ひずみゲージ貼付位置

表-2 最大発生ひずみ

単位: μ	施工前	施工後	180日経過後
1本目	82.0	58.9	62.4
2本目	76.8	64.6	63.7
3本目	80.8	55.8	59.6
Ave.	79.9	59.8	61.9

今後も、き裂の進展状況およびシートの付着状況を定期的を確認していく予定である。

5. まとめ

今回、鋼鉄道橋の狭隘箇所が発生したき裂の応急対策として、これまで補修事例のない炭素繊維を用いたシート補修を試験的に適用し、その効果を検証した。今回のシート補修により、得られた知見を以下に示す。

- 1) ひずみ測定結果より、ひずみ低減効果を確認でき、狭隘箇所に発生したき裂の応急対策の1つとして期待できる。
- 2) 炭素繊維シートの接着が片側のみでも、き裂先端近傍の発生応力を低減することができる。
- 3) 端部のシート枚数を変化させることにより、補修後180日経過時では、懸念されたシートの端部から剥離を防ぐことができている。

シート補修は、近年、検討されている補修工法であり、確立された補修方法ではない。そのため、今後は、シート補修の補修設計の確立やシート補修の適用範囲、その耐久性の検証が今後の課題である。今回のシート補修は、これらの課題を検証していくうえで、貴重な試験施工であると考えられる。今後とも、本施工箇所の継続的な検証を行うことにより、鋼鉄道橋の維持管理に貢献していきたい。

【参考文献】1) 複合構造委員会：複合構造化による土木構造物の延命化，土木学会平成21年度全国大会 研究討論会 研-21資料， 2) 林 帆ら，CFRP板の片側接着による疲労き裂の補修効果，土木学会平成21年度年次学術講演会，H21.9