

鋼鉄道トラス橋の縦桁に発生した疲労き裂の要因と対策工法

(株) BMC ○ (正) 岡 義晃 (正) 佐藤 徹
 京浜急行電鉄 (株) 田村 義政 (株) JRSE (正) 蔦 守隆

1. はじめに

本橋は 1971 年竣工、支間長 67.6m の溶接下路トラス橋で、多くの乗客を輸送する首都圏の重要路線に位置している。疲労に対する設計での想定耐用年数 60 年に対し経年 40 年であるが、定期検査によって縦桁垂直補剛材下端に、疲労き裂と思われる変状が多数確認された。今後、全てのき裂箇所の対策を行い、新規のき裂発生を抑えるためには膨大な費用となることから、低コストで効果のある補修工法を検討した結果について報告する。

2. き裂発生要因の推定

下路トラスに発生した疲労変状の例として、縦桁腹板の垂直補剛材下端まわし溶接部のき裂は、代表的なものの一つとして挙げられる¹⁾。従来は新幹線など高速で運行されている区間の、振動による効果によって損傷が多く見られており、在来線のような比較的低速運行の区間では少ないとされていた²⁾が、在来線である本橋においてもその変状が確認された。補剛材下端のき裂(写真-1)は、全 200 箇所のうち半数以上の 101 箇所を確認(図-1)され、その原因は主に、以下に示す構造的特徴に起因する腹板面外方向の振動による影響と考えられる。



写真-1 き裂状況

- 1) 駅に近接し、橋梁上で上下線の列車を切替る渡り線が設けられ、既設縦桁間に補助縦桁が配置された特殊な構造である(図-2)。
- 2) 縦桁同士は腹板で連結され、下フランジ側の連結がなく、たわみ差による面外変形で補剛材下端に曲げが生じやすい。
- 3) 分岐器やレールジョイントが複数設置されており、衝撃の影響が特に大きい。
- 4) 補助縦桁区間は枕木が上下線に渡って設置され、他方の線別にも影響を及ぼす。

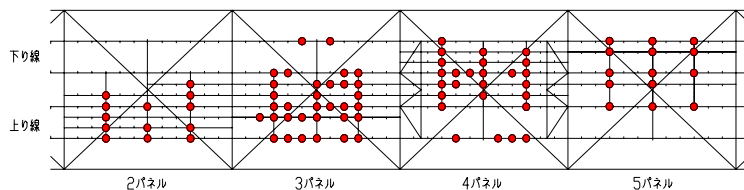


図-1 き裂発生位置図

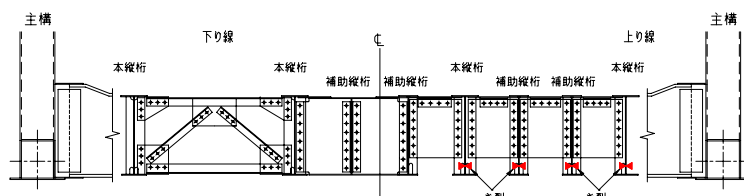


図-2 部材構成及びき裂発生箇所

動的応力測定の結果からは、着目箇所である縦桁補剛材下端の振動波形は、列車の車軸に対する規則的な応答とともに、周波数が 40~60Hz の高周波数振動が卓越したものとなっている。さらに鉛直方向の測定応力範囲は 100MPa を超える大きな値であるが、列車荷重による応力成分は比較的小さいことがわかった(表-1)。したがって、本鉄道橋の疲労き裂の発生要因は、高サイクルの局所的な面外振動および局部応力にあると推測される。

表-1 応力測定波形と振動数

測定応力波形・測定波形スペクトル		フィルタ処理波形・処理波形スペクトル	
振動による応力成分 観測点: LSSW-2V9 [MPa] [上り2パネル目] [SW14 右縦桁中間補剛材下端スラップ部] ファイル名: 最大値: 52.7 最小値: -52.6 卓越周波数: 48.5Hz 応力範囲: 105.3Pa		列車荷重による応力成分 観測点: LSSW-2V9 [MPa] [30Hz ローパスフィルタ] [SW14 右縦桁中間補剛材下端スラップ部] ファイル名: 最大値: 7.1 最小値: -10.6 卓越周波数: 1.46Hz 応力範囲: 17.7MPa	
卓越周波数 48.5Hz		卓越周波数 1.46Hz	

keywords: 鋼鉄道橋, 縦桁, 疲労き裂, 局部振動, 対策工法, 連結工

〒261-7125 千葉県千葉市美浜区中瀬 2-6 マリブウエスト 25 階 (株) ビーエムシー TEL 043-297-0207

3. 対策工法の提案

疲労耐久性を向上させるためには、“発生応力度の低減”，“繰返し回数の削減”が求められるが，対策工法については対策箇所数が多いことから“施工コストの抑制”を加えた 3 点を考慮して検討を行った．縦桁補剛材下端の対策については，従来から当て板の設置により剛性を増し，変形を抑える方法の例が示されている¹⁾．本橋において，既にき裂が発生している箇所については，き裂進展を防ぐため山形鋼を用いた当て板補強を行うこととした（写真 - 2）．また，今後き裂が発生する可能性が考えられる箇所については，縦桁の面外変形対策として下横構を設置し，床組としての剛性を高める方法³⁾が考えられるが，本橋の場合は，同様の対策では縦桁は本数が多く，下横構が複雑で部材数が非常に多くなり，コスト面や保守点検の面から効率的でないと判断した．そこで，構造を簡易にし，コスト削減を図るため，縦桁下フランジ間に橋軸直角方向のみの CT 形鋼による連結材を設置することで，縦桁下フランジの面外振動を抑える対策工法を提案した（図 - 3）．

対策工法の効果は，対策前後に実施した動的応力測定により確認を行った．

まず，当て板補強による対策効果は補強前の応力範囲 105MPa に対して補強後は 23MPa と大幅に低減し，高周波の振動波形も減少していることが確認できた．次に，下フランジ



写真 - 2 当て板設置

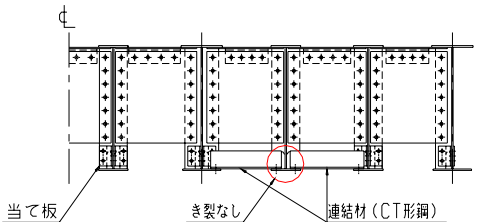


図 - 3 下フランジ連結材の例

連結では局部振動が抑制され，応力範囲も当て板ほどの効果はみられなかったものの，設置前の 47MPa から設置後は 29MPa に低減されていることから，対策工法として十分な効果があることを確認することができた（表 - 2）．

表 - 2 対策前後の応力測定結果

対策工法：当て板設置		対策工法：縦桁下フランジ連結材設置													
対策前	測定記号: LSSW-2V9 [MPa] [上り2パネル目] [SW14 右縦桁中間補剛材下端スカップ部] <table><tr><td>ファイル名</td><td></td></tr><tr><td>最大値</td><td>52.7</td></tr><tr><td>最小値</td><td>-52.6</td></tr></table>	ファイル名		最大値	52.7	最小値	-52.6	測定記号: LSSW-2VB [MPa] [上り2パネル目] [SW16 左補助縦桁中間補剛材下端スカップ部] <table><tr><td>ファイル名</td><td></td></tr><tr><td>最大値</td><td>18.2</td></tr><tr><td>最小値</td><td>-29.1</td></tr></table>	ファイル名		最大値	18.2	最小値	-29.1	
	ファイル名														
最大値	52.7														
最小値	-52.6														
ファイル名															
最大値	18.2														
最小値	-29.1														
圧縮-52.6MPa 引張 52.7MPa 応力範囲 105.3MPa		圧縮-29.1MPa 引張 18.2MPa 応力範囲 47.3MPa													
対策後	測定記号: LSSW-2V9 [MPa] [上り2パネル目] [SW14 右縦桁中間補剛材下端スカップ部] <table><tr><td>ファイル名</td><td></td></tr><tr><td>最大値</td><td>4.3</td></tr><tr><td>最小値</td><td>-18.6</td></tr></table>	ファイル名		最大値	4.3	最小値	-18.6	測定記号: LSSW-2VB [MPa] [上り2パネル目] [SW16 左補助縦桁中間補剛材下端スカップ部] <table><tr><td>ファイル名</td><td></td></tr><tr><td>最大値</td><td>8.2</td></tr><tr><td>最小値</td><td>-20.5</td></tr></table>	ファイル名		最大値	8.2	最小値	-20.5	
	ファイル名														
最大値	4.3														
最小値	-18.6														
ファイル名															
最大値	8.2														
最小値	-20.5														
圧縮-18.6MPa 引張 4.3MPa 応力範囲 22.9MPa		圧縮-20.5MPa 引張 8.2MPa 応力範囲 28.7MPa													
応力範囲 105.3MPa → 22.9MPa 約 80%減少		応力範囲 47.3MPa → 28.7MPa 約 40%減少													

4. まとめ

従来から，主に高速運転区間に発生すると考えられてきた下路トラス縦桁垂直補剛材下端の疲労き裂について，低速運転区間の鉄道橋においても多数確認され，調査および対策工法の検討を行った結果を以下にまとめる．

- ① 疲労き裂の発生要因は，縦桁面外方向の高周波局部振動および共振により増幅された局部応力と考えられる．
- ② 低速運行区間の下路トラスにおいても，疲労き裂が発生する場合がある．
- ③ 対策工法は，局部振動を抑制するための当て板設置の他に，同様の効果が得られ施工コストを少なくする方法として，連結工の設置が有効である．

今後として，今回の結果をもとに本対策を行った箇所について，定期検査時に確認を行うことにより，長期的にも十分な効果が持続されているか評価するとともに，より経済性，施工性を向上させる対策の開発に努めたい．

[参考文献]

- 1) 鋼構造物委員会疲労変状調査委員会：鋼橋の疲労変状調査，土木学会論文集 NO.368/ I -5，1986
- 2) 松浦章夫：高速鉄道における橋桁の動的挙動に関する研究，土木学会論文集 NO.256，1976
- 3) 友利，他：鉄道鋼トラス橋に発生した疲労損傷の原因究明と対策，土木学会第 60 回年次学術講演会，2003