

鋼鉄道トラス橋の縦桁中間補剛材下端部に発生した疲労き裂対策

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○大久保 成将
西日本旅客鉄道(株) 正会員 池頭 賢

西日本旅客鉄道(株) 非会員 本田 征大

1. はじめに

溶接構造の鋼桁における代表的な変状に、溶接部からの疲労き裂が挙げられる。疲労き裂は、列車の通過による繰返し応力によるものであり、疲労き裂の発生は、桁の耐力を著しく低下させ、最悪の場合、落橋という重大な鉄道事故に繋がる可能性のある変状である。そのため、疲労き裂が発生した場合、発生原因を究明し、適切な対策を実施する必要がある。

JR 西日本金沢支社管内における下路トラス橋において、縦桁中間補剛材下端のスカラップ部溶接止端部(以下、スカラップ部と称す)の疲労き裂(写真-1, 2)が発見された。当該橋梁は河川上の橋梁のため、修繕期間は出水期前までに限定され、施工期間は短い。そこで、本研究においては疲労き裂の発生原因の究明と、維持管理に優れた対策工の検討を実施した。



写真-1 対象部材



写真-2 詳細状況

2. 対象橋梁の概要

対象橋梁の外観と諸元を写真-3, 表-1に示す。

対象橋梁は、主構はリベット構造、床組は溶接構造の単線下路トラス橋であり、床組においては疲労による変状が多数発生している。また、海岸から約500mに位置しており、飛来塩分の影響により全体的に鋼材の腐食・欠食が発生している状況である。



写真-3 対象橋梁

表-1 対象橋梁諸元

桁形式	単線下路トラス	支間	62.4m
建設年度	1963年	設計荷重	KS-18
特徴	主構:リベット構造		床組:溶接構造

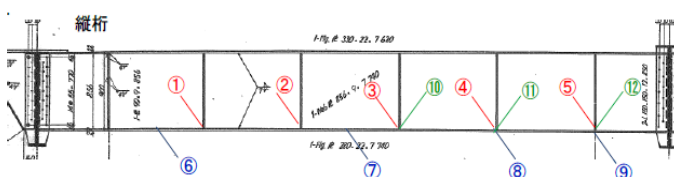


図-1 応力測定位置

3. 変状の発生原因

き裂が発生した原因を究明するために、列車通過時に図-1に示す12測点にて、ひずみゲージによる応力測定を実施した。測定した応力は、スカラップ部の溶接止端部から下フランジ側へ10mm離れた位置の桁内側(測点①~⑤)(図-2)と外側(測点⑩~⑫)の局所応力及び下フランジ下面の腹板直下における応力(測点⑥~⑨)とした。

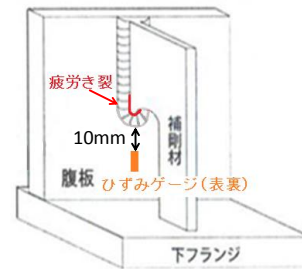


図-2 桁内側応力測定位置

683系列車(12両)にて測定した結果、スカラップ部の応力が最も大きい測点④とその裏側である測点⑩の波形を図-3に示す。測定結果より、列車通過時には腹板の表裏で圧縮応力と引張応力が交番しており、腹板には面外曲げが発生していることが分かる。応力範囲は47.6MPaとなっており、スカラップ部の疲労限をE等級とすると、一定振幅応力に対する打ち切り限界62.0MPaよりも小さな値となった。これは、最大入線荷重であるEF-81での計測でないことや、き裂は補剛材側の溶接止端部から発生しているが、測定は腹板側の溶接止端部から10mm位置で計測しているため、測定結果は比較的小さな値となったと思われる。当該橋梁においては、桁内側のみ補剛材があり、下横構がついていないことから、縦桁は列車通過時に下側では桁の外側に広がるような挙動をしており、このことが腹板の面外曲げを助長し、き裂が発生したと思われる。以上より、列車通過時において下フランジ近傍の腹板に面外曲げが発生することで、スカラップ部に応力集中が生じ、き裂が発生したものと考えられる。

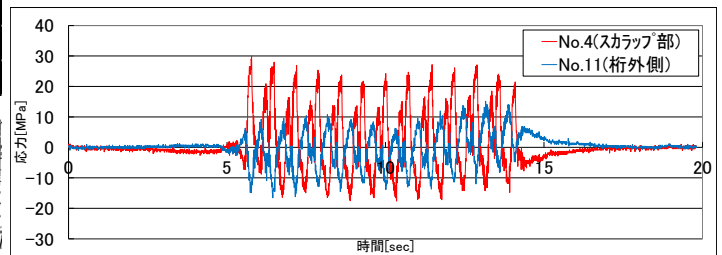


図-3 腹板表裏の最大応力箇所波形

キーワード 鋼鉄道橋, 疲労き裂, 当て板, 鋼トラス橋, 実橋測定
連絡先 〒920-0036 石川県金沢市元菊町68-2 西日本旅客鉄道株式会社 金沢土木技術センター TEL 076-223-3206

4. 対策工の検討

塗装足場を利用した工事となるため、施工期間が限られることから、修繕工法が比較的安易である当て板補強を採用することとした。当て板の概要を図-4に示す。これまでスカラップ部のき裂発生は、列車荷重によって腹板が振動することが原因とされていた^{1), 2)}。しかし、今回の測定結果においては、腹板の振動ではなく、縦桁中間補剛材上部に台車が通過するごとにスカラップ部において、面外曲げが発生することによる応力集中であると考えられる。そこで、対策工法としてリブ付きの当て板とすることで、腹板の面外曲げに抵抗できる形状とした。また、桁内側からき裂の進展の有無を確認するため、当て板は桁外側からの施工とした。さらに、補剛リブの下端部を切欠き、下フランジとは10mm程度の隙間を設けることで塗装時に下フランジのケレンを可能とし、維持管理に適した形状とした。今回提案した当て板（以下、リブ付き当て板と称す）は既製品のH鋼（300×300×10×15[mm]）を切断することで製作しているため、短期間での製作が可能である。

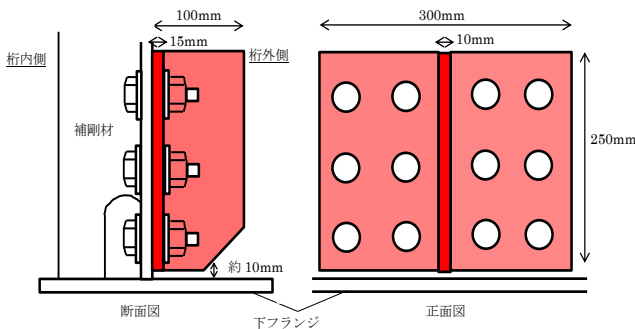


図-4 当て板概要図

5. 施工効果の確認

対策工の施工後の状況を写真-4, 5に示す。



写真-4 施工後（桁外側） 写真-5 施工後（桁内側）

測定位置⑪のリブ付き当て板については、応力測定に必要なリード線を配線するため、腹板に接する位置の一部に孔をあけ応力測定後、金属パテにて充填を実施した。

測定は対策工施工前と同様に683系列車（6両）にて実施した。測点④、⑪の波形を図-5に、測点①～⑤における対策工施工前後での応力範囲と低減率を表-2に示す。図-5より、桁内側のスカラップ部付近には引張応力が最大6.9MPa発生しているが、桁外側の圧縮応力については2.9MPaまで低減されていることが確認できた。また、表-2よりスカラップ部の応力が24～40%まで低減できて

おりリブ付き当て板の補強効果が確認できた。修繕実施前に引張応力が最大であった測点④においては、応力範囲が47.6MPaから12.7MPaと26.7%まで低減できている。よって、桁内側では引張応力が若干発生しているが、リブ付き当て板によって面外曲げを十分抑制できていることが分かる。

測定位置はスカラップ部から離れているが、応力測定箇所と同様に応力の低減が出来ていると想定される。仮に測定位置と同等の低減がされていたとすると、応力は1/4程度まで低減されており、疲労寿命としては対策工がない場合と比較し、64倍に増加することになり、き裂が発生するような応力は発生していないことが想定される。

以上の結果より、補剛リブを設置した当て板において、面外曲げを抑制することでスカラップ部の応力集中を軽減でき、片面からの当て板で十分補強効果があることが分かる。

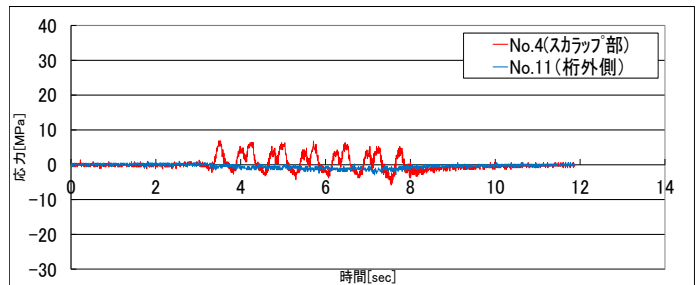


図-5 施工後応力波形

表-2 スカラップ部応力低減率

測点No.	①	②	③	④	⑤
対策前[MPa]	29.8	15.3	24.9	47.6	23.8
対策後[MPa]	7.8	6.1	6.1	12.7	7.5
低減率(対策後/対策前)[%]	26.2	39.9	24.5	26.7	31.5

6. まとめ

今回の対象橋梁において、スカラップ部における疲労き裂の発生原因の追究とリブ付き当て板を実施し、得られた知見をまとめる。

- 1) 疲労き裂の発生原因は、腹板表裏に発生した面外曲げによるスカラップ部への応力集中である。
- 2) リブ付き当て板施工後は、腹板の面外曲げを抑制でき、桁内側では応力範囲を最大24.5%に低減できたことから、補剛リブを設置することで片側からの当て板でも補強効果があることがわかる。
- 3) リブ付き当て板は、縦桁外側のみの施工のため、内側からスカラップ部の検査が可能となり、維持管理に適した対策工法である。

参考文献

1) 鋼構造委員会疲労変状調査小委員会：鋼橋の疲労変状調査，土木学会論文集大365号/I-5, pp1-12, 1986.4
 2) 鈴木，大井，小芝，公門：「鉄道トラス橋の縦桁における疲労損傷の検討」土木学会第54回年次学術講演会（平成11年9月），概要集I-A, P-436-437