

鋼床版橋梁の垂直補剛材上端部の疲労損傷に対する補修方法とその効果

川田工業(株) 正会員 ○八木 貴之 江崎 正浩
(独)土木研究所 正会員 村越 潤 梁取 直樹 宇井 崇

1. はじめに

鋼床版箱桁橋梁において、主桁ウェブの垂直補剛材とデッキのまわし溶接部では、輪重によるデッキの曲げ変形や垂直補剛材への支圧応力によりデッキ側や垂直補剛材側の止端に疲労き裂(図1)が発生する場合があります。補修方法及び効果について報告例がある¹⁾。筆者らは、これまで、当該疲労き裂の発生要因、補修による他部位への影響等に着目し、解析²⁾及び実験を通じて補修構造の検討を進めてきた。今回は、輪荷重走行試験で実物大試験体に再現した疲労き裂に対する補修効果について報告する。

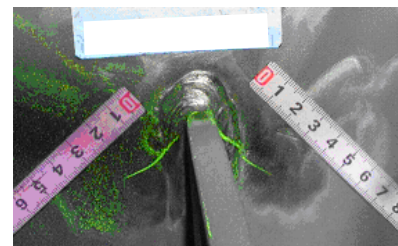


図1 対象き裂

2. 試験概要

試験体は図2に示すように、横リブ間隔 1375mm とし、2 径間に 4 本の垂直補剛材を 450mm ピッチで配置したものである。同図左側の垂直補剛材は疲労き裂が発生してから補修を行う“事後保全”とし、他方は新設・既設を問わず対策工として施す“予防保全”として試験することとした。载荷条件については、まわし溶接部の補剛材側止端のき裂を優先的に発生させるべく、ここに高い応力集中を発生させる载荷位置を解析で確認し²⁾、図2に示すように縦リブの垂直補剛材側ウェブ中心に载荷($P=150\text{kN}$)した。試験は、(独)土木研究所の輪荷重走行試験装置を用いて、まず事後保全、予防保全側で鉄輪による静的载荷試験を行い、事後保全側で輪荷重走行を実施して疲労き裂を発生させた。その後、き裂に対して補修を行い、50/75tf 载荷試験機で補修の効果を確認した。補修方法としては、垂直補剛材上端部を $R=100$ で半円切欠きするもの(④)と上端切断(②, ③, ⑤)するものを対象とした。

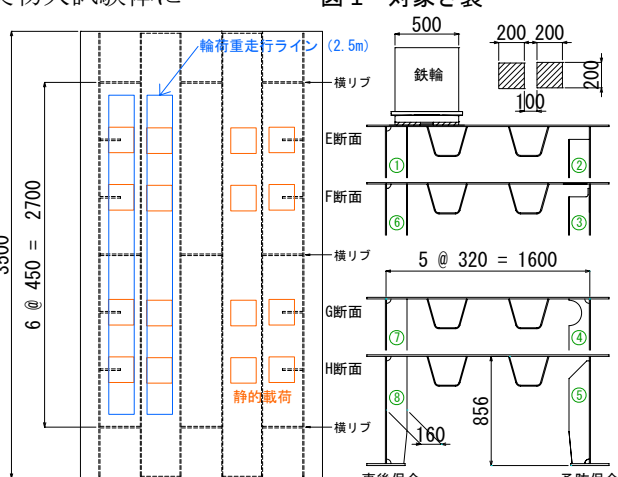
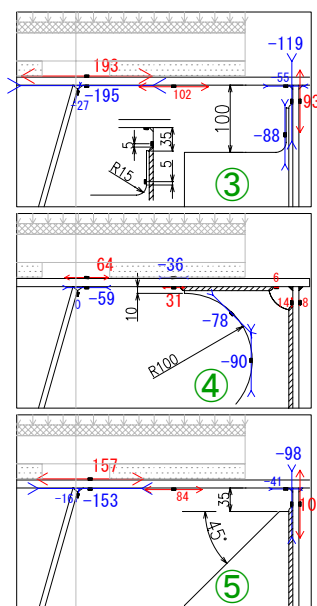


図2 試験体と载荷方法

③は②に対し短時間で施工でき、⑤は横リブ及び横桁に取付けられる垂直補剛材に対する疲労設計指針の標準構造である。半円切欠きはき裂発生点の応力集中を低減させる効果を有し、上端切断はき裂そのものを除去できるメリットがある。

3. 鉄輪による静的载荷試験の結果

鉄輪による静的载荷試験の結果(図3)、事後保全側の①では、着目部の補剛材側止端 5mm 位置で高い鉛直方向圧縮応力が確認され、止端き裂の発生が想定された。一方、予防保全側では、④の半円切欠きにより着目部の応力集中が低減され、半円孔壁部に応力集中が移ることを確認した。なお、解析では、半円切欠きにより着目部デッキ側止端の圧縮水平方向応力が低減するが、この試験では引張応力(31MPa)が確認された。また、デッキ縦リブ溶接部のデッキ側止端の圧縮水平方向応力も、解析ではほとんど変化しないが、④ではやや低下している。これらは、鉄輪の荷重分布特性³⁾や、垂直補剛材取付け位置のデッキの非平坦性(いわゆる痩せ馬)の影響によるものと推測される。また、②, ③, ⑤の上端切断補修の結果から、③や⑤では主桁ウェブ側まわし溶接止端に高い応力集中が移るのに対し、ウェブ側溶接部まで垂直補

図3 静的結果($P=100\text{kN}$ 換算)

キーワード 疲労, 補修, 鋼床版, 垂直補剛材, 輪荷重走行試験

連絡先 〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11 川田工業株式会社 TEL 03-3915-4321

剛材を切削仕上げする②では、当該集中を比較的抑えられることが確認できた。上端切断では補修前後で荷重支持の構造が変化することによりデッキ縦リブ溶接部周辺の応力レベルが上昇するが、垂直補剛材のない一般部と同様であり、悪影響を及ぼすものでないことを確認している²⁾。

4. 輪荷重走行試験の結果

輪荷重走行試験は、鉄輪荷重 $P=150\text{kN}$ 、毎分 18 回载荷でスタートさせ、70 万回で①、⑥、⑧の垂直補剛材側止端の角部を起点とした疲労き裂が発生した。その後、各き裂は垂直補剛材の断面を端部から貫通し、ウェブ側に真横に進むか(①)、デッキに向かい斜め上方に進展を続けた(⑥、⑧)。しかし、進展速度が遅いため、100 万回以降は鉄輪荷重を $P=230\text{kN}$ に増やし、さらに 70 万回载荷して走行を終了した。①、⑥、⑧のき裂進展状況を図 4 に、縦軸を垂直補剛材側止端 5mm 位置の鉛直方向ゲージ応答値で整理した着目き裂の S-N 線図を図 5 に示す。なお、同図中、①の□は、疲労強度の検証対象を広げる観点から、垂直補剛材端面より 10mm 位置に貼付したゲージの鉛直方向応力でプロットしたものである。

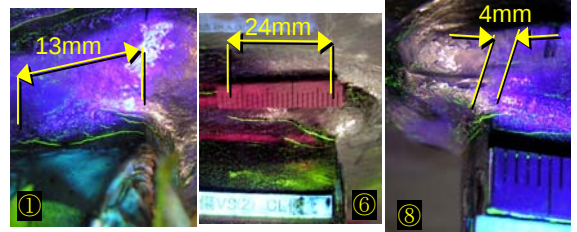


図 4 き裂発生と進展の状況 (170 万回時)

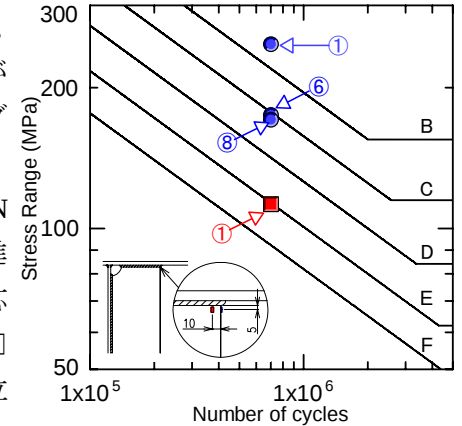


図 5 輪荷重走行試験 S-N 線図

5. 輪荷重走行試験後の静的载荷試験

き裂発生後の補修効果を実証するため、事後保全側の①はき裂の切削除去のみ実施、⑥は半円切欠き、⑧は上端切断を実施し、補修前後で静的载荷試験を行った。その結果、図 6 に示すように、①では、き裂は除去されたが切削底には依然高い鉛直方向圧縮応力の集中が見られ、すみ肉溶接ルートからのき裂再発が懸念されることから、恒久補修としては不十分である。一方、⑥では、着目部のき裂の有無によらず、き裂先端部もしくは発生点の鉛直方向応力が補修前に比べて 50%程度に低減された。なお、半円孔壁では大きな応答値を示したが、仕上げの不十分さが影響したものと考えられる。き裂再発防止の観点から、孔壁の入念な仕上げ・面取りは必須であることがわかる。また、デッキ側止端で引張応力の集中がみられるが、3. で述べた特殊な荷重分布状態になっているものと考えられる。⑧では、き裂は除去されたが垂直補剛材の R 仕上げ部や主桁ウェブと垂補剛材のまわし溶接止端部では、鉄輪载荷の場合と同様の高い鉛直方向圧縮応力が発生

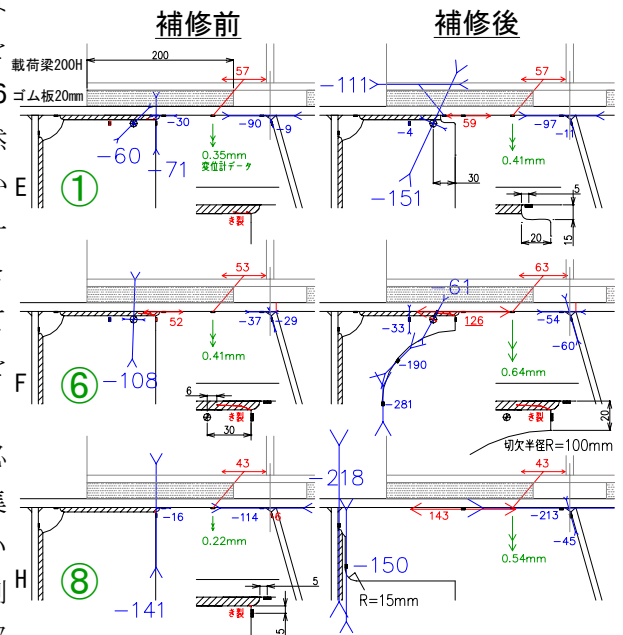


図 6 静的载荷試験結果 ($P=100\text{kN}$ 換算)

した。3. における③の結果よりも高い応力となっているのは、鉄輪载荷と異なり、橋軸方向の鉄板や载荷ブロックがなく荷重分散効果が相対的に小さいためと考えられる。上端切断による補修は、デッキ曲げ作用による応力集中を緩和できる方策ではあるが、実施工においては同止端部の仕上げが必須といえる。

6. まとめ

垂直補剛材上端部の疲労き裂を発生させ、補修の効果を確認した。半円切欠きではき裂先端や発生点の応力集中を 50%程度に低減できた。また、上端切断は主桁ウェブ側のビード仕上げが必須であることがわかった。

本検討は(独)土木研究所と川田工業(株)の「鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究 (その 5)」の一環として実施したものである。

- 参考文献 1) 二村ら、鋼床版デッキプレートと主桁垂直補剛材上端の溶接部の疲労損傷対策、第 61 回年次学術講演会概要集、2006.9
 2) 石川ら、鋼床版デッキプレートと主桁ウェブ垂直補剛材溶接部の疲労損傷補修・補強構造検討、第 61 回年次学術講演会概要集、2006.9
 3) 上条ら、道路橋 RC 床版の共通試験に関する解析、第五回道路鋼床版シンポジウム講演論文集、pp47-54、2006.7