

鋼床版の疲労耐久性向上に関する研究プロジェクト

関西大学 正会員 坂野昌弘

1. はじめに

長大橋梁や軟弱地盤上に架設される橋梁はもちろん、地震の多いわが国では死荷重の低減が極めて有利であること、またプレファブ化が容易なために工期短縮が可能なことなどから、鋼床版に対するニーズは高い。また、経年劣化したコンクリート床板を更新する際に、軽量化による下部工への負担軽減と、交通規制を要する工期短縮の面から、鋼床版構造は効果的であるとされている。しかしながら、近畿管内の橋梁点検においても(紀の国大橋、岩屋、古川高架等)、横桁と鋼床版縦リブとの溶接部に疲労亀裂を多く確認していることから、鋼床版の疲労耐久性の向上が焦眉の課題となっている。

本研究では、鋼床版の縦リブと横桁・横リブの交差部を対象として、既設鋼床版に対しては現在の補強工法よりもさらに合理的な工法を、また新設あるいは更新用の鋼床版については現在の疲労問題を根本的に解決できるような新しい構造をそれぞれ提案し、解析や疲労実験によってそれらの耐久性を検証、最終的にはそれらの工法や構造を実橋に適用して疲労耐久性の向上効果を検証することを目的とする。

2. 研究計画

鋼床版のメリットを活かしつつ、縦リブと横桁・横リブの交差部を対象として疲労に対する耐久性が高い構造を提案する。さらに、その疲労耐久性の検証方法についても提案し、信頼性の向上を図る。具体的な研究内容は以下のとおりである。

- ① 既設橋に対しては、従来Uリブ側に用いられてきた摩擦接合型のワンサイドボルトの問題点であるUリブ内面の摩擦面の品質管理が不要で、密閉性も確保できる支圧接合型の新型ワンサイドボルトを用いた補強工法を提案し、解析や疲労実験によりその疲労耐久性を検証する。
- ② 新設およびRC床版等の更新用鋼床版に対しては、リベット接手と同様な支圧接合型の新型ワンサイドボルトを用いて疲労上の弱点となる溶接接手を使用しない構造を提案することにより、従来の鋼床版の疲労問題を根本的に解決する。これらの構造に対しても解析や疲労実験を行い、疲労耐久性を検証する。
- ③ ①および②で疲労耐久性を検証した補強工法と新しい構造を実際の橋梁で適用し、既設橋に対しては補強前後の実働応力計測により、新設橋や更新用の鋼床版に対しては設置後の実働応力計測により、それらの有効性を検証する。

3. 平成29年度の成果

本年度の主な成果の概要は以下のとおりである。

(1) 実橋での応力計測による疲労損傷状況の把握¹⁾

紀の国大橋において、提案する補強工法の補強効果を検証することを目的として、補強前後の動的載荷試験と応力頻度測定の内、補強前の分を実施した。

- ・動的載荷試験における3回の散水車走行試験においては、いずれも輪荷重直下の測定点が最大値を示しており、3回ともほぼ同じ大きさの値を示した。
- ・72時間の応力頻度測定の結果、最も大きな値を示したのはやはり輪荷重直下の測定点で-58 MPaであ

キーワード 鋼床版, 疲労耐久性, 実橋計測, FEM解析, 疲労実験

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35 関西大学 環境都市工学部 TEL06-6368-0850

った。これは試験車両（後軸重 8.5 t）を走行させた動的載荷試験の最大値である -31MPa の 1.9 倍であり、最大軸重 17t 程度の過積載車両が走行したものと推定される。

- ・疲労寿命計算結果において、疲労寿命の最も短いものは輪荷重直下の測定点の 400 年程度（F 等級）であった。このことは、大阪側に比べて、今回計測を行った和歌山側の方が疲労亀裂の発生数が少ないことと整合している。

(2) FEM 解析による実橋の応力状態の再現²⁾

実橋モデルの有限要素解析を実施した結果、応力の計測値と解析値がおおよそ一致した。しかし、U リブ止端に生じる応力は、解析値の方が計測値よりも大きくなった。これは、実際の載荷位置が、今回想定した走行位置よりも U リブ内の方向に若干ずれていたことが原因だと考えられる。

試験体モデルの有限要素解析では、以下の知見が得られた。

- ・U リブ下部のスリット周辺の溶接部に生じる応力は、着目部位を踏むように荷重が走行する場合が最も応力が大きくなる。
- ・横リブ側の止端では、ダイヤフラム位置より 200mm 外側に載荷した場合に引張応力が生じ、その位置から横リブを挟んでちょうど反対側の位置に載荷した場合に圧縮応力が生じた。一方、U リブ側の止端では、ダイヤフラム位置より 200mm 外側に載荷した場合に引張応力が最大となった。
- ・横リブ側の止端は、ダイヤフラムがある場合の方が、ダイヤフラムがない場合と比較し、応力が小さくなる傾向にあった。一方、U リブ側の止端は、ダイヤフラムがない場合の方が、ダイヤフラムがある場合と比較し、応力が大きくなる傾向にあった。

(3) 疲労実験による横リブと縦リブの交差部に生じる疲労亀裂の再現³⁾

実物大試験体を用いて、疲労実験により疲労耐久性を検証した。その結果、以下の知見が得られた。

- ・従来構造に当て板補強を施すことにより、横リブスリット部の応力が $1/5\sim 1/3$ に低減された。
- ・従来構造に補強を施した場合、U リブ下部の横リブスリット部周辺ではき裂は発生せず、予防保全効果があることが確認された。また、万一亀裂が発生していても、それ以上の進展が防止できることも確認された。ただし、8 万回程度の繰り返し載荷でデッキき裂が発生し、50 万回程度でデッキ上面に貫通した。
- ・改良構造では、400 万回以上の繰り返し載荷を行っても、U リブと横リブ交差部、デッキともに疲労き裂は全く発生せず、十分な疲労耐久性を有することが確認された。

4. 研究体制

- [産] 日本橋梁建設協会、建設コンサルタンツ協会近畿支部、日本非破壊検査工業会、
本四高速道路、西日本高速道路、阪神高速道路
- [官] 国土交通省近畿地方整備局 道路部、和歌山河川国道事務所、近畿技術事務所
- [学] 関西大学、京都大学

参考文献

- 1) Ichinose、水嶋、坂野：実橋における鋼床版 U リブ・横リブ交差部の応力測定，土木学会第 73 回年次学術講演会，CS3，2018. 8.（発表予定）
- 2) 松本、田辺、國年、坂野：鋼床版 U リブ横リブ交差部の応力解析，土木学会第 73 回年次学術講演会，CS3，2018. 8.（発表予定）
- 3) 坂本、小西、大森、石川、坂野：U リブ鋼床版横リブ交差部の疲労損傷に対する対策効果の検討，土木学会第 73 回年次学術講演会，CS3，2018. 8.（発表予定）