

## プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「鋼床版の疲労耐久性向上に関する研究」	
プロジェクトリーダー ・氏名(ふりがな):坂野 昌弘(さかの まさひろ) ・所属、役職:関西大学、教授	
研究期間:平成29年6月～令和2年3月	
プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ) 【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、兵庫国道事務所、近畿技術事務所 【学】関西大学、京都大学	
プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等) 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等から、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版を更新する際に、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、近年、近畿管内の橋梁点検においても、鋼床版の縦リブと横リブの交差部や垂直補剛材上端部等の溶接部に疲労亀裂を数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。 本プロジェクトでは、鋼床版の縦リブと横リブの交差部や垂直補剛材上端部等を対象として、既設鋼床版に対しては従来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従来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。	
プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) 鋼床版のメリットを活かしつつ、縦リブと横リブの交差部や垂直補剛材上端部、デッキとUリブの溶接部等を対象として、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。 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内面の摩擦面の品質管理が不要で密閉性も確保でき、かつデッキ下面から補強する際に上面の舗装も傷めない支圧接合型の新型ワンサイドボルト(Thread Rolling Screw; TRS)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。 新設および劣化した RC 床版等の更新用の鋼床版に対しては、水密性とデッキ上面の平坦性を確保できる支圧接合型の新型ワンサイドボルト(TRS)を用い、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。 および で疲労耐久性を検証した補強工法を実際の橋梁で適用し、補強前後の実働応力計測により、それらの有効性を検証する。	
年度ごとの研究内容	
平成29年度	実橋での応力計測による疲労損傷状況の把握 FEM 解析による実橋の応力状態の再現 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
平成30年度	FEM 解析による既設橋に対する補強工法の検討 疲労実験による補強工法の疲労耐久性の検証 実橋での補強工法の適用と応力計測による補強効果の検証 垂直補剛材上端部の疲労対策に関する実験的検討(追加項目)
令和元年度	① FEM 解析による新設および更新用鋼床版構造の検討 疲労実験による新設および更新用鋼床版構造の疲労耐久性の検証 実橋での補強工法の適用と応力計測による疲労耐久性の検証

## プロジェクト・研究成果の概要(2/2)

## プロジェクトの研究成果の概要

3年間のプロジェクトで得られた成果の概要は以下のとおりである。

## (1) FEM解析による既設橋に対する補強工法および新設・更新用構造の検討

- ・紀の国大橋の実橋モデルを用い、Uリブ下面と横リブウェブをアングル材で接合する補強工法による効果についてFEMによる応力解析を行い評価した。その結果、アングル補強を施すことにより、横リブスロット部のUリブ下面の橋軸方向と橋軸直角方向の水平方向の動きを抑えることができるため、疲労亀裂の原因となる横リブ側およびUリブ側の溶接止端部の溶接線直角方向の応力を大幅に低減できることが示された。なお、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。
- ・新設および更新用の鋼床版構造に関して、Uリブとデッキの接合部、およびUリブと横リブの交差部については、提案する新型の支圧接合型ワンサイドボルト(TRS)を用いた接合構造が適切であり、垂直補剛材上端部については、R=30mmのフィレット構造を用いるのが良いと考えられる。なお、それぞれの接合構造で生じる局部応力および疲労寿命については、実物大の試験体を用いた静的載荷試験および疲労試験で検証する必要がある。

## (2) 疲労実験による補強工法および新設・更新用構造の疲労耐久性の検証

実物大の試験体を用いて、実測された最大軸重相当の荷重で疲労試験を行い、以下の成果が得られた。

- ・Uリブと横リブの交差部では、従来構造にTRSを用いたアングル材補強を施すことにより、Uリブ下部の横リブスロット部の局部応力が1/3以下に低減され、横リブスリット部周辺では疲労き裂は発生せず、予防保全効果があることが確認された。ただし、8万回程度でUリブとデッキの溶接部からデッキ進展き裂が発生し、50万回程度でデッキ上面に貫通した。一方、TRSを用いた新設構造では、200万回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まったく発生しなかった。
- ・垂直補剛材上端部では、TRSを用いたアングル材補強により、溶接部の局部応力が1/3以下に低減され、疲労き裂が発生しないことが検証された。また、補強なしで発生した疲労亀裂をグラインダーで削除し、補強を施すことで亀裂の再発を防止できることが検証された。一方、補剛材上端にフィレット加工を施した新設構造では、溶接部の応力集中を疲労強度の高い母材の切り欠き部に移すことで、疲労亀裂の発生を防止できることが検証された。

## (3) 実橋での応力計測による補強効果の検証

紀の国大橋と浜手バイパスで、散水車を用いた動的載荷試験と72時間連続計測を行い、以下の成果が得られた。

- ・応力波形で見ると、補強前は、スロットの左側と表側が引張り、右側と裏側が圧縮となっていたが、補強後は左右、表裏でそれぞれ同符号となっており、補強によってUリブの橋軸および直角方向の水平の動きが抑えられたことが分かる。
- ・72時間連続計測結果では、補強前の発生応力の最大値は、Uリブ左側の58MPaであったが、補強後は28MPaに半減した。
- ・横リブ下フランジでの72時間連続計測時の発生応力の最大値(補強前14MPa、補強後16MPa)は動的載荷試験の最大値(補強前4.7MPa、補強後4.6MPa)の3.0倍(補強前)と3.5倍(補強後)であった。試験車の後軸重が補強前は9.5t、補強後は9.3tであったので、補強前に29t、補強後に33t程度の軸重(過積載)が橋梁を通過したと推定される。
- ・72時間連続計測時の応力範囲の最大値で見ると、Uリブの左側が補強前で60MPaを超えていたが、補強後は40MPa以下となり、約40%減少した。
- ・72時間連続計測結果から推定した疲労寿命を見ると、補強前で最も短いものはUリブ左側の55年(G等級)であったが、補強後は3万年以上と大幅に改善され、疲労耐久性が大幅に向上したことが検証された。