

# 疲労損傷を受けた鋼床版の補修・補強工法適用による対策効果に関する研究

環境防災研究室 M2 伊地知 卓也

## 1. はじめに

近年、道路橋床版の一種である鋼床版において多くの疲労損傷報告がされている。鋼床版は比較的薄い板厚の鋼板を溶接による組み合わせた構造であり、自動車の輪荷重をデッキプレートで直接支持するため活荷重の影響を受けやすく、疲労損傷につながりやすい構造体である。その中であって、交通量の増加や悪質な過積載車両の混在によって弱点部に応力が集中し、そこから疲労き裂が発生している。図-1は鋼床版の疲労損傷が生じるといわれる部位を示した図であり、損傷は各部の溶接部から発生している。近年、デッキプレート-Uリブ溶接部から発生する疲労き裂が特にクローズアップされている。

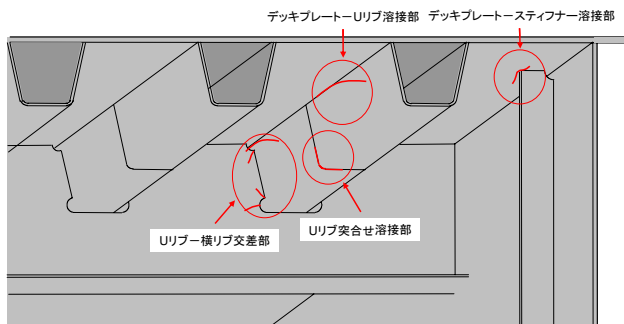


図-1 鋼床版の主な疲労損傷箇所

鋼床版のデッキプレート-Uリブ溶接部の疲労損傷について、三木らの研究<sup>1)</sup>では、溶接部周辺の挙動に着目したデッキプレート-Uリブ溶接部やUリブ-横リブ交差部のスリットまわし溶接部、デッキプレート-スティフナー交差部を対象とした疲労損傷発生メカニズムの解明を行い、デッキプレート-Uリブ溶接部に生じる疲労損傷に対しては、デッキプレートの局部的なたわみを低減することが補強効果として効果的であることを示している。つまり鋼床版のデッキプレート-Uリブ溶接部においては、デッキプレートの局部的なたわみを抑制する方法

が有効であると考えられる。デッキプレート-Uリブ溶接部の疲労損傷に対する補修・補強工法として幾つかの工法が考えられ、以下に整理する。

SH工法はき裂が再発する可能性があるため、応急的な対策であり恒久的な対策ではない。溶接補修工法やUリブ内充填工法は実橋への適用事例はなく、場合によっては疲労損傷を促進させる可能性があることより、疲労対策としては適さない。鋼板敷設工法は舗装の緊急的な陥没防止対策としては十分に期待できるが、補修・補強工法としてはデッキプレートと鋼板の一体化が完全に行えず十分な機能を発揮しにくい。SFRC工法は、さまざまな既往の研究によりその補強効果は確認されているものの、補修を目的とした工法ではなく、損傷を受けた鋼床版に対する対応を検討する必要がある。リブ取替え工法は実験的には補修・補強効果は確認されているものの、その補修・補強メカニズムや疲労寿命評価など未だ明確となっていない点が挙げられるが、リブ取替え工法は補修・補強効果の双方の観点から見て、唯一の対策工法と考えられる。

本研究では道路橋鋼床版の疲労損傷、特にデッキプレート-Uリブ溶接部に生じた疲労き裂に着目し、リブ取替え工法を適用した場合の補修・補強効果を数値解析により定量的に評価し、そのメカニズムや疲労寿命推定などを明確にすることで、リブ取替え工法の最適な構造を提案することを目的とする。また、首都高速道路などで適用事例の増えているSFRC工法を併用した場合の補強効果についても検討を行う。

## 2. 解析モデル

本研究は文献<sup>2)</sup>を参考に形状や寸法の決定を行った。試験体は図-2に示すように、箱桁ウェブに相当する主桁と横リブによって形成する2パネル分を模して、Uリブ3本、主桁2本、横リブを中央と両端に計3本を設置している。

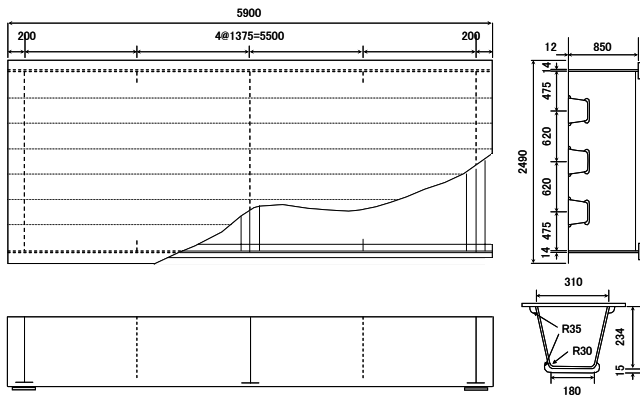


図-2 解析モデルの形状寸法

## 3. リブ取替え工法

リブ取替え工法とはデッキプレート-Uリブ溶接部に発生した疲労き裂に対して、恒久的な対策として損傷部のUリブを新しい部材に取り替える工法である。疲労き裂範囲あるいはそれ以上の範囲のUリブを取り除き、そこに補強部材やフィラー材、添接板を用いて高力ボルト接合によって補強を行う。実際に生じている疲労き裂に対する補修・補強工法として唯一の工法と位置付けされる。図-3にモデルと例を示す。

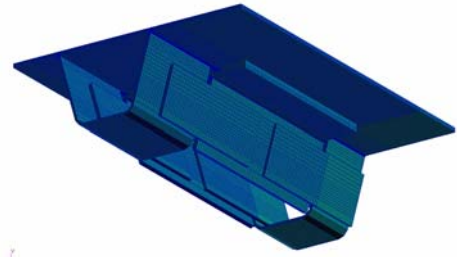
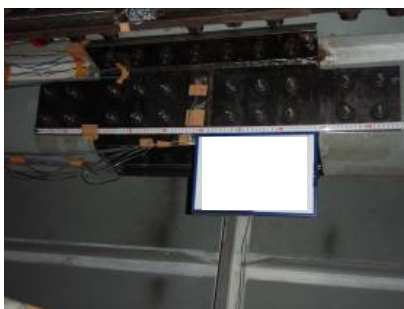


図-3 リブ取替えの例とモデル

## 4. リブ取替え工法の補修・補強効果

ダブルタイヤを跨ぐデッキプレート-Uリブ溶接部を「VD」、その同一Uリブ反対側を「VT」と便宜上、称する。図-4に着目位置とルート部の要素モデルを示す。また、ルート部要素モデル図中の矢印はルート部から発生する疲労き裂を想定した応力方向を示しており、以降の応力範囲には、この応力により照査を行う。図-5は溶接ルート部から20mm離れた位置での(1)デッキプレート(2)Uリブの面内・面外応力について示している。これをみると、面内応力と面外応力では面外応力が支配的に働いていることがわかり、曲げ応力が高いことがわかる。リブ取替え工法を行うことで、面外応力は約30%~40%程度低減されており、リブ取替え工法の補修・補強効果が確認できる。また、リブ取替え工法を行った実験時の結果も併記しており、解析値と概ね一致していることからより、本解析モデルの妥当性を確認できた。

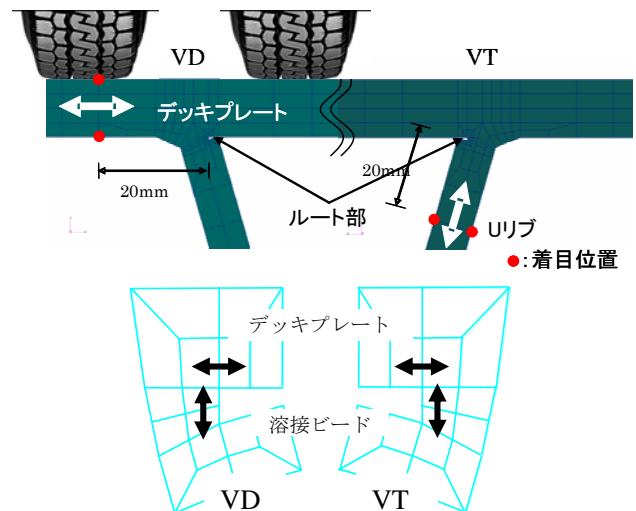
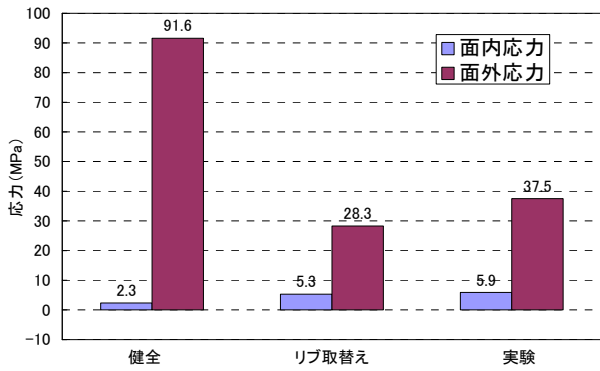
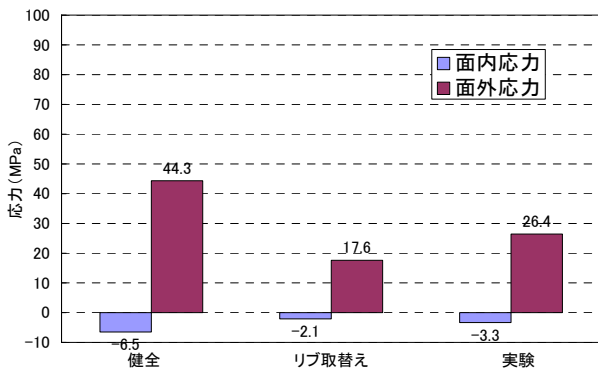


図-4 着目位置とルート部の要素モデル



(1) デッキプレート



(2) Uリブ

図-5 着目位置の面内応力・面外応力

## 5. リブ取替え工法の問題点および改善策提案

図-6は添接板端部断面での要素モデルに着目した応力範囲を溶接ビードとデッキプレートについてまとめている。これをみると、リブ取替え工法を適用することで、添接板端部断面のデッキプレート-Uリブ溶接部では健全モデル以上の応力が発生し、新たな疲労き裂が発生する可能性が高い。

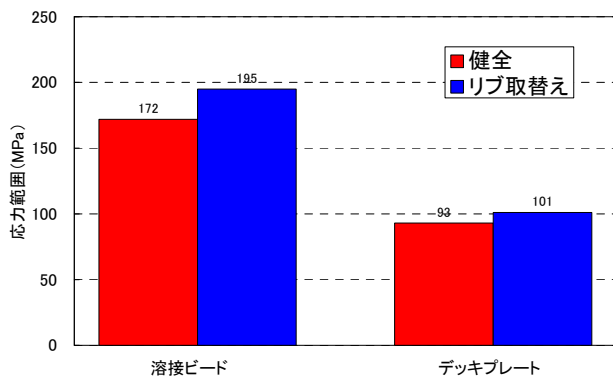


図-6 要素モデルに着目した応力範囲

デッキプレート-Uリブ交差部に応力集中した理由として、リブを取り替えたことによってリブ取替え部への剛性の急な変化によってもたらされた問題であると考えられる。よって、既設Uリブからリブ取替え部へのスムーズな剛性の流れをつくるような構造ディテールの変更が必要となってくる。そこで、本研究では従来のリブ取替え工法に対して、構造ディテールの変更により最適な構造の提案を行う。図-7に本研究で考案した改善策モデルを示す。赤部が変更部を示す。

- ・提案 1=添接板とデッキを L 字型部材で補強 (t=9mm)
- ・提案 2=添接板とデッキを L 字型部材で補強 (t=12mm)
- ・提案 3=フィラーを橋軸方向へ添接版位置まで延長
- ・提案 4= 提案 1+提案 3

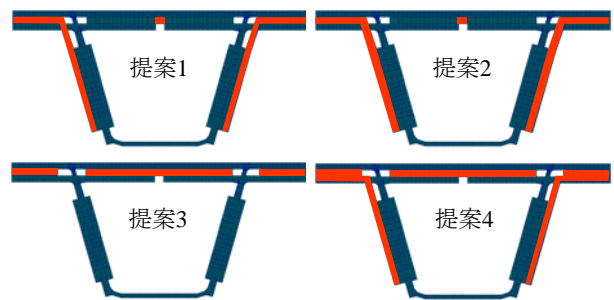
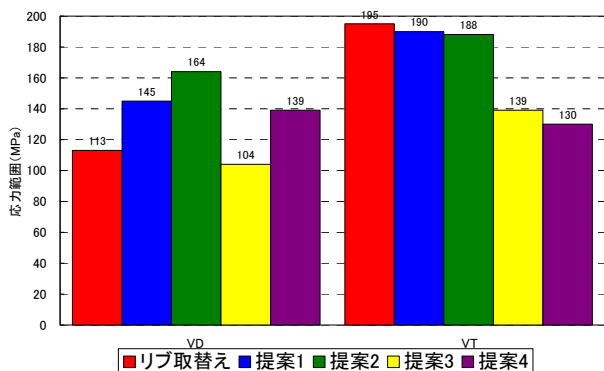


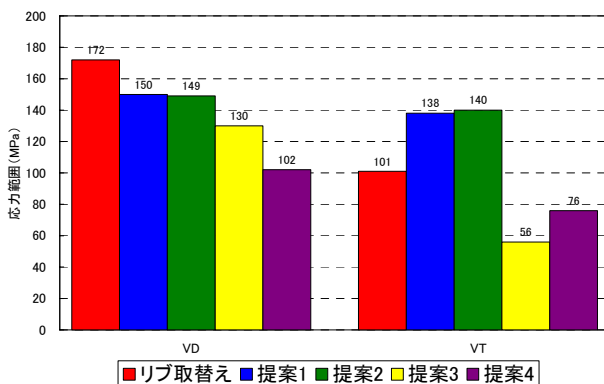
図-7 改善策モデルの詳細図

## 6. 改善策の提案と補修・補強効果

図-8にはそれぞれのモデルの応力範囲を(1)溶接ビード(鉛直方向)・(2)デッキプレート(水平方向)についてまとめている。これをみると、提案3以外ではリブ取替えモデルと比較して応力範囲が増大するケースの存在が確認された。また、提案3とはフィラー材を引き伸ばした簡易的な改善モデルである。よって、応力範囲や補強部材の重量等を考慮して提案3を本研究における改善策とした。



(1) 溶接ビード (鉛直方向)

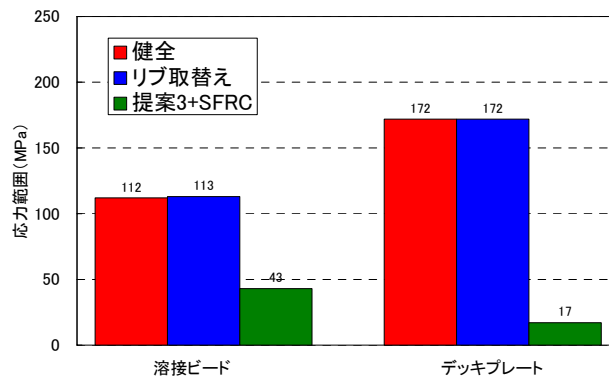


(2) デッキプレート (水平方向)

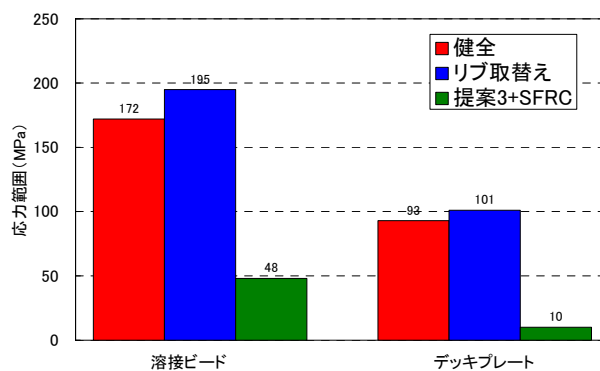
図-8 各モデルの応力範囲

## 7. SFRC 工法の併用効果

図-9はSFRC適用後の応力範囲を(1)VD側・(2)VT側についてまとめている。これをみると、本研究で提案した新しいリブ取替え工法(提案3)にSFRC工法を併用することで、応力範囲は大幅に低減されていることがわかる。



(1) VD 側



(2) VT 側

図-9 SFRC 適用後の応力範囲

## 8. 疲労寿命推定

疲労寿命は疲労設計曲線より直応力を受ける鋼部材では応力範囲の3乗に比例するとして寿命を算出した。また、本研究では局部的な部位で応力範囲を検討しているため、健全な状態の寿命を40年と仮定して、相対的評価により寿命の算出を行った。

リブ取替え工法適用後は寿命が30年と推定されたが、改善策では少なくとも寿命は50年となった。SFRC工法を併用することで、寿命は千年以上と推定された。

## 9. まとめ

- ・ リブ取替え工法の補修・補強効果を定量的に評価し、そのメカニズムや疲労寿命など明確にできた。
- ・ 従来のリブ取替え工法は補修効果としては十分に機能するが、補強効果は不十分であった。
- ・ 新しいリブ取替え工法は新たな応力集中もみられず、補修・補強効果として期待の持てる工法である。
- ・ SFRC 工法を併用することで、さらに補強効果が向上することが確認できた。

### 【参考文献】

- (1) 三木千壽，菅沼久忠，富澤雅幸，町田文孝：  
鋼床版桁橋のデッキプレート近傍に発生した疲労損傷の原因，土木学会論文集 No.780/I-70, pp.57-69, H17.1
- (2) 木ノ本ら：鋼床版縦リブ損傷部の補修・補強構造に関する確認試験，土木学会第 63 回 年次学術講演会 H20.9