

鋼床版 U リブ切断工法における横リブ-U リブ交差部構造に関する解析的検討

大阪市立大学大学院 学生会員 ○申 啓航
阪神高速道路(株) 非会員 栗田 康弘
日本ファブテック(株) 正会員 奥村 学

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
日立造船(株) 非会員 谷尾 大地
日本橋梁(株) 正会員 竹内 正一

1. 研究背景及び目的

U リブ鋼床版のデッキプレート(以下、デッキ)とU リブ溶接部に発生するき裂の予防保全型補強工法として、U リブ切断工法(以下、本工法)が提案されている。本工法では、デッキ・U リブ溶接部への補強効果が確認できたが、デッキ・横リブ溶接部近傍に発生する、デッキの板曲げによる応力集中が懸念されている。その対策として文献 1)では横リブに当て板を設置した実大載荷試験を行った。また、著者らは過去に対象交差部構造に着目した多数の解析を行い、横リブの当て板の補強効果およびストップホール形状を検討した²⁾。ここでは、これらの成果を踏まえ、鋼床版 U リブ切断工法における横リブ交差部構造を対象に FEM 解析を行い、更なる合理的な構造の提案を試みた。

2. 解析モデル

解析モデルを図 1 に示す。汎用有限要素解析コード Abaqus を用いて、3 次元弾性解析を行った。モデル構築では、文献 2)を参考に横リブ交差部周辺を 8 節点ソリッド要素、それ以外の部材を 4 節点シェル要素とした。デッキプレート厚は 12mm、U リブ厚は 6mm、横リブ厚は 10mm、当て板厚は 9mm である。当て板とデッキ間は、ボルト軸力による接触圧が作用する範囲は接触面を節点結合し、それ以外は接触条件を与え、静止摩擦係数を 0.4 とした。

材料特性は、当て板に用いた鋳鉄の弾性係数を $1.7 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、鋼床版を構成する鋼材を $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ とし、ポアソン比はともに 0.3 とした。要素は、最小要素サイズを 1mm となるように分割した。

文献 2)の結果を参考に、横リブに設置する当て板によりデッキを支持するタイプではなく、デッキを柔らかく支持する(変形を拘束せず、応力を低減させる)方法で対策案を検討した。提案したモデルの解析ケースを表 1 に、変化させるパラメータを図 2、図 3 中の赤字で示す。Case1 は無補強、Case2 は文献 1)に提案した FCD

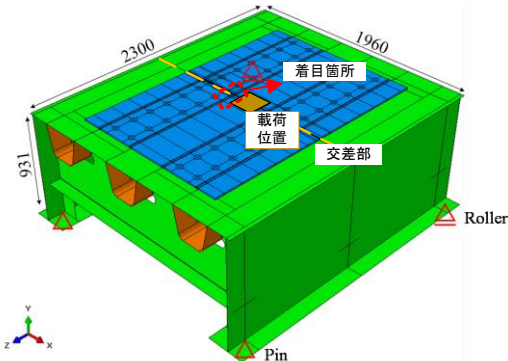


図 1 解析モデルおよび載荷位置

表 1 解析ケース

解析ケース	ストップホール		横リブ	支間部当て板	備考
	Uリブからの距離 $L_s(\text{mm})$	ビード切削の有無	当て板の有無	当て板端部から横リブの距離 $L_p(\text{mm})$	
Case1	-	-	-	-	無補強
Case2	78	なし	あり	45	FCDモデル ¹⁾
Case3	78	あり	なし	45	ビード切削
Case4	90	あり	なし	45	Case3の L_s を増大
Case5	90	あり	なし	65	Case4の L_p を増大

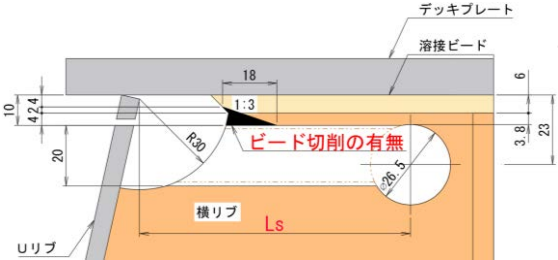


図 2 横リブ切削形状

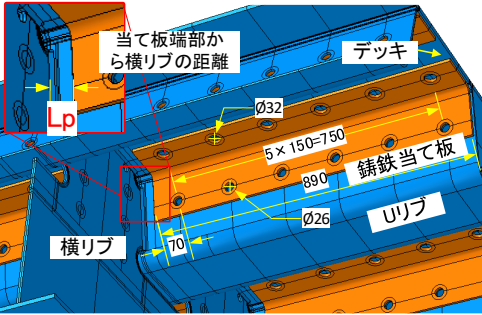


図 3 支間部当て板

モデル、Case3 はデッキ・横リブ溶接部のビードを 1:3 の角度で切削したケース、Case4 はストップホールを中心から U リブの距離 L_s を長くしたケース、Case5 は支間部当て板端部から横リブの距離 L_p を長くしたケースとした。Case3 から Case5 は、交差部デッキ支持条件を

キーワード 鋼床版, 横リブ交差部, 当て板補強, 疲労
連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野
TEL&FAX 06-6605-2734

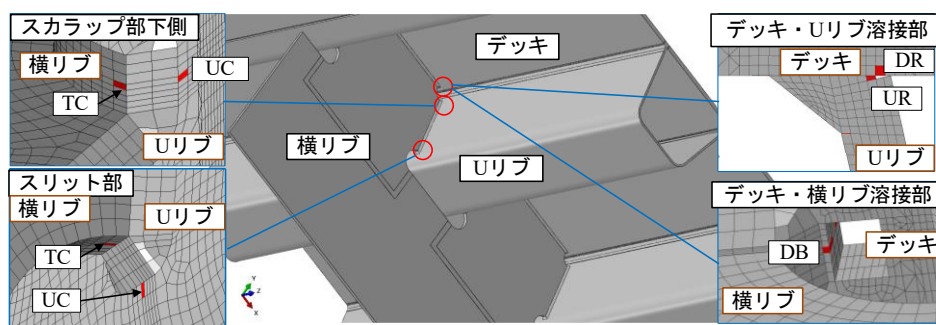


図4 着目箇所

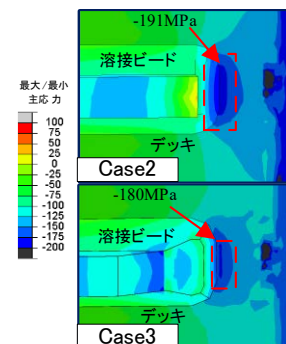
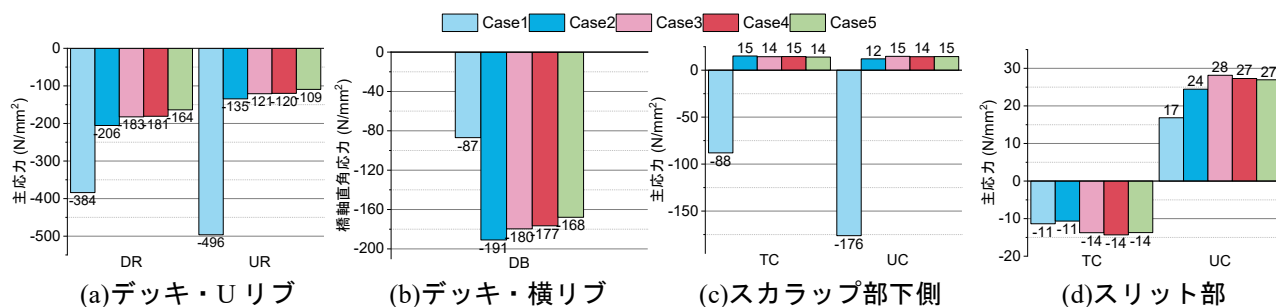
図5 デッキ・横リブ溶接部
主応力コンター図

図6 溶接部の応力値

段階的に柔に変更している。载荷はシングルタイヤを想定し、着目箇所の曲げ作用が最大となるように U リブ中央直上に、等分布荷重(50kN)を与えた。

3. 結果および考察

着目溶接部の着目要素位置とその記号を図4に示す。着目溶接部はデッキ・Uリブ溶接部、デッキ・横リブ溶接部、スカルップ溶接部、スリット溶接部とした。評価方法は着目要素の主応力あるいは橋軸直角方向応力で評価する。

溶接部の最大/最小主応力を図6に示す。デッキ・Uリブ溶接部(図6(a))について、補強した Case2～Case5 では、Uリブ切断によりデッキから Uリブへの荷重伝達なくなるため、溶接ルート部 DR, UR の主応力が大幅に低減された。

デッキ・横リブ溶接部(図6(b))について、FCD モデル Case2 のデッキ側橋軸直角応力 DB が 191N/mm^2 であり、無補強 Case1 の 87N/mm^2 に比べ大幅に増加した一方、Case3～5 のように溶接ビードの切削、 L_p や L_s を改良することで、デッキの変形を大きく(柔らかく支持)し、結果として Case2 よりも DB の応力を低減させることができた。また、図5に示したデッキ・横リブ溶接部の主応力コンター図について、溶接ビードを切削した Case3 は Case2 と比較し、デッキ・横リブ溶接部デッキ側の主応力の最大値が 191N/mm^2 から 180N/mm^2 になり、

約6%低減した。これはビードの形状変化により応力集中が緩和されたためと考えられる。最も改良を加えた Case5 の DB の橋軸直角方向応力は 168N/mm^2 であり、Case2 より 23N/mm^2 (約12%)低減することを確認した。

スカルップ部下側溶接部(図6(c))について、補強した Case2～5 の主応力値は、無補強 Case1 より大幅に低減され、モデル間の差異も見られない。スリット溶接部(図6(d))でも、Case1～Case5 の差異は小さく、応力値がほぼ同じであった。

4. まとめ

本研究では、FEM 解析により、Uリブ切断工法における、より有効な横リブ交差部構造について検討した。その結果、Uリブ切断工法におけるデッキ・横リブ交差部では、変形を拘束する(横リブへの当て板補強)のではなく、柔支持とし(支間部当て板および横リブ支持の減少)、デッキを変形させた方が応力集中を緩和できることを明らかにした。また、溶接ビードの切削により、溶接部の形状を変化させた結果、デッキ・横リブ溶接部の応力を約6%低減することができた。

参考文献：

- 1) 森下弘大, 山口隆司, 田畑晶子, ハツ元仁, 松下裕明, 奥村学: Uリブ鋼床版横リブ交差部における下面補修補強工法に関する実験的研究, 土木学会第73回年次学術講演会講演概要集, I-370, pp.739-740, 2018
- 2) 申啓航, 山口隆司, 八重垣諒太, 谷尾大地, 奥村学, 竹内正一: 鋼床版 Uリブ切断工法における交差部構造に関する解析的検討, 土木学会第75回年次学術講演会, I-367, 2020.10