

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解析的研究

大阪市立大学大学院
阪神高速道路（株）
日本ファブテック（株）

学生員 ○森下 弘大
正会員 田畑 晶子
正会員 奥村 学

大阪市立大学大学院
日立造船（株）
日本橋梁（株）

正会員 山口 隆司
正会員 松下 裕明
正会員 竹内 正一

1. 研究背景および目的

Uリブ鋼床版の下面からの補強工法として、図-1に示すように、デッキとUリブの溶接接合を剛性の高い当て板ボルト接合に改造する方法（以下、「ビード切断工法」という）が提案されている。本工法は、デッキとUリブの溶接部を切断し、ねじ付きスタッド（以下、「スタッド」という）と高力ワンサイドボルトにより鉄製L字形当て板を接合する工法である。本工法を横リブ交差部へ適用する場合、上部スカラップ部および下側スリット部において、ビード切断によってデッキおよびUリブの変形が増大することによる疲労き裂の発生が懸念されている。

本研究では、ビード切断工法における横リブ交差部の補強構造の検討を目的に FEM 解析を実施した。

2. 解析モデル

汎用有限要素解析ソフト abaqus を用いて 3 次元弾性解析を行った。解析モデルは文献 1) を参考に、図-2 に示す Uリブ 3 本を有し、支間中央に横リブがある鋼床版モデルとした。支間中央の交差部周辺を 8 節点ソリッド要素で、その他を 4 節点シェル要素でモデル化した。デッキ厚は 12mm，Uリブ厚は 6mm，当て板厚は 9mm とした。ボルトのモデル化は、交差部近傍の 8 本のスタッドに軸力を導入し、その他は接触圧が作用する範囲もしくはその接触面を節点結合による剛結とした。また、当て板-デッキ間にはすべりおよび離間を考慮できる接触境界を設定し、静止摩擦係数は 0.4 とした。シェル要素部では、接触面を節点結合による剛結とした。材料定数は鉄の弾性係数を $1.7 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ，鋼のそれを $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ，それぞれのポアソン比を 0.30 とした。

解析ケースを表-1 に、補強構造の比較を図-3 に示す。交差部の補強構造をパラメータとし、計 6 ケースとした。改造鉄製当て板は、図-3(d) に示すように従来の鉄製当て板を Uリブ側のみ延長し、横リブへ接合可能にしている。荷重はダブルタイヤを想定した範囲に

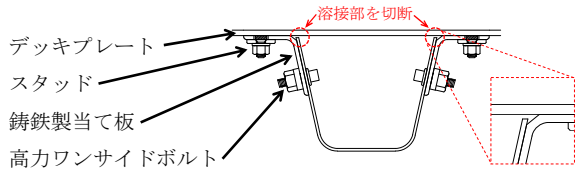


図-1 ビード切断工法

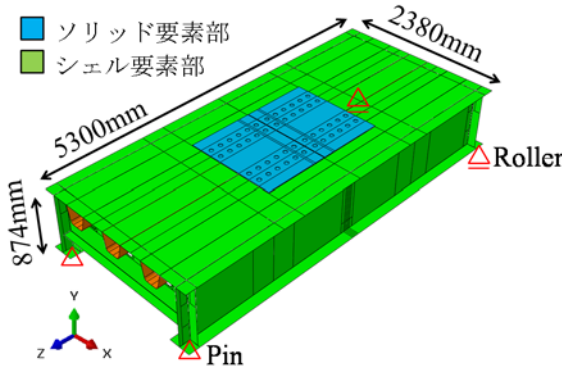


図-2 解析対象

表-1 解析ケース

解析ケース名	支間部	交差部	Uリブ下面
Original	-	-	-
La-O	鉄製当て板	-	-
La-Ang	鉄製当て板	アングル材(150mm)	-
La-Ang-U	鉄製当て板	アングル材(150mm)	アングル材
La-Ang-L	鉄製当て板	アングル材(300mm)	-
Lb-Ang	改造鉄製当て板	アングル材(150mm)	-

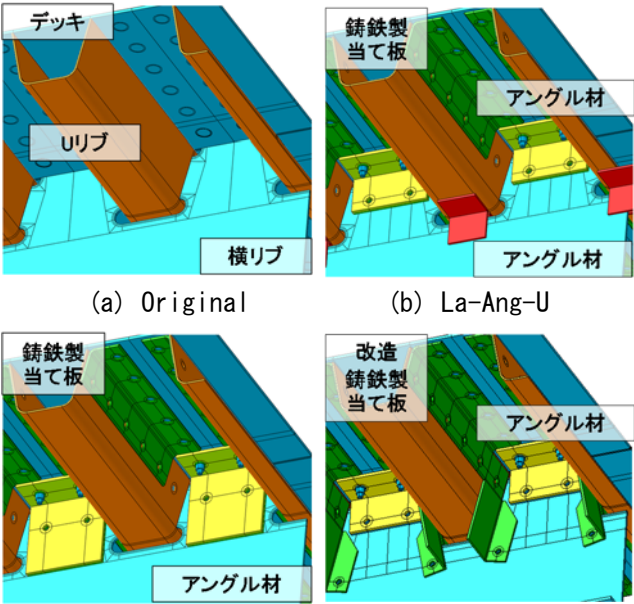


図-3 補強構造の比較

50kN を等分布荷重として載荷した。載荷ケースは図-4に示すようにデッキの正曲げが最大の LP1, 上部スカラップの鉛直方向応力が最大の LP2 の 2 ケースとした。

3. 解析結果と考察

3.1 スカラップおよびスリットの発生応力

スカラップおよびスリットの応力評価要素は図-5に示すように部材端部から 5mm 離れた要素の積分点とした。LP2 載荷時のスカラップおよびスリットに生じる鉛直方向応力および主応力を図-6に示す。スカラップについて、La-O ではビード切断によって、スカラップのまわし溶接部でデッキの曲げ変形が生じ、無補強に比べて応力が増加している。一方、交差部にアングル材を用いた場合、アングル材がデッキを支持することで、デッキの板曲げ変形が抑えられたため無補強と同等もしくはそれ以下の応力となっている。なお、Ur-f に関しては、無補強の応力が小さく、全てのケースで応力が増加しているが、 20N/mm^2 以下であった。

スリットについて、La-O および La-Ang ではビード切断によって U リブの面外変形が増加し、無補強以上の応力が生じている。また、U リブ下面へアングル材を添接した場合、U リブ下面の変形は抑制できるが、U リブウェブの面外変形は抑制できず、無補強よりも大きい応力が生じていた。一方、La-Ang-L および Lb-Ang は無補強以下の応力となっており、アングル材を用いた横リブの広範囲の面外変形拘束および改造鋳鉄製当て板による U リブの補強はスリットの応力集中の改善に効果があることがわかった。

3.2 デッキの橋軸直角方向応力分布

LP1 載荷時の交差部直上のデッキ上面における橋軸直角方向応力分布を図-7に示す。図より、La-Ang-U は無補強と同等であり、その他のケースでは無補強の 1.35 倍程度となっている。応力の最大値が生じる箇所は、図-7に示すようにデッキ-U リブ溶接部、アングル材接触面端部およびスカラップ上端であり、それぞれのケースにおけるデッキの支持部直上となっている。

4. 結論

本研究では、ビード切断工法を適用する際の補強構造について検討した。得られた結果を以下にまとめる。

1. アングル材でスカラップを覆うようにデッキを支持することにより、ビード切断によるスカラップの応力集中が改善され、応力が無補強と同程度もしくはそれ以下に低減される。

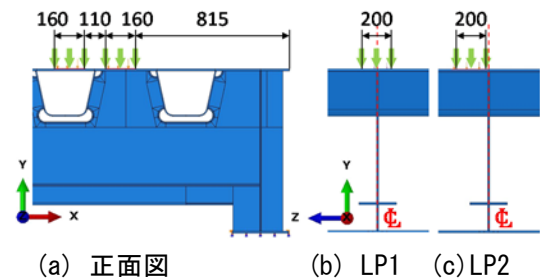


図-4 載荷ケース

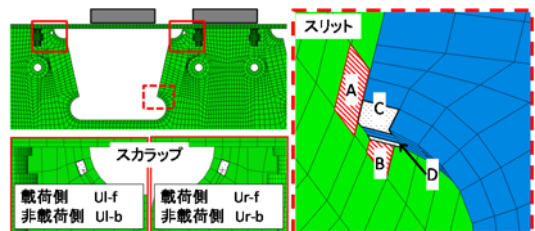


図-5 スカラップおよびスリットの応力評価要素

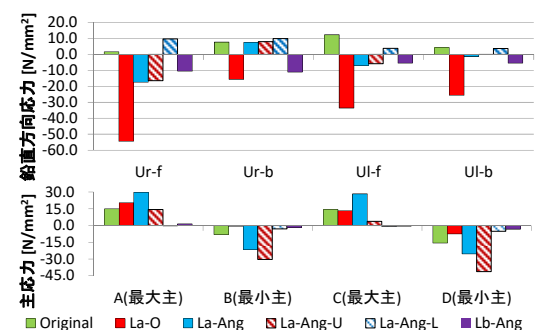


図-6 スカラップおよびスリットの発生応力

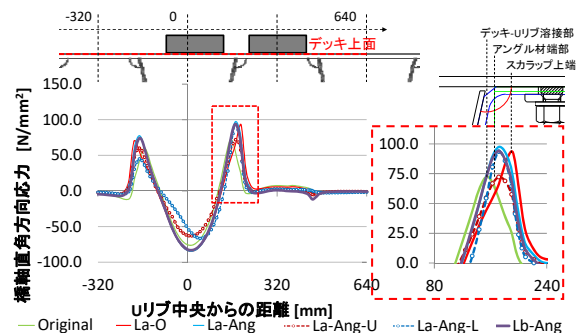


図-7 デッキ上面の橋軸直角方向応力分布

2. ビード切断により、U リブの板曲げ変形が増大し、スリットで応力集中が生じるため、U リブの変形を抑制する必要がある。横リブの補強もしくは U リブウェブと横リブを接合する方法が U リブの変形抑制に有効である。
3. ビード切断工法の適用によって、デッキの発生応力の最大値が 1.35 倍程度になり、それはデッキを支持するアングル材端やスカラップ上端の直上で生じていた。

参考文献

- 1) 森下弘大, 山口隆司, 田畑晶子, 奥村学, 日高哲郎: 球状黒鉛鋳鉄製当て板を用いた U リブ鋼床版の下面補強工法に関する研究, 構造工学論文集, Vol.63A, pp.1331-1342, 2017