

Uリブ横リブ交差部の疲労き裂に対する下面補強工法に関する解析的検討

大阪市立大学大学院 学生員 ○本多 克行

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. 背景および目的

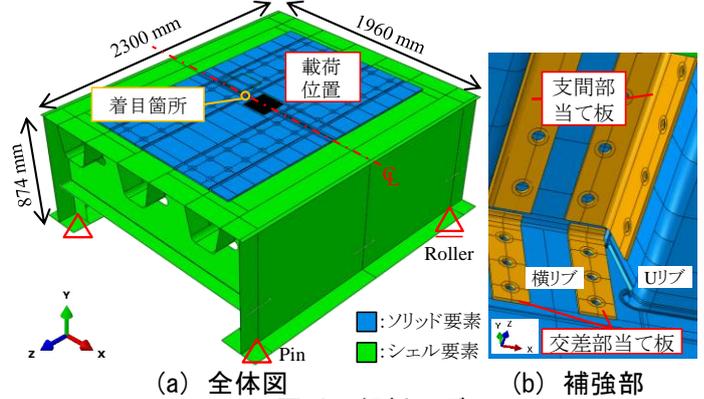
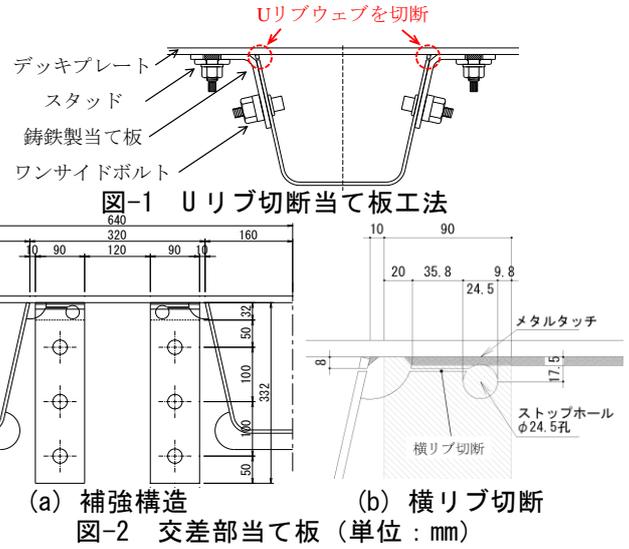
Uリブ鋼床版の疲労き裂に対する下面からの補強工法として、図-1に示すUリブ切断当て板工法が提案されている<sup>1)</sup>。横リブ交差部では、デッキプレートと横リブの溶接部（以下、デッキ・横リブ溶接部という）を一部切断し、図-2に示す鋳鉄製の当て板（以下、交差部当て板という）を横リブの両面からボルト接合し、メタルタッチによりデッキプレートを支持する補強工法が検討されたが<sup>2)</sup>、デッキ・横リブ溶接部に対する補強効果が小さく、補強構造のさらなる検討が必要である。

本稿では、デッキプレートの曲げ変形に起因する応力集中を緩和することを目的に、横リブ交差部の補強構造の改良についてFEM解析により検討している。

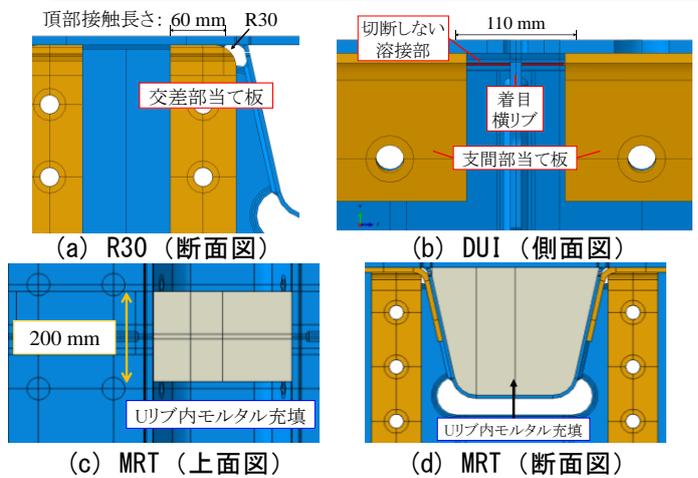
2. 解析モデル

汎用構造解析ソフト Abaqus/Standard 2016 における3次元弾性有限要素解析を行った。解析モデルを図-3に示す。解析モデルは、文献2)と同形状であるUリブ3本、横リブ3本を有する鋼床版モデルとした。モデル中央の横リブを着目部とし、着目横リブ周辺を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、横リブ厚は10mmとした。ボルトは接触圧が作用する範囲を節点結合による剛結としてモデル化を行った。その他の接触面は、接触、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。

解析ケースを表-1に、補強構造の比較を図-4にそれぞれ示す。FCDは、文献2)と同様の補強構造であるが、鉛直上向きの初期接触力を再現していない。一方で、VCFは、文献2)における交差部当て板の鉛直上向き接触力3.3kNを再現した。R30は交差部当て板頂部のスカラップ側を削ることで、接触圧が集中する箇所を移動させ、デッキ・横リブまわし溶接部の応力集中の緩和を検討するモデルである。DUIおよびMRTはそれぞれ、着目横リブ周辺のデッキ・Uリブ溶接部を切断しないことと、荷重点直下のUリブ内にモルタルを充



ケース	頂部接触力	交差部当て板形状	その他
ORG	-	無補強	
FCD	なし	文献2)と同形状(図-2)	
VCF	3.3kN	文献2)と同形状(図-2)	
R30	なし	頂部スカラップ側がR30	
DUI	なし	文献2)と同形状(図-2)	デッキ・Uリブ溶接部一部切断せず
MRT	なし	文献2)と同形状(図-2)	一部Uリブ内モルタル充填



キーワード 鋼床版, 横リブ交差部, 疲労き裂, 当て板補強, 球状黒鉛鋳鉄  
 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 06-6605-2765

填することで、デッキプレートの曲げ変形の抑制を検討するモデルである。モルタルは、Uリブおよびデッキプレート下面との間に摩擦係数 0.1 を定義し、圧縮は伝達するが引張時には離れる接触境界を導入した。

それぞれの材料特性を表-2に示す。荷重は図-3に示す位置（橋軸方向位置：横リブ上、橋軸直角方向位置：Uリブ内）に、シングルタイヤ(200mm×200mm)を模擬した50kNを載荷した。

### 3. 解析結果および考察

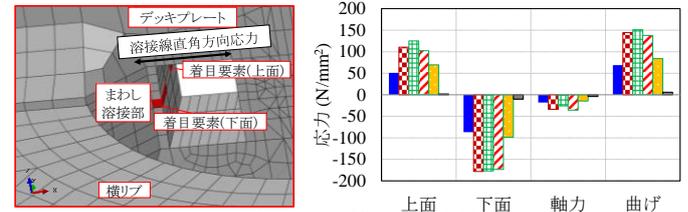
解析結果を図-5に示す。図-5(a)の軸方向応力は、デッキ上面の応力と下面(溶接止端部)の応力の和を2で除して、曲げ応力は差を2で除して算出している。初期接触力を再現していないFCDおよび交差部当て板に鉛直上向きの接触力を導入したVCFにおけるデッキ・横リブ溶接部の曲げ応力はそれぞれ145N/mm<sup>2</sup>および151N/mm<sup>2</sup>となり同等であった。また、交差部当て板の頂部接触長さを変更したR30の曲げ応力は138N/mm<sup>2</sup>となった。以上のことから、交差部当て板の鉛直上向き接触力および接触位置がデッキ・横リブ溶接部の曲げ応力に与える影響は小さいと考えられる。

着目横リブ上のデッキ・Uリブ溶接部を切断しなかったDUIでは、横リブ交差部のデッキ・横リブ溶接部の曲げ応力が84N/mm<sup>2</sup>と、FCDの0.58倍に低減され、デッキ・Uリブ溶接部の主応力が無補強と同程度となった。一方で、着目横リブ付近のUリブ内にモルタルを充填したMRTでは、デッキプレートの曲げ変形が抑えられ、デッキ・横リブ溶接部の曲げ応力は5.4N/mm<sup>2</sup>となり、FCDの0.037倍に低減された。したがって、デッキ・横リブ溶接部の曲げ応力を抑えるためには、溶接ビードを切断した状態で、Uリブ内から支える工法が適切であると考えられる。しかし、MRTでは、モルタルによってUリブが面外に変形することで、スリットのUリブ側止端部の最大主応力が47N/mm<sup>2</sup>となり、FCDより2.4倍増加した。

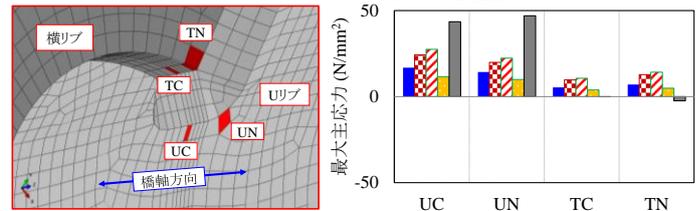
スカラップの最小主応力はORGのUCにおいて-176N/mm<sup>2</sup>であったが、FCD、R30およびMRTでは大幅に低減でき、MRTで-12N/mm<sup>2</sup>となった。これは、デッキ・Uリブ溶接部が切断されていることで、スカラップへの応力の伝達が小さくなるためと考えられる。一方、DUIのスカラップのUCにおける最小主応力はORGと同等の-163N/mm<sup>2</sup>となった。また、ORGとDUIとのデッキ・Uリブ溶接部のURにおける最小主応力

表-2 材料特性

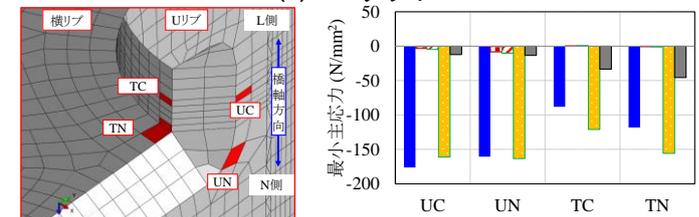
材料	ヤング率(N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
鋼	200,000	0.3
鋳鉄	170,000	0.3
モルタル	28,500	0.167



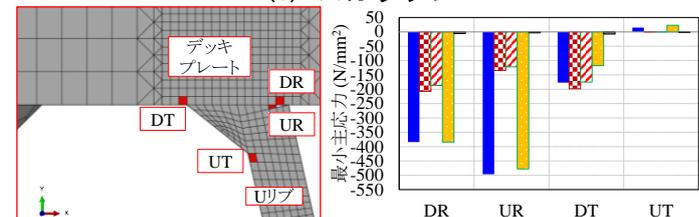
(a) デッキ・横リブ溶接部



(b) スリット



(c) スカラップ



(d) デッキ・Uリブ溶接部

■ORG ■FCD ■VCF ■R30 ■DUI ■MRT

図-5 解析結果

の比が0.96と小さいことからデッキ・Uリブ溶接部は全て切断することが適切であると考えられる。

### 4. 結論

本稿では、FEM解析により横リブ交差部の補強構造の改良について検討した。得られた結果を以下に示す。

- (1) 交差部当て板頂部とデッキ下面における3.3kNの接触力が疲労き裂に与える影響は小さい。
- (2) デッキ・横リブ溶接部の曲げ応力を抑えるためには、Uリブ内にモルタルを充填する工法が効果的であるが、Uリブの面外変形が大きくなり、スリットのUリブ側止端部の最大主応力が2.4倍増加する。

#### <参考文献>

- 1) 森下弘大, 山口隆司, 八ツ元仁, 田畑晶子: Uリブ鋼床版下面補強工法の補強範囲に関する解析的検討, 構造工学論文集, Vol.64A, pp.583-593, 2018.3.
- 2) 森下弘大, 山口隆司, 田畑晶子, 八ツ元仁, 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からの補修補強工法に関する実験的研究, 平成30年度土木学会全国大会第73回年次学術講演会, I-370, 2018.8.