

既設鋼床版のUリブ突合せ溶接部に発生する疲労き裂と対策工法に関する解析的検討

京都大学大学院 学生員 ○和田広之 京都大学大学院 正会員 橋本国太郎
 (財)阪神高速道路管理技術センター 正会員 丹波寛夫 阪神高速道路(株) 正会員 関上直浩
 京都大学大学院 正会員 杉浦邦征 阪神高速道路(株) 正会員 杉山裕樹

1. はじめに

鋼床版構造は多くの薄肉部材を溶接で組み立てた構造となっており、近年、疲労き裂が多数報告されている。特に、Uリブ鋼床版はき裂のタイプが多岐にわたっているのが特徴的である。それらの中で、本研究では、Uリブ突合せ溶接部に発生するき裂を対象に行う。このき裂は、突合せ溶接部のルート部に発生し、進展性が高く、縦溶接部に進み、デッキプレート（以下、デッキという）に進展する恐れがあるため、要注意となっている。

その対策として、現在、Uリブ突合せ溶接部の当て板補修が提案され¹⁾、実用化されている。しかし、この工法では、Uリブ厚 6[mm]に対して 2 倍以上の 16[mm]の板を添接するため、剛性が急変し、応力の不連続部が生じ、デッキとUリブとの溶接部などの応力集中による、新たな疲労き裂を誘発する恐れがある。

そこで、本研究では、全橋 FEMモデルを用いて、き裂が発生したモデルと当て板補修モデルを作成し、荷重が載荷された時の溶接部の応力評価、新たな部位への応力集中の発生について解析的に検討する。

2. 対象橋梁と解析モデル

本研究では、阪神高速道路湾岸線の 3 径間連続鋼床版箱桁橋を有限要素でモデル化し、弾性解析を行った。図-1 に示すように、全体構造として梁要素を用い、着目した横桁間をシェル要素とし、そのうち箱桁内の床版 5 パネルをソリッド要素でモデル化した。また、溶接部は図-2 に示すように詳細にモデル化した。本研究では、Uリブ突き合わせ部の補修に対し、図-2 に示す Uリブ-デッキ間の溶接ルート部の着目要素の応力変化に着目した。

き裂タイプは、図-3 に示す 3 通りを想定し、同図にそれぞれの補修タイプをあわせて示している。また、載荷荷重は、図-4 に示す通りである。

側面の当て板は 505×170×16[mm]であり、解析では、ソリッド要素でモデル化して Uリブと剛結とした。ま

た、き裂先端にはストップホールを設けた。

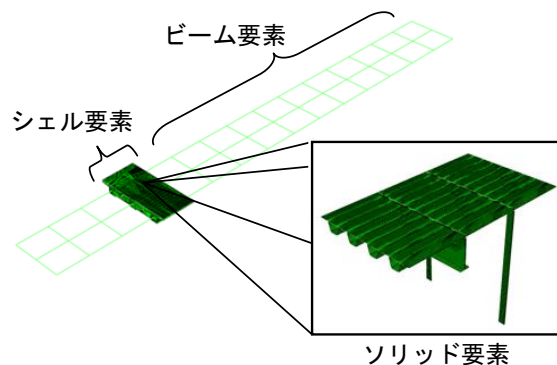


図-1 解析モデル

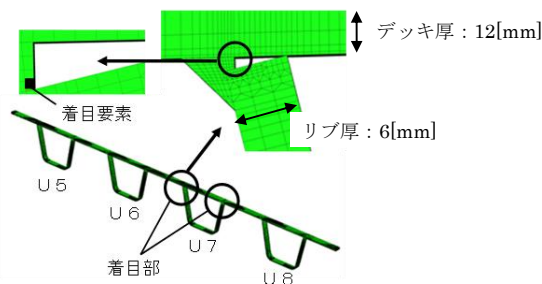


図-2 応力着目要素

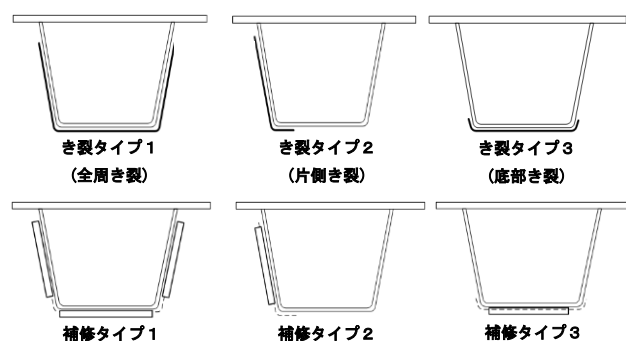


図-3 き裂タイプと補修タイプ

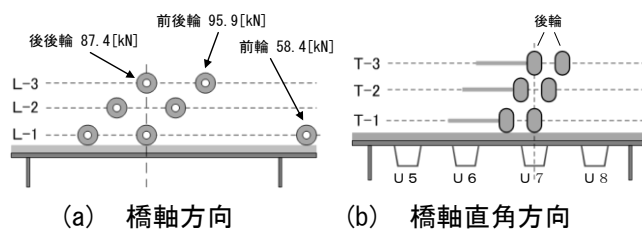


図-4 載荷パターン

キーワード：鋼床版、疲労き裂、当て板補修、Uリブ

連絡先：〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 工学研究科社会基盤工学専攻 TEL: 075-383-3164

3. FEM 解析結果と考察

3.1 各モデルによる比較

図-5 は、き裂タイプ 1(全周き裂)について、図-2 に示した着目要素及びき裂先端の応力をまとめたものである。これより、荷重が直接載荷されている場合(載荷パターンが L1 と L3)では、き裂が入ると、健全時と比べて応力が減少することが確認できた。これは、き裂先端に応力が集中したことが原因と考えられる。しかし、図-5(d)に示すように、き裂先端では、溶接部に発生していた応力よりも大きい応力が発生することと、図-6 に示すように、き裂周辺に大きな応力分布が発生することにより、き裂が発生すると、リブの剛性が大きく減少し、構造物全体としての耐久性が大きく減少すると思われる。

荷重がき裂先端を挟み込む L2 の載荷では、着目要素の応力は増加する結果が得られた。この原因として、L1 や L3 に比べて、曲げの影響が小さい分、き裂先端へ応力が集中せず、き裂による剛性低下によって着目部に高い応力集中が発生したと考えられる。

3.2 当て板補修による影響

補修による効果として、図-5 から、補修モデルでは着目部の応力は低減することが確認できた。さらに、図-6 より、補修モデルでは応力集中が発生しないことも確認でき、今回の検討の範囲においては、当て板補修の効果が確認できた。しかし、今回のモデルでは当て板と U リブを剛結結合したことやボルト孔をモデル化していないなど、実際とは異なることに注意が必要である。

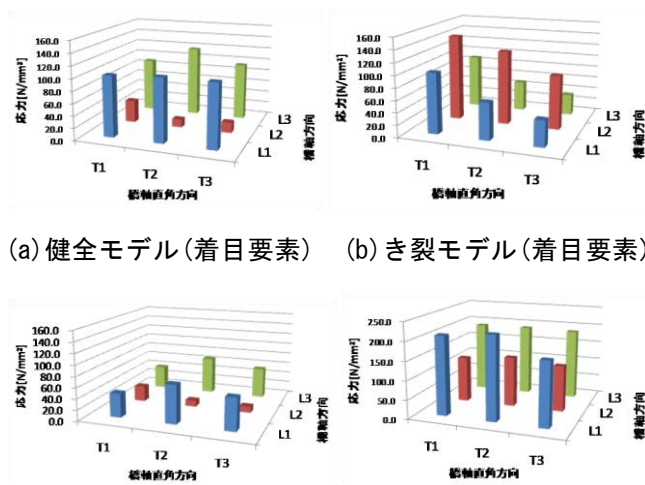
3.3 き裂タイプによる比較

き裂タイプでの比較として、タイプ 2(片側き裂)では、図-7 に示すように、側面部のき裂先端での応力集中は非常に小さく、底部のき裂先端に大きな応力集中が発生する結果が得られた。これは、底部では曲げ引張応力が大きく作用することが原因と考えられる。また、底部き裂では、他のき裂タイプよりも大きい応力集中が確認できた(最大 $304.3\text{[N/mm}^2\text{]})$ 。今回の解析結果では、底部き裂はき裂先端の応力が高く、き裂進展が高いと判断できる。

4. おわりに

本研究では、全橋 FEM モデルを用いて、き裂の有無、当て板補修によるデッキと U リブとの溶接部での応力

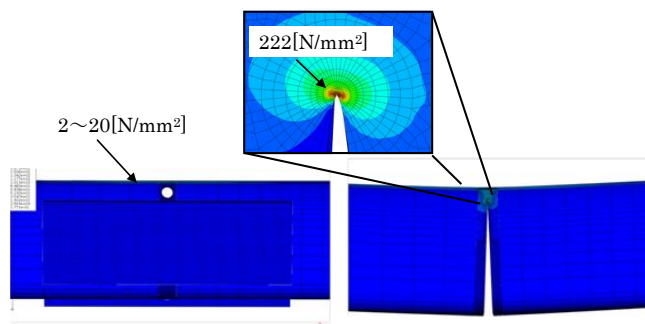
変化について、解析的に検討した。今後は、詳細な応力性状の検討を行うことで当て板補修が他の部位へ及ぼす影響を検討するとともに、添接板の厚さをパラメーターとした解析を行う予定である。



(a) 健全モデル(着目要素) (b) き裂モデル(着目要素)

(c) 補修モデル(着目要素) (d) き裂モデル(き裂先端)

図-5 着目要素及びき裂先端の応力(タイプ 1)



(a) 補修モデル

(b) き裂モデル

図-6 き裂周辺の応力分布図(タイプ 1) (L1-T1 載荷)

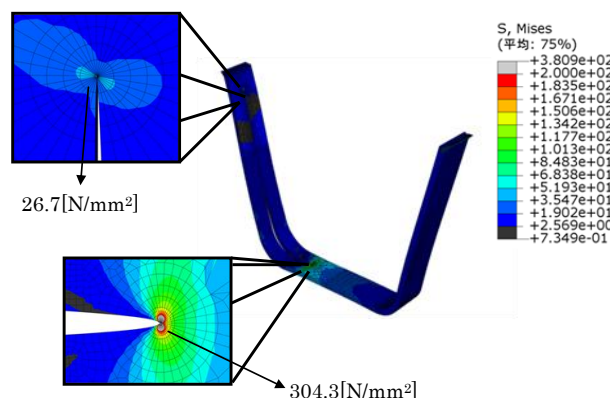


図-7 き裂周辺の応力分布図(タイプ 2) (L1-T1 載荷)

参考文献

1)例えば、田中、横江、嶋田：続・鋼床版の新しい治療法、川田技報、Vol.29、2010