

鋼床版の U リブと横リブ交差部の疲労き裂に対する応急対策後の周辺部位の疲労リスク分析

(一財) 阪神高速先進技術研究所 正会員 ○中本 勇 正会員 赤松 伸祐
 阪神高速道路(株) 正会員 平野 正大 正会員 福辻 菜絵

1. 目的

U リブを有する鋼床版において、U リブと横リブ交差部の疲労き裂が多く報告されており、このき裂に対してストップホールを設ける応急処置を実施している。ストップホールによるき裂の進展抑制効果は確認されているものの、ストップホールのみ実施された状態で、き裂発生部以外の周辺の溶接部へどのような影響が生じるかは明らかでない。本検討は、実橋での最大級のき裂とストップホールを模擬した FEA を実施し、応力性状および変形から周辺部への影響の分析を行うことで、応急対策後の周辺部位の疲労リスク評価を行った。

2. 解析条件

解析ソフトは Midas FEANX 2022 を用い、3 次元弾性解析を行った。解析モデルは全てをソリッド要素でモデル化した。材料条件は、弾性係数を $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ とし、ポアソン比を 0.3 とした。解析モデルは図-1(a)、(b)に示す鋼床版を模擬して作成した。解析モデルには、損傷部に密閉ダイアフラムが設置されていることが多いことを踏まえて、横リブから 200mm 位置の全 U リブに密閉ダイアフラムを設けた。載荷荷重は図-1(c)に示すダブルタイヤ 1 輪を模擬し、載荷面積は $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 、載荷荷重は 150kN とした。

3. 解析ケース

解析ケースを表-1 に示す。解析ケースは、き裂無し、U リブ進展き裂を模擬、横リブ進展き裂を模擬したケースをそれぞれ original, ④-1, ④-2 とした。き裂は、U リブの変形による応力集中が大きくなる溶接止端部²⁾を参考に、図-1(b)に示す R4 リブのスリット側溶接止端部にモデル化した。き裂の進展方向および長さは、U リブの応力や変形への影響が大きい状態で分析するため、阪神高速で発見された最大級のき裂を模擬した。き裂の接触面は応力を伝達しないモデルとした。

載荷位置は、横リブ交差部溶接部の応力への影響が大きい載荷位置¹⁾を参考に、図-1(a)の 5 箇所とした。着目要素は図-2 に示す R4 リブ溶接部の要素とし、U リ

ブ側、横リブ側の要素に対して、き裂の要因となる溶接線直交方向の直応力を取得した。解析モデルは主桁下フランジ下面を全自由度固定とした。

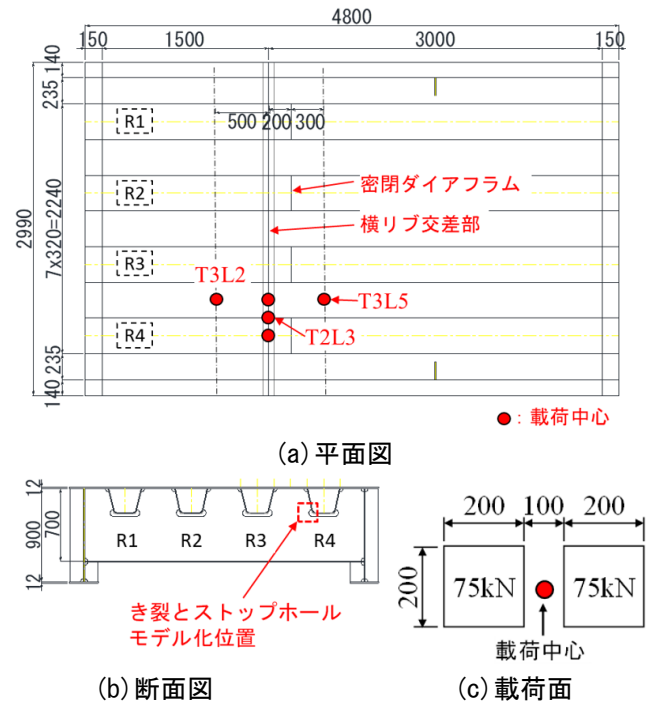


図-1 解析モデル

表-1 解析ケース

original	④-1	④-2
き裂無し	横リブ U リブ 180mm き裂 50mm	U リブ 横リブ 90mm き裂

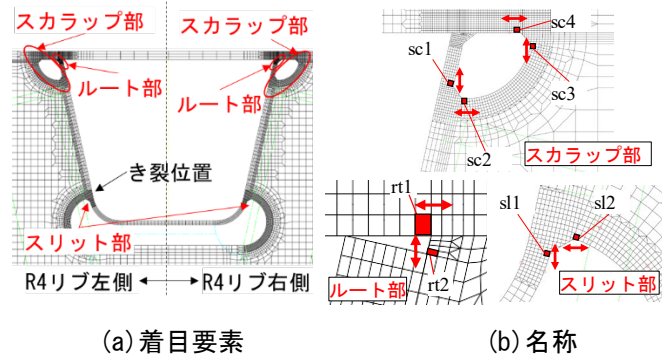


図-2 着目要素

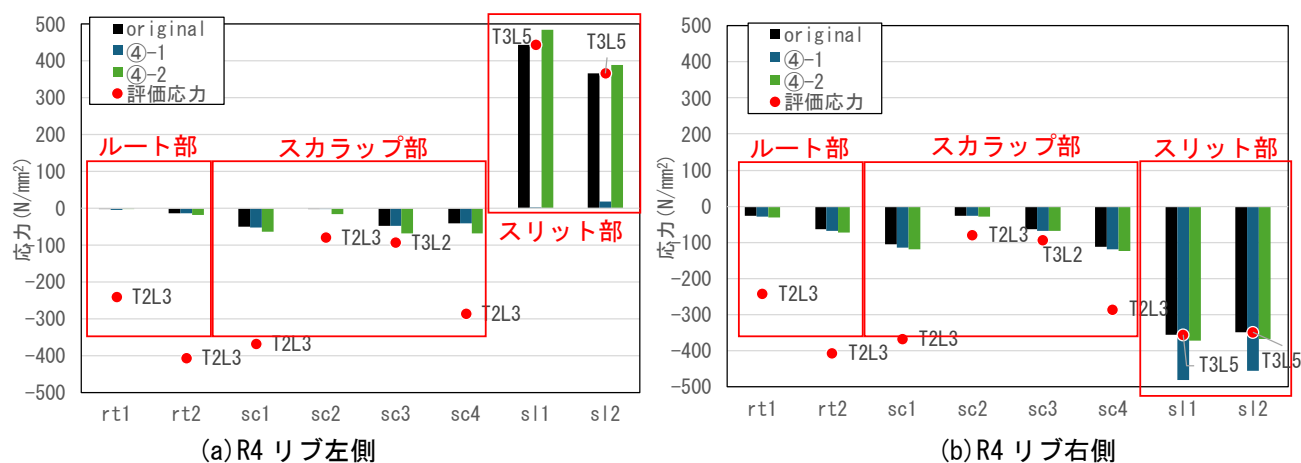


図-3 T3L5 荷重時の直応力

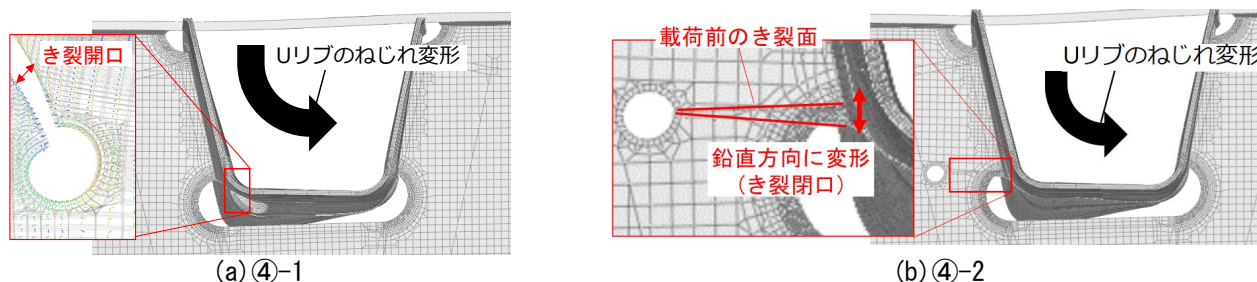


図-4 T3L5 荷重時の変形図(×50 倍)

4. 解析結果

各ケースの図-2 の着目要素における直応力の比較を図-3 に示す。なお、本検討では図-1 (a) の 5 箇所の荷重位置のうち、original の all 要素の応力が最大となった T3L5 荷重時の結果を代表として示している。本検討では、original に対して図-1 (b) の荷重位置で解析を実施したときの、各着目要素の最大応力を評価応力とした。図-3 には、評価応力の大きさおよび荷重位置も示している。本検討では、④-1 および④-2 の着目要素の応力が評価応力を超えているか否かで疲労リスクを評価した。

図-3 (a) より、R4 リブ左側のルート部およびスカラップ部は発生応力が評価応力より小さかった。④-1 のスリット部は、き裂により着目要素に応力が伝達されにくいため、応力が小さかったと考えられる。④-2 のスリット部 2 箇所の着目要素の応力は、original の 1.1 倍であった。これは、き裂により R4 リブ左側の横リブに応力が伝達されないため、R4 リブ右側の横リブが受け持つ応力が増加したためと考えられる。

図-3 (b) より、R4 リブ右側のルート部およびスカラップ部は発生応力が評価応力より小さかった。④-1 のスリット部は、original に対する応力が sl1 は 1.4 倍、sl2 は 1.3 倍であった。これは、図-4 (a) の変形図に示した

通り、き裂の開口により U リブのねじれ変形が大きくなり、それを横リブが拘束することで着目要素の応力集中が増加したためと考えられる。④-2 のスリット部 2 箇所の着目要素の応力は、original の 1.1 倍であり、④-1 と比べて original に対する応力の倍率が小さかった。これは、図-4 (b) に示すようにき裂部は鉛直方向の変形が大きい一方、ねじれ方向の変形は小さく、ねじれ変形に起因する着目要素の応力集中が小さかったためと考えられる。

5. まとめ

- 1) U リブ進展き裂、横リブ進展き裂、ストップホールを模擬した U リブ鋼床版の FEA では、ルート部およびスカラップ部はき裂がない場合と比べて応力が小さく、疲労リスクは小さいと考えられる。
- 2) スリット部は、き裂により応力が増加し、特に U リブ側にき裂が発生する場合に応力が最大で 1.4 倍程度増加した。

なお、本検討は、最大級のき裂長さを再現しており、き裂部は応力を伝達しないモデルを用いて安全側の評価を行っている。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所、川田工業株式会社：鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究（その 5）報告書、2010.1
- 2) 中本他：U リブ鋼床版横リブ交差部の疲労き裂の発生に対する予防保全対策工法の検討、鋼構造年次論文報告集 vol.31、