

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

(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 正会員 山本 修嗣
阪神高速道路 (株) 正会員 森 謙吾 正会員 高田 耕庸

1. はじめに

阪神高速道路の鋼床版において図-1に示すUリブと横リブ交差部の疲労き裂(Uリブ側止端から生じるタイプ④-1および横リブ側止端から生じるタイプ④-2)が多く報告されている。このき裂に対し、L型鋼をUリブの下面のみ、側面のみ、下面と側面の両方に設置する3つの工法(それぞれ下面連結、側面連結、併用連結)がある。

しかし、これらの工法による応力低減効果の比較を同一条件で実施できていない。そこで本検討では、それぞれ工法のFEAを実施し、タイプ④-1および④-2き裂発生点における応力低減効果を検討した。

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-2(a)、(b)に示す鋼床版を模擬して作成した。解析モデルには横リブから 200mm 位置の全 U リブに密閉ダイアフラムを設けた。これは、密閉ダイアフラムにより剛性が上がり、横リブスリット部の局部応力が大きくなることから、損傷数が多くなることが示されているためである。荷重荷重は図-2(b)に示すダブルタイヤ1輪を模擬し、荷重面積は $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 、荷重荷重は 150kN とした。着目する U リブは発生応力が高い外側リブ(R4 リブ)とした。荷重位置は、図-2(a)、(b)に示すように、R4 リブに対する偏心荷重となる T3 および直上荷重となる T1 とした。着目要素は図-2(c)に示す R4 リブ溶接止端部の要素とし、U リブ側、横リブ側の要素に対してそれぞれ鉛直方向、水平方向の直応力を取得した。着目部の要素サイズは、1辺が最低 1mm 程度となるように設定した。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。

3. 解析ケース

解析ケースを図-3に示す。解析ケース名は、無対策、

キーワード 鋼床版、添接補修工法、応力集中

連絡先 〒541-0054 大阪市中央区南本町 4-5-7

(一財) 阪神高速先進技術研究所 TEL06-6244-6024

下面連結、側面連結、併用連結をそれぞれ original, type-1, type-2, type-3 とした。L 型鋼と U リブおよび横リブの接合面は、荷重が小さくすべりは生じないと考えられることから、ボルトの軸力影響範囲は考慮せず接触面を全節点共有とした。

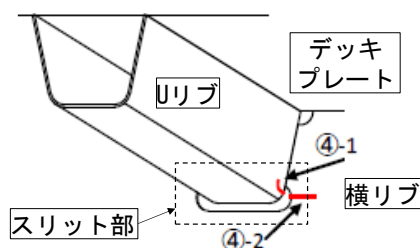
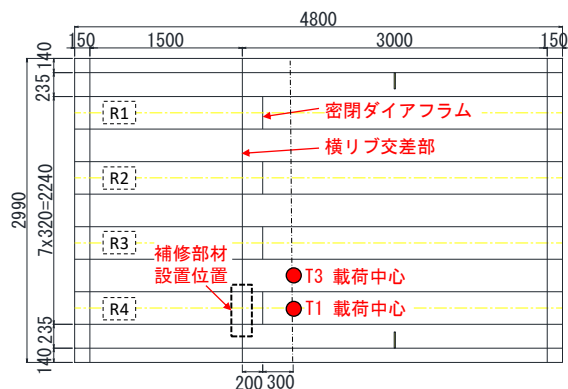
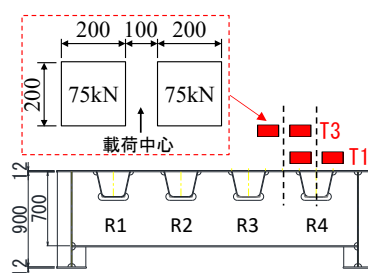


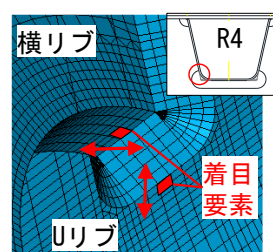
図-1 タイプ④き裂



(a) 平面図

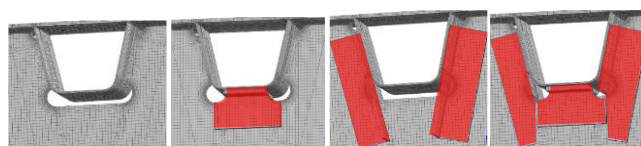


(b) 断面図



(c) 着目部

図-2 解析モデル



(a) original (b) type-1 (c) type-2 (d) type-3

図-3 解析ケース

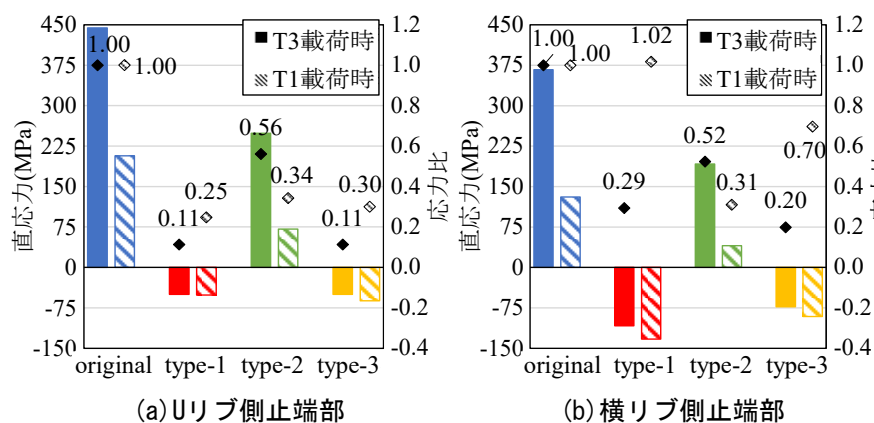


図-4 直応力と応力比

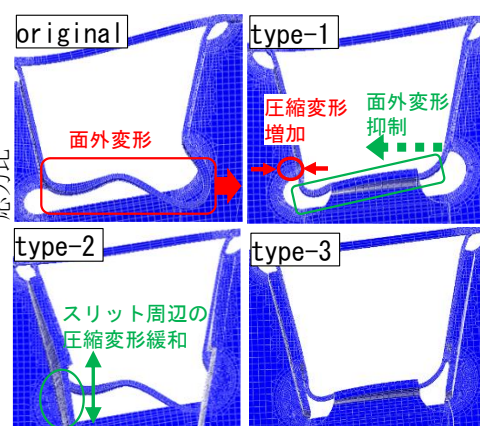


図-5 T3 載荷時変形図(変形倍率 300 倍)

4. 解析結果

着目部の直応力と応力比(type-1~3/original)を図-4に、T3 載荷時の変形図を図-5 に示す。図-4 より、original は U リブ側止端で最大 444MPa、横リブ側止端で最大 367MPa の引張応力が生じている。これは、図-5 に示すように T3 載荷による U リブのねじれ変形を横リブが拘束することで、U リブ下面に面外変形が生じ、着目部に高い応力集中が生じるためである。

図-4(a)より、type-1 の U リブ側止端の応力比は T3 載荷時に 0.11、T1 載荷時に 0.25 となった。これは、図-5 に示すように下面連結により U リブの水平方向の面外変形が小さくなり、溶接止端部の応力集中が小さくなったためと考えられる。また、U リブの変形モードが変わっており、それにより直応力が引張方向から圧縮方向に変化したと考えられる。type-2 の応力比は、T3 載荷時に 0.56、T1 載荷時に 0.34 となった。これは、図-5 に示すように側面連結による断面増加で横リブ側止端周辺の鉛直方向の剛性が増加し、スリットの圧縮変形が緩和されたためと考えられる。type-3 の直応力は original より低減したものの、T1 載荷時、T3 載荷時ともに type-1 と同程度であった。これは、側面連結による拘束の影響で、U リブ側止端に変形が集中したためと考えられる。

図-4(b)より、type-1 の横リブ側止端の応力比は、T3 載荷時に 0.29 であったのに対し、T1 載荷時は 1.02 であった。これは、U リブ下面の拘束により、スリット周辺に局所的な圧縮変形が生じたためと考えられる。type-2 の応力比は T3 載荷時に 0.52、T1 載荷時に 0.31 であった。これは、U リブ側同様に側面連結により横リブスリットの圧縮変形が緩和されたためと考えられる。type-3

の応力比は T3 載荷時に 0.20、T1 載荷時に 0.70 であった。また、type-3/type-1 の応力比は T1 載荷時、T3 載荷時ともに 0.68 となった。これは、側面連結によりスリットの圧縮変形が緩和されたためである。type-3/type-1 の応力比は、type-2/original の応力比に比べて小さく、type-3 は type-1 と type-2 の応力低減効果の足し合わせにならない。これは、type-1 と type-2 の U リブの変形モードが異なるためである。

以上の結果より、タイプ④-1 き裂発生点に対しては、type-1、type-2 のみで応力低減効果があると考えられる。タイプ④-2 き裂発生点に対しては、type-2 と type-3 の応力低減効果があるが、荷重条件によっては type-2 の方が original に対する応力比が小さく、type-3 は大幅な応力低減はしないため、type-2 のみでよいと考えられる。

5. まとめ

- 1) U リブ下面連結により面外変形が小さくなり、U リブ側止端部の応力が低減する一方、荷重中心が U リブの直上に位置する場合に横リブ側止端部に高い圧縮変形が生じ、応力低減しない。
- 2) U リブ側面連結により U リブスリットの圧縮変形が緩和され、すべての荷重位置で U リブ側および横リブ側の溶接止端部の応力が低減する。
- 3) 下面連結と側面連結を併用しても、片方のみの場合と比べて大幅な応力低減効果はないため、タイプ④-1 き裂に対しては下面連結または側面連結、タイプ④-2 き裂に対しては側面連結のみでよいと考えられる。
- 4) 応力低減量と疲労強度の関係は明らかになっていないため疲労試験により明らかにする必要がある。

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