

平リブを有する取替用鋼床版の疲労試験

横河ブリッジホールディングス 正会員 ○石井博典 正会員 高田和彦
 新日鉄住金 正会員 横関耕一
 東京都市大学 フェロー 三木千壽 正会員 白旗弘実

1. はじめに

高度経済成長期に建設された橋梁を中心に RC 床版の劣化が見られるケースがあり、床版取替の需要が高まっている。筆者らは疲労耐久性に優れ、上部工の死荷重軽減による耐震性の向上が可能な取替用高性能鋼床版の開発を進めている¹⁾。本稿は、平リブを有する取替用鋼床版の疲労試験結果を報告するものである。

2. 鋼床版の概要と疲労試験体

提案する鋼床版構造と疲労試験体の概要を図-1 に示す。試験体は橋軸方向 5300mm×橋軸直角方向 2200mm の実大鋼床版パネルとし、縦桁 2 本と横リブ 3 本でデッキプレート、縦リブを支えるモデルとした。縦リブ形状はバルブリブ鋼床版の縦リブ (200×10) と剛性が同等となるような平リブ (235×16) とし、デッキプレートの板厚は 12mm、縦リブ間隔は 320mm とした。縦リブと横リブの交差部構造は、TR1, 3, 4 は鋼道路橋の疲労設計指針に示される開断面リブ鋼床版の標準的な交差部構造 (以下、スリット構造) とした。TR2 は横リブウェブに縦リブ断面+両側 2mm の隙間を考慮したスリットを設け、縦リブを通した上で周辺を全周すみ肉溶接とする構造 (以下、全周溶接構造) とした。ここで、TR2 における縦リブと横リブの溶接は、組立時のギャップ量を計測した上で設計のど厚が確保できるように脚長を増すこととし、ギャップが大きくなっても開先溶接はしないこととした (試験体製作時のギャップ量の最大実測値は 3.0mm)。また、TR2 はスリットによる横リブウェブの断面欠損がないため、横リブ高さを他の横リブ高さ (700mm) よりも低い 500mm とした。

疲労試験では、開断面リブ鋼床版で疲労損傷が報告さ

れている縦リブと中間横リブ交差部 (TR2, TR3) を対象とし、実橋で損傷事例の報告がない²⁾デッキプレートと縦リブの溶接部は基本的に疲労試験の対象外とした。

3. FEM 解析と疲労試験条件

シェル要素を用いて試験体の FEM モデルを作成し、IIW 指針に従って構造ホットスポット応力 (SHSS) を算出、溶接止端部の局部応力を評価した。ただし、膜応力 (σ_m) と曲げ応力 (σ_b) が疲労に与える寄与度を考慮し³⁾、 $\sigma = \sigma_m + (2/3)\sigma_b$ として換算した応力値 (SHSS') を用いた。解析コードは ABAQUS6.13 を用い、着目部近傍のメッシュサイズは板厚の 0.2 倍とした。荷重はダブルタイヤ、1 輪あたり 100kN とし、橋軸方向および橋軸直角方向にそれぞれ 200mm, 160mm 間隔で影響面載荷した。

スリット構造 (TR3) では、横リブウェブとデッキプレートとの回し溶接部の横リブウェブ側の応力が最も高く、全周溶接構造 (TR2) では、縦リブと横リブウェブ回し溶接部の横リブウェブ側の応力が最も高かった。それらの位置の応力影響面を図-2, 3 に示す。スリット構造では、橋軸方向には対象横リブ直上載荷時に最も応力が大きくなるほか、橋軸直角方向では対象リブの左右に載荷されたときに応力の符号が逆転する。横リブのせん断変形がスリットの断面欠損により局所的に大きくなることに起因して発生する応力であり、SHSS' は圧縮側で最小-114N/mm²、引張側で最大 122 N/mm² である。輪荷重走行位置のばらつきを考慮すれば、100kN ダブルタイヤの連続する移動載荷により、最大 236 N/mm² の応力範囲となる可能性があることを示している。一方、全周溶接構造では、橋軸方向には横リブから少し離れた位置、

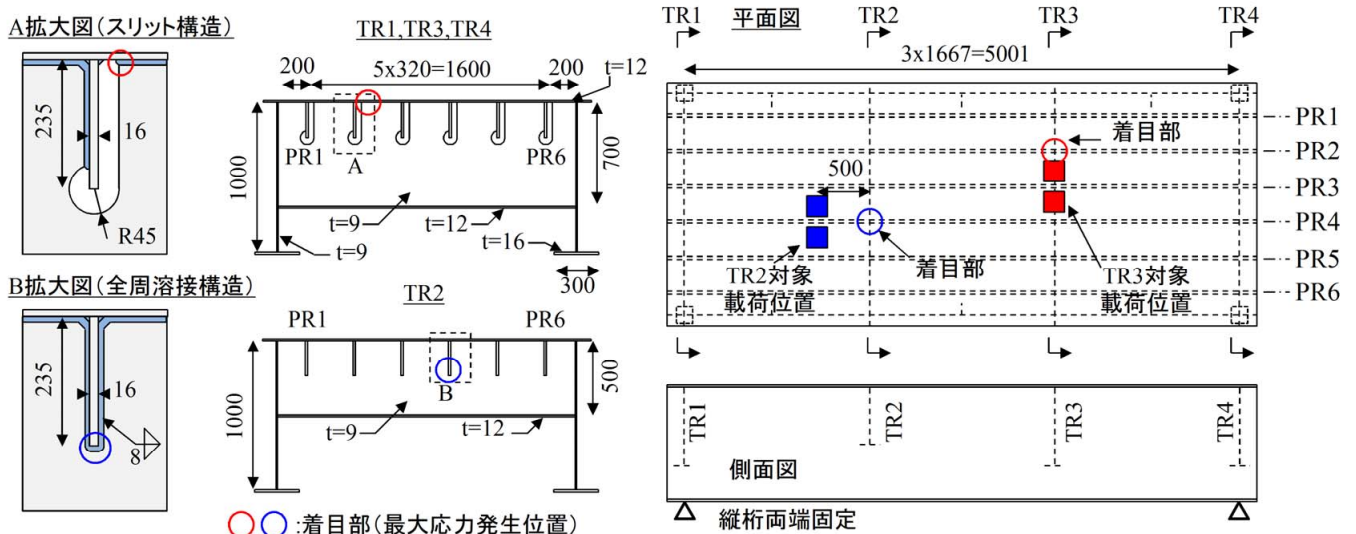


図-1 鋼床版の概要と疲労試験体

Keywords: 鋼床版 床版取替 耐震性向上 開断面リブ 疲労試験

連絡先: (株)横河ブリッジホールディングス総合技術研究所 〒261-0002 千葉県美浜区新港 88 TEL: 043-247-8411

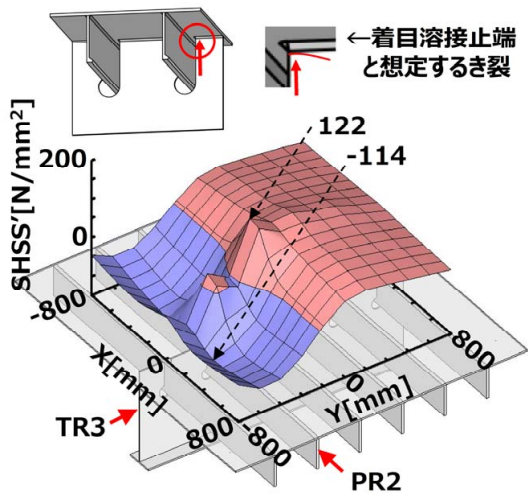


図-2 FEMによるスリット構造のSHSS'影響面

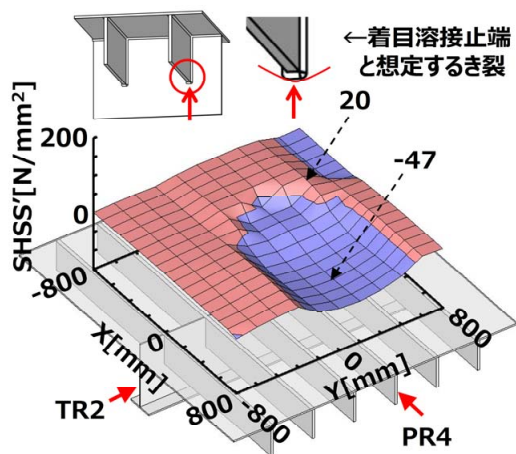


図-3 FEMによる全周溶接構造のSHSS'影響面

橋軸直角方向には対象縦リブ直上付近で応力が大きくなり、圧縮側で最小 -47N/mm^2 、引張側で最大 20N/mm^2 のSHSS'が発生している。100kNダブルタイヤの移動载荷による最大の応力範囲は 67N/mm^2 であり、スリット構造の28%であることが確認できた。

疲労試験は定点载荷としたが、輪荷重の走行や横断方向のばらつきにより発生するSHSS'範囲を、1つの载荷荷点で再現することとした。载荷位置はSHSS'の絶対値の最大値を与える位置とし(図-1参照)、荷重範囲は着目部のSHSS'範囲が影響面の最大値と最小値の差となるように設定した。疲労試験条件を表-1に示す。疲労試験はスリット構造を対象としたケース、全周溶接構造を対象としたケースの2ケース実施した。

4. 疲労試験結果

スリット構造に対する疲労試験は、荷重範囲を195kNとして520万回载荷後(輪荷重100kN相当)、荷重範囲を290kNに増加させて530万回の载荷を行った(輪荷重150kN相当)。き裂発生状況を図-4にまとめる。き裂は横リブスリット上端部のデッキプレート側止端(290kN, 125万回)と横リブ側止端(290kN, 150万回)で発生した。後者のき裂は実橋梁で見られるき裂と同様のき裂であった。全周溶接構造に対する疲労試験は、荷重範囲を205kN(輪荷重150kN相当)として525万回の载荷後、

表-1 疲労試験条件

(1) スリット構造

想定輪荷重 [kN]	荷重範囲 ΔP [kN]	繰返し数 [$\times 10^4$ 回]	疲労試験結果
100	195	520	き裂なし
150	290	125	S1D発生(図-4)
		150	S2B発生(図-4)
		348	S2D発生(図-4)
		530	疲労試験終了

(2) 全周溶接構造

想定輪荷重 [kN]	荷重範囲 ΔP [kN]	繰返し数 [$\times 10^4$ 回]	疲労試験結果
150	205	525	き裂なし
300	410	100	き裂なし

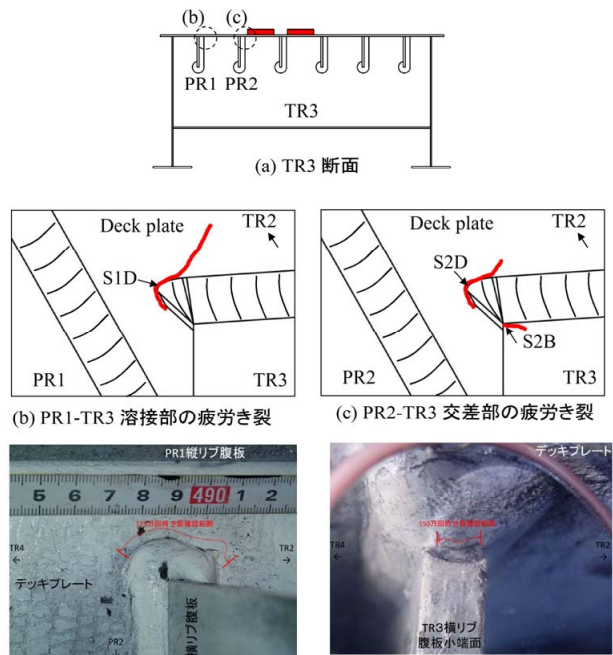


図-4 スリット構造に発生した疲労き裂

荷重を410kN(輪荷重300kN相当)として100万回の载荷を行った。疲労試験中、着目溶接部近傍のひずみに変化は無く、疲労試験後の目視による確認においてもき裂は発生していないことがわかった。

5. まとめ

疲労試験の結果、スリット構造では疲労き裂が発生したが、全周溶接構造では疲労き裂は発生せず、疲労耐久性が高いことが確認できた。ただし、今回の試験対象外ではあるが、全周溶接構造の疲労試験中に横リブから離れた荷重直下の平リブとデッキプレート溶接部のデッキプレート側止端き裂が発生した。そのため、これを補修し、さらに荷重直下のデッキプレート上に鋼板を敷設して荷重分散させた上で疲労試験を続行した。実橋では開断面リブにこのような損傷事例の報告はなく²⁾、定点疲労試験のため荷重を大きくした影響が大きいと考えられるが、100年を超える耐久性を期待すること考慮し、実橋で採用する取替鋼床版ではデッキプレートを12mmから14~16mmに増厚する予定である。

【参考文献】 1) 三木, 横関, 関屋: 取替用高性能鋼床版の開発, 土木学会第69回年次学術講演概要集, 2014.9 2) 土木学会, 鋼床版の疲労-2010年改訂版, 2010 3) 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 1993