

鋼床版横リブ継手スカラップ部の応力性状に関する解析的検討

三井住友建設鉄構エンジニアリング株式会社 正会員 ○濱 達矢
法政大学 正会員 内田 大介

1. はじめに

鋼床版は軽量、短い架設工期、設計自由度の高さ等の利点を有する構造形式であり、国内では数多くの採用実績がある。一方で近年、重交通路線においては活荷重載荷による疲労き裂が多数報告されている^{1,2)}。鋼床版の疲労損傷が報告されている箇所の一つとしてデッキプレート（以下、デッキ）の橋軸方向突合せ溶接部に設けられる横リブ継手部のスカラップが挙げられる²⁾（図-1, 2）。道路橋示方書³⁾は横リブの継手について疲労への配慮から「輪荷重の直下となる位置には、原則として横リブ又は横桁の継手部を設けないものとする。」と規定している。そして、道路線形・幅員構成等により調整困難な場合に対しては、「やむを得ず輪荷重載荷位置となることが予想される位置にスカラップを設ける場合には、別途疲労照査を行うか、スカラップ部のまわし溶接止端部に仕上げを行うなどの対策を講じなければならない」との解説があるが、輪荷重との位置関係や具体的な仕上げの方法については明記されていない。また道路橋示方書では平成 24 年の改訂より閉断面縦リブを使用する場合のデッキの最小板厚について、12mm から 16mm へ増厚されたが、この増厚が、横リブ継手部のスカラップ部の疲労強度へ及ぼす影響についても検討事例がない。

本研究では鋼床版横リブスカラップまわし溶接部の疲労強度および止端仕上げによる疲労強度改善の效果に着目し、FEM 解析を用いて応力性状の確認を行う。

2. 解析モデル

解析対象は図-3 に示すように、閉断面縦リブを有する鋼床版箱桁橋を橋軸方向に 2 パネルモデル化したものである。横リブ継手部周辺の閉断面縦リブおよび横リブ、連結板、高力ボルト、デッキ、舗装はソリッド要素、それ以外の要素はシェル要素のハイブリッドモデルとした。なお、高力ボルトは形状のみモデル化し、軸力は導入せずに連結板と横リブウェブを剛結している。また、デッキと横リブ溶接部の未溶着部は 0.1mm の隙間を設けた。着目部および要素分割詳細を図-4 に示す。着目部の要素の最小メッシュは 0.1mm である。解析は線形弾性解析とし、解析コードは Simcenter Nastran Ver2019.1 である。デッキの板厚は 12mm あるいは 16mm とした。デッキと横リブの溶接は溶接脚長 6mm のすみ肉溶接（止端曲率半径 $r=1\text{mm}$ ）を基本とし、止端仕上げ有りの場合は、JSSC 疲労設計指針⁴⁾の面外ガセット溶接接手の仕上げを参考に、横リブ母材端部から 40mm（デッキ板厚の 2 倍以上）を完全溶け込み溶接とした。止端仕上げはまわし溶接部と横リブ母材端部から 18mm（横リブ板厚の 2 倍）の範囲に止端半径 $r=3\text{mm}$ の仕上げを施した。解析モデルの一覧を表-1 に示す。横リブ板厚は 9mm、舗装厚は 80mm とした。ヤング係数およびポアソン比は鋼材がそれぞれ 200,000N/mm², 0.3、夏期を想定したアスファルトがそれぞれ 500N/mm², 0.35 である。荷重条件を図-5 に

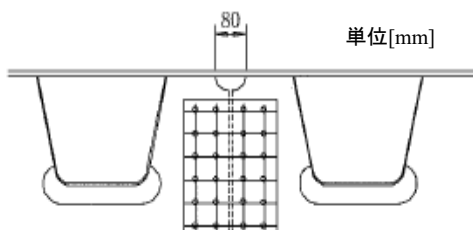
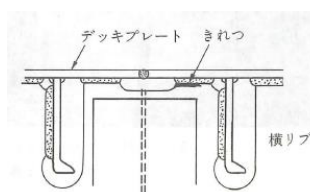
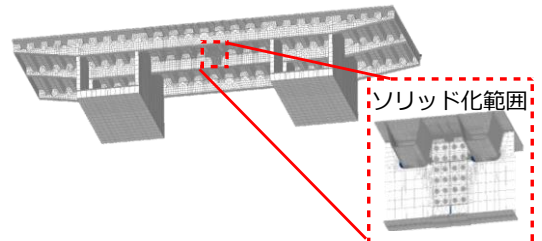
図-1 鋼床版横リブ継手部³⁾図-2 疲労損傷事例²⁾

図-3 FEM モデル全体図

キーワード 鋼床版、横リブ接手部、スカラップ、疲労強度、FEM 解析

連絡先 〒290-8531 千葉県市原市八幡海岸通り 1 番地 三井住友建設鉄構エンジニアリング（株） TEL 0436-40-1174

示す。載荷荷重はダブルタイヤ(50kN×2輪)を想定しており、荷重ケースは橋軸方向には対称性を考慮して8ケース、橋軸直角方向は横リブスカラップ中心を基準とした13ケースである。拘束条件は主桁ウェブ下端を完全拘束とした。

3. 解析結果

(1) 溶接止端部の応力性状

橋軸直角方向の荷重ケース毎に荷重が橋軸方向へ移動した際に最大の主応力が発生する要素を抽出し、その要素の主応力方向の応力で整理した橋軸方向の影響線の一例を図-6に示す。すべてのモデルにおいて着目部には圧縮応力が卓越していたため、ここでは最小主応力に着目して評価を行う。最小の最小主応力が発生する橋軸方向載荷位置は横リブ位置から100mm離れた位置となった。この傾向はデッキ板厚、止端仕上の有無によらず同様であった。

(2) 疲労損傷度評価

図-7は図-6の波形に橋軸方向の対称性を考慮するとともに載荷位置±2500mmでは発生応力が0となると仮定した波形からレインフロー法⁴⁾により総繰返し数と等価応力範囲を求め、 $m=3$ として輪が通過した際の疲労被害(等価応力範囲の3乗×総繰返し数)を算出した結果である。図中には各ケースの最大値のD12R1の最大値との比も示している。図(a)はデッキ側止端、図(b)は横リブ側止端の結果を示しているが、双方ともデッキ厚や仕上の有無によらず、ダブルタイヤの右輪の中心がスカラップ溶接回し溶接部直上となるCASE8($x=-150$ mm)で最大の値を示し、その値は横リブ側止端部の方が大きい。また、隣接する閉断面リブ中心とダブルタイヤの荷重中心が一致し、輪がスカラップ上にはないケースでは疲労被害が $x=-150$ mmの1~3%程度となっており、スカラップにかかるか否かが輪荷重載荷位置の目安になると思われる。また、デッキ増厚の効果は、疲労被害がデッキ側止端では25%程度、横リブ側止端は50%程度まで小さくなった。これは、デッキ側はデッキの曲げの作用の影響が大きいためであると考えられる。止端半径 $r=3$ mmに仕上げる効果は、疲労被害がデッキ側止端で50%程度、横リブ側止端で40%程度となった。

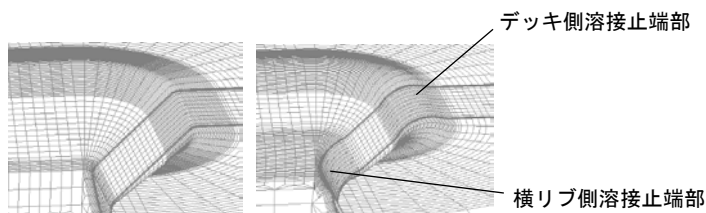


図-4 着目部および要素分割(左:仕上無し, 右:仕上有り)

表-1 検討パラメータおよびモデル名

		止端仕上	
		無し(止端部 $r=1$ mm)	有り(止端部 $r=3$ mm)
デッキ板厚	$t=12$ mm	D12R1	D12R3
	$t=16$ mm	D16R1	D16R3

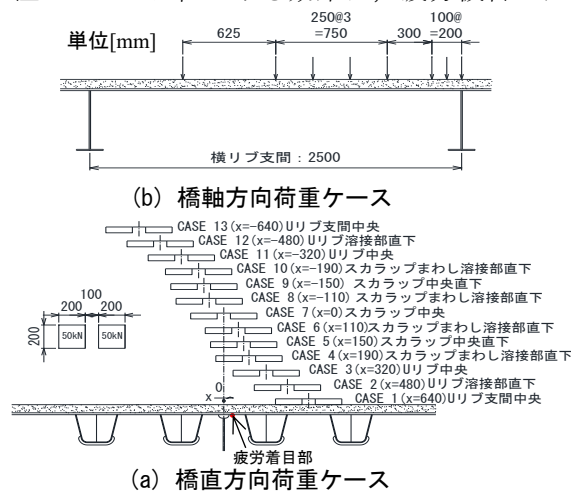


図-5 荷重条件

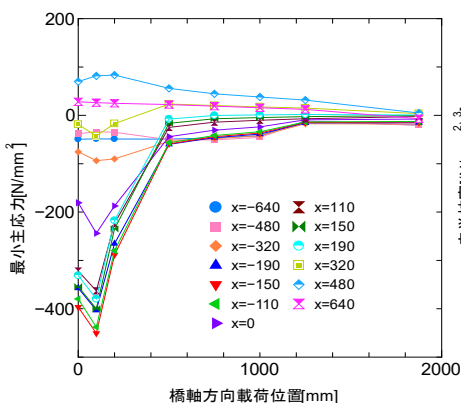
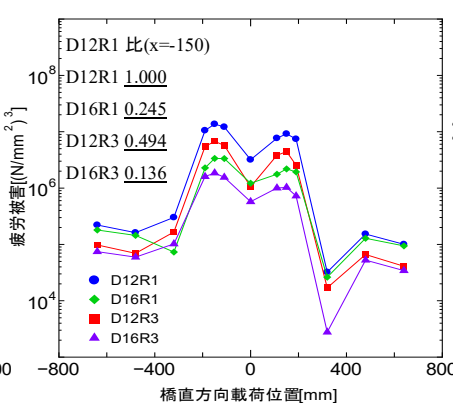
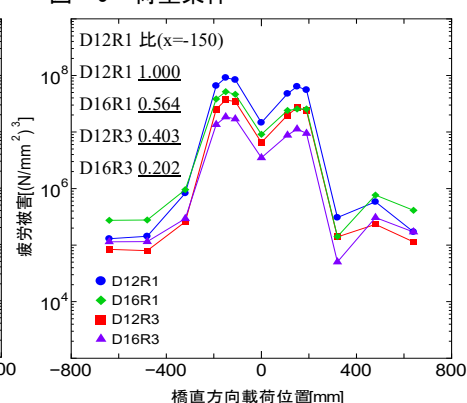


図-6 最小主応力の影響線(D12R1)



(a) デッキ側溶接止端部



(b) 横リブ側溶接止端部

図-7 疲労被害

参考文献

- 1) 土木学会：鋼床版の疲労[2010年改訂版]，2010。
- 2) 日本道路協会：鋼橋の疲労，1996。
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書（Ⅱ鋼橋・鋼部材編）・同解説，2017。
- 4) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，2012。