

鋼床版縦リブと横リブスリットの溶接部の疲労強度評価法

名古屋大学 正会員 ○判治 剛 名古屋大学 学生会員 加藤 啓都 名古屋大学 フェロー会員 館石 和雄

1. 本研究の目的 本研究では、閉断面リブ（縦リブ）と横リブスリットの溶接部の縦リブ側溶接止端部から生じる疲労き裂に着目し、その疲労強度を評価可能な応力の参照位置について、既往の疲労試験と有限要素解析を照らし合わせて検討する。さらに、評価に用いる応力に影響を与える因子について明らかにする。

2. 疲労強度評価法の検討 対象とした疲労試験を表-1 にまとめる。どの実験も鋼床版の一部を模擬した比較的大型の試験体によるものである。疲労寿命とそのときのき裂長を表-1 に示す。試験によりばらつきはあるが、き裂長が 12mm~40mm 程度のときの繰返し数を疲労寿命と定義している。

解析モデルの一例を図-1 に示す。解析にはソリッド要素を用い、着目した溶接部周辺の要素サイズは 1mm×1mm×1mm で一定とした。境界条件、荷重条件は各試験を基に与えた。文献中に応力計測結果が示されている場合は、それと解析結果を比較し、解析モデルの妥当性を確認している。

対象とした継手部は一般に、縦リブ厚が横リブウェブ厚や溶接サイズより小さく、さらに局所的な面外変形を受ける継手であり、疲労強度評価に用いる応力の参照位置と強度曲線が明確ではない。本研究ではホットスポット応力の考え方⁷⁾を参考に、表-2 に示す種々の応力算出法を検討した。複数の参照点の応力から止端位置に外挿して求める方法と、ある 1 点の参照点の応力をそのまま用いる方法である。参照点には、実際に計測しやすい距離を選んでいる。また比較のため、IIW が推奨する外挿法⁸⁾も検討した。鉛直方向の応力成分を用いて各方法により求めたホットスポット応力で試験結果を整理し、結果のばらつきや用いる強度曲線を検討した。

図-2 に結果の例を示す。算出法により結果は上下するが、ばらつきには顕著な差はみられない。傾きを 3 とし、各結果の切片の標本分散を求めると表-2 に示す値が得られたが、算出法による有意な差はない。試験結果が少なく、また算出法による明確な差がないため最適な方法を選定するのは難しいが、本研究では、ばらつきが比較的小さい方法として 0.5t-1.0t（縦リブ厚 6mm では 3mm と 6mm）法を用いることとした。またこのときの疲労強度曲線は JSSC-E 等級が妥当と考えられる。

3. ホットスポット応力の影響面 標準的な形状の鋼床版に対して、0.5t-1.0t 法によるホットスポット応力の影響面を求め、縦リブ位置、デッキプレート厚、横リブ間隔の影響を検討した。解析モデルを図-3 に示す。モデル化方法は前章と同様である。

表-1 対象とした疲労試験の一覧

疲労試験 No.	繰返し数 (万回)	き裂長 (mm)
No.1 村越ら ¹⁾	8	約 30
	20	約 30
No.2 杉山ら ²⁾	10	37
	10	39
No.3 鈴木ら ³⁾	367.5	40 前後
No.4 三木ら ⁴⁾	300	不明
No.5 藤原ら ⁵⁾	約 300	不明
No.6 平野ら ⁶⁾	69	12
	69	20

表-2 検討した応力算出法 *: t は主板厚

算出法		参照点の溶接 止端からの距離*	標本分散 ($\times 10^{-2}$)
1 点代表法	3mm 法	3mm	4.43
	4mm 法	4mm	5.20
	5mm 法	5mm	6.54
2 点外挿法	0.5t-1.0t 法	0.5t, 1.0t	3.09
	0.5t-1.5t 法	0.5t, 1.5t	3.38
	4-6mm 法	4mm, 6mm	3.83
	4-10mm 法	4mm, 10mm	4.24
	IIW 2 点法	0.4t, 1.0t	3.12
3 点外挿法	IIW 3 点法	0.4t, 0.9t, 1.4t	2.80

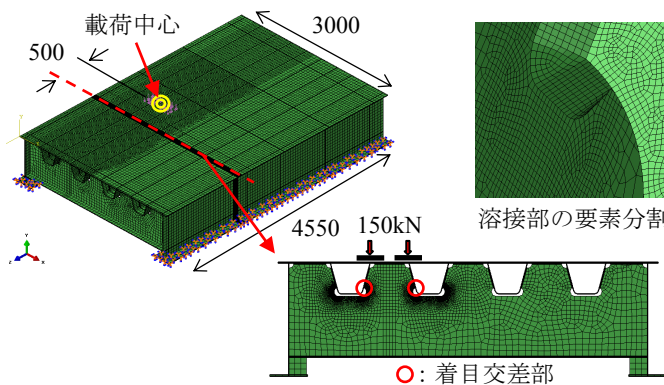


図-1 解析モデルの例（試験 No.1）（単位：mm）

キーワード 鋼床版、縦リブ横リブ交差部、ホットスポット応力、影響面

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 TEL052-789-4618

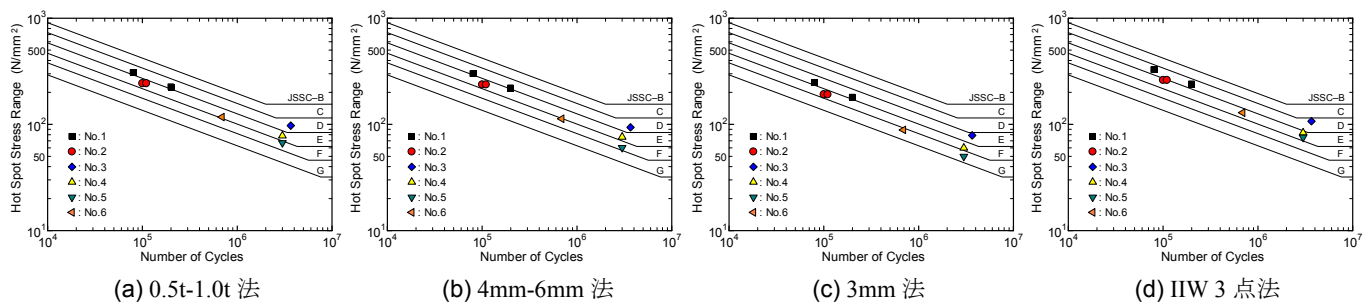


図-2 ホットスポット応力による疲労試験結果の整理

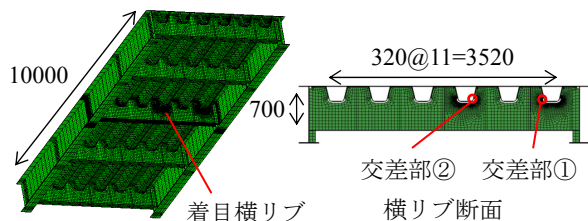


図-3 解析モデル

対象は、縦リブ 6 本、縦リブ 4 スパン分の鋼床版である。縦リブおよびスリット形状は標準的なもの⁹⁾とし、縦リブは U-320×240×6、横リブウェブ厚、縦リブ間隔はそれぞれ 9mm、320mm であり、デッキ厚を 12mm、16mm、横リブ間隔を 2000mm、2500mm と変化させた。着目した溶接部は図-3 に示す 2 箇所であり、交差部①は主桁ウェブに近接する縦リブを、交差部②は一般部を想定したものである。主桁下フランジを完全固定とし、1kN の集中荷重をデッキ上の 864 点に載荷した。

交差部①、②の影響面を図-4 に示す。これはデッキ厚 12mm、横リブ間隔 2500mm のときの結果である。ホットスポット応力は隣接した横リブまでの間で大きく変化し、2 つ隣の横リブ直上ではほぼゼロとなる。また橋直方向では、隣接する縦リブまでの間で変化が顕著である。応力の最大値は、橋直方向は着目交差部近傍で、橋軸方向は横リブから 500mm から 1000mm ほど離れた位置で生じており、影響範囲は狭いことがわかる。交差部①と②では、端部に位置する交差部①で値が大きくなり、最大値は交差部②の約 1.26 倍であった。つまり、主桁近傍のある縦リブのほうがき裂が生じやすいといえる。デッキ厚を 16mm にした場合、また横リブ間隔を 2000mm にした場合には、全体的な分布は図-4 と同様であったが、デッキの増厚または横リブ間隔を狭めることにより縦リブのねじれ変形が抑えられるため、応力の絶対値は若干減少した。最大値は図-4 の 0.86 倍程度であった。

4. まとめ 鋼床版の閉断面リブと横リブスリットの溶接部の疲労強度を評価できる手法について検討した。その結果、ホットスポット応力の考え方をを用いて疲労強度を評価可能なことが示された。今後の試験結果の蓄積が望まれるが、今回の検討範囲では、0.5t-1.0t 法と JSSC-E 等級により評価できると考えられる。

謝辞 本研究を進めるにあたり、日本橋梁建設協会鋼床版小委員会の川畑篤敬委員長をはじめ、交差部 WG 委員には多大なるご助言をいただきました。ここに記して深謝申し上げます。

参考文献 1) 村越ら：共同研究報告書 第 405 号, 2010. 2) 杉山ら：土木学会論文集 A1, Vol.70, No.1 pp.18-30, 2014. 3) 鈴木ら：構造工学論文集, Vol.37A, pp.1169-1179, 1991. 4) 三木ら：土木学会論文集, No.519, I-32, pp.127-137, 1995. 5) 藤原ら：第 17 回日本道路会議, 1987. 6) 平野ら：土木学会第 61 回年次学術講演会, I-564, pp.1125-1126, 2006. 7) 日本鋼構造協会：疲労設計指針・同解説, 2012. 8) IIW: XIII-2151-07, 2007. 9) 日本道路協会：疲労設計指針, 2002.

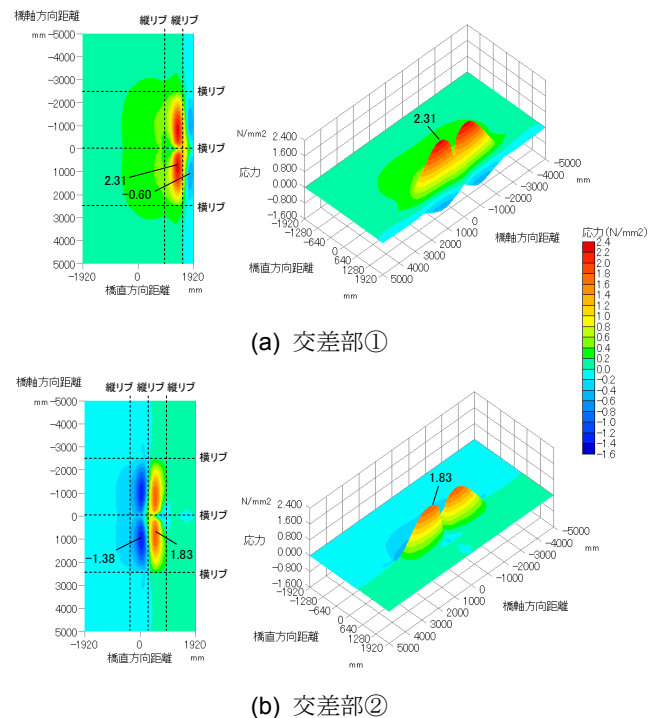


図-4 ホットスポット応力の影響面