

付加板が近接する溶接継手の疲労強度

名古屋大学 学生会員 ○加瀬 駿介 名古屋大学 フェロー会員 館石 和雄
 名古屋大学 正会員 判治 剛 名古屋大学 正会員 清水 優

1. はじめに

鋼構造物の疲労設計は、単体の継手に対して与えられた疲労設計曲線を基に行われる¹⁾。その一方で、実構造物では複数の継手が近接して存在する場合もあり、このときの疲労強度は継手単体として考えたときのそれと異なる可能性がある。本研究では、主桁ウェブの水平補剛材と垂直補剛材が近接する箇所に着目し、継手間のギャップ量が水平補剛材および垂直補剛材止端付近の応力分布や疲労強度に及ぼす影響を検討した。

2. 試験概要

試験体はフランジ 200×12×4400 (mm)、ウェブ 400×9×4400 (mm) の鋼 I 桁とした。ウェブにはフランジ上下縁から 100mm の位置に 70×9×800 (mm) の水平補剛材が片面のみに取り付けられており、その水平補剛材の端部から 35mm, 50mm, 100mm 離れた位置に 80×9×400 (mm) の垂直補剛材を設置した。また、比較として垂直補剛材を設置せずに水平補剛材単体とした試験体も用いた。図-1 に示すように水平補剛材と垂直補剛材の間にはひずみゲージを密に配置した。荷重は 3 点曲げで行い、静的荷重による応力分布の計測と繰返し荷重による疲労試験を行った。疲労試験では応力比をほぼゼロとし、振動数 0.9Hz で荷重した。試験体に用いた鋼材の機械的性質および化学的成分は表-1 に示している。

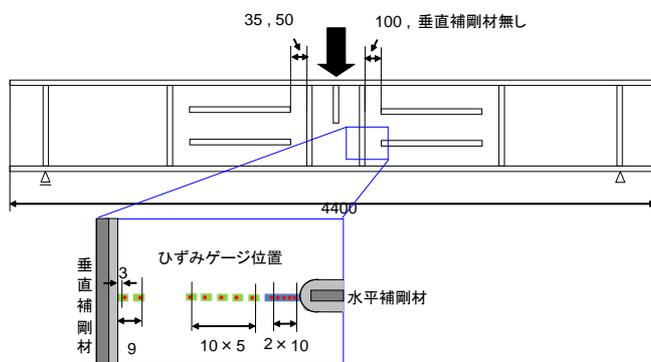


図-1 試験体 (単位: mm)

3. 有限要素解析

有限要素解析を用いて継手間のギャップ量が水平補剛材近傍の応力分布に与える影響を検討した。解析モデルの寸法は試験体寸法と同じであり、単純支持とし、スパン中央に荷重した。水平補剛材の廻し溶接部は試験体において実測した脚長とし、止端半径はモデル化していない。着目する止端部周辺のメッシュサイズは一辺が約 1mm とし、ヤング係数は 200kN/mm²、ポアソン比は 0.3 とした。

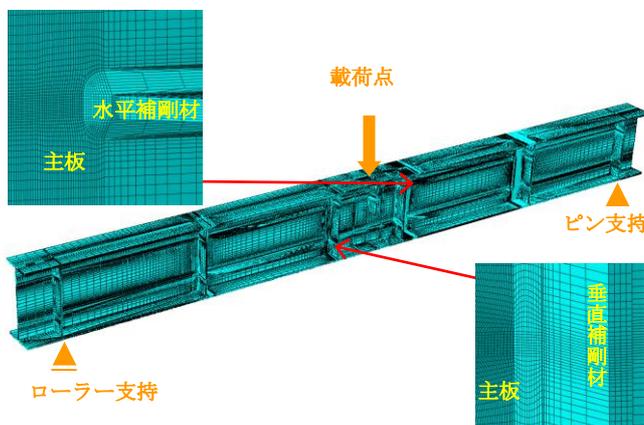


図-2 解析モデル

表-1 供試鋼材の機械的性質と化学成分(ミルシート)

部位	鋼種	降伏応力 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び (%)	化学成分 (%)				
					C	Si	Mn	P	S
上下フランジ	SM490YA	409	547	27	0.16	0.40	1.40	0.017	0.004
ウェブ 補剛材		480	574	20	0.16	0.40	1.39	0.015	0.005

キーワード 疲労強度, 溶接継手, 有限要素解析, ICR

連絡先 〒464-8603 愛知県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 TEL:052-789-4620

4. 水平補剛材止端近傍のひずみ分布

継手間のひずみの計測結果と解析結果を図-3に示す。これは引張側の荷点側にある補剛材間の応力分布であり、応力値を梁理論で求めた公称応力で除したものを縦軸としている。計測値と解析値は比較的良好に一致している。また継手間のギャップの小さい35, 50, 100mmの場合、水平補剛材単体の場合に比べて補剛材止端近傍の応力が若干高い。しかし35mmの場合でも水平補剛材だけの場合に比べて1.09倍程度であり、疲労強度への影響は小さいと考えられる。

5. 疲労試験結果

疲労試験では、き裂が水平補剛材廻り溶接止端から発生し、止端に沿って進展したあと、ウェブに約10mm進展したときの繰返し数を疲労寿命と定義した。疲労寿命と主応力範囲の関係を図-4に示す。ここで、主応力は水平補剛材端部の位置に作用する曲げモーメントとせん断応力から算出した公称値である。今回のI桁の疲労試験で着目した水平補剛材止端では、主応力範囲の理論値は95N/mm²程度であった。試験の結果、疲労強度はG等級程度であり、ギャップ量が小さくなるほど疲労強度が低くなる傾向がみられるが、その違いは1等級程度以内に収まっている。

疲労寿命に達したき裂はICR処理²⁾により補修して試験を継続し、これまで検討事例の少ない膜応力が支配的な条件下での処理効果を検討した。ICR後の処理部近傍のひずみ計測より、ICRを施したき裂表面の再開口は確認されなかったが、いくつかの継手ではき裂が板厚方向に進展し、ウェブを貫通した。ICR処理後からき裂がウェブを貫通するまでの繰返し回数と主応力範囲の関係を図-5に示す。ICR処理後にき裂が板厚を貫通するまでの繰返し回数は図-4の疲労試験結果より少ない。すなわち、膜応力が支配的な条件下では、ICR処理によってき裂表面が閉口していても、板内部でき裂が進展して板厚を貫通することがある点に注意する必要がある。

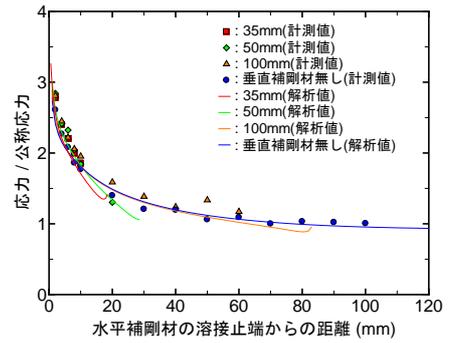
6. まとめ

水平補剛材と垂直補剛材が近接する継手部を対象とし、その疲労強度を実験と解析により検討した結果、ギャップ量の大小により応力集中の程度はわずかに異なるが、疲労強度でみると1等級程度以内であることがわかった。また膜応力が支配的な条件下へのき裂にICR処理を施す場合には、板厚方向のき裂進展についても十分に注意する必要があることが示された。

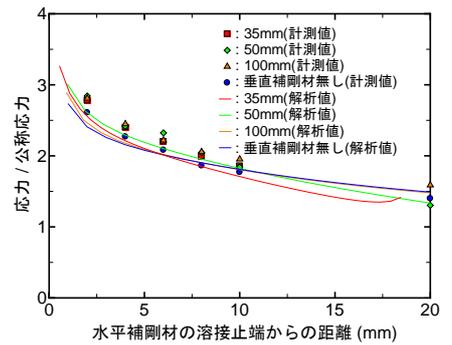
謝辞：本研究の一部は国土交通省「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(代表：館石和雄)によるものであります。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 日本道路協会:鋼道路橋の疲労設計指針, 丸善, p.19, 2002.
- 2) 山田健太郎, 石川敏之, 柿市拓巳:疲労き裂を閉口させて寿命を向上させる試み, 土木学会論文集 A, Vol.65, No.4, pp.961-965, 2009.



(a) 全体図



(b) 止端近傍

図-3 計測値と解析値の比較

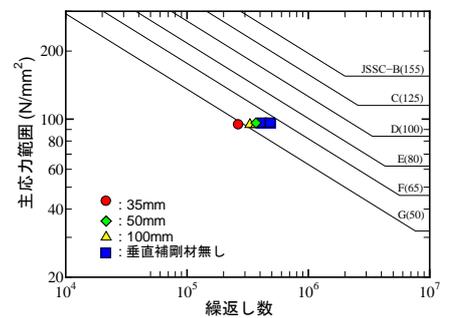


図-4 疲労試験結果

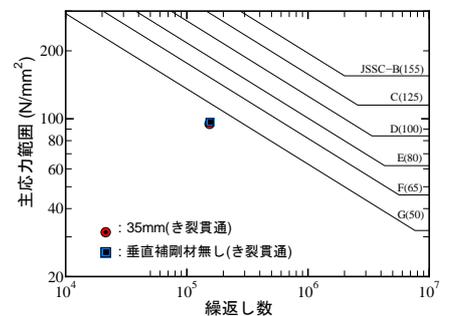


図-5 ICR処理後の繰返し回数