

垂直補剛材上端の半円切欠き工法による鋼床版の応力低減効果

名古屋大学○学生員 柿市 拓巳 正会員 山田 健太郎 石川 敏之

1. はじめに

鋼道路橋に用いられる鋼床版に発生する疲労き裂のうち、特に、発生事例が多く報告されているのは、鋼床版と垂直補剛材上端部のまわし溶接部である。このき裂は、大型車の輪荷重により発生する板曲げ変形の繰り返しによって発生する¹⁾。たとえば、A橋では、この疲労損傷が600箇所以上で確認されている(図-1)。そのため、この種のき裂の発生・進展を抑制するため、垂直補剛材上端部に半円孔を設ける補修が行なわれた。この方法は、半円孔を設けることで、垂直補剛材の鉛直方向の剛性を緩和し、鋼床版側および垂直補剛材側の溶接止端近傍の応力が大幅に低減する、応力緩和の考え方を応用したものである²⁾。



図-1 垂直補剛材の疲労き裂

本研究では、半円孔による応力低減の効果を確認するために、実働荷重下で応力実測を行なった。また、アスファルト舗装の剛性が温度に依存することが知られており、その影響を確認するために、2008年3月と8月の2回応力実測を行なった。さらに、この応力実測の結果を用いて疲労耐久性を評価した。

2. 実働荷重による応力実測

応力実測は、24時間のひずみを連続的に測定した。対象とした計測箇所は、鋼床版と垂直補剛材上端部のまわし溶接部近傍の鋼床版側であり、半円孔の有無によるそれぞれの計測を行なった。計測には、疲労き裂が発生していない隣り合う垂直補剛材を選択した。2008年8月には、すべての垂直補剛材に半円孔が設けられていたので、半円孔を有するもののみ計測を行なった。計測位置は、溶接止端から12mmの位置にひずみゲージを貼り付けた。

3. 応力実測の結果

24時間実測したひずみ波形から、レインフロー法を用いて求めた応力範囲頻度分布を図-2に示す。図-2(a)と(b)は、3月に計測した半円孔無し(原設計)と半円孔が設けられたもの、(c)は8月に計測した半円孔が設けられたものの応力範囲頻度分布である。同一の軸重を受けた(a)と(b)の応力範囲頻度分布を比較すると、半円孔を設けることにより最大応力が50%程度低下しており、大幅な応力低減効果を確認することができた。また、気温が高い8月のほうが、気温が低い3月に比べて最大応力が2.5倍発生していることがわかる。これは、気温が高いことによりアスファルト舗装の剛性の低下ならびに荷重分散機能の低下が原因であると考えられる。

4. 疲労耐久性評価のためのS-N線図の推定

垂直補剛材の疲労耐久性評価には、山田ら³⁾により明らかにされている垂直補剛材上端部のまわし溶接部を模した面外ガセット試験体の板曲げ疲労強度を用いる。面外ガセットの疲労強度のデータは数多くあるが、半円孔を有するもののデータ

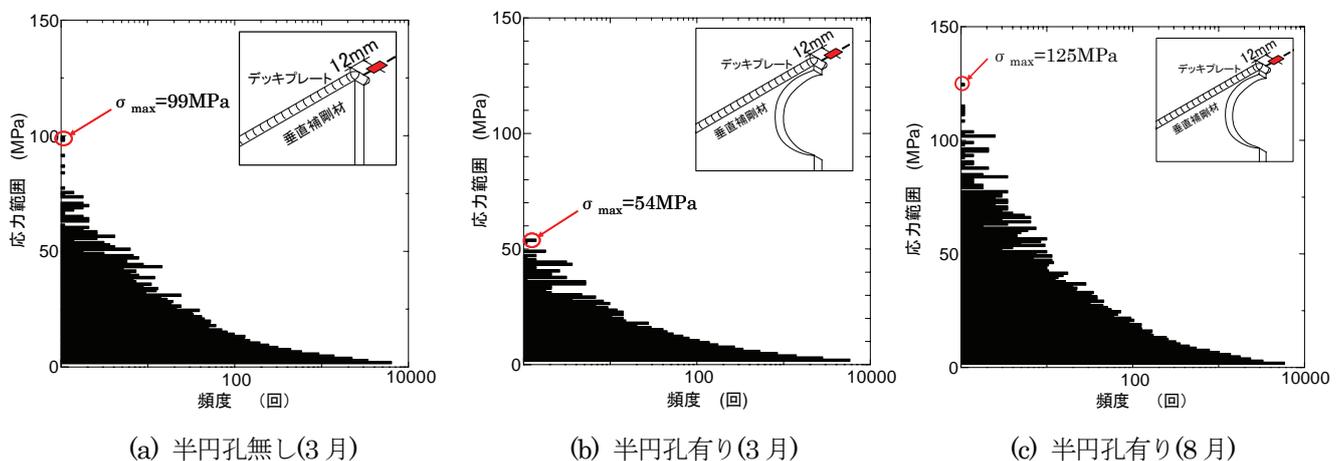


図-2 応力範囲頻度分布

はほとんどない。そこで、1mm^④法により疲労強度を推定する。1mm法に用いるき裂の進展方向に1mmの応力をFEM解析により求める。解析モデルの例を図-3に示す。解析モデルは、左右対称性を考慮して1/2モデルとした。解析から得られた1mm応力は、半円孔の有無に対してそれぞれ、1.87と2.71であった。1mm法により推定した疲労強度と試験結果を図-4に示す。図の応力範囲は、試験体の溶接止端より板幅方向に75mmの位置の公称応力範囲を用いている。図-4(a)は、疲労き裂が発生した段階(N_{toe})、(b)はき裂が溶接止端から10mm進展した段階(N_{10})のものである。1mm法の結果は、 N_{toe} に対しては、疲労強度を高く推定しており、N10に対しては、疲労強度を低く推定している。図-4には示されていないが面外ガセットの試験の疲労き裂が溶接止端から離れる段階(N_b)の結果に対して1mm法の結果がよく一致していた。したがって、推定したS-N線図は、 N_b の段階のものであることが考えられる。

5. 疲労耐久性の評価

計測により得られた応力範囲頻度分布と推定したS-N線図を用いて垂直補剛材の疲労耐久性評価を行なう。ここで、面外ガセットの疲労強度は、溶接止端から板幅方向に75mm離れた位置の公称応力範囲を用いて評価されている。計測を行なった12mmの位置では、構造形状の変化などによる応力集中を受けているため、発生応力が公称応力よりも高い。FEM解析により12mmの位置の応力と75mmの位置の応力の比を求めると、半円孔の有無による値は、それぞれ1.70と1.86であった。試験結果では、1.60程度であり、解析の値と近い。したがって、半円孔の有無に対して応力範囲頻度分布をそれぞれの1.70、1.86で除した値を用いて疲労耐久性評価を行なう。

3月に計測した結果に対して、疲労寿命は、半円孔無しの垂直補剛材では88年程度、半円孔を有するものでは2100年程度となった。この結果は、3月のみの結果で発生応力が小さいため、非常に長い疲労寿命となっているが、半円孔の有無で比較すると半円孔を設けることにより疲労寿命が大幅に伸びており、半円孔を設けることは有効な補修方法であることがわかる。さらに、半円孔を有するものについては、計測により得られた3月と8月の応力範囲頻度分布を平均して疲労寿命を予測した結果、200年程度となり、供用中は疲労損傷が生じないと考える。

6. まとめ

本研究では、垂直補剛材上端部に半円孔を設けることによる応力低減効果を確認するために実働荷重下で応力実測を行ない、半円孔を設けることにより最大応力で50%程度の応力低減を確認した。さらに、計測結果を用いて疲労耐久性評価を行なった結果、半円孔を設けることにより無いものに比べて大幅な疲労寿命の向上がみられ、半円孔を設けることが有効な補修方法であることを確認した。

謝辞: 本研究を行なうにあたり、愛知県海部建設事務所山田純司氏、名城大学小塩達也助教、瀧上工業坂部泰樹氏、愛測エンジニアリング樽谷省三氏にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献: 1) 三木ら：鋼床版箱桁橋のデッキプレート近傍に発生した疲労損傷の原因，土木学会論文集，No.780，pp.57-69，2005。 2) 高田ら：半円切欠き工法による鋼床版垂直補剛材溶接部の疲労対策の検討，鋼構造年次論文報告集，第15巻，pp.343-350，2007。 3)例えば，山田・小塩江・小塩：垂直補剛材と鋼床版デッキプレートのすみ肉溶接の曲げ疲労試験，鋼構造論文集，第14巻，第55号，pp.1-8，2007。 4) Xiao, Z. and Yamada, K: A method of determining geometric stress for fatigue strength evaluation of steel welded joints, *International Journal of Fatigue*, Vol.26, pp.1277-1293, 2004.

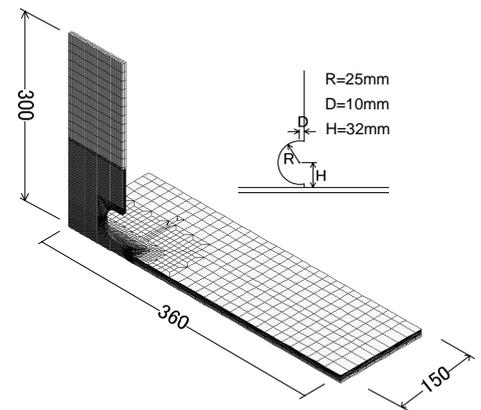
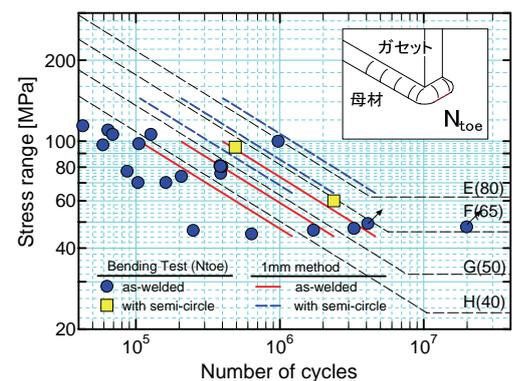
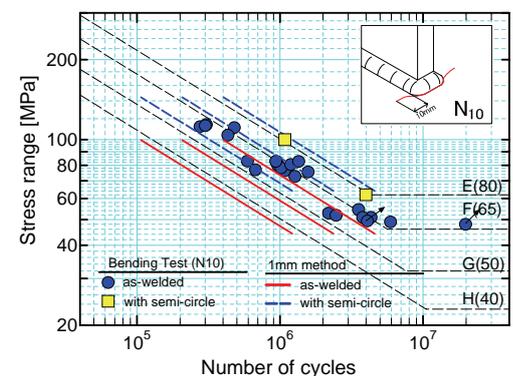


図-3 解析モデル



(a) N_{toe}



(b) N_{10}

図-4 面外ガセット試験体のS-N線図