

鋼床版デッキプレートと U リブのすみ肉溶接を対象とした応力実測

名古屋大学 学生会員 村井 啓太 Ya Samol 正会員 山田 健太郎 石川 敏之

1. はじめに

現在鋼床版の損傷事例が多数報告されている．その中で，鋼床版と U リブのすみ肉溶接のルート部から発生する疲労き裂は図-1 に示されるように，①デッキプレート貫通タイプの疲労き裂，②ビード貫通タイプの疲労き裂に分類される．本研究では，これらの疲労き裂を対象とした実橋の応力実測を行い，疲労寿命予測をしたので報告する．

2. 応力の測定位置

これまでの研究で，溶接ルート部に発生する応力 σ_{root} を用いて①のデッキ貫通タイプの疲労強度を評価した¹⁾．実橋では σ_{root} が計測できないので，図-2 に示されるように，対象とするすみ肉溶接まわりの 4 点の応力を計測し， σ_{root} を推定する．すなわち，図-3 に示されるように，デッキプレートと U リブの交点 A を中心とした曲げモーメントのつり合いを考える．さらに，交点 A 近傍の曲げモーメント分布は線形であると仮定して，交点 A での曲げモーメント M_{deck} ， M_{rib} を，図-2 に示される 4 ケ所の応力 σ_{D5} ， σ_{D25} ， σ_{U5} ， σ_{U25} から線形外挿することにより求める．この方法により得られるルート部の応力は次式で表される．

$$\sigma_{root} = \left\{ \sigma_{D5} + \frac{L_{deck}}{20} (\sigma_{D5} - \sigma_{D25}) \right\} - \left\{ \sigma_{U5} + \frac{L_{rib}}{20} (\sigma_{U5} - \sigma_{U25}) \right\} \left(\frac{t_{rib}}{t_{deck}} \right)^2 \quad (1)$$

ここに， t_{deck} はデッキプレートの板厚， t_{rib} は U リブの板厚， L_{deck} ， L_{rib} はそれぞれ，D5 および U5 から図-3 の点 A の位置までの外挿距離である．また一般的に，デッキ側溶接止端から 5mm の位置（図-2 中の D5 位置）の応力 σ_{D5} を計測する場合が多い．そこで比較のために， σ_{D5} に対しても疲労寿命評価を行った．

②のビード貫通タイプの疲労強度については，溶接のど厚部に発生する応力 σ_{throat} を用いて評価している¹⁾．実橋の σ_{throat} を，U リブ上の U5，U25 位置の 2 点の応力 σ_{U5} ， σ_{U25} を線形外挿して推定する．

$$\sigma_{throat} = \left\{ \sigma_{U5} + \frac{l}{20} (\sigma_{U5} - \sigma_{U25}) \right\} \cdot \left(\frac{t_{rib}}{a} \right)^2 \quad (2)$$

ここに， l は外挿距離， a はのど厚である．脚長が 6mm，溶け込み量が 75%と仮定し，のど厚を 7.6mm と推定した．また既往の研究では，この線形外挿が常に定数倍になると仮定して，次式を用いて σ_{throat} の推定を行っている²⁾．

$$\Delta \sigma_{throat} = \beta \cdot \Delta \sigma_{U5} \cdot \left(\frac{t_{rib}}{a} \right)^2 \quad (3)$$

本研究では $\beta=1.07$ として，式(3)を用いた評価を行った．

3. 応力実測

応力実測は，2008 年 3 月 11 日～12 日の 2 日間に行った．実測を行った A 橋は橋長 966m の 3 径間連続鋼床版箱桁橋 4 連の橋であり，供用開始は 1984 年である．サンプリングタイム 1/200 秒で 24 時間応力実測を行った．A 橋には BWIM³⁾を利用した荷重警報システムが設置

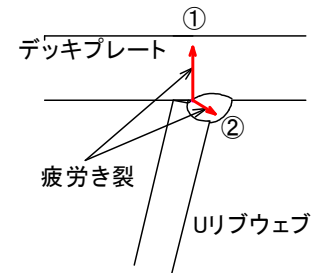


図-1 対象とする疲労き裂

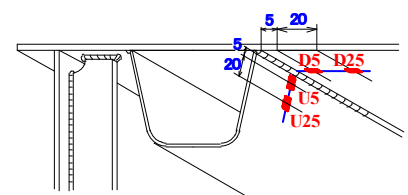


図-2 計測位置

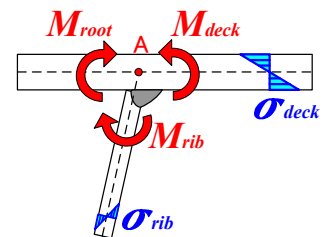


図-3 曲げモーメントのつり合い

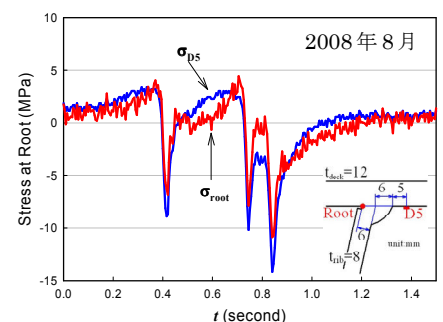
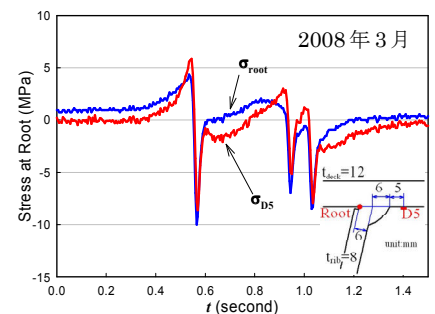


図-4 デッキ貫通タイプの応力波形

されており、走行した車両の総重量を計測できる．そこで、軸数や総重量が同程度の車両の応力波形を使って、気温の違いによる発生応力の比較を行った．測定日の最高気温は、3月が16.8℃、8月が36.6℃であった．

【①デッキ貫通タイプ】

式(1)で推定したルート部の応力 σ_{root} および D5 位置の応力 σ_{D5} の経時変化の一例を図-4 に示す．この図から、 σ_{root} と σ_{D5} では若干異なる波形になることが分かる．また、3月と8月では波形の違いはあまりないものの、発生する応力範囲は8月の方が大きくなることが分かる．

σ_{root} および σ_{D5} の応力波形に対して、レインフロー法を用いて一日の応力頻度分布を作成し、疲労寿命予測を行った結果を表-1 に示す．この表では、文献1の疲労試験から得られた疲労強度に対する平均線とばらつきの上下限值に対する疲労寿命が示されている．ただし、ノイズの影響を考慮して、2MPa 以下の応力とその頻度は無視した．

この表より、 σ_{root} を用いて予測した疲労寿命は、 σ_{D5} で予測した疲労寿命とほぼ同じである．また、3月よりも8月の結果を用いた方が、疲労寿命は短くなることが分かる．

【②ビード貫通タイプ】

式(2)および式(3)から推定したのど厚部の応力 σ_{throat} の経時変化の一例を図-5 に示す．この図から、2つの σ_{throat} はほぼ同じ波形になることが分かる．また、8月の方が応力範囲が大きいことが分かる．

デッキ貫通タイプの場合と同様に、疲労寿命予測を行った結果を表-2 に示す．式(2)、式(3)のそれぞれを用いて予測した疲労寿命はほぼ同じである．したがってビード貫通タイプに対する疲労寿命は、式(3)で求めた σ_{throat} を用いて予測することが可能であると考えられる．またデッキ貫通タイプと同様に、8月の方が急激に疲労寿命は短くなる傾向があることが分かる．実橋ののど厚 a が本研究で推定したものよりも小さい場合、その疲労寿命は $(a/7.6)^6$ 倍短くなる．例えば、 $a=4.5\text{mm}$ であれば 0.04 倍の疲労寿命になる．

まとめ

デッキ貫通タイプとビード貫通タイプの疲労き裂を対象として実橋の応力実測を行った．この結果を用いて疲労寿命予測を行った結果、A 橋ではデッキ貫通タイプよりもビード貫通タイプの疲労き裂の方が早く発生する可能性が高いことを明らかにした．デッキ貫通タイプに対して、 σ_{root} と σ_{D5} を用いた場合、疲労寿命はほぼ同じとなった．また、ビード貫通タイプには式(3)を用いて推定したのど厚部の応力を用いることで疲労寿命予測が可能である．ただし、他の橋梁でもこの評価法の検討を行い、この方法が一般の U リブを用いた鋼床版でも適用可能であるか検討が必要である．

謝辞

実橋での応力実測を行うにあたり、愛知県海部建設事務所の山田純司氏、愛測エンジニアリング樽谷省三氏、名城大学的小塩達也助教、瀧上工業(株)の坂部泰樹氏に多大なるご協力を頂きました．ここに記して感謝の意を表します．

参考文献

- 1) 村井啓太, Ya Samol, 山田健太郎, 石川敏之: 鋼床版デッキプレートと U リブのすみ肉溶接の疲労強度とその評価法, 土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集, pp.139-140, CD-ROM, 2008
- 2) 川上順子, 伊藤進一郎, 川畑篤敬, 松下裕明 (2005): 鋼床版デッキプレートと U リブ溶接部の疲労試験, 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集
- 3) 小塩達也, 山田健太郎, 若尾政克, 因伝智博: 支点反力による BWIM を用いた自動車軸重調査と荷重特性の分析, 構造工学論文集, vol.49A

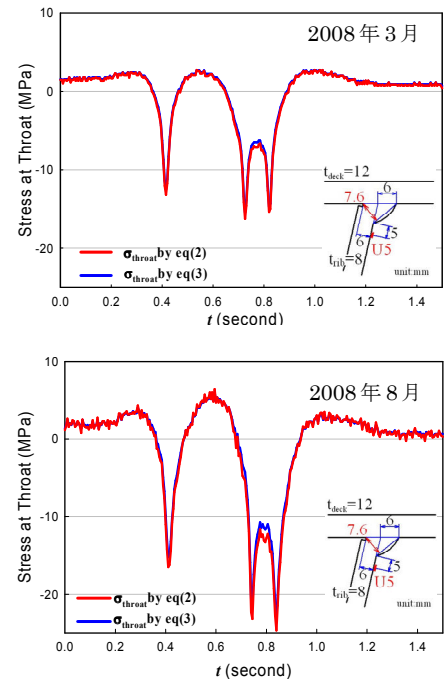


図-5 ビード貫通タイプの応力波形

表-1 デッキ貫通タイプに対する疲労寿命予測結果

疲労寿命 T (年)		mean-2s	mean	mean+2s
3 月	σ_{root}	1475	4283	∞
	σ_{D5}	1593	4625	∞
8 月	σ_{root}	41	120	349
	σ_{D5}	52	152	441

表-2 ビード貫通タイプに対する疲労寿命予測結果

疲労寿命 T (年)		mean-2s	mean	mean+2s
3 月	式(2)	117	416	1480
	式(3)	96	340	1208
8 月	式(2)	27	95	336
	式(3)	24	85	301