

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

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溶接切断タイプの疲労き裂に分類される．どちらのき裂も溶接ルート部の閉断面内から発生するので，目視点検による発見が困難である．本研究では，デッキプレートと U リブのすみ肉溶接の疲労耐久性の評価を行うために，デッキプレート貫通タイプと溶接切断タイプについて，疲労試験を実施し，既往の研究との比較を行い，疲労強度を明らかにする．また，①に作用する応力の推定方法について議論する．

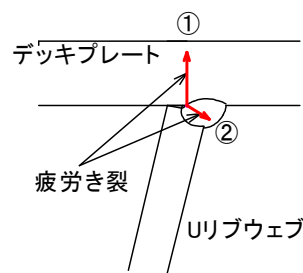


図-1 対象とする疲労き裂

2. 板曲げ疲労試験

本研究で用いた疲労試験体は，日本橋梁建設協会が行った実物大鋼床版の移動輪荷重試験¹⁾に用いられた試験体の，疲労損傷のない部分から切出して製作したものである．図-2 (a)に示される試験体は，②の溶接切断タイプの疲労き裂の発生を想定しており，リブ厚が 6mm と 8mm の 2 種類用意した．一方，図-2 (b)，(c)の試験体は，①のデッキプレート貫通タイプの疲労き裂の発生を想定している．

疲労試験には，板曲げ振動疲労試験機を改良して，本試験体用に製作したものを用いた．予め試験体の自由端端部を上下からコイルバネで挟み込み，その締付けの差によって試験体に静的な曲げ(予荷重)を与え，その状態のまま加振機を振動させることにより片振りの疲労試験を行った．

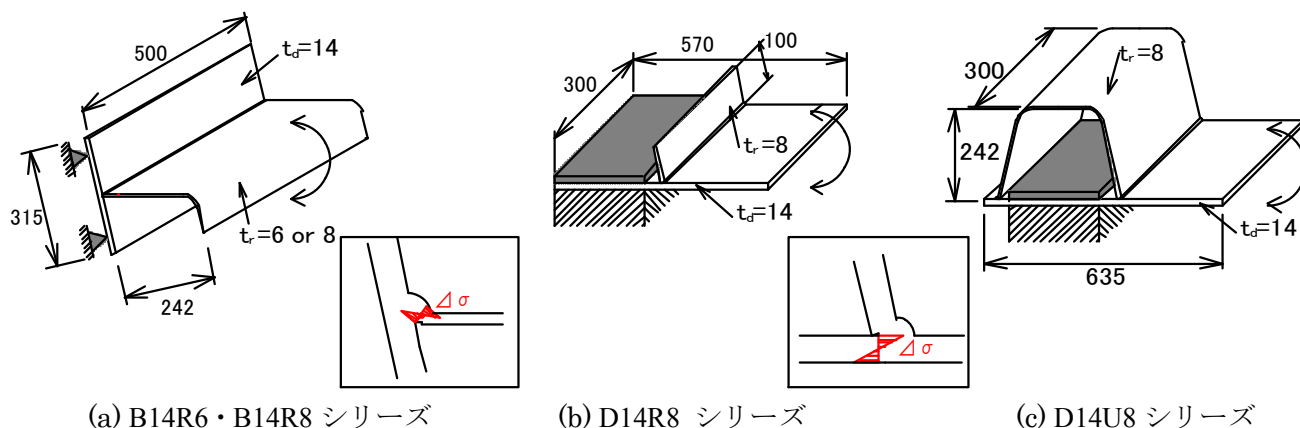


図-2 疲労試験体

3. 疲労試験結果

溶接切断タイプについて，疲労試験の結果の S-N 線図を図-3 に示す．この図には，既往の疲労試験の結果^{2),3)}も示されている．縦軸は，のど厚部の応力範囲を示し，横軸は，溶接止端から 5mm の位置の U リブの応力範囲が 10%低下したときの繰返し回数を示す．図中の赤線が本試験結果および既往の研究結果の疲労寿命平均線と疲労寿命のばらつきの上下限界を表している．疲労試験の結果から，継手ののど厚部の応力範囲で評価した場合，溶接切断タイプに対する疲労強度の下限値は JSSC の継手等級で E 等級程度となった．

次に，デッキプレート貫通タイプの疲労試験結果および過去の疲労試験の結果⁴⁾を図-4 示す．縦軸は，溶接ルート部の公称応力範囲を示し，横軸は，溶接ルートから 5mm の位置のデッキプレートの応力範囲が 5%低下したときの繰返し回数を示す．図中の赤線が本試験結果，および過去の試験結果の疲労寿命平均線と疲労寿命のばらつきの上下限界を表している．本試験の結果から，D14R8 と D14U8 の疲労強度の違いは見られなかった．過去の疲労試験体 D12R8 シリーズと本試験の D14R8 シリーズと比べると，デッキプレート厚が 14mm の試験体の方が疲労強度が若干低い結果となった．

キーワード 鋼床版, U リブ, 疲労試験, 板曲げ

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻 TEL 052-789-4620

4. 疲労耐久性評価への適用方法

実橋では、Uリブに生じる応力が計測できるので、応力実測結果と図-3の疲労強度から②の溶接切断タイプの疲労寿命を推定することができる。しかし、①のデッキプレート貫通タイプに対しては、実橋でUリブ内側のデッキプレートにひずみゲージを貼り付けて、溶接ルート部に生じる応力範囲を計測することが困難である。したがって、Uリブ外側のデッキプレートやUリブの応力から溶接ルート部の応力範囲を推定することが望まれる。

図-5に示されるように、デッキプレートとUリブの交点Aを中心として曲げモーメントがつり合っているので次式が成立する。

$$M_{root} = M_{deck} - M_{rib} \quad (1)$$

ここで、 M_{deck} は、Uリブ外側のデッキプレートの応力から求まる曲げモーメントを溶接ルートに向かって線形外挿した点Aの曲げモーメントであり、同様に、 M_{rib} はUリブの応力から求まる曲げモーメントを線形外挿した点Aの曲げモーメントである。すなわち、 M_{deck} と M_{rib} はUリブの外側のデッキプレートとUリブで計測される応力 σ_D 、 σ_U を用いて、それぞれ次式で与えられる。

$$M_{deck} = \alpha \sigma_D \cdot b \cdot t_d^2 / 6 \quad (2), \quad M_{rib} = \beta \sigma_U \cdot b \cdot t_r^2 / 6 \quad (3)$$

ここに、 t_d はデッキプレートの板厚、 t_r はUリブの板厚、 b はデッキプレートとUリブの有効幅、 α 、 β は線形外挿に用いる係数である。

溶接ルート部の公称応力 σ_{root} は、 M_{root} を用いて次式で与えられる。

$$\sigma_{root} = 6M_{root} / (b \cdot t_d^2) \quad (4)$$

式(1)に式(2)～(4)を代入し、整理して次式を得る。

$$\sigma_{root} = \alpha \cdot \sigma_D - \beta \cdot \sigma_U \cdot (t_r / t_d)^2 \quad (5)$$

この式を用いて、実橋で計測可能なデッキプレートとUリブの応力から溶接ルート部の公称応力が推定できる。

線形外挿に用いる係数 α は、デッキプレートとUリブのすみ肉溶接近傍において、デッキプレートの2点の応力から算出できる。同様に、 β はUリブの2点の応力から算出できる。

疲労試験を行った図-2(c)の試験体において、デッキプレートの自由端側に鉛直下向きに静的荷重を作用させたときに計測したデッキプレート(D5, D25)とUリブ(U5, U25)の応力を図-6に示す。試験体では、Uリブの内側のデッキプレートにひずみゲージが貼付けできたので、図にはUリブ内側のデッキプレートの応力(R5, R25)も示されている。図-6に示されるデッキプレートとUリブの応力の傾きから α と β を決定し、その値と点D5, U5の応力を式(5)の σ_D 、 σ_U にそれぞれ代入して推定される溶接ルート部に生じる公称応力を図-6に赤丸で示す。この図から分かるように、式(5)から推定される σ_{root} の値は、Uリブ内側のデッキプレートから計測される応力を溶接ルート部まで外挿した値とほぼ一致する。したがって、式(5)を用いてUリブ外側の応力から溶接ルート部の応力を推定することができると考えられる。今後、この方法が実橋で適用できるか確認する。

参考文献

- 1) 川畑篤敬, 井口進, 廣中修, 齊藤史朗(2006): 鋼床版デッキプレートと縦リブ溶接部を対象とした移動輪荷重試験, 第5回道路橋床版シンポジウム講演論文集, pp.247-252, 2) 牛尾正之・植田利夫・村田省三(1985): トラフリブとデッキプレートの接合部の疲労強度特性, 関西道路研究会会報, pp.1-11, 3) 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, 4) 山田健太郎・Ya Samol(2008): Uリブすみ肉溶接のルートき裂を対象とした板曲げ疲労試験, 構造工学論文集 Vol.54A

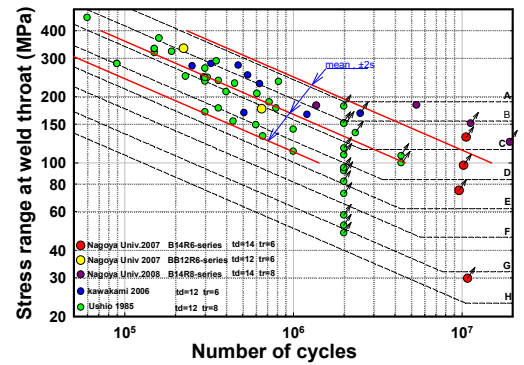


図-3 溶接切断タイプの疲労強度

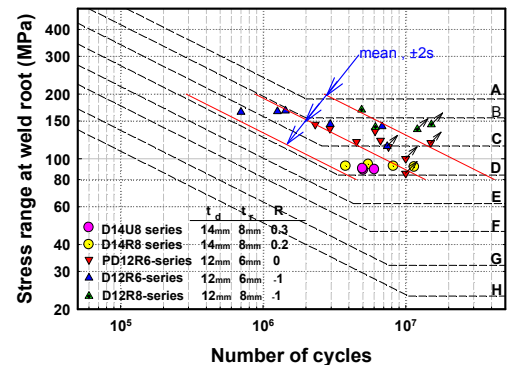


図-4 デッキプレート貫通タイプの疲労強度

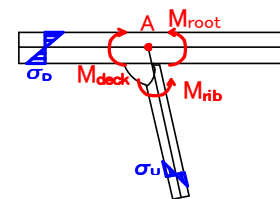


図-5 曲げモーメントのつり合い

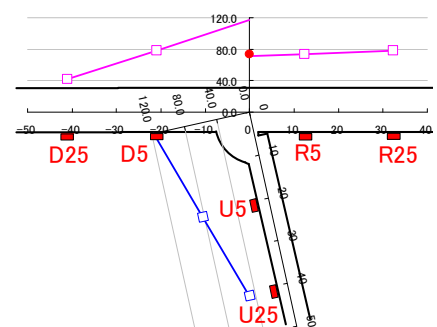


図-6 試験体の応力分布