

疲労耐久性を高めた鋼材の活用による橋梁鋼床版のデッキ貫通寿命延長効果

JFE スチール 正会員 ○ドアン ティー フィン

正会員 栗原 康行

非会員 兵藤 義浩

非会員 崎本 隆洋

非会員 田川 哲哉

1. はじめに

鋼床版において、交通量の増加や重車両の走行により、Uリブとデッキプレート（以降、デッキ）の溶接ルート部を起点としたデッキ貫通き裂の発生が報告されている¹⁾。このような疲労損傷について、多くの調査や対策が検討されてきたが、疲労き裂発生とその進展を抑制する対策について、材料面から検討した例は少ない。本稿では、マイクロ組織制御により疲労耐久性を高めた鋼材（以下、耐疲労鋼）²⁾の適用による鋼床版のデッキ貫通寿命改善効果の検討について報告する。

2. 実験概要

Uリブ鋼床版のウェブ交差部をモデル化した試験体を用いて、実橋の荷重を模擬した疲労試験を実施した。試験体の形状を図1に示す。デッキには、耐疲労鋼と従来鋼の2種類の鋼材を用いた。いずれの鋼材も板厚16mmで引張強度490MPa級である。デッキとUリブ間の溶接は、溶込み量がUリブの板厚の75%程度になるように入熱を制御して施工した。

疲労試験では、トラックのタイヤを想定して、デッキ中央に200mm角の硬質ゴムを介して周波数2.0Hzで最大55kN最小5kNの繰返し荷重を与えた。

試験中に、疲労き裂の発生とその進展挙動を把握するために、デッキ下面のUリブ内側に溶接ルート部から2mm離れた位置でデッキ幅員方向にひずみゲージを貼り付け、疲労試験中に動的ひずみ値を計測した（図2）。試験終了後、デッキとUリブ間の溶接部を切出し、液体窒素（-196℃）に浸漬した後、強制的に脆性破断させ、露出させた破面から疲労き裂の状況を確認した。併せて、破面の3次元形状を測定し、板厚方向のき裂進展経路を調査した。疲労き裂破面に対しては、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いてストライエーションを観察した。ストライエーション間隔から疲労き裂進展速度を類推し、板厚方向のき裂進展に伴う進展速度の変化を調査した。

3. 結果と考察

a) 耐疲労鋼適用による延命効果

図2に疲労試験中のひずみ範囲 $\Delta\varepsilon$ （ $=\varepsilon_{max}-\varepsilon_{min}$ ）の変化を示す。このひずみ範囲の変化はデッキとウェブとの交差位置でのき裂発生と進展に対応したものと考えられる。ひずみ範囲が初期ひずみ範囲と比較して80%低下した繰返し回数をデッキ貫通寿命と考え、従来鋼と耐疲労鋼を比較した。従来鋼の寿命が50

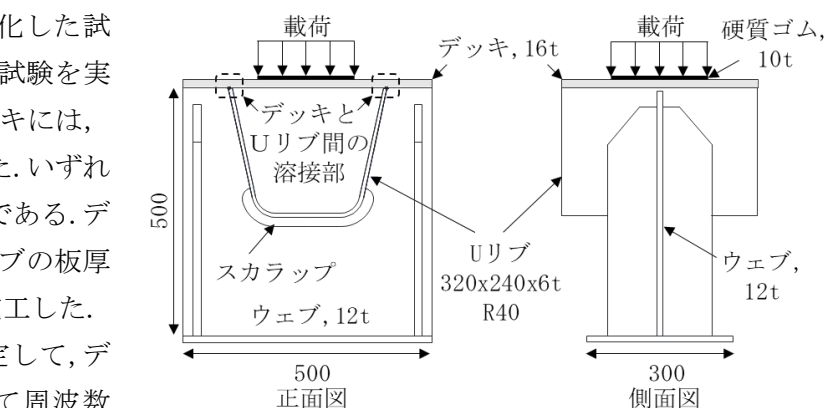


図1 疲労試験体形状(単位:mm)

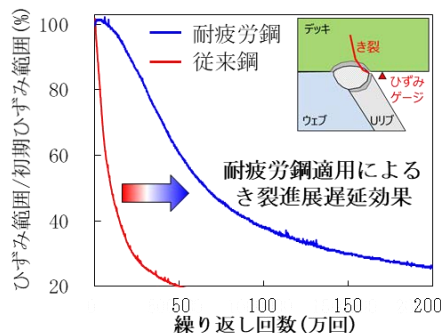


図2 疲労試験中のひずみ範囲の変化

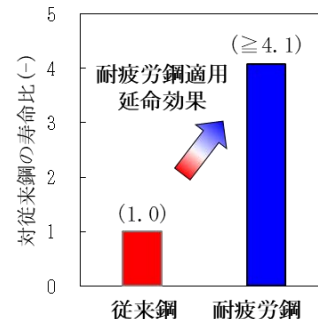


図3 疲労寿命の比較

万回程度であった一方で、耐疲労鋼の寿命は200万回以上であった。図3に示した通り、耐疲労鋼の適用により、鋼床版のデッキ貫通寿命が4倍以上となった。今後、データ数を増やし、この確証を行っていく必要がある。

キーワード 橋梁, 鋼床版, 疲労, デッキ貫通き裂, 耐疲労鋼

連絡先

〒210-0085 神奈川県川崎市川崎区南渡田1-1 JFE スチール(株) TEL 044-322-6260

b) 疲労き裂発生と進展挙動

破面観察により、疲労き裂の発生と進展状況を調査した。図4に200万回繰返し载荷後の疲労破面を示す。図中の点線は疲労破面と強制破断面の境界線を示したものである。破面上のストライエーションの方向からき裂進展方向を特定し、き裂発生起点を求めた。疲労き裂はデッキとウェブとの交差の中央位置の溶接ルート部から発生し、その後デッキの板厚方向と橋軸方向へ進展し、半楕円状のき裂に成長したことが類推される。次に、破面の3次元形状(図5(a))から板厚方向のき裂進展経路(図5(b))を調査した。き裂は溶接ルート部から発生した後、板厚方向に溶接金属、HAZを経て母材へ進展していた。

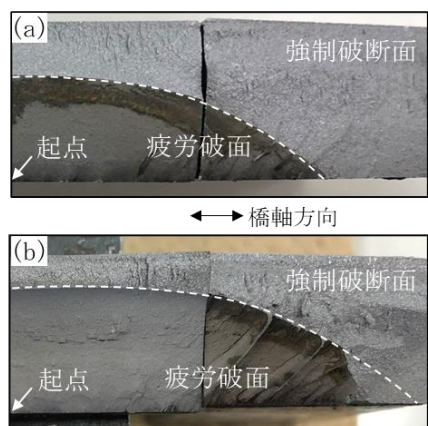


図4 疲労破面: (a) 耐疲労鋼, (b) 従来鋼

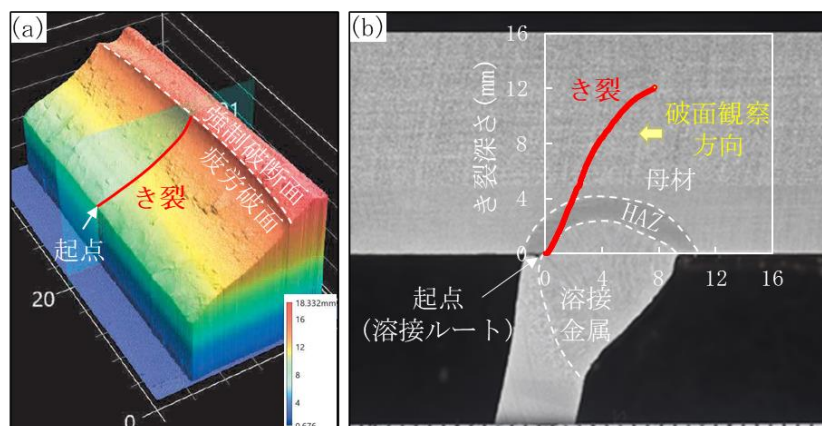


図5 従来鋼の(a)3次元き裂形状と(b)板厚方向のき裂進展経路

幅員方向から破面観察を行い、ストライエーションの間隔を測定し、その間隔から板厚方向のき裂進展速度を評価した。図6に従来鋼と耐疲労鋼の板厚方向のき裂進展速度を示す。HAZ部では、き裂進展速度に従来鋼と耐疲労鋼の間に差は認められなかった。この範囲では、き裂進展は、HAZ組織および溶接残留応力により大きく影響を受けたためと考えられる。一方、母材へ進展した後は、き裂進展速度が低下したものの、耐疲労鋼のき裂進展速度は従来鋼に比較して遅かった。耐疲労鋼母材の高いき裂進展抵抗はUリブ鋼床版構造の疲労寿命改善に有効に働いたと言える。

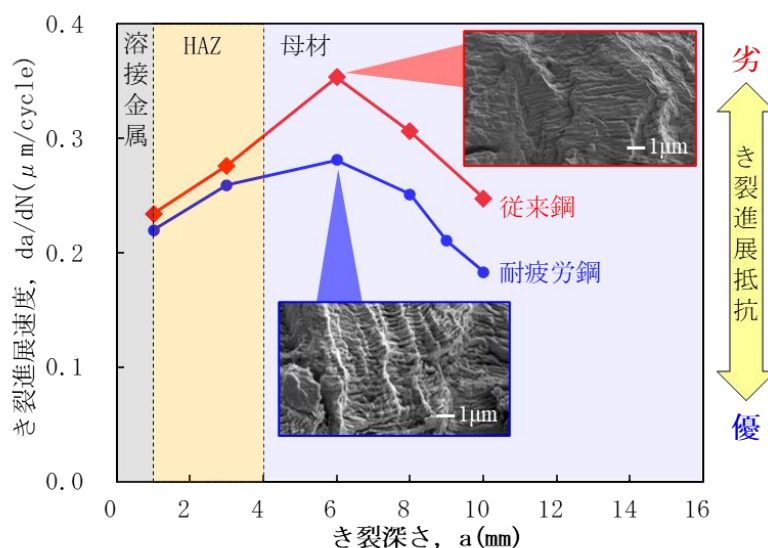


図6 板厚方向のき裂進展速度

4. おわりに

本稿では、ミクロ組織を制御して疲労耐久性を高めた鋼材を適用することにより、鋼床版のデッキ貫通寿命が従来鋼に比べ大きく改善できる可能性があることが分かった。今後、耐疲労鋼適用の延命効果のメカニズムを明確にするために実験や解析で検討を行う。

参考文献

- 1) 三木 千壽, 菅沼 久忠, 富澤 雅幸, 町田 文孝: 土木学会論文集, No. 780/I-70, pp. 57-69, 2005.
- 2) 兵藤 義浩, 柚賀 正雄, 栗原 康行, ドアン ティー フィン, 崎本 隆洋, 村上 善明, 後藤 浩二, 田川 哲哉: 鉄と鋼, Vol. 109, No. 5, pp. 33-43, 2023.