

トラブリブ鋼床版のデッキプレート貫通き裂に対する寿命の 累積疲労損傷比を用いた評価

住友金属工業(株) 正会員 ○西尾 大 (株)横河住金ブリッジ 正会員 上條 崇
住友金属工業(株) 正会員 菅田 登 住友金属工業(株) 正会員 前田 隆雄

1. 目的

重交通路線におけるトラブリブ鋼床版で、デッキプレートとトラブリブとの隅肉溶接ルート部(以降、着目部と称す)からデッキプレートを貫通する方向に発生・進展する疲労き裂が発見されることがある。重大な事故の原因となりかねない深刻な疲労損傷であり、この疲労き裂の発生はデッキプレートの板厚を増しても防止できない可能性があると考えられる¹⁾。この疲労損傷に対する疲労余寿命を定量評価することは、道路交通の安全性の向上に寄与するものとする。本検討では、着目部の疲労強度等級を荷重非伝達十字溶接継手のそれと同等と仮定し、累積疲労損傷概念を導入し、実測された応力範囲頻度分布を用いて、疲労寿命を定量的に推定することを試みた。

2. 検討方法

着目部の応力範囲頻度分布を直接測定することは困難である。過去の例でも、縦リブ支間部の着目部溶接止端部から5mmの位置のデッキプレート下面にひずみゲージを貼付して測定したひずみを基に論じられる^{2,3)}事が多い。近年のFEM解析により、この橋軸直角方向ひずみ範囲(μ)と着目部の橋軸直角方向応力範囲(N/mm^2)の高い線形性が具体的に示されている^{2,3)}ことから、本報告では実用的かつ現実的な方法による簡易的な試算として、データの比較的な豊富な止端部5mm位置の主材のひずみ範囲にヤング係数を乗じて算出した応力範囲を着目部の評価応力範囲として取り扱うこととした。

着目部の疲労強度等級は示されていない。各種の疲労設計指針^{4,5,6,7)}と、デッキプレートとトラブリブの溶接継手試験体に4点曲げ載荷し着目部に繰り返し応力を作用させる疲労試験⁸⁾により示されたおおよそ 2×10^6 回基本疲労強度との比較から、着目部の疲労強度等級はJSSCのE等級⁴⁾に相当すると仮定した(図1)。

E等級に属する継手形式からデータ数が豊富な荷重非伝達型十字継手について、溶接残留応力の影響を考慮したS-N線図の平均線⁹⁾(図2)を採用することとした。

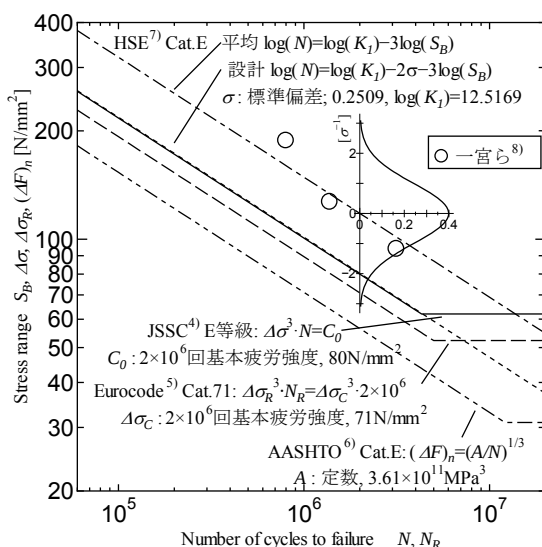


図1 一宮ら⁸⁾の着目部の溶接継手試験結果と各S-N線図

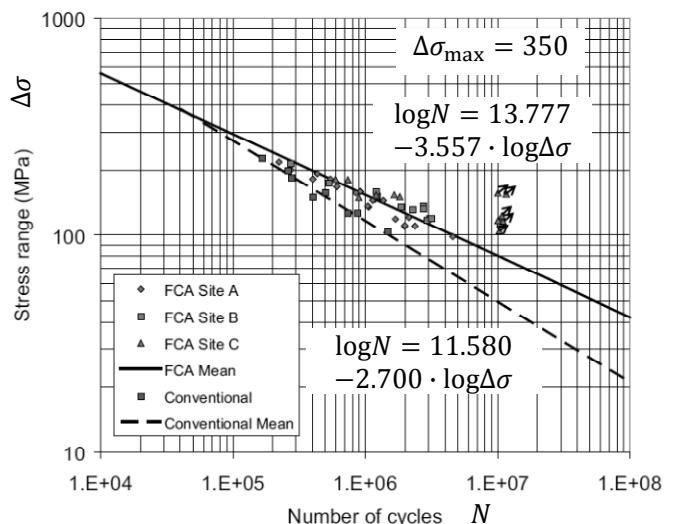


図2 荷重非伝達十字溶接継手の平均S-N線図⁹⁾

3. 疲労寿命の推定

デッキプレート板厚を数種類に変えた鋼床版へのタイヤ載荷のFEM解析により、デッキプレート貫通き裂に対する疲労耐久性には、橋軸直角方向ひずみ振幅が支配的な影響を持つ可能性が高いことが示されている^{3,10)}。実橋(U-320×240×6~8 mm)の縦リブ支間部で測定された応力範囲頻度分布¹⁰⁾に、このデッキプレートの板厚変化に応じたひずみ振幅の比を乗じ

キーワード 鋼床版, 累積疲労損傷比, デッキプレート貫通き裂, 耐疲労鋼

連絡先 〒104-6111 東京都中央区晴海一丁目8番11号(トリトンスクエア/オフィスタワーY)

住友金属工業株式会社 TEL 03-4416-6416 FAX 03-4416-6791

ることにより、デッキプレート板厚を変更した後の応力範囲を推定することが出来る。

鋼材の化学成分と金属組織を制御して疲労き裂の発生と進展を抑制する耐疲労鋼が開発され、その設計用S-N線図が提案されており⁹⁾、N軸と成す角度が小さいことが大きな特徴となっている。デッキプレートの板厚の効果に加えて、耐疲労鋼に置き換えた場合の効果も検討した。

修正マイナー則により累積疲労損傷比を算出し、疲労き裂のデッキプレート貫通寿命を試算した。

デッキプレート板厚を12から16mmに増すことで縦リブ支間部の橋軸直角方向ひずみ振幅がほぼ半減され、貫通寿命は5.0~5.7倍に延伸する。これは、実際にデッキ貫通き裂が生じた橋に対して示されている延伸倍率²⁾とも矛盾しない。

なお、この延伸倍率は応力範囲頻度分布に依らずS-N線図がN軸と成す角度に依存するため、この角度の小さい耐疲労鋼では応力範囲が小さいほど相対的に延伸倍率が大きくなる。

重交通路線など増厚前の貫通寿命が短い場合には、デッキプレートを増厚しても比較的短期に貫通寿命に達する。大型車交通量の比較的多いM2橋の試算例では12から16mmに増厚した場合と、増厚せず12mmまま耐疲労鋼に置き換えた場合の寿命は同程度である。一方、大型車交通量が比較的小さいO12橋の試算例では増厚による寿命延伸倍率は大きい、増厚せず12mmまま耐疲労鋼に置き換えると、この寿命を上回る。

4. 結論

デッキプレート貫通き裂に対する疲労寿命を簡便に評価する方法を提案した。

これによれば、デッキプレート増厚による寿命延伸倍率は一定で、大型車交通量が多い重交通路線では増厚後の寿命は比較的短かった。耐疲労鋼は大型車交通量が少なく、またデッキプレートを増厚するほど、即ち応力範囲頻度分布が低応力側に分布するほど、相対的に延伸倍率は大きくなり、寿命はより長くなった。

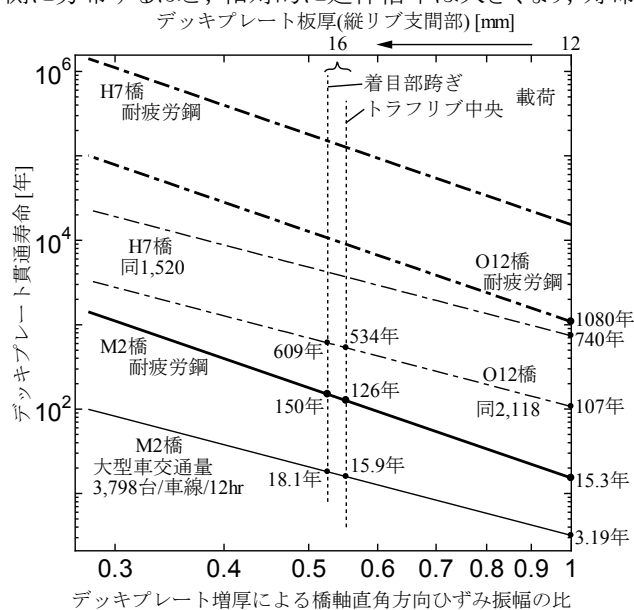


図3 寿命延伸効果

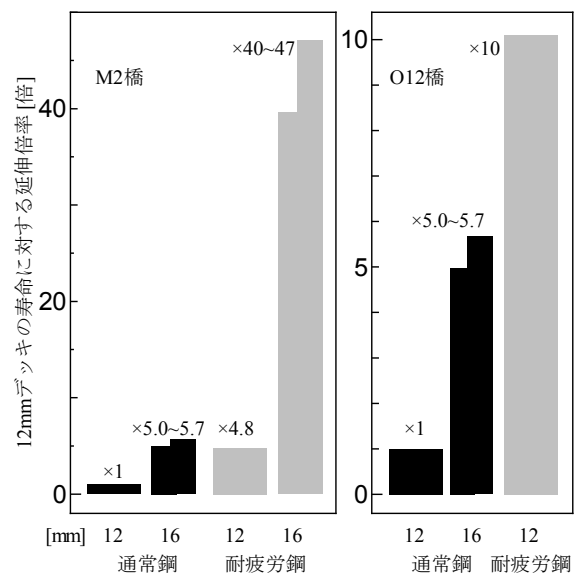


図4 寿命延伸倍率

参考文献

- 1) 土木学会 鋼構造委員会 鋼床版の疲労改訂小委員会: 鋼床版の疲労[2010年改訂版], 2010.
- 2) 井口進, 貝沼重信, 城大樹, 尾上聡史, 内田大介, 川畑篤敏: 鋼床版のデッキとUリブ溶接部の疲労寿命評価方に関する検討, 土木学会論文集A1, Vol.67, No.3, pp.464-476, 2011.
- 3) 国土交通省 国土技術政策総合研究所, 土木研究所, 日本橋梁建設協会: 損傷状況を考慮した鋼床版の構造形式見直しに関する研究, 国土技術政策総合研究所資料 No.608, 2010.
- 4) 例えば, 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 1993.
- 5) CEN: EN 1993-1-9:2004, Eurocode 3 : Design of steel structures Part 1.9 : Fatigue, 2004.
- 6) AASHTO: AASHTO LRFD Bridge Design Specifications SI Units Third Edition, 2004.
- 7) Health and Safety Executive: Offshore Installations Guidance on Design, Construction and Certification, Fourth edition, 1990.
- 8) 一宮充, 春日井俊博, 清川昇悟, 安藤隆一, 菅田登, 有持和茂: 鋼床版の疲労損傷評価方法と鋼材による疲労寿命の改善, 溶接構造シンポジウム講演論文集, 2009.
- 9) Noboru Konda, Akinori Inami, Kazushige Arimochi, Yukichi Takaoka, Takumi Yoshida and Inge Lotsberg: A Proposed Design S-N Curve for Steels with Improved Fatigue Resistance (FCA steels). Rio de Janeiro, Brazil : 11th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures, pp.1233-1242, 2010.
- 10) 玉越隆史, 大久保雅憲, 石尾真理, 池田秀継, 小沼恵太郎: 鋼床版の板厚構成と疲労耐久性の関係に関する研究 -トラフリブとデッキプレートの板厚とデッキプレート貫通型疲労き裂の関係-, 国土技術政策総合研究所資料No.558, 2009.