

疲労損傷したトラフリブ鋼床版に対する当板補強後の疲労評価手法に関する一考察

琉球大学 正会員 ○下里 哲弘, フェロー 矢吹 哲哉, 正会員 有住 康則

首都高速道路(株) 正会員 梶原 仁, 木ノ本 剛 (社)施工技術総合研究所 正会員 小野 秀一

1. はじめに

既設鋼床版の疲労対策として写真 1 に示す当板補強が適用される場合が多い。しかし、この当板補強による剛性増加の結果、新たな応力集中箇所が発生する場合があります。疲労上の弱点となる危険性がある。特に薄板溶接集成構造体である鋼床版は当板設置後の疲労性状を的確に評価しないと、補強後早期に疲労亀裂が発生する危険性が高いと考えられる。本研究では、既設鋼床版における当板補強後の局部応力性状とその疲労評価を目的に、トラフリブ突合せ溶接部の疲労対策を対象とし、ソリッド要素を用いた FEM 解析による検討を行った。

2. 疲労評価手法

(1) 解析モデル

解析は図 1 に示す鋼床版橋から輪荷重影響範囲を考慮した部分モデル¹⁾を用い、解析モデルは着目部をソリッド要素、その他はシェル要素を用いた。なお、当板補強モデル時にはトラフリブ突合せ溶接は切断モデル(2重節点)とした。解析には MSC-MARC/PATRAN2007 を用いた。

(2) 荷重条件および解析パラメータ

荷重は設計輪荷重 50kN のダブルタイヤとした。図 1 に荷重載荷位置を示す。解析パラメータは、図 2 に示すようにデッキと当板との離れ d を 3 ケース、当板の板厚 t を 3 ケース、計 9 ケース(Case-A~I)とした。

(3) 評価手法

疲労評価は亀裂起点となる溶接止端部とルート部とし、国際溶接学会 (IIW) が推奨するホットスポット法(HSS)とエフェクティブノッチ法(ENS)を適用した²⁾。また、疲労評価は図 2 に示すようにリブ突合せ溶接線から 127.5mm 離れた位置とした。HSS のレファレンスポイントは図 3 に示す 3 点を適用し垂直応力を用いた。ENS の算出は図 4 に示す EN 半径 1.0mm を適用し、Von Mises 応力を用いた。疲労強度等級は HSS で JSSC-E 等級、ENS で IIW-FAT225²⁾を用いた。



写真 1 鋼床版の疲労損傷例と当板補強

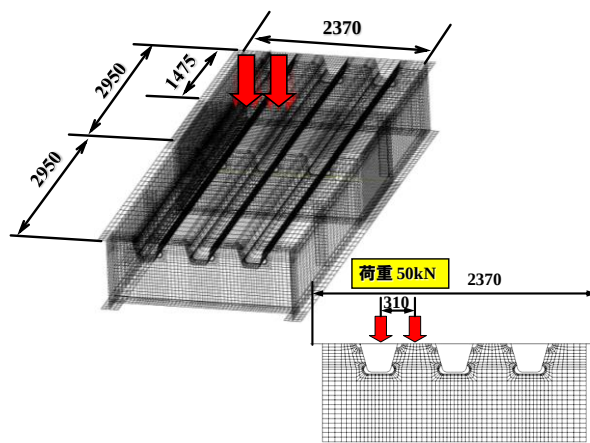


図 1 解析モデルと荷重載荷位置

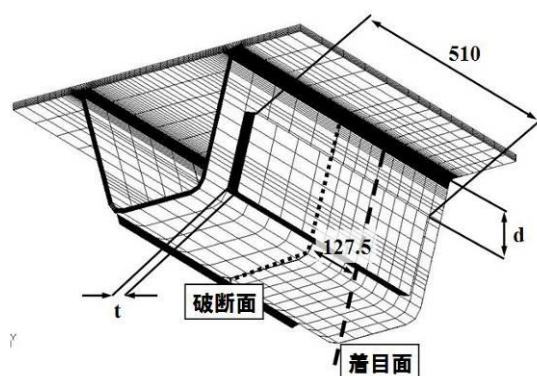


図 2 当板モデルと解析パラメータ

表 1 解析パラメータと解析ケース 単位: mm

	t = 6	t = 12	t = 22
d = 7.2	Case - A	Case - B	Case - C
d = 29.0	Case - D	Case - E	Case - F
d = 65.1	Case - G	Case - H	Case - I

キーワード 鋼床版, FEM 解析, 当板補強, 疲労評価, HSS 法, ENS 法

連絡先 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1 番地 琉球大学工学部環境建設工学科 TEL 098-895-8666

3. 疲労評価結果

(1) HSS 評価

図5に各解析ケースにおけるデッキ側とリブ側の溶接止端部の HSS を示す。ここで、横軸の健全とはリブ突合わせ溶接破断無し・当板無しのケースを示す。図より、HSS はデッキ側よりもリブ側で高い値を示し、全ケースで疲労限以下となった。また、当板の板厚変化の影響はみられず、当板設置位置の影響も少ない。以上の結果から、溶接止端部の疲労破壊に対し当板設置の影響はないと考えられる。

(2) ENS 評価

図6に各解析ケースにおけるデッキ側とトラフリブ側の止端部およびルート部の ENS を示す。図より、ENS はルート部が最も高く、次いでトラフリブ止端部、デッキ止端部の順となった。リブおよびデッキ側止端部の ENS は全て疲労限界以下である。これより、止端破壊に対する HSS と ENS の疲労評価は同様の結果を示した。一方、ルート部の ENS は全てのケースで疲労限を超え、当板の設置位置が溶接部から離れるに従って ENS は小さくなる傾向を示し、当板の板厚変化では ENS の変化はみられなかった。以上のことから当板の設置によりルート部の応力が増加し、そこから疲労亀裂が発生する危険性があると言える。

(3) SFRC による疲労対策効果

図6に当板補強に加えてデッキ 12mm 上に鋼繊維補強コンクリート SFRC50mm($E=3.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$) を敷設した結果を示す。なお、同図にはアスファルト舗装 50mm($E=5.0 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$) を敷設した結果も示す。図より、ルート部の ENS は SFRC により大幅に低減し、アスファルト舗装でも同様な結果を示した。これより、デッキと舗装との合成によりデッキ曲げ剛性が確保されればルートからの亀裂発生はないと言える。しかし、夏季のアスファルト舗装は剛性の低下は著しく合成効果は期待できない。よって、リブ突合わせ溶接部の疲労対策は当板と SFRC 補強が必要である。

4. まとめ

トラフリブ突合せ溶接部の疲労対策を対象に、既設鋼床版の当板補強後の疲労評価について、HSS 法と ENS 法による疲労照査を実施し、当板補強と SFRC の両対策が必要である疲労評価の結果を示した。今後は本解析結果の妥当性と疲労評価法の実用化を目的に実験データとの照合を実施する予定である。

参考文献) 1)小野,下里ら: 既設鋼床版の疲労性能向上を目的と

した補強検討, 土木学会論文集 NO.801,2005.10.

2)Hobbacher,A:Recommendations for fatigue design of welded joints and components,IIWdocument XII-1965-03/X-1127-03,2004

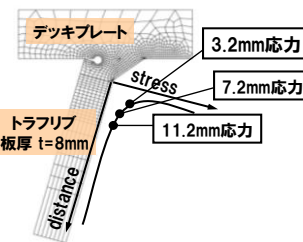


図3 HSSのレファレンスポイント

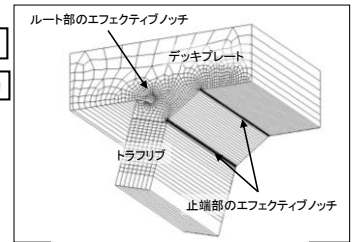


図4 ENSモデル

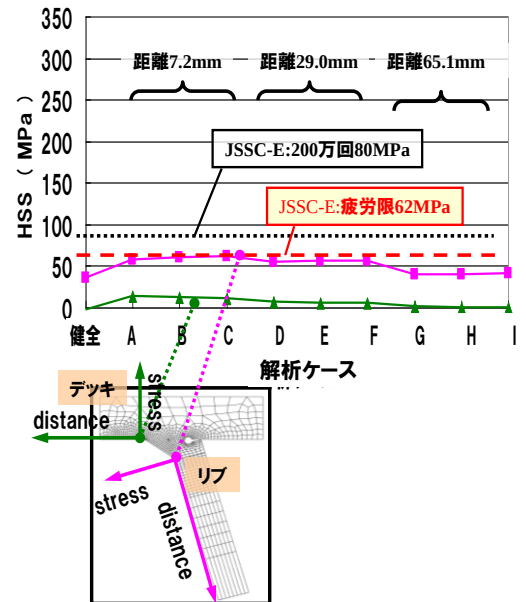


図5 各解析ケースの HSS

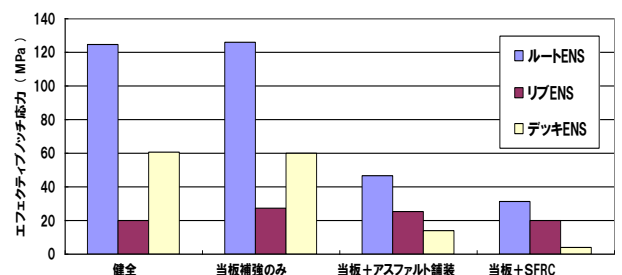
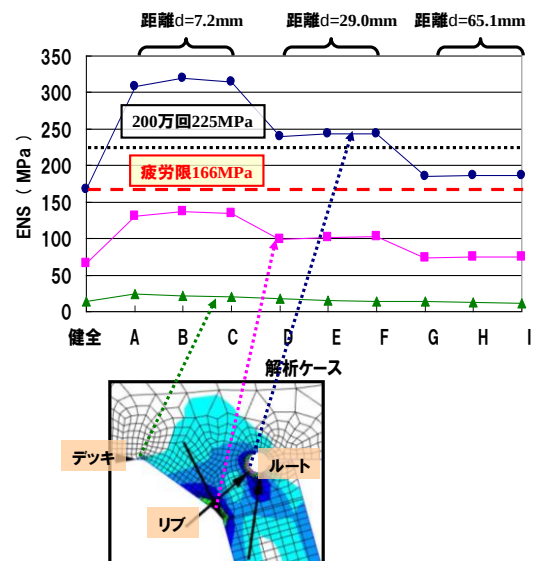


図7 SFRC と ENS