

# 長寿命化鋼橋のための疲労対策後の寿命評価法に関する研究

構造研究室 055324H 清水 龍太郎

## 1. はじめに

鋼橋に多数の疲労損傷が発生しており、その対策として当板法やストップホール法(SH)などが適用されている。しかし、疲労対策後の複雑な応力性状を的確に評価した疲労寿命評価法は未確立なため、莫大なストックを有する既設鋼橋の長寿命化の課題となっている。

そこで、本研究では、鋼橋の中で最も疲労強度の低い鋼床版橋を対象に、疲労対策後の局部応力性状を再現したFEM解析を用いて、寿命評価法にエフェクティブノッチストレス法(ENS法)を適用し、その課題の抽出を行う。その結果に基づき新たな局部応力評価法の提案を行う。

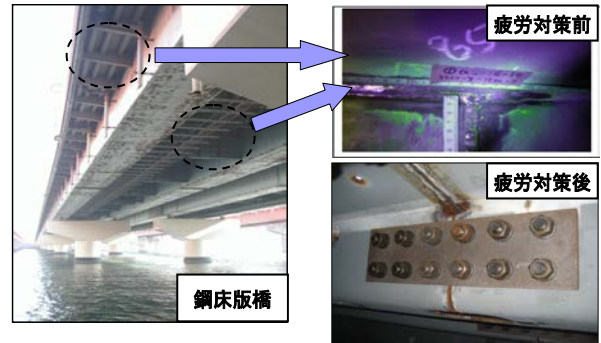
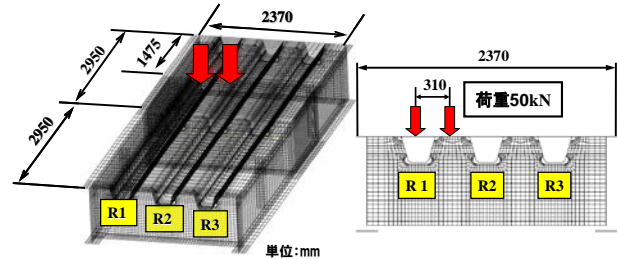


図1 鋼床版橋と疲労対策



リブおよびデッキプレート:ソリッド要素、その他:シェル要素  
使用鋼材はSM400材 ヤング率:200,000N/mm<sup>2</sup> ポアソン比:0.3

図2 解析モデル(全体)

## 2. 解析方法

図2にFEM解析モデル、図3に各種疲労対策法を示す。解析モデルのパラメータは以下とした。解析モデルは約29万要素、約32万節点である。

- 1) 健全モデル 計1ケース
- 2) 当板モデル…当板厚(6, 12, 22mm)×当板設置位置(7, 30, 65mm) 計9ケース
- 3) 当板+SHモデル…当板厚6mm+当板設置位置65mm×SH形状2タイプ 計2ケース
- 4) 当板+SH+SFRCモデル…当板厚6mm+当板設置位置65mm+SFRC(デッキ50mm) 計1ケース

以上、13ケースの実橋モデルの解析を行った。

## 3. 解析結果

### ①当板設置前後の局部応力性状

図4に健全モデルと当板モデルの応力分布図を示す。当板厚を一定とし、当板設置位置を7, 30, 65mmと変化させた。図より、当板による局部応力の増加がみられる。当板設置位置が溶接止端部に近くなるほど溶接止端部近傍の応力が大きくなり、疲労寿命は著しく低下する。

### ②各疲労対策前後の応力性状

図5に健全モデル、当板モデル(当板厚6mm、当板設置位置65mm)、当板+SHモデルおよび当板+SH+SFRCモデルの応力分布図を示す。図より、SHの設置により、溶接止端部近傍の応力が大きくなっている。

### ③ENS法の適用性と課題

ENS法は次の von Mises 応力を等価応力として評価した。

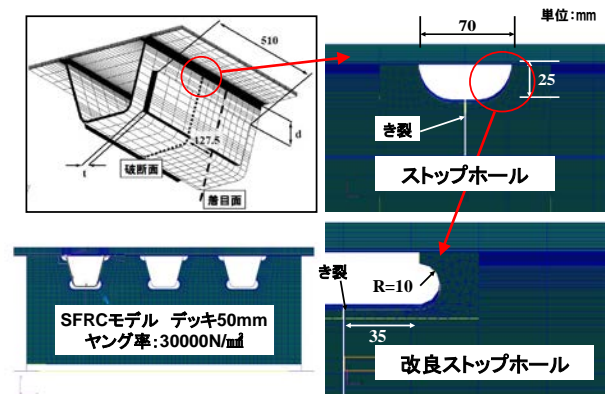


図3 各疲労対策モデルと着目点

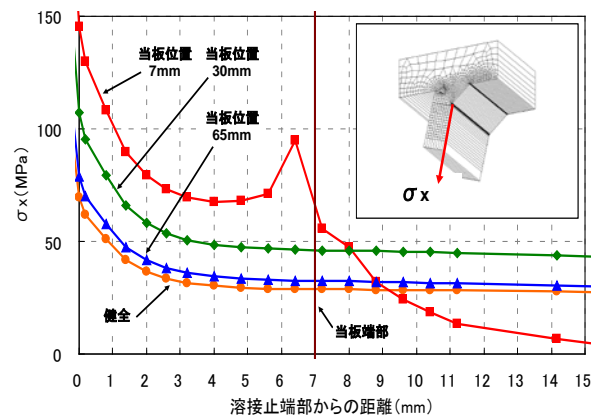


図4 当板補強前後の応力性状

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2}{2} + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

図6に各種疲労対策法のENSを示す。図より、疲労対策として一般的に適用されている当板、SHは疲労寿命が短くなる。しかし、ルート部の応力集中の緩和を目的とした改良SHはENSが低下し、大規模対策のSFRC法は健全モデルよりもENSが小さくなる。図7にFAT225疲労強度曲線(IIW)<sup>1)</sup>を示す。図より、ENSが算定できれば疲労寿命予測が可能となる。しかし、ENSと相関のある実計測点のリファレンスポイント(RP)の設定が必要である。

#### 4. 疲労寿命評価法の提案

図8にFEM-ENSと実測との相関をとるRPの設定するための応力勾配の分布図を示す。ここで、RPは実計測性とホットスポット<sup>2)</sup>の概念を踏まえ溶接止端部から3mm位置と設定した。RPの応力とENSの相関関係図を図9に示す。横軸をRP応力、縦軸をENSとした。図より、RP応力とENSの間には良好な相関があることがわかる。よって、この関係式を用いれば、疲労対策後の寿命評価が可能となり、既設鋼橋疲労対策後の評価が可能となる。

#### 5. 結論

- 1) 当板およびSHを設けることにより疲労強度を低下させる場合がある。
- 2) ENSと相関があるRPを溶接止端部から3mmと提案した。
- 3) RP応力の計測により、疲労対策後の複雑な応力性状でも疲労寿命評価が可能になる。

今後、RPの検証を行うために、鋼床版試験体を用いて静的載荷試験および疲労試験の実施が必要である。

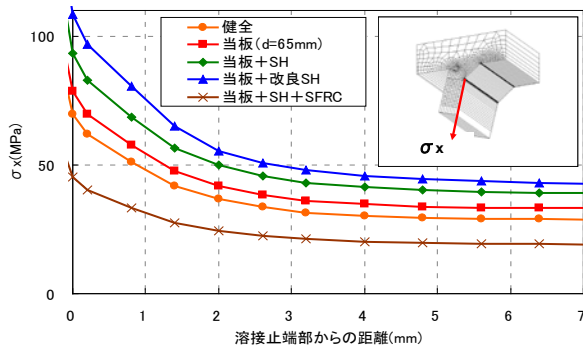


図5 各補強前後の応力性状

参考文献

- 1) Hobbacher, A: Recommendations for fatigue design of welded joints and components, IIW document XII-1965-03/X-1127-03, 2004
- 2) 下里、矢吹、有住: 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

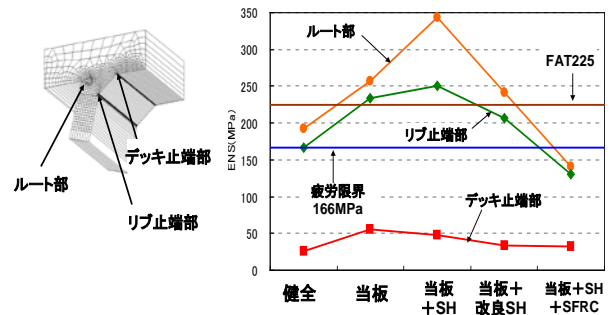


図6 ENS法の適用例

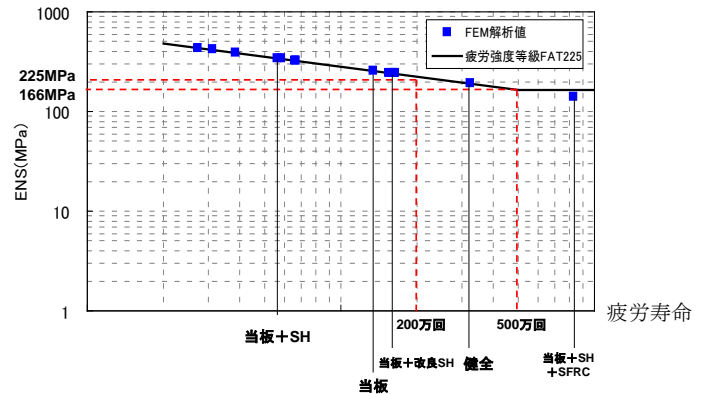


図7 FAT225疲労強度曲線

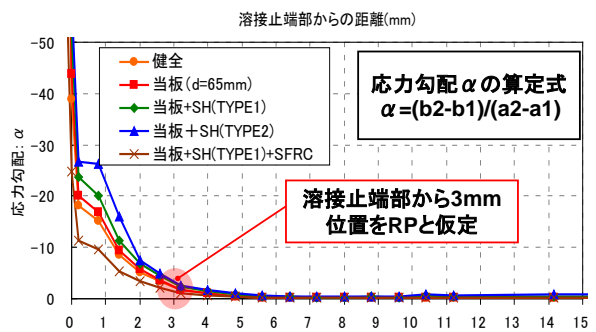


図8 応力勾配分布図

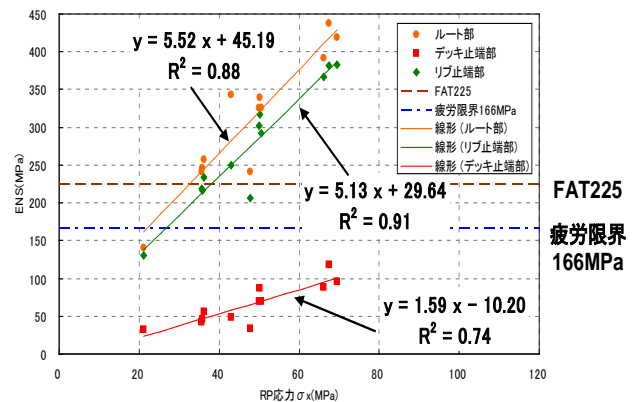


図9 RP応力とENSの相関関係