

Yadanarbon 橋梁の疲労き裂補修法に関する解析的検討

大阪市立大学大学院 学生員 ○舟山 耕平
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征

大阪市立大学大学院 学生員 杉本 悠真
 富山大学 正会員 鈴木 康夫
 MOC MYANMAR 非会員 Thein NU

1. 対象橋梁

ミャンマーの中央部に位置する Mandalay と Sagaing City を結ぶ Yadanarbon 橋梁は、橋長 1125.8m、橋梁形式は、側径間が 2 連下路式トラス、主径間が 3 連下路式アーチの橋梁である。橋梁概要を図-1 に示す。

竣工から 7 年後、半数以上の横桁上フランジとウェブの溶接端部から疲労亀裂が発生していることが明らかになった。これを受け、疲労亀裂発生メカニズム解明のため、著者らは実橋載荷実験¹⁾を行い、溶接部近傍で両振りの繰り返し応力が発生していることを明らかにした。本研究では、有限要素解析を用いて、本橋梁の疲労損傷に有効な簡易的補修法の検討を行った。

2. 解析モデル

解析モデルを図-2 に示す。モデル化範囲は、実橋載荷実験¹⁾を再現できるように、主径間の下路アーチの横桁 1 径間部分とし、幅員方向は半分とした。境界条件は、橋軸および幅員方向に対称とし(図-2(a))、主構と連結されるアングル面を完全固定とした(図-2(b))。

解析は、Abaqus / Standard 2016 を用い、弾性解析を行った。鋼材は、中国国家标准規格(GB) Q345c 材

(SM490 材相当)とし、ヤング係数 $E_s=2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_s=0.3$ 、コンクリートは、ヤング係数 $E_c=2.0 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_c=0.18$ としてそれぞれ材料特性を用いた。

3. 実橋載荷実験の再現解析

解析モデルの妥当性を検討するため、実橋載荷実験との比較を行う。解析では、車両総重量を 420kN とし(TT-43 荷重:430kN)、図-2 (a) に示すように、前輪と後輪の輪重の比を 1:2 とし、着目桁に隣接する横桁直上に後輪が位置するように載荷した。

再現解析では、実験でひずみゲージを貼付した、横桁上フランジとアングル材間のウェブ部(以下、ウェブギャップ)に発生する鉛直ひずみに着目する。ひずみゲージ位置および解析でのひずみ出力位置を図-3 に、横桁端部の鉛直ひずみのコンターを図-4 に示す。なお、図-4 中の黒色部は圧縮領域を示す。また、実験値と解析値の比較を図-5 にまとめる。

図-4 および図-5 に示すように、再現解析におけるウェブギャップに発生する鉛直ひずみ値が実測値とおおむね一致した。また、実橋載荷実験で得られた横桁端

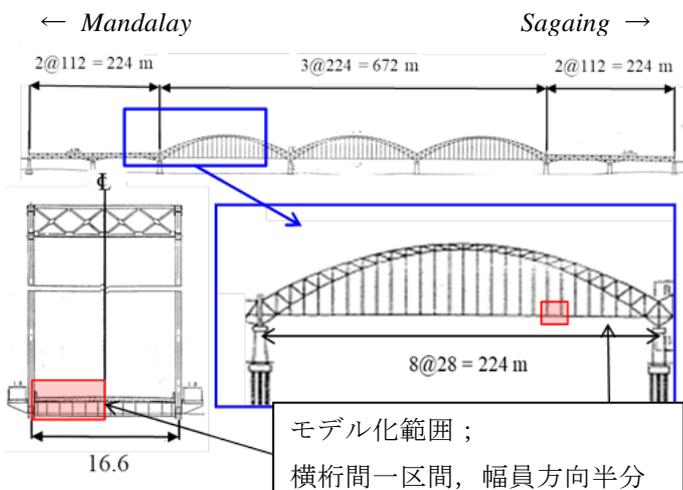


図-1 対象橋梁概要図(上,右:一般図,左:断面図)

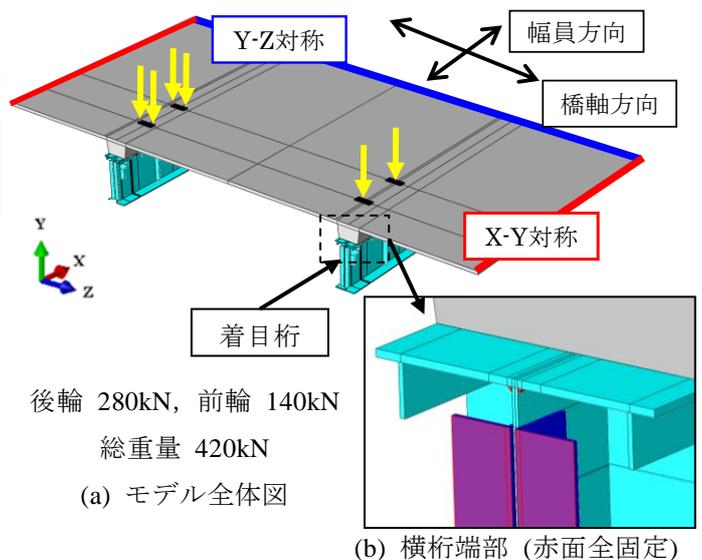


図-2 解析モデル

キーワード FEM 解析, 疲労き裂, ウェブギャップ, 維持管理
 連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野
 TEL&FAX 06-6605-2765

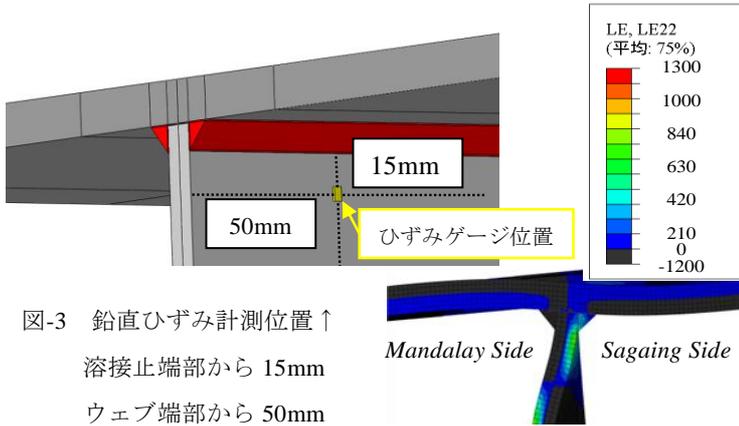


図-3 鉛直ひずみ計測位置 ↑
溶接止端部から 15mm
ウェブ端部から 50mm

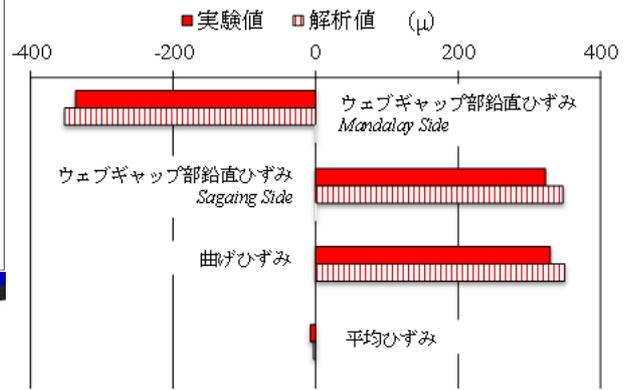
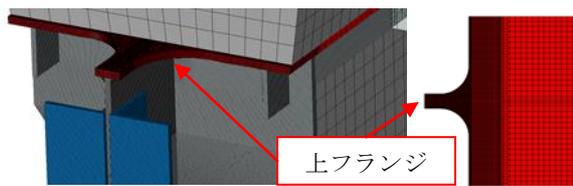
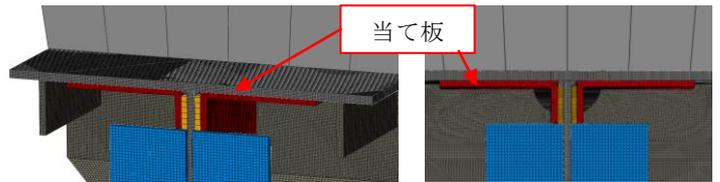


図-5 ウェブギャップ部のひずみ値の比較

図-4 鉛直ひずみコンター変形倍率 50 倍 (黒色:圧縮領域) ↑



(a) Cutting-Model



(b) Patching-Model

図-6 補修検討案

部の首振り挙動およびウェブギャップ部における局所的な曲げをおおむね再現できていると考えられる。

4. 補修方法の提案

補修案として、図-6 に示す、上フランジの自由端部を切断した Cutting-Model およびウェブギャップ部の局所的な曲げに抵抗できるような Patching-Model について検討を行った。

補修効果の検討にあたって、疲労き裂の発生が確認されている溶接止端部近傍および横桁端部の変位に着目する。図-7 に、各ケースの溶接方向に沿った、止端部直下ウェブの鉛直応力分布をまとめる。

補修前(Original-Model)のフランジ端部の発生応力が 146N/mm^2 であったのに対して、Cutting-Model では、 30N/mm^2 (79%減), Patching-Model では、 -14N/mm^2 (90%減) と補修効果が確認された。また、Patching-Model では、ウェブ上端部の橋軸方向の変位量も約 75%抑制された。本結果より、検討を行った補修方法は、対象橋梁の疲労き裂に対して有効的であると考えられる。

5. 結論

本稿では、床版から伝達される荷重を主に支持する横桁のウェブギャップに生じる疲労き裂を対象に、実橋載荷実験で得られたき裂発生メカニズムと考えられる局所的な曲げが生じることを FEM 解析により確認した。加えて、この局所的な曲げを抑制することを目的に、補修法提案のための解析的検討を試みた。今回

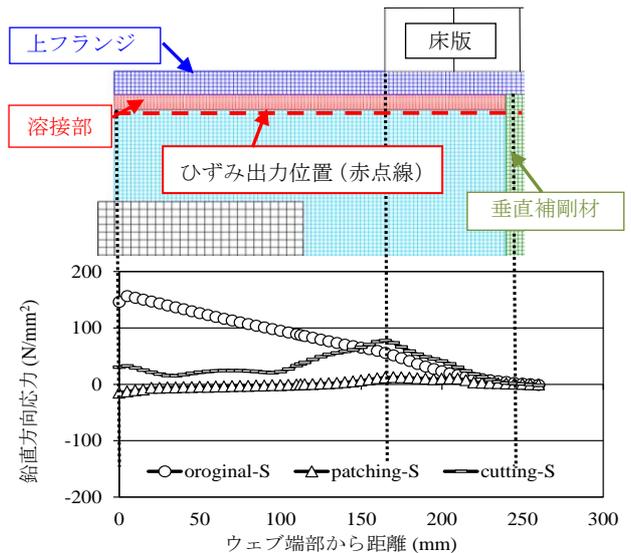


図-7 溶接止端部付近の幅員方向の鉛直応力分布

対象とした構造では、自由端部の横桁上フランジの切断もしくは、ウェブギャップ部への当て板により、溶接止端部近傍の鉛直応力を緩和できることを明らかにした。今後は、当て板の施工性の検討や上フランジの切断形状による溶接止端部付近の応力および横桁端部の変位への影響について検討を行う予定である。

参考文献

1) Field Test of Yadanarbon Bridge for Clarify Fatigue Cracks Mechanism at Floor Beam Ends: Kohei Funayama, Yuma Sugimoto, Aye Mya Cho, Takashi Yamaguchi, Ysuo Suzuki, Kunitomo Sugiura, The Eighth International Conference on Science and Engineering 2017.12