

ヤダナポン橋主桁－横桁取り付け部付近の 疲労亀裂に対する効果的な補修方法の提案

大阪市立大学大学院 舟山耕平

1. 研究背景および目的

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、側径間が2連下路式トラス、主径間が3連下路式アーチ、橋長 1125.8m であり、国内の主要都市を結ぶ重要なインフラである。対象橋梁の図面を図-1に、外観を写真-1に示す。

竣工から7年後、半数以上の横桁－主桁取り付け位置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(写真-2)。そこで、著者らは疲労亀裂発生メカニズム解明のため、実橋載荷実験¹⁾を行い、溶接部近傍で両振りの繰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、FEM 解析により、本橋梁の疲労損傷に有効な簡易的な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径間部分とした。境界条件は、橋軸方向に対称とし(図-2(a))、主桁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、中国国家標準規格(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証するため、実橋載荷実験との比較を行う。解析では、車両総重量を約 380kN とし、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。

実験では、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)における曲げ挙動を把握するため、ウェブ両面の対称位置(Mandalay side, Sagaing side)における鉛直方向(ウェブ高さ方向)のひずみを測定した。実際の貼付位置は、ウェブ上端から下側に 25mm、フランジ自由端から幅員中央側に 50mm の位置である。鉛直方向ひずみおよび曲げひずみの実験値と解析値の比較を図-3に示す。

図-3に示すように、再現解析におけるウェブギャップ部に発生する鉛直ひずみ値は、実験値とおおむね一致した。また、ウェブギャップ部では、曲げひずみが支配的であることが実験と解析の双方より確認された。

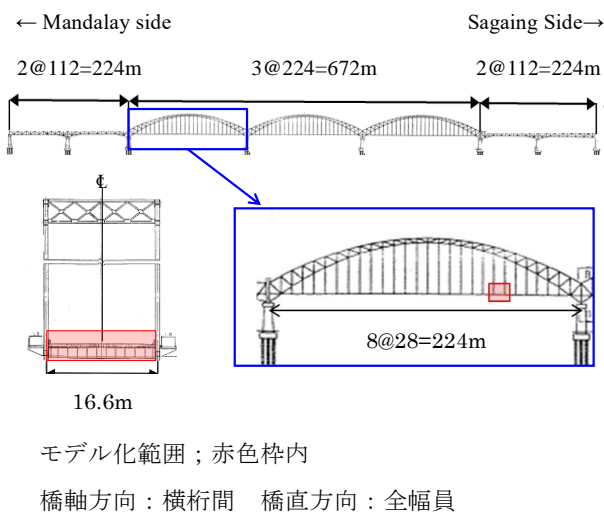
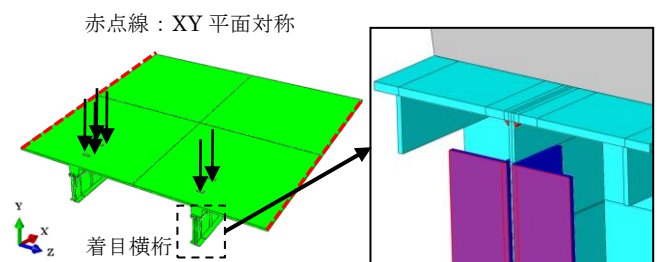


図-1 対象橋梁概要図(上,右:一般図,左:断面図)



対象橋梁外観 主桁－横桁取り付け位置の疲労き裂
写真-1 写真-2



(a) モデル全体図 (b) 横桁端部の詳細(赤面全固定)

図-2 解析モデル

次に、横桁全体のたわみと溶接ビード部の鉛直応力の関係を検討するため、着目桁の横桁間側（後輪側）を代表して、その関係を図-4に示す。たわみは、横桁上フランジの下面端部より抽出した。図より、鉛直応力は、荷重位置側の横桁端側で190MPa程度と大きいものの、その他のところでは、その値は小さくなる。対して、橋軸方向および鉛直方向のたわみは、輪重位置付近で最大となり、溶接部に発生する応力との相関は認められなかった。

4. 補修方法の提案

補修案として、図-5に示す、上フランジの張出部を切断したフランジカットタイプおよびウェブギャップ部の局所的な曲げに抵抗できるアングルを当て板するタイプ（以下、当て板タイプ）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横桁端付近の溶接ビード部における鉛直応力に着目する。図-6に、応力抽出位置を、図-7に、溶接ビード部下端に沿った鉛直応力分布をまとめる。

補修前の横桁端付近における発生応力は、最大で約190MPaであったのに対して、フランジカットタイプでは、80MPa（約60%減）、当て板タイプでは、15MPa（約90%減）であり、き裂発生箇所の応力が半分以上低減された。

今後、溶接ビード部の応力をより低減できるフランジの切断形状について検討する予定である。また、当て板タイプについても、ボルト配置やボルト締めといった実際の施工を考慮した検討が必要である。

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と主桁の取付け位置付近に生じる疲労き裂を対象に、FEM解析を用いて、補修法の検討を試みた。得られた結論を以下に示す。

- 1) 実橋荷重実験および再現解析結果から、疲労き裂が発生しているウェブギャップ部は、横桁上フランジの首振り挙動に起因する局所的な曲げを受けていると考えられる。
- 2) 対象橋梁では、横桁上フランジの張出部の切断もしくは、ウェブギャップ部へのアングルの当て板により、溶接ビード下端部の鉛直応力を前者で60%、後者で90%緩和できる。

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, Yasuo Suzuki, Kunitomo Sugiura, The Eighth International Conference on Science and Engineering 2017.12

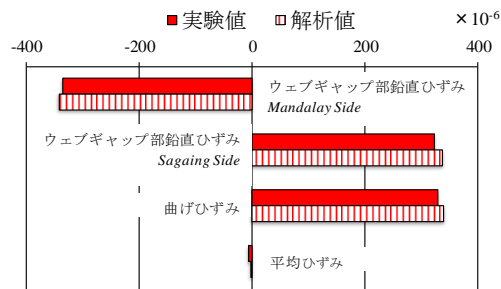


図-3 ウェブギャップひずみの比較

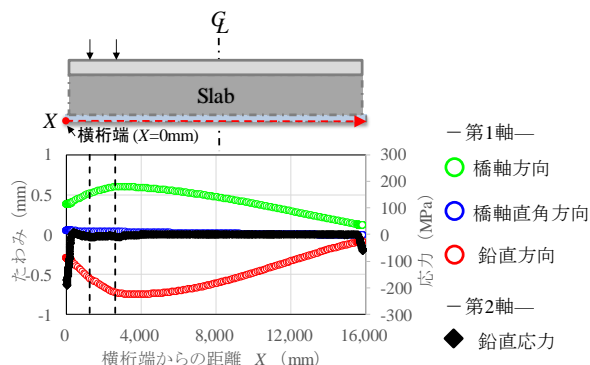


図-4 横桁のたわみと鉛直応力の関係

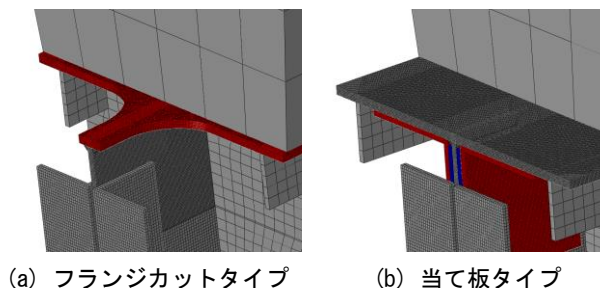


図-5 補修案

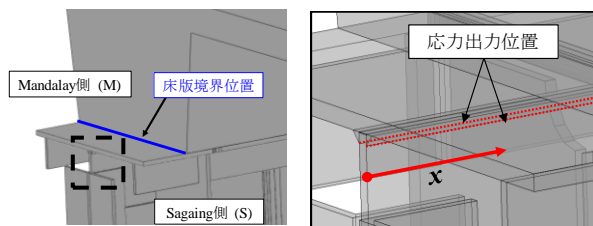


図-6 応力抽出位置イメージ図（赤点線）

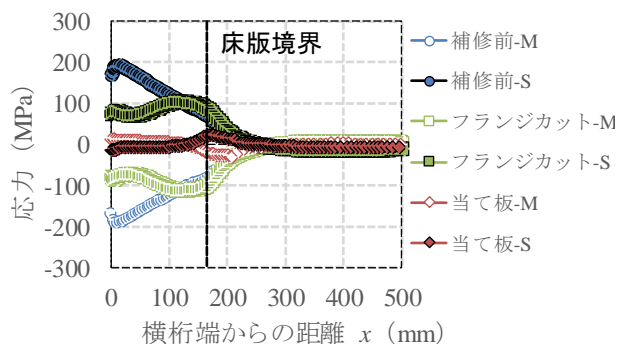


図-7 溶接ビード部に沿った鉛直応力分布