

鋼下路トラス鉄道橋縦桁中間補剛材下端の疲労対策の提案

株式会社レールテック 正会員 ○松本 健太郎
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 大久保 成将
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 池頭 賢

1. はじめに

鉄道橋の下路トラス縦桁中間補剛材下端スカラップの回し溶接部に沿って疲労き裂(写真-1)が発生する場合がある。この主な発生原因は、一般的に下フランジやウェブが列車通過時の衝撃などに伴い、面外へ振動することであると報告されている。しかしながら、本報で対象とする単線下路トラス橋縦桁では、実働応力測定結果より、振動ではなく、列車通過時のボギー毎に中間補剛材下端のウェブが局部的に面外へ変形することが原因であることが明らかとなった²⁾。

そこで本報では、振動が原因ではない鋼下路トラス鉄道橋縦桁中間補剛材下端の疲労損傷に対して、FEM 解析を用いて、効率的な対策方法を提案する。



写真-1 縦桁補剛材下端のき裂

2. 対策の考え方

図-1 に、中間補剛材下端の疲労対策の形状と寸法を示す。対策方法は大きく分けて補剛材下端の切り上げ工法と当板補強を考えた。切り上げ工法は、補剛材下端スカラップ部の急断面変化を緩和し、応力集中の解消を期待している。一方、当板補強は補剛材下端の局部変形を抑え込むことを期待している。

3. 解析方法

図-2 に、解析モデルを示す。き裂発生原因には、トラスの主構作用や横桁の拘束作用が主要因ではないため、解析では対象橋梁の縦桁1本をモデル化する。解析モデルは着目部をソリッド要素で、それ以外はシェル要素を用いた。実橋では補剛材が下端で下フランジとメタルタッチであるため、解析モデルではそこに接触条件を設定した。また、着目する補剛材直上にはマクラギ1本をモデル化している。

境界条件は構造の対称性を考慮し、上ラテラルとマクラギにミラー条件を、横桁縦桁交差部では隣接縦桁との連続性を考慮して縦桁端部のウェブを完全拘束とした。荷重条件は貨物列車 EF81 の機関車通過時相当(車両重量+衝撃荷重)を仮定し、縦桁ウェブから 217mm 離れた位置のマクラギ直上にレールをモデル化し、そこに 100kN を集中荷重として载荷した。

解析ケースを図-1 に示す。切り上げ工法は、スカラップ下端から(b)45 度、(c)22.5 度、(d)補剛材高さの約半分まで楕円状に切り上げた3 ケースである。また、当板補強は(e)リブ付き補強板でウェブと接合タイプ、(f)アングルと平板を用いて下フランジとウェブとの接合タイプの2 ケースである。なお、当板設置面には接触条件を設定し、ボルト取付範囲 φ40mm (座金面積程度) 内の全節点を剛体要素で連結して摩擦接合を再現した。

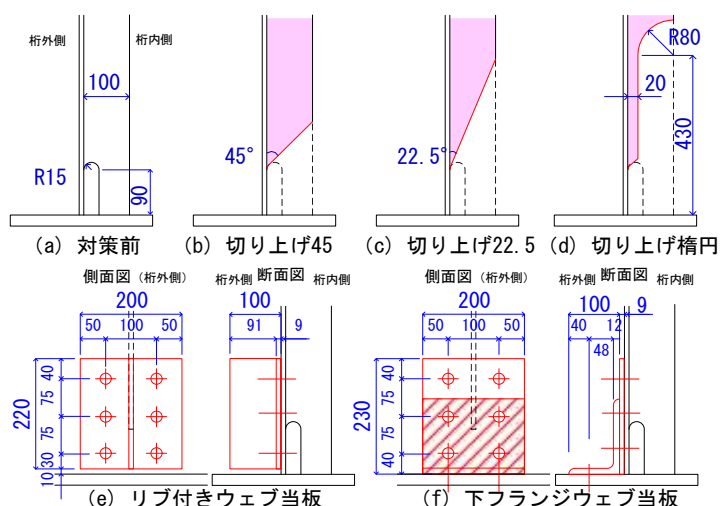


図-1 縦桁中間補剛材下端のき裂

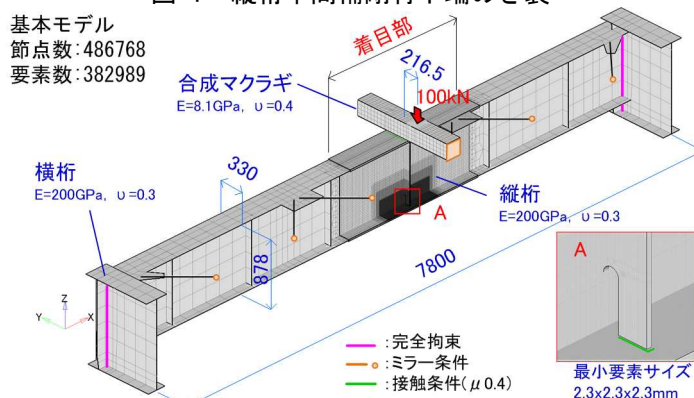


図-2 解析モデル

キーワード 下路トラス鉄道橋縦桁, 中間補剛材, 疲労損傷対策, FEM 解析

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5丁目4番20号 (株)レールテック構造部事業部 TEL06-6889-2903

4. 解析結果

4. 1 各対策の応力集中位置

図-3 に、補剛材断面の変形図(50 倍)とミーゼス応力分布図を示す。図中の数値は、ミーゼス応力の最大値である。(a)対策前では、補剛材下端スカラップの回し溶接部付近(以下、スカラップ)でウェブが面外に変形し、そこに応力集中が生じている。補剛材を(b)45 度、(c)22.5 度に切り上げると、逆にスカラップの応力集中が対策前よりも増大する。(d)補剛材高さの半分程度まで楕円状に大きく切り上げると、スカラップの応力集中は低減するが、楕円 R 部のコバに応力集中が移行する。一方、当板補強では(e)(f)両タイプとも、スカラップに生じる応力集中を緩和できる。

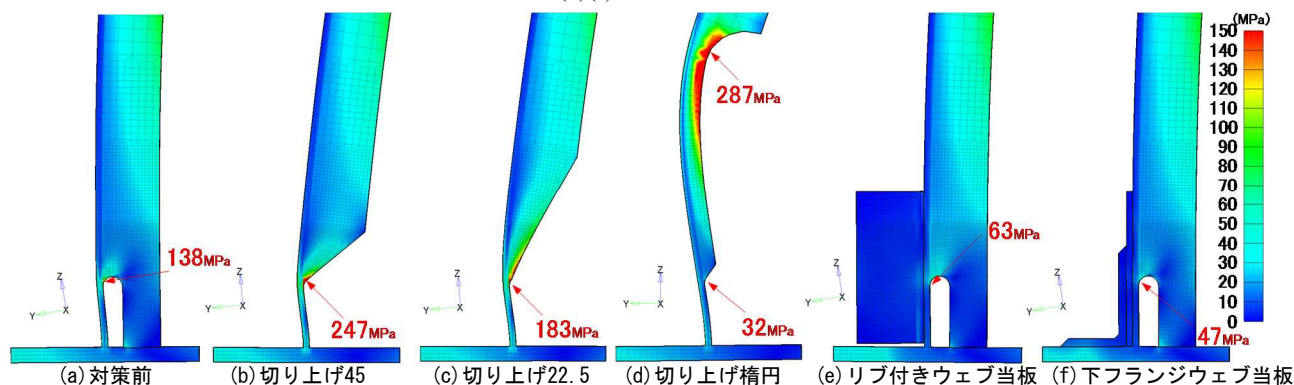


図-3 補剛材断面の変形図(50倍)とミーゼス応力分布図

4. 2 対策効果

切り上げタイプも当板タイプも補剛材スカラップでは主応力が鉛直方向に卓越するため、ここでは鉛直方向応力で対策効果を評価する。図-4 に各対策の補剛材スカラップ部周辺の鉛直方向応力を、図-5 にその応力低減効果を示す。図-5 の縦軸の応力増減率は、対策前を基準としている。また、図中の丸囲み数字は応力抽出位置を示す。

補剛材を楕円状に切り上げることで、スカラップ①の応力を対策前より 77% (-118MPa から -27MPa へ) 低減できるが、楕円 R 部コバ③に -280MPa の最大応力が生じる。切り上げ工法については、補剛材高さの半分程度まで切り上げることでスカラップの応力集中を低減できるが、切り上げた楕円 R 部のコバに応力集中が移行し、そこから疲労き裂が発生する恐れがある。ゆえに、切り上げ工法は疲労対策に十分ではない。

一方、当板補強については、リブ付きの当板をウェブに設置するとスカラップ①の応力を 65% (-118MPa から -41MPa へ) 低減できる。さらに、下フランジとウェブを接合する当板では 74% (-118MPa から -31MPa へ) 低減できる。以上より、当板補強はいずれも有効と考えられる。

5. 結論

鋼下路トラス鉄道橋縦桁中間補剛材下端の疲労損傷に対して、FEM 解析により疲労対策効果を検討した。主な結論は以下のとおり。

- (1) 補剛材高さの約半分まで補剛材を大きく楕円状に切り上げると、スカラップの応力集中を対策前の 77% まで低減できるが、楕円状に切り上げた R 部コバに応力集中が移行し、そこからき裂が生じる恐れがある。
- (2) リブ付きの当板をウェブに設置することで、スカラップの応力集中を対策前から 65% まで低減できる。また、下フランジとウェブを当板で接合した場合は 74% 以下に低減が可能であり、当板補強はいずれも疲労対策に有効であると考えられる。

参考文献 1) 鋼構造委員会疲労変状調査小員会：鋼橋の疲労変状調査，土木学会論文集第 365 号/I-5, pp1-12, 1986.4.

2) 大久保他：鋼鉄道トラス橋の縦桁中間補剛材下端部に発生した疲労き裂対策，平成 29 年度土木学全国大会第 72 回年次学術講演会，2017.9.

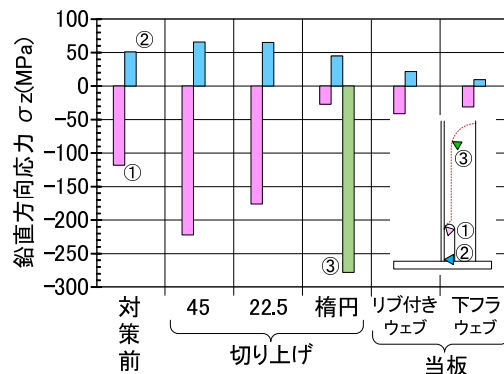


図-4 各対策の鉛直方向応力

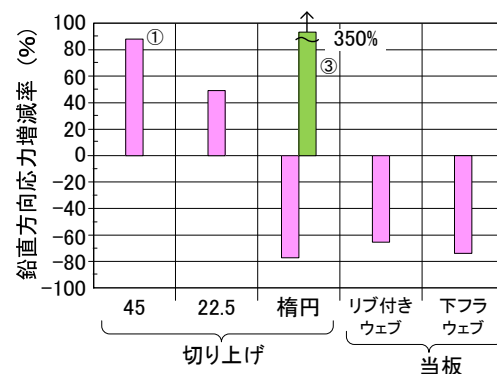


図-5 各対策の応力低減効果