

リベット桁支承部の疲労き裂に対する簡易な対策工法

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○濱上 洋平 正会員 吉田 善紀 正会員 小林 裕介
(公財)鉄道総合技術研究所 (現 ジェイアール東海コンサルタンツ(株)) 正会員 永坂 亮介

1. はじめに

リベット桁支承部では下フランジ首部に疲労き裂の発生する事例が多い¹⁾。原因は、図1のような支承部の隙によって下フランジの落込みによる面外の曲げ変形(以下、首振り)が生じ、下フランジ首部に高い応力が集中するためと考えられている²⁾。当該き裂に対しては、き裂発生範囲の下フランジを交換し杓座を打替える対策(以下、従来工法)が一般的に行なわれているが、桁の仮受けを必要とするため施工にかかる費用、時間が小さくないこと等から即座の対応が困難となっている箇所も多く、それらに対して当座の安全性を確保していくことが課題のひとつとなっている。本研究では、リベット桁支承部の疲労き裂に対する簡易な対策工法を考案し、その効果について载荷試験により検証した。

2. 疲労き裂に対する簡易な対策工法の考案

疲労き裂の進展を抑制する簡易な対策工法(図2)を考案した。桁の仮受けが不要であり、従来工法と比較して少ない費用、時間で施工できる点に特徴がある。

図2の TypeA は、端補剛材に補強部材を取付け、補強部材を下フランジに密着させることで下フランジの首振りを拘束することを期待した工法である。実橋の下フランジ上面は腐食等により凹凸を有している場合が多く、補強部材と下フランジを如何にして密着させ

るかが課題となる。本工法では、下フランジと補強部材の間に接着剤の層を設けることで両者を確実に密着させることとした。一方で、接着剤は鋼材に比べ強度が劣るため、補強部材の形状を L 形とすることで面的に荷重を伝達させ、より効果的な補強部材寸法を FEM 解析により検討し、接着剤への応力集中緩和を図った。

図2の TypeB は、タップボルトにより下フランジを強制的に落込ませることで予め支承の隙の大きさを小さくし、列車通過時の下フランジの首振りを低減することを期待した工法である。下フランジのみを直接タップボルトで締付けた場合、腹板が十分に落込まず疲労き裂の左右で目違いが生じる懸念があったため、端補剛材に取付けた補強部材を介して締付けることで、下フランジと腹板を一体的に落とし込むようにした。

3. 载荷試験の概要

対策効果を検証するため、室内载荷試験(図3)を行った。対策工法の適用前後において支点直上に 420kN(乗車率 100%の列車荷重(M-13 相当)+衝撃荷重)を静的载荷し、疲労き裂先端の応力低減程度を確認した。試験体は、上路鉸桁の支点部近傍を模擬し、支承の隙(ソールプレート上面に 2.5mm の凹み)を設けた条件下で繰返し载荷により疲労き裂を進展させた。き裂の長さ

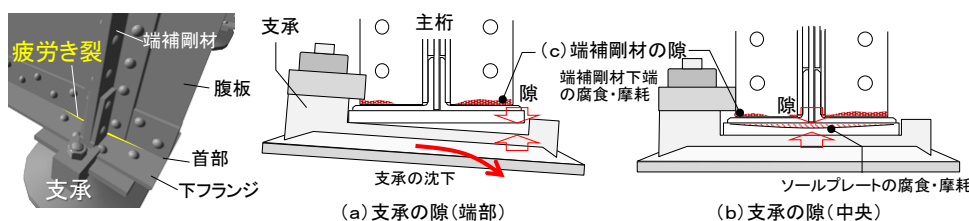


図1 支承部の隙

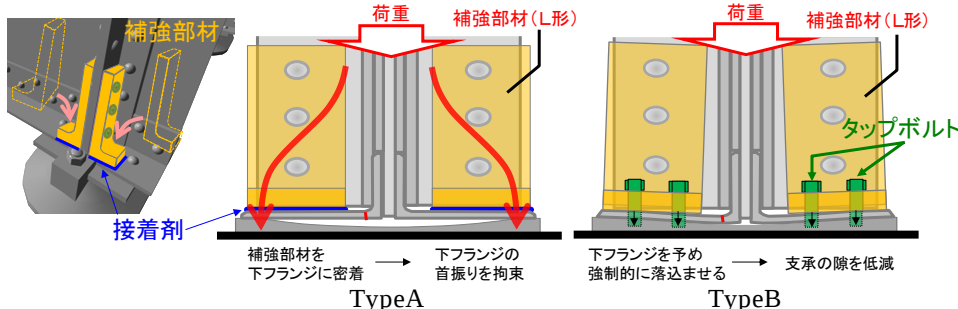


図2 考案した対策工法の概要

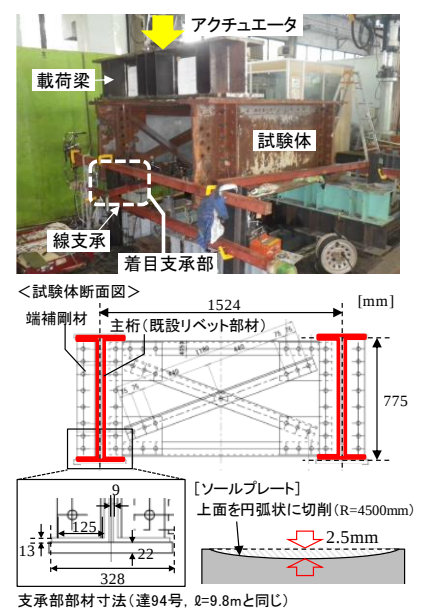


図3 载荷試験の概要

キーワード リベット、支承部、下フランジ、き裂、補修・補強、接着剤

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 鋼・複合構造 TEL 042-573-7280

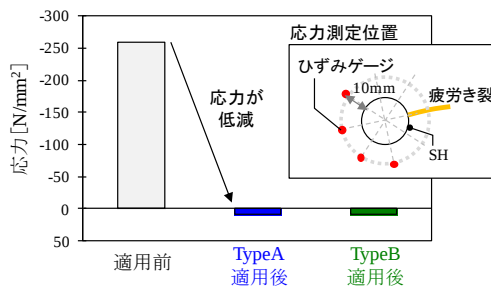


図5 疲労き裂先端の応力

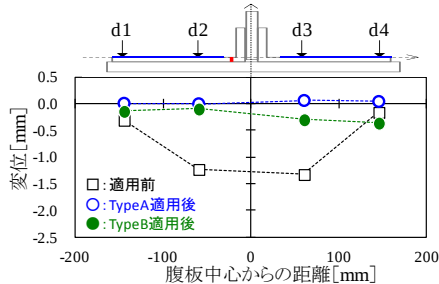


図6 下フランジ鉛直変位分布

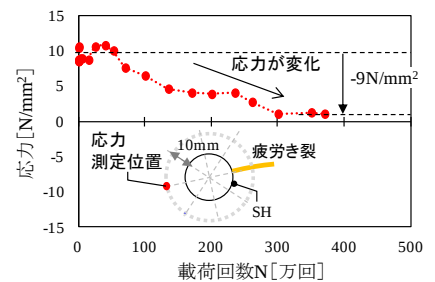


図7 疲労き裂先端応力-载荷回数

は支間側 132mm, 桁端側 112mm であり, き裂先端には $\phi 12\text{mm}$ のストップホール(以下, SH)を設けた。

また, TypeA について, 接着剤が損傷することで対策効果の低下につながる懸念があったため, 工法適用後に繰返し载荷を行い, 耐久性を検証した。試験条件は前述の静的载荷と同様とした。荷重は最小 20kN, 最大 420kN, 载荷速度は 3~4Hz, 载荷回数は 370 万回(10 両編成, 200 本/日の場合で 5 年程度に相当)とした。

4. 対策工法の施工概要

TypeA では, 疲労き裂を進展させた 1 支点部に対して, 支間側, 桁端側それぞれ主桁の内外の 4 面に補強部材を設置した(図 4)。補強部材には板厚 25mm の山形鋼を用い, 下フランジ上面のリベット頭部と干渉する部分は部材底面に座ぐり加工を施した。接着剤には圧縮強度の大きいエポキシ樹脂系の金属パテ(チタニウムパテ)を使用し, 接着剤厚さは 5mm とした。なお, 硬化促進, 早期の強度発現を目的として, 補強部材上面を約 100°C で加温しながら接着剤を硬化させた。

TypeB では, 主桁の 4 面に各 2 本のタップボルトと補強部材を配置し, 補強部材と下フランジをタップボルトにより締付けた。端補剛材と補強部材の最下端のボルト孔にパイロットピンを挿入した状態でタップボルトを締付けることで, 下フランジを落込ませる際に生じる補強部材の回転が拘束されないようにした。

5. 対策工法の効果検証

(1) 応力低減効果の検証

対策工法の適用前後で実施した静的载荷による疲労き裂先端(支間側の SH 前縁)の応力を図 5 に, 下フランジ上面の鉛直変位分布を図 6 に示す。ここで, 疲労き裂先端の応力は, SH から 10mm 離れた位置(図 5 の 4 点)で測定した主応力の最大値を示している。疲労き裂先端の応力は, 対策工法の適用前において -259N/mm^2 であったが, TypeA 適用後では 8.0N/mm^2 , TypeB 適用後では 8.2N/mm^2 となっており, いずれも大幅に低下した。下フランジの鉛直変位は, 対策工法の適用後では

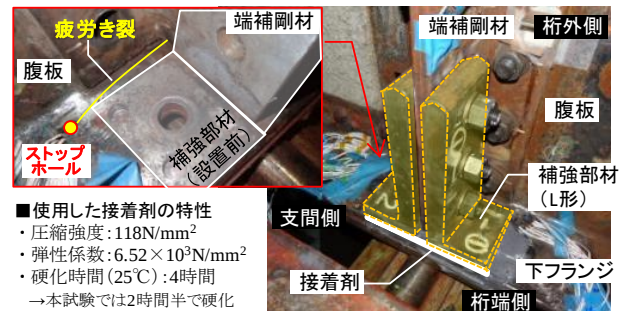


図4 対策工法の適用状況 (TypeA)

殆ど生じておらず, TypeA では下フランジの首振り拘束が補強部材により拘束されたことで, TypeB では下フランジが予め落込み支承の隙が減少したことで, 下フランジの首振りが解消され疲労き裂先端の主応力が減少した。以上より, 考案した 2 つの対策工法は, ともに高い応力低減効果を有しており, 疲労き裂の進展抑制に有効であることを確認した。

(2) 耐久性の検証

TypeA について, 繰返し载荷前後での疲労き裂先端の応力の変化や疲労き裂進展の有無を確認することで耐久性を検証した。図 7 に, 疲労き裂先端の主応力と载荷回数の関係を示す。疲労き裂先端の主応力は, 载荷回数に応じてわずかに変化しているものの, 繰返し载荷前後での変化は約 9N/mm^2 程度と小さい。また, SH からの疲労き裂の再進展や, 接着剤の損傷はみられなかった。以上より, TypeA は数年間のき裂進展を抑制するうえで十分な耐久性を有していることを確認した。

6. まとめ

リベット桁支承部の疲労き裂に対する簡易対策工法を考案し, 载荷試験によりその効果を検証した結果, 考案した TypeA, TypeB ともに疲労き裂の進展抑制に有効であることがわかった。また TypeA について, 少なくとも数年間は対策効果が持続することを確認した。

参考文献

- 1) 西田寿生ほか: 上路プレートガーダー(リベット構造)の支承部における下フランジ山形鋼のき裂発生メカニズム, 構造技術資料, vol.4, pp.31-40, 2015.10.
- 2) 杉本一朗ほか: 溶接付加物が鋼リベット桁の疲労に及ぼす影響と延命化手法, 鉄道総研報告, Vol.20, pp.17-22, 2006.5.