

水主町架道橋におけるリベット頭部破断の原因究明と対策の策定

東海旅客鉄道株式会社 名古屋土木技術センター 正会員 ○岩田 耕平
 東海旅客鉄道株式会社 名古屋土木技術センター 久村 剛
 東海旅客鉄道株式会社 名古屋土木技術センター 野中 大輔

1. はじめに

水主町架道橋は、昭和8年に建設された上路プレートガーダー橋りょう（以下、GD橋りょう）である。平成27年10月、当該橋りょう中間補剛材取付リベットの頭部が破断する変状が発生した。本研究では水主町架道橋における構造上の特徴と変状発生状況について整理し、変状原因と変状発生メカニズムを解明した。さらに、簡易な対策によるリベット破断の発生に対する抑制効果を検証し、その有効性を確認したので研究成果を以下に述べる。

2. 橋りょう概要

水主町架道橋は、東海道本線尾頭橋・名古屋間 364K994M 及び中央本線山王・名古屋間 408K260M に位置し、延長 33m、複線、レベル、直線区間、斜角（87°）、リベット構造、ピン連結式ゲルバー形式、各線4連で構成されるGD橋りょうである。特徴として、①上ラテラルが省略された構造であること、②上フランジ付近に防塵版が設置されており、これを避ける形で対傾構及び上支材が一般的なGD橋りょうよりも低い位置に設置されていることが挙げられ、特殊な構造のGD橋りょうとして位置づけられている(図-1)

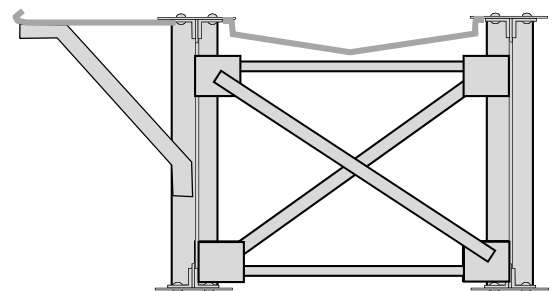


図-1 桁図

3. 発生変状の整理

平成27年10月、中央本線上り線4連目の対傾構及び上支材が接合された中間補剛材第1リベット（これ以降、補剛材上端から第1リベット、第2リベットという）の頭部破断が発見された(図-2)。水主町架道橋では、平成27年4月に鉄桁特別検査を実施し、同月にペイント塗替を完了している。検査時に中間補剛材リベットからの錆汁が発見されなかったこと及び破断面にペンキが付着していなかったことから、外見上の変化からは変状を発見することが困難であったと考えられる。なお、破断したリベットの残存部については、リベット軸にゆるみは生じておらず、支圧耐力の低下は僅かと考えられ、継手耐力上の問題はない。

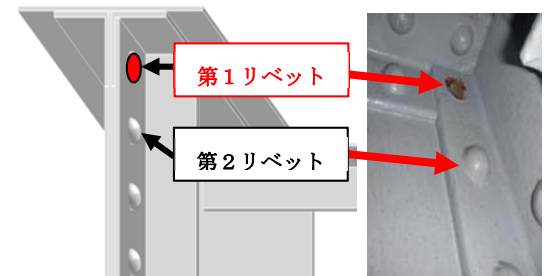


図-2 変状発生位置

4. 変状発生原因の究明

リベット破断の発生原因を究明し、変状発生メカニズムを検証するため、破面解析、実橋測定を実施した。

(1) 破面解析

リベット破面を電子顕微鏡にて解析した結果、①規則的な縞模様を示すストライエーション（繰り返し応力作用により亀裂が発生し、その後、亀裂が進展する際に形成される疲労破面に特徴的に現れるもの）、②穴ぼこ上の模様を示すディンプル（過大な荷重を加えて破断されるまでに大きな塑性変形を伴う延性破壊を示すもの）を確認した(写真-1)。また、材質については欠陥の痕跡がない結果が得られた。

【リベット破面解析結果】

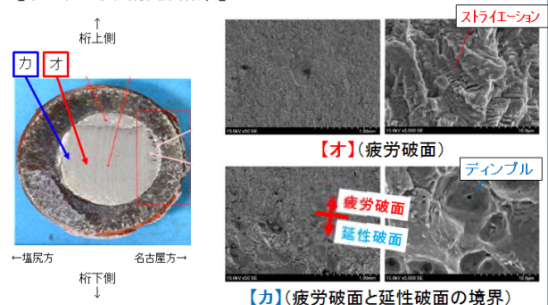


写真-1 疲労破面

キーワード GD橋りょう, リベット破断, 破面解析, 実橋測定, 疲労破壊, 応急対策工

連絡先 〒453-0801 愛知県名古屋市中村区太閤一丁目15番5号 名古屋土木技術センター TEL: 052-451-7146

以上より、リベットに軸方向（引張）の繰返し振幅負荷が作用し、リベット首部の補剛材隅角部側を起点として橋軸方向に疲労亀裂が進展し、最終的に延性破壊によりリベット頭部破断に至ったと推定できる結果となった。

(2) 実橋測定

測定は、第1リベットに発生する軸方向の応力について、トルシア形高力ボルトへの埋め込みゲージ法を用いて測定した。なお、リベットの強度等級は明らかにされていないため、鉄道構造物の疲労設計指針における高力ボルトの疲労強度等級K5（打ち切り限界 15.0MPa）を準用し評価することとした。測定の結果、リベット軸方向に打ち切り限界 15.0MPa を超過する 15.3MPa の軸応力が発生しており、疲労破壊が発生する可能性が実証された(図-3)。

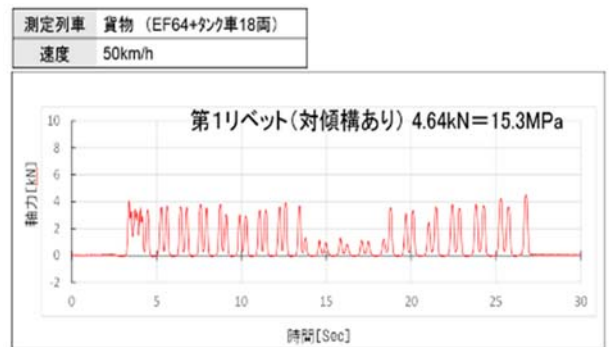


図-3 測定結果(軸力)

(3) 変状発生メカニズム

各結果をもとに変状発生メカニズムについて次の通り整理した(図-4)。
①上支材が低い位置であるため、車軸時に上フランジ付近の首振りが発生している。
②左右主桁の挙動差により上支材・中間対傾構に引張力が作用し、ガセットを介して中間補剛材を引き剥がす力が発生している。
③これらの複合作用により車軸通過時に第1リベットの中間補剛材隅角部側からリベット頭部に繰返し引張力が発生する。以上により第1リベットにおいて疲労損傷が進展し、リベット頭部の破断に至ったと考えられる。

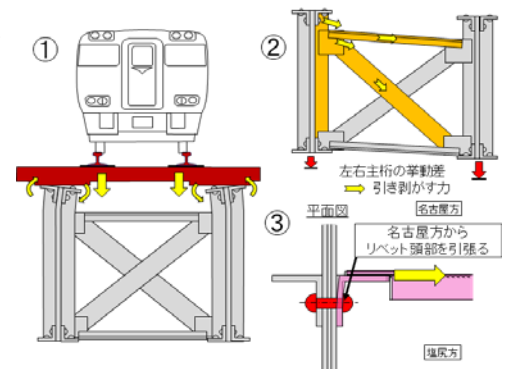


図-4 変状発生メカニズム

5. 対策の実施及び効果の検証

変状発生メカニズムを踏まえ、変状発生の抑制のためには中間補剛材を引き剥がす力を抑制することが望ましい。そのためには、左右主桁の複雑な挙動差の発生源と考えられる支点部（沓座・ピン）の修繕や上ラテラルの設置等が必要となり、対策が大規模となるため、時間と費用面での課題が発生する。

そこで、簡易な応急対策工として第1、第2リベットを高力ボルトに更换し、リベット破断を防止することとした(図-5)。なお、この対策は、第1、第2リベットを高力ボルトに置き換えることによって、締結トルクによる軸力を導入し中間補剛材を引き剥がす力に抵抗力をもたせることを目的としている。リベット破断箇所において本対策を実施し、実橋測定において効果の検証を行った。その結果、対策前に打ち切り限界を超過していた第1リベットの軸応力は、9.38MPaに低下しており、高力ボルトの打ち切り限界 15.0MPa を下回る値となり、有効性が実証された(図-6)。

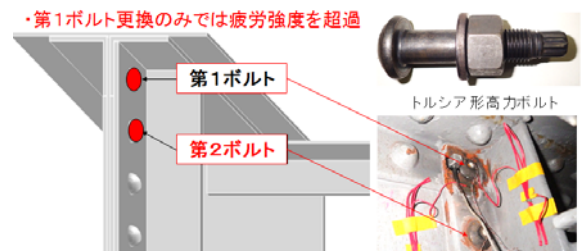
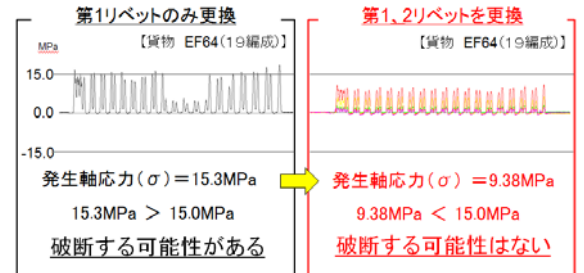


図-5 応急対策工



第2ボルトの締結力により、第1ボルトの軸力が低下

図-6 効果の検証

6. まとめ

本研究では、第1リベットが破断に至る変状の発生メカニズムを推定し、破面解析、実橋測定によりこれを実証した。また、応急対策工として第1、第2リベットを高力ボルトへ更换し、その対策工の有効性を確認した。

今回の変状は特殊な構造の橋りょうに限定して発生した変状であると考えられるが、一般的なGD橋りょうの鉄桁特別検査においても、第1リベット破断変状を検査の着眼点とし、破断の有無を確認していくこととする。

おわりに、原因究明から対策検討、実施に至るまで多大なご指導ご協力を頂いた皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献 ・(社) 日本鋼構造協会 鋼構造物の疲労設計指針・同解説 2007