

溶接構造初期に製作された鉄道橋りょうのメンテナンスについて

東日本旅客鉄道株式会社	正会員	○大島 博之
東日本旅客鉄道株式会社		臼木 長裕
東日本旅客鉄道株式会社	正会員	橋内真太郎
東日本旅客鉄道株式会社		大井 晴男
株式会社ピーエムシー	正会員	小芝 明弘

1. はじめに

本稿は溶接構造初期に製作された鉄道橋りょうに発生した変状および対策工について記すものである。対象とする橋りょうは昭和38年に製作された支間長62.4mの単線式直弦ワーレントラスである。本橋りょうの部材は世の中で溶接構造を採用し始めた頃に製作されており、接合方法は工場製作部分を溶接、現場組立部分はリベット接合となっている。

近年の検査では、疲労が原因とみられる溶接線を起点とする亀裂変状が発見された。亀裂変状を放置すれば亀裂が急激に進展し脆性破壊に至る危険性がある。そのため本稿では、変状が発生した原因を究明するとともに、実橋に対策工を施し補強効果について検証したので報告する。

2. 変状概要

(1) 縦桁ウェブの亀裂

横桁と縦桁の連結部において、縦桁の上フランジとウェブの首溶接部を起点とする亀裂変状が発生している。初めは溶接線に沿って亀裂が発生・進展していたが、ある程度の長さになると主応力直角方向に変化し始めている。主部材の引張領域に発生した亀裂であり、放置しておくとも脆性破壊につながる危険性がある。(図-1)

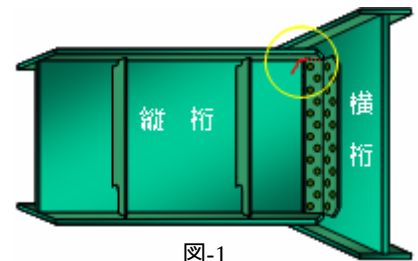


図-1

(2) 縦桁垂直補剛材上・下端部の亀裂

縦桁垂直補剛材上端部において、スカーラップの廻し溶接部を起点とする亀裂変状が発生しており、垂直補剛材と縦桁上フランジの溶接が破断した状態にある。また、下端部においてもスカーラップの廻し溶接部を起点とする亀裂変状が発生しており、こちらはウェブに進展しているものも存在する。(図-2)

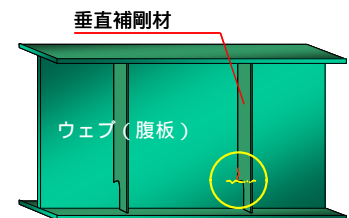


図-2

(3) 主構ラテラル固定リベットの破断・弛緩

対象としている橋りょうは、主構ラテラルと縦桁をアングルを介して剛結している。(図-3)この部分に配置されたリベットに多数の破断・弛緩がみられる。

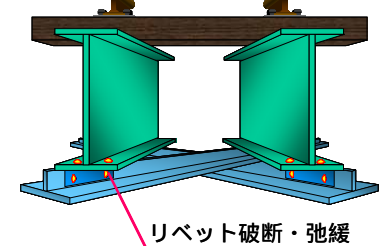


図-3

3. 変状発生の原因

(1) 縦桁ウェブの亀裂

変状の発生原因は二次応力の発生が原因となるものと溶接品質が原因となるものに分別される。二次応力が発生する原因として、縦桁のフランジを切り欠いて横桁にウェブのみを連結する構造を採用していたことがあげられる。縦桁は横桁を挟んで連続するため接合部は連続桁に近い応力性状となる。そのため縦桁端部には負の曲げモーメントが作用して縦桁の首溶接部に応力が集中し、それが変状を発生させる原因となったことが考えられる。一方、溶接品質によるものとして、溶接方法に疲労面への配慮が不足していたことが考えられる。現在では溶接箇所の急冷による割れ等の欠陥を防止するため、すみ肉溶接サイズの下限値を定めている。本橋

キーワード 鉄道橋りょう、溶接構造、疲労亀裂、メンテナンス

連絡先 〒101-0021 東京都千代田区外神田 1-17-4 JR 東日本 東京土木技術センター TEL 03-3257-1695

りょうの縦桁首溶接部分の脚長を実測すると 4mm と現行基準の下限値よりも小さく、当時と現在を比べると溶接品質に相違があったものと考えられる。

(2)縦桁垂直補剛材上・下端部の亀裂

本橋りょうの床組は、横桁間隔を支間とし縦桁上フランジをラテラルで結合したΠ断面となっており、縦桁下フランジと主構ラテラルは4箇所で剛結されている(図-4)。縦桁断面がΠ断面であったことが影響し、列車通過時は縦桁下フランジが横揺れする傾向にあった。剛結された主構ラテラルが縦桁の変形を抑制するように作用していたため、縦桁ウェブに局所的な面外力が発生しこれが亀裂の発生原因となったと考えられる。

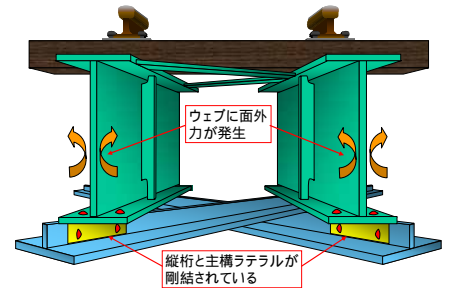


図-4

(3)主構ラテラル固定リベットの破断・弛緩

設計時は、縦桁下フランジと主構ラテラルのクリアランスが少ないため、列車通過時の振動により各々が衝突することを防ぐように主構ラテラルと縦桁を剛結したと考えられる。しかし、縦桁と主構ラテラルの振動特性が異なることからリベットに過度の応力や振動が伝わり破断・弛緩に至ったものと考えられる。

4. 対策工とその効果

一般に疲労設計曲線は $\sigma_m \cdot N = C_0$ で表され、変動応力の大きさが構造物の寿命に大きく影響していることが知られている。そのため、対策工は活荷重による変動応力を低減させることに主眼を置いた。

(1) 縦桁ウェブの亀裂

縦桁ウェブの変状対策は、縦桁を横桁とモーメント連結することにより首溶接部分に応力集中させないことが効果的である。図-5 に示したように、縦桁の上下フランジを横桁に連結することとした。対策工により活荷重による発生応力は 117.1Mpa から 39.1Mpa に低減した。

(2) 縦桁垂直補剛材上・下端部の亀裂および主構ラテラル固定リベットの破断・弛緩

これらの変状対策は、縦桁と主構ラテラルを縁切りするとともに縦桁下フランジの横揺れを防止することが効果的である。対策工として、縦桁に下ラテラルを設置し箱断面とすること(図-6)、縦桁支間中央に横桁を設置すること(図-7)および主構ラテラルを横桁よりボルトで吊る方式として主構ラテラルによる拘束度を下げる(図-7)とした。これにより、活荷重による発生応力は 74.7Mpa から 48.9Mpa に低減した。

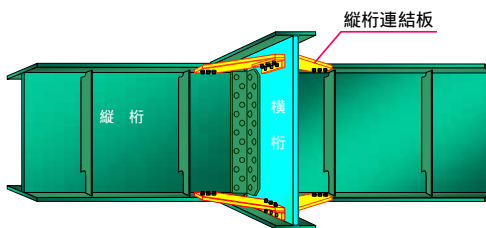


図-5

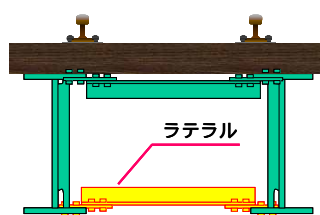


図-6

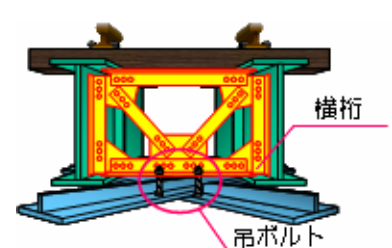


図-7

5. 最後に

現在、縦桁連結板は一部施工未了であるものの、縦桁下ラテラル設置・横桁設置および吊ボルト設置は全て完了している。(写真-8)我々は日々の列車の安全運行と将来の安全運行を保障できるよう土木構造物を維持・管理することが求められている。更新期を迎える土木構造物が増加する中、変状が発生した構造物に対して適切な修繕を行うことで構造物の延命を図らなければならない。限られた予算を効果的に活用するためにも、変状の原因を適切に捕らえ適切な対策を講じていくことが重要である。



写真-8

参考文献

- ・鋼構造物の疲労設計指針・同解説 指針・解説/設計例/資料編(社)日本鋼構造協会編
- ・鋼橋の疲労 平成9年5月(社)日本道路協会