

橋りょう縦桁亀裂の原因と対策

J R 東日本 八王子土木技術センター 正会員 塚本清成、小坂厚、四宮卓夫
J R 東日本 建設工事事部 構造技術センター 正会員 工藤伸司

1. はじめに

平成 16 年 3 月、供用中の鋼鉄道橋の縦桁に亀裂が発生しているのが発見された。当該橋りょう（以下、 α 橋という。）は、昭和 43 年に架設された経年 37 年、桁長 31.95m の単線式下路プレートガーダーである。当該橋りょうの概要および亀裂発生略図をそれぞれ図 1、図 2 に示す。亀裂は全部で 4 箇所あり、特に、図 2 の③部の亀裂は、上フランジ首部を水平方向に進行した後にフランジ幅方向に進み、上フランジを完全に破断させていた。本報告では、亀裂の発生要因、復旧工事の概要、類似橋りょうへの対応について述べる。

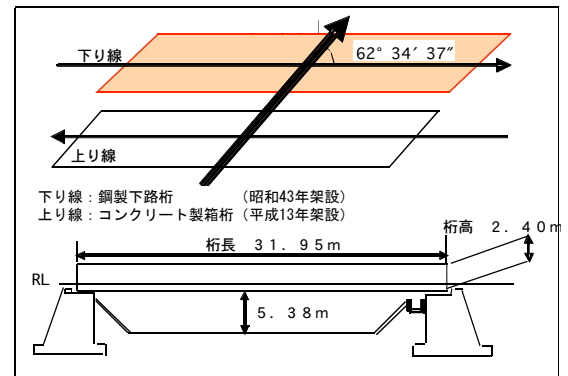


図1 当該橋りょうの概要

2. 亀裂の発生要因

(1) 亀裂の特徴からみた発生要因

図 2 の③部の亀裂を縦桁反対側から撮影して写真 1 に示す。亀裂は、以下の 4 つの部分に大別できる。

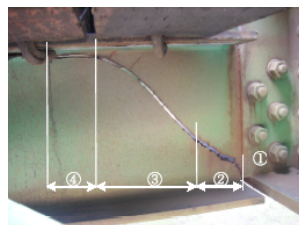
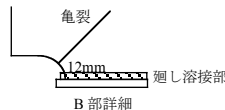


写真1 縦桁亀裂

①亀裂起点部

亀裂は、縦桁下フランジとウェブをつなぐ廻し溶接部より約 12mm 上部の切欠部から発生していた。縦桁切欠部の R 加工が滑らかでなく、この部分に応力が集中し、亀裂が発生したものと考えられる。



②歯形状破面部

亀裂起点部から 200mm 程度は、通常の疲労試験では見られない歯形状の凹凸のある断面形状であった。

このことから、亀裂は、疲労破壊と破面組織調査から明らかとなった介在物の起因により進展したものと思われる。

③亀裂中間部

通常の疲労破面に見られる、ほぼ平らな外観の破面部分が上フランジまで達していた。この部分については外力による疲労破壊が原因であると推定される。

④上フランジ首部及び上フランジ破断部

上フランジ首部の亀裂破面は、靱性が最も低い所を走っており、大きな負荷が集中しての引張破断と、低靱性での脆性破壊が混在したと推定される。

(2) その他の発生要因

①レール継目の有無

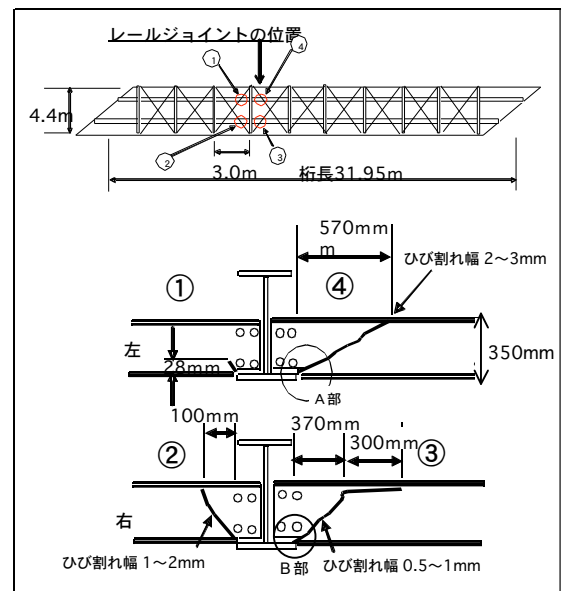


図2 亀裂発生略図

表1 レール継目の有無による発生応力

	レール継目有り	レール継目無し
縦桁下フランジ 公称応力	33.9~44.3	19.3~20.7
縦桁切欠部接線方向の応力	27.9~31.6	14.6~16.5

単位：MPa

α 橋は、既にレール継ぎ目を溶接して、無くしていたため、レール継目の有無による連結部縦桁の切欠部への影響を調べることができなかった。そこで、 α 橋と構造が似ている、橋りょう内にレール継ぎ目を有する β 橋で応力測定を行った。測定は、レール継ぎ目近くの縦桁とレール継ぎ目から遠い縦桁で行った。表 1 に測定結果を示す。レール継目の影響で、縦桁の公称応力は約 2.3 倍、また、縦桁切欠部の応力も最大で約 2.2 倍となることが分かった。

キーワード：鋼橋、下路桁、き裂、応力測定

連絡先：〒192-0073 東京都八王子市寺町 61 J R 東日本八王子土木技術センター TEL0426-21-1291

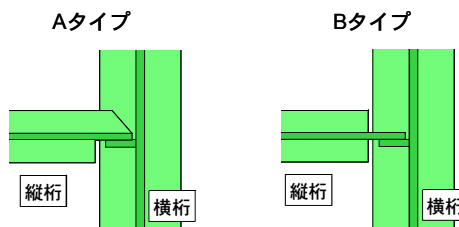


図3 縦桁と横桁連結部の構造比較

表2 切欠形状の違いによる応力比較

	レール継目有り	レール継目無し
β 橋 (Aタイプ)	27.9~31.6	14.6~16.5
α 橋 (Bタイプ)	—	66.5~77.5

単位：MPa

②連結部の構造の違い

図3に示す縦桁と横桁の連結部の構造の違いによる影響を調べるために、 α 橋 (Bタイプ) と β 橋 (Aタイプ) で応力測定を行った。なお、測定は、ほぼ同速度の同列車で行った。表2に測定結果を示す。連結部において、縦桁の下フランジが切断されている α 橋 (Bタイプ) は、縦桁の片側下フランジが横桁まで伸ばされている β 橋 (Aタイプ) に比べて、縦桁切欠部の応力が非常に大きくなっていることが分かる。

3. 復旧工事の概要

(1) 応急復旧工事

応急復旧工事は、以下に示す、3段階で実施した。

第一段階：橋枕木を補強鋼材 (H-100) による吊り桁形式にて防護し、試運転列車による安全確認を行い、常時監視のもと旅客列車を25km/hで運転した。

第二段階：河川敷から仮べント (H-400) により縦桁を仮受けし、貨物列車も含めて45km/hで運転した。

第三段階：亀裂発生箇所の当板補強を実施し、監視体制を解除した。

(2) 本復旧工事

本復旧工事は、復旧および再発防止を兼ねて次のような対策を実施した。初めに、亀裂の発生した縦桁4本は、新桁 (H-350) に交換するとともに、横桁との連結部において、縦桁の上下各フランジを横桁に連結した。さらに、交換した縦桁も含め、すべての縦桁ウェブには当板補強を施した。また、レール継ぎ目は溶接して無くした。写真2および図4に亀裂の発生していない縦桁の当板補強方法を示す。

以上の対策を行い、応力測定を実施した。

(3) 復旧工事の効果の確認

①縦桁交換の効果

亀裂の発生していない縦桁と交換した縦桁とで応力測定を実施した。表3に測定結果を示す。

交換した縦桁の切欠部の応力は、亀裂の発生していない

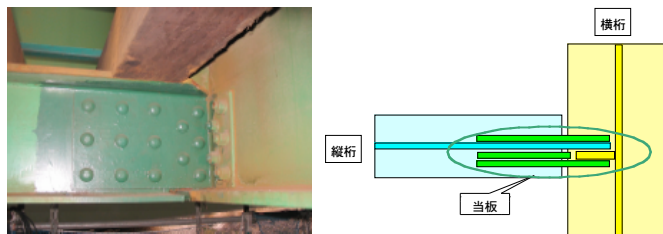


写真2、図4 当板補強方法（亀裂の発生していない縦桁）

表3 一般部と交換後縦桁部の応力

	一般部	縦桁交換後
縦桁切欠部の応力	66.5~77.5	15.6~24

単位：MPa

縦桁に比べ1/5~1/3程度となっていることがわかる。

②ウェブの当板補強の効果（亀裂の発生していない縦桁）

次に、亀裂の発生していない縦桁について、ウェブの当板補強実施前と実施後で応力測定を実施した。表4に測定結果を示す。縦桁ウェブの当板補強実施後は、実施前に比べて発生応力が1/2程度になっていることがわかる。

以上、交換・補強後の縦桁に問題がないことを確認して徐行解除を行った。

表4 当板補強による応力比較

	補強実施前	補強実施後
縦桁切欠部の応力	66.5~77.5	34.4~44.8

単位：MPa

4. 類似橋りょうへの対応について

(1) 類似橋りょうの点検

亀裂発生原因の分析結果より、縦桁と横桁の連結部において、前述のBタイプ（連結部において、縦桁の下フランジが切断されているタイプ）の橋りょうを、類似橋りょうとして点検を実施したが、亀裂は発見されなかった。

(2) 予防対策工法

類似橋りょうには、亀裂の発生は見られなかったが、予防対策工法として、施工性が良好で工費が安価な、縦桁ウェブの「当板工法」を採用することにした。当板補強の効果により、発生応力が1/2程度に低減、疲労寿命は約5倍以上になると想定され、十分効果が得られると考えられる。

5. まとめ

今回の変状は、桁下空等の制約から縦桁の桁高が小さく、縦桁切欠部に応力集中が発生しやすいディテールだったこと、さらにレール継ぎ目が切欠部上部にあったため列車走行時の大きな衝撃を繰返し受けたことによるものと考えられる。しかしながら、レールおよび横桁・横構の剛性、横桁による荷重分配効果で縦桁の耐力に余力があり、列車走行に影響がなかったものと思われる。今後の対策としては、縦桁の剛性を高める「当板補強工法」が有効であると考えられる。