

馬込架道橋の変状と対策

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○海保 大樹
 東海旅客鉄道株式会社 若井 清敬
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 三浦 丈司

1. はじめに

東海道新幹線の鋼橋の維持管理は、保守管理箇所(保線所)が実施する「全般検査」と、鋼橋疲労に関する専門部署(新幹線構造物検査センター)が実施する「鉄けた特別検査」で構成されており、適切な維持管理に努めている。

今回紹介する「馬込架道橋」は、単支間複線ローゼ桁で支間長は85.2mと東海道新幹線の単純支間長としては最長である。同橋りょうの縦桁横桁(床組)交差部はトラス橋りょうと類似しているが、横桁腹板の補剛材(以下ブラケットという)に防音工下面遮音板の吊材が添加されている(図-1)。

本稿では、同橋りょうの縦桁横桁(床組)交差部で発見された亀裂の「発生原因の究明」から「対策案の策定」までの取組みについて紹介する。

2. 変状の概要と保安上の措置

当該橋りょうは、平成8年度に鉄けた特別検査を実施した。その際に縦桁横桁(床組)交差部の縦桁下フランジモーメントプレートとブラケット天端溶接部に全80箇所中、15箇所の亀裂が発見された(図-1)。亀裂は溶接部の一部に発生している「一部亀裂」(6箇所)と全周に至っている「全周亀裂」(9箇所)の2種類あることが分った(写真-1)。亀裂の詳細検査を行なったところ、亀裂発生箇所にはモーメントプレートやスカーラップがあることにより、列車通過に対する構造上の最重要部材である縦桁や横桁に亀裂が進展する可能性が極めて低いため、モーメントプレートやスカーラップへの亀裂の進展がないかについて継続監視を行えば、列車走行時の構造物の安全性を確保でき緊急の対策は不要であると判断した。現在は3回/年の継続監視を実施しながら原因を究明しており、実際に縦桁や横桁への亀裂進展は全く見つかっていない。

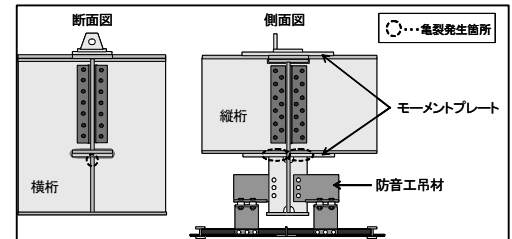


図-1 変状発生箇所

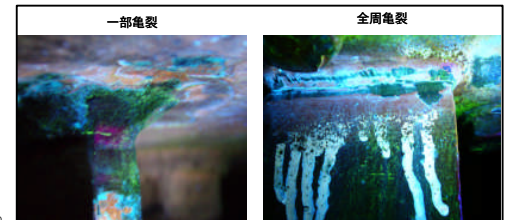


写真-1 ブラケット天端溶接部の亀裂

3. 変状(亀裂)調査結果

(1)現在の変状概要

現在、変状は交差部80箇所中57箇所に発生しており、全周亀裂は9箇所(平成8年度同数)、一部亀裂は48箇所となっている。この亀裂は外観上、溶接ルート部に発生する「ルート亀裂」(ブローホール等の溶接欠陥や母材の肌隙などが原因で中から表面に向かって進展するもの)と溶接ルート端と母材の境界に発生する「趾端亀裂」(外力や応力集中等により表面から母材内部に進展するもの)の2種類に分類できる。

(2)亀裂の分類調査と応力測定

亀裂の分類によって原因及び対策の考え方が異なることから、亀裂の発生点の確認調査を行なった。外観上は「趾端亀裂」でも「ルート亀裂」の可能性はある。ルート部から発生した亀裂が趾端部に進展し、外観上は趾端亀裂と判断をするためである。そこで、調査は外観上の趾端亀裂箇所で行ない、グラインダーで削正しながら亀裂の状態を確認した。結果、3mm削正後に亀裂は除去され、趾端亀裂であると確認できた。変状箇所の多くが外観上趾端亀裂であることから、原因はブラケット天端部への局所的な応力集中であると推定されたため列車通過時の応力測定を実施した。応力測定は亀裂が発生していない健全箇所で行ない、ブラケット端面の応力振幅値は疲労限(F等級=46MPa)を超える約100MPaと高い値を示した(図-2)。

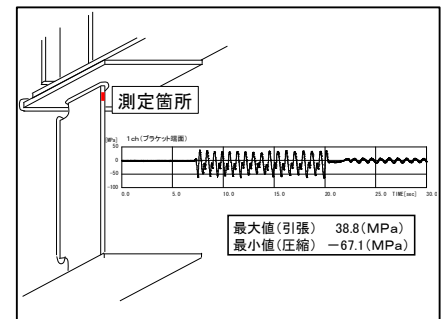


図-2 応力波形

4. 原因の推定

これらの調査結果からこの亀裂は趾端亀裂と考え、応力測定波形から次の原因推定を行った。

(1)縦桁挙動の影響

列車軸が通過する際、ブラケットに圧縮・引張力が交番発生しており、縦桁の位相挙動の繰返しによる疲労亀裂。

(2)防音工の影響

縦桁挙動の影響に加えブラケットに添加されている防音工の振動が更なる負荷を与える。

キーワード 疲労, 縦桁横桁交差部, 亀裂, 応力測定, 舟形工法

連絡先 横浜市港北区篠原 3219-1 東海旅客鉄道株式会社 東京新幹線構造物検査センター TEL:045-474-0167

5. 原因究明

推定した原因を究明するため、応力等測定すべき項目と測点を計画し、実橋にて測定を行なった。

(1)測定結果

ブラケット端面上部は縦桁横桁の公称応力(約 30MPa)及び横桁腹板応力(約 20MPa)に比べ、値が非常に大きく、側面上部は面内膜応力が主で曲げ応力はほとんど発生していなかった。

①縦桁挙動の影響

図-3 は当該線列車通過時のブラケット下部スカーラップ直上の最小主応力最小時の主応力方向と同時刻のブラケットに発生する応力分布を示し、端面は直応力、他は面内膜応力を示す。東京方下部スカーラップ直上の主応力が最小時に東京方のブラケット端面は圧縮応力が発生し、大阪方には引張応力が発生していることがわかる。又、圧縮引張の主応力方向は完全に反対しており、この結果を縦桁挙動に拡大すると同図右上のようになっていると推定され、列車軸は着眼点の東京方に位置していると考えられる。図-4 からは最大主応力最大時には、同応力の発生が位相していることも確認された。この結果、縦桁の剛性が不足しているため列車軸の移動に伴いブラケットには応力が交番発生することが分かった。

②防音工吊材の影響

防音工吊材は「当該箇所を列車が通過する前から防音工の振動が始まっている」「公称応力の最大最小時の応力振動方向とは相関していない」ことから、防音工吊材の振動はブラケットに影響を与えておらず、別々に挙動していると考えられる。

調査結果を整理すると「亀裂は趾端亀裂であった」「縦桁は列車軸の移動により横桁を支点としたシーソーのような挙動(剛性不足)を示し、ブラケット端面には疲労限(46MPa)を超える高い応力が交番発生していた」「防音工はブラケットに影響を与えていない」ということが分かった。

6. 対策案の策定

実橋測定結果から縦桁挙動等が判明したため、3次元モデルを作成し①剛対策、②柔対策、③変状部削除の各対策を行なった場合を想定し、FEM解析で対策後の応力低減の効果確認を行なった。

(1)対策案

- ①舟形工法：ブラケットに対して縦方向に張出す部材を取付けることで剛性を向上させる(図-5)。
- ②円弧切欠工法：ブラケットを半円に切削し、アーチアクションに期待することで応力集中を緩和させる。
- ③上端縁切工法：亀裂発生部位を除去し、縦桁下フランジモーメントプレートとブラケットを縁切りする。

(2)結果

舟形工法の FEM 解析結果を図-5 に示す。施工前のブラケット天端応力は、87.6MPa と高い値を示した。①舟形工法では、同位置の応力が 38.9MPa と低減された。②円弧切欠工法も舟形工法と同等に応力低減させることが出来た。③上端縁切工法では横桁腹板に応力集中が発生した。応力低減効果や施工性、また縦桁剛性の向上も期待できることから対策を舟形工法に決定した。

7. まとめ

今回の変状は構造が特異で、特に縦桁の剛性不足が原因と考えられる。原因究明には現地での亀裂の分類、発生点の確認並びに実橋測定による挙動の把握など広範な調査と時間を要した。平成 21 年度には防音工の取替え工事に併せ、変状箇所だけでなく交差部全てに本対策を実施する方針としており、それに伴う応力低減効果確認を行なっていく予定である。最後に本研究報告までに多大な支援を頂いた皆様に深く感謝いたします。

〈参考文献〉 1) 海保大樹：馬込 Bv 縦桁横桁交差部における変状原因究明と対策 日本鉄道施設協会誌 二〇〇八 第 8 号 P645

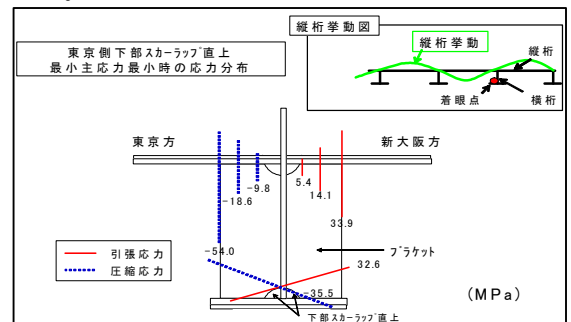


図-3 縦桁挙動の影響 1

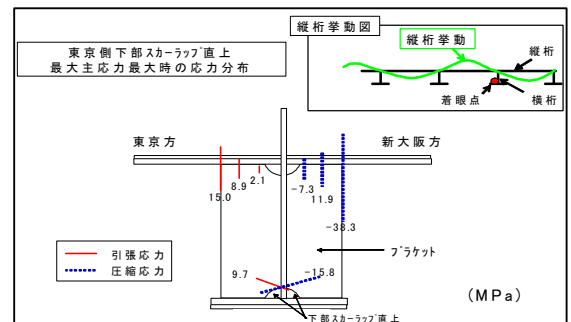


図-4 縦桁挙動の影響 2

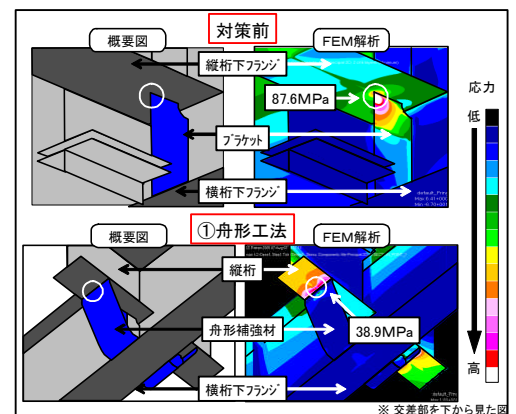


図-5 FEM 解析結果