

鋼橋床組接合部の疲労強度特性に関する実験的研究

東海旅客鉄道（株）正会員 ○ 鈴木 亨

正会員 伊藤 裕一

1. はじめに

鋼橋において、部材と部材を結ぶ接合部は形状による応力集中があるうえ、応力状態が複雑に変化するため、様々な疲労損傷が発生する可能性がある。特に下路プレートガーダーやトラスの縦桁横桁接合部は構造的に縦桁長が短いため、発生応力が高く疲労損傷が発生する可能性が高い。今回この床組部材の接合部の疲労特性を解明するとともに、疲労に対する着目点を確認し、発生した疲労損傷の原因と対処方法を明確にするため、実際に供用されていた橋梁より切出した試験体を用いて床組部材の疲労試験を行った結果について報告する。

2. 実験概要

撤去された既設構造物より試験体（下路プレートガーダー、橋長 6.8m 図1参照）を切り出し、下記の試験条件により3連ジャッキの疲労試験機を用い、実橋での供用時の発生応力波形を再現した実験を行った。疲労試験時と供用時の応力波形の比較を図3に示す。載荷荷重は縦桁下フランジ中央付近で応力振幅値が疲労限のC等級 $113\text{MPa}^{1)}$ を上回る 125MPa 程度を目標として下記のとおりとした。疲労試験中は定期的に動的計測を行ったほか、磁粉探傷による非破壊試験を実施して疲労亀裂発生の確認を行った。

載荷荷重 最大：470kN
 最小：20kN
 載荷周波数 0.4Hz
 載荷回数 500 万回



図2 試験状況

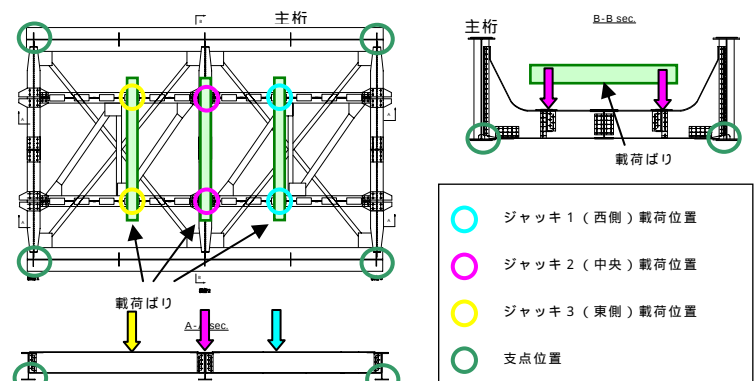


図1 試験体図

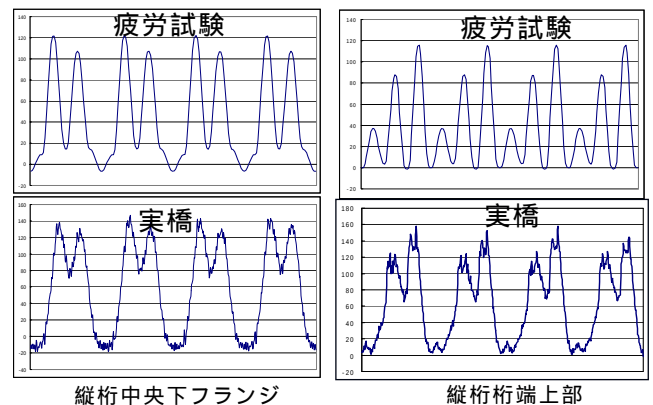


図3 応力波形比較

3. 実験結果

3.1 主桁横桁接合部の疲労損傷

横桁端切欠き部には、実橋での供用時に亀裂発生前の事前補強としてあて板が設置されていたが、その補強効果を確認するためあて板を外して疲労試験を開始した。実験当初より亀裂がありその後進展して25万回時点であて板補強を行った。その後載荷回数100万回毎にあて板を外し亀裂の進展を観察したところ、補強後亀裂は進展速度が遅くなり(図4参照)、あて板設置のボルト孔に向かって進展した。この後亀裂はボルト孔にて進展が止まり、あて板補強が有効であることを確認した。

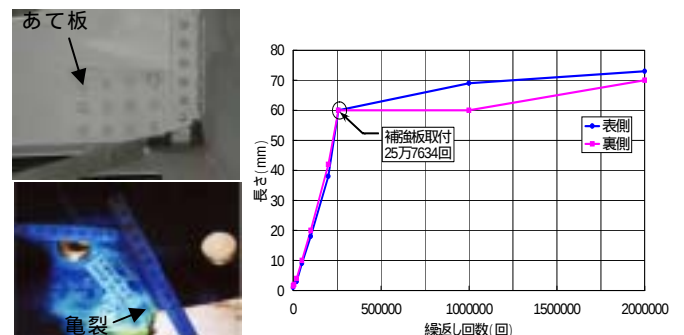


図4 主桁横桁接合部

キーワード：鋼橋、接合部、疲労損傷、補修・補強

連絡先：〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 TEL0568-47-5374 FAX0568-47-5364

3.2 縦桁横桁接合部

(1) 疲労損傷発生メカニズム

縦桁上部切欠き部の首溶接部4箇所全てから亀裂が発生（図5参照）し、溶接ルートに沿って進展（ ）。一部は縦桁ウェブを斜め下に向かって進展した後停留した（ ）。さらに縦桁を横桁ウェブに取り付ける添接板の上側リベットのゆるみ、破断が進行し、縦桁上フランジに荷重が集中して破断した（ ）。接合部で縦桁ウェブと添接板との間で縦桁が下にもぐりこむような現象がみられ、構造上縦桁下フランジが横桁を挟んで連結されていないため、繰返し荷重により縦桁ウェブを横桁ウェブに取り付けるリベットが弛むことにより、縦桁上フランジ側端部に荷重が集中することが原因と考えられる。そこで縦桁を部分交換した上で縦桁下フランジを連続構造にするような補強部材を取り付け、試験によりその効果を確認したところ、縦桁上部切欠き部の最大応力振幅が低下して亀裂の発生もみられず、補強効果のあることを確認した。

(2) 疲労強度評価

疲労試験での載荷分に対する疲労強度をS-N線図により評価したものを図6に示す。今回の試験での載荷回数に試験体が実橋として供用されていた間の載荷履歴を、修正マイナー則を用いて重ね合わせて評価を行った。これより縦桁横桁接合部の縦桁上部切欠き部がF等級以上であることを確認した。この部位を「荷重伝達型十字溶接継手（非仕上げ継手を持つ母材）」とすると、F等級となる¹⁾が、データ数が少なくばらつきもみられることから今後さらに実験データで検証していく。

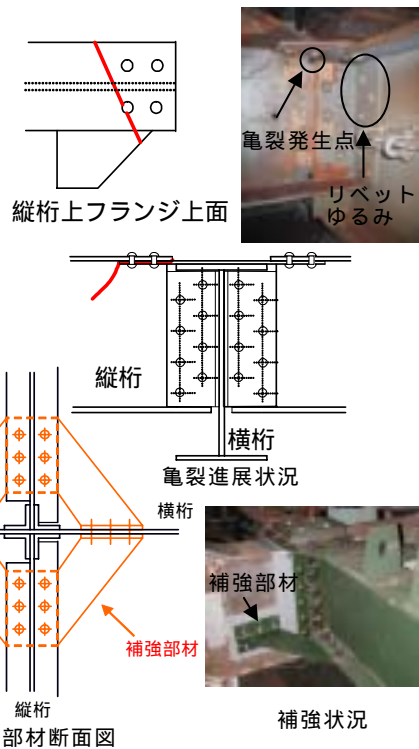


図5 縦桁横桁接合部

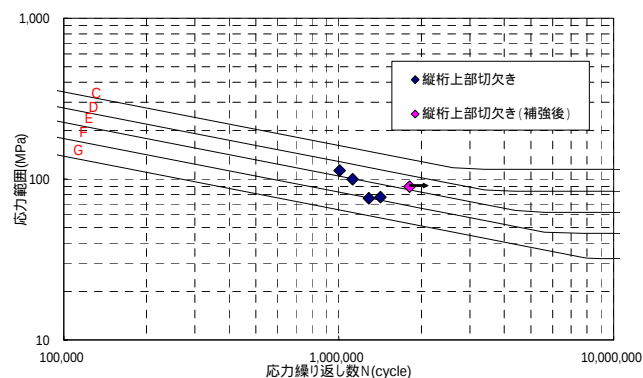


図6 S-N線図

3.3 縦桁下ラテラル取付部の疲労損傷

縦桁と下ラテラルを取り付けているリベット孔から亀裂が発生し、縦桁下フランジ、ウェブと上方へ進展した（図7参照）。このときリベットに弛みはみられなかった。これは繰返し荷重による縦桁と下ラテラルのたわみ差の影響が考えられ、トラス構造における同種の変状について下弦材と床組との応力分担作用の影響や縦桁のたわみによる影響が原因として推量されるという報告²⁾もある。さらに対処方法の検討を行う。



図7 縦桁下ラテラル取付部

4. まとめ

今回、実橋での発生応力を模擬した応力状態での疲労試験を実施し、これまでに発生した疲労損傷を再現した。また従来の検査体制で把握していた事象を今回の試験でも把握できた。今後試験を継続、詳細な調査を行い、この結果を日常の検査・補修等に反映することにより、従来にまして精度の高い鋼桁の維持管理の実現に役立てていきたい。

参考文献 1) 鉄道技術総合研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物、1992

2) 阿部英彦、渡辺喜紀、関根秀明：鉄道用トラスにおいて弦材の応力が床組部材に及ぼす影響、東骨技報 No.48、p.p.116-121、2002.4