

鋼橋まくら木受台における疲労き裂の対策方法検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○森田 雅也 東海旅客鉄道株式会社 正会員 土井 宏政
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 稲葉 涼二 東海旅客鉄道株式会社 正会員 高橋 和也

1. はじめに

東海道新幹線の橋梁において、まくら木受台溶接部でき裂が発見された。本変状は列車の走行安全性には問題を与えるものではないが、列車の安全安定輸送をより確実なものにするために、本研究では、受台軌間側上側溶接のルート部への応力集中が原因であると導いた既往の研究¹⁾を踏まえ、まくら木受台溶接部き裂の対策方法について、FEM解析により検討し、効果的な対策案を絞り込んだ。その対策を実橋において試験施工し、応力測定により効果確認を行い、対策工法を確立した。

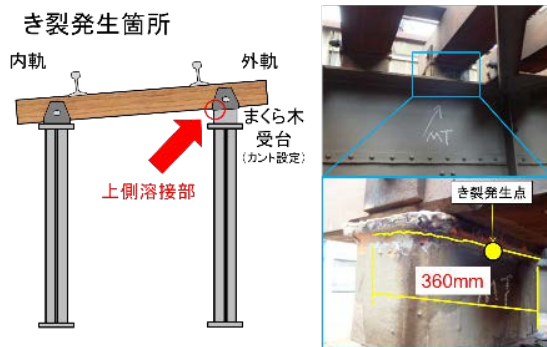


図-1 変状概要図

2. 対象橋梁および変状概要

対象橋りょうは支間長52.5mの下路トラス橋であり、曲線区間の斜角桁となっており、曲線半径4000m、カントが110mmの緩和曲線内に位置している。き裂発生箇所はまくら木受台であり、この部材は曲線区間の桁においてカントを設定するために設置されている部材である(図-1)。

3. 対策方法の検討および効果確認

既往の研究の結果¹⁾、既設まくら木受台の問題点として2点挙げられる。①まくら木受台ルート部に応力集中して、き裂に至る点、②き裂発生箇所は片面隅肉溶接であり、強度が弱い点である。そこで、溶接自体をなくすAのブロック構造案、溶接強度等級を上げるBの溶接・ボルト構造案の2案を検討した(図-2)。A案は鋼ブロックを削り込んで製作するため、溶接がなくき裂発生の懸念はないが、コストに難がある。B案は鋼板を完全溶け込み溶接で接合し、疲労強度を高くする構造であり、A案より低コストではあるが、溶接箇所の疲労耐久性について検討が必要である。そのためB案についてFEM解析により疲労耐久性を検討した。受台モデルは今回き裂の発生していた上側溶接部を完全溶け込み溶接とし、下側溶接部は片側開先溶接とした。解析結果(図-3)より、き裂発生箇所の応力は完全溶け込み溶接とすることで低減できることを確認した。

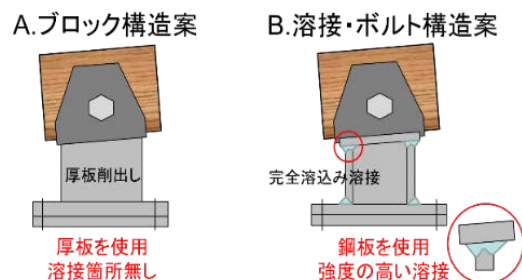


図-2 対策案概要図

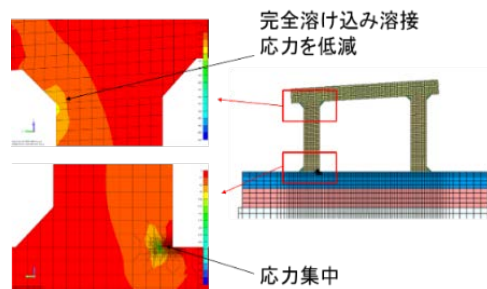


図-3 FEM 解析結果 (対策案)

しかし下側溶接部の片側開先溶接は比較的強度が弱いいため、応力が集中していた。き裂の発生する可能性について検討するため、公称応力位置の応力を確認した(図-4, 5)。上側溶接部は完全溶け込み溶接であり、強度等級はD等級となる。公称応力位置の応力は疲労限内に収まる値となったため上側溶接部は構造上の問題ないことがわかった。また下側溶接部に関しては片側開先溶接であり、強度等級はH等級となる。公称応力位置における応力は疲労限内に収まっているため、応力集中箇所は存在するものの、下側溶接部も構造上の問題

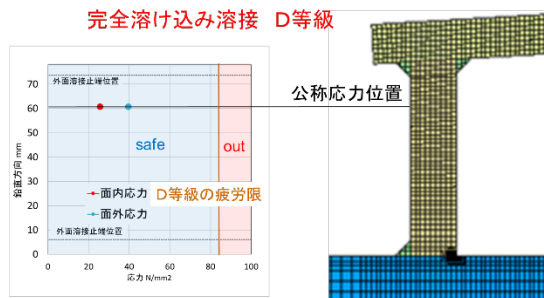


図-4 公称応力位置の面内・面外応力 (上側溶接部)

キーワード：東海道新幹線，鋼橋，まくら木受台，疲労き裂

連絡先：〒533-0031 大阪府大阪市東淀川区西淡路 1-2-56 TEL:06-6307-0512

はないことがわかった。製作面に関して、A 案は材料に厚板を使用するため、受台高さが高いと材料がないという点、B 案は鋼板を溶接するため、高さが低いと溶接できないという点が問題であった。それぞれが製作できる高さの範囲(図-6)を示す。実橋にて2案の試験施工を行い、応力測定による効果の確認を実施した。B 案の軌間側に張り付けた4箇所(図-7)の応力測定結果(図-7)より、いずれも低い応力であり、面外応力もほとんど発生していないことがわかる。また、他の側面についても同様に小さな値となっていた。上側溶接部は強度等級がD 等級であり、最大応力範囲 2.6MPa にバラつき係数 1.7 をかけても 4.42MPa であり、疲労限 84MPa を超えないため、き裂発生の可能性はないといえる。下側溶接部に関しては強度等級が H 等級であり、最大応力範囲 6.5MPa にバラつき係数 1.7 をかけても 11.1MPa であり、H 等級の疲労限 23MPa を超えないため、き裂発生の可能性はないといえる。他の側面についても同様にき裂発生の可能性はない結果となった。

主要部材への影響を確認するため、A 案及び B 案における縦桁の公称応力について検討した結果、対策前の 26.2MPa に対し、対策後は 26.7MPa であり、縦桁への影響はないと言える。しかし、まくら木受台直下の縦桁腹板の鉛直方向応力について確認したところ(図-8)、対策前の 19.7MPa に対し、対策後は 35.4MPa となり、応力が大きくなった。まくら木受台直下の腹板は対策によって局部的に悪影響がみられたため受台構造の改良を検討した。その結果、上フランジと受台の間に設置しているフィラープレート(線路方向に延長し、断面急変を緩和する構造)がより有効であると考えられることから、試験施工及び応力測定を実施した。その結果(図-9)、延長前は 35.4MPa であったのに対し、延長後は最大 22.2MPa となり応力低減効果を確認できたことから、まくら木受台直下の腹板への対策としてフィラープレートを延長する構造を採用することとした。

4. まとめ

本報告では、まくら木受台のき裂に対して、受台軌間側上側溶接のルート部への応力集中が原因であることを踏まえ、対策方法の策定を行った。対策はブロック構造案と、溶接・ボルト構造案とし、それぞれ製作高さによって使い分ける標準対策方法を策定した。当該橋梁のき裂箇所は標準対策方法(溶接・ボルト構造案)を採用し、施工を進めている。引き続き、適切に構造物の維持管理を行い、東海道新幹線の安全安定輸送に努めていく。

【参考文献】

- 1) 稲葉涼二ら: 鋼橋まくら木受台における疲労き裂の発生原因解明, 第 72 回年次学術講演会概要集, 2017.

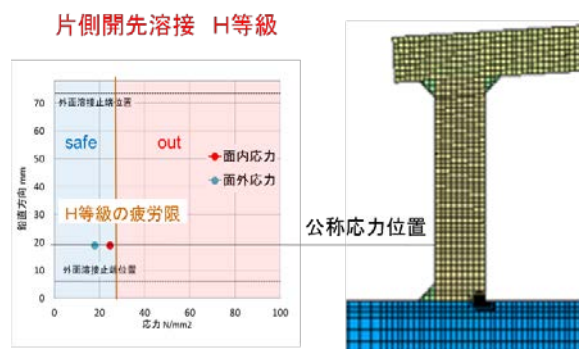


図-5 公称応力位置の面内・面外応力(下側溶接部)

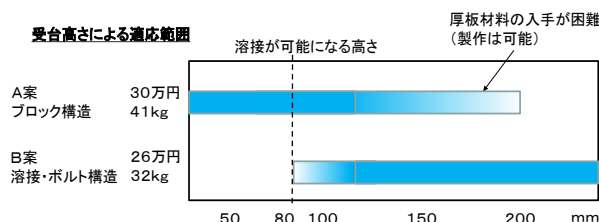


図-6 受台高さによる適用範囲

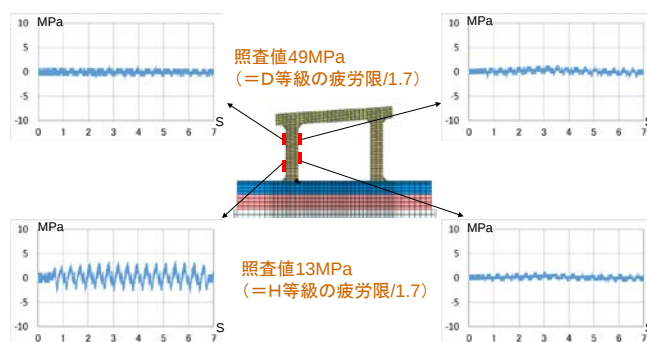


図-7 応力測定結果(まくら木受台)

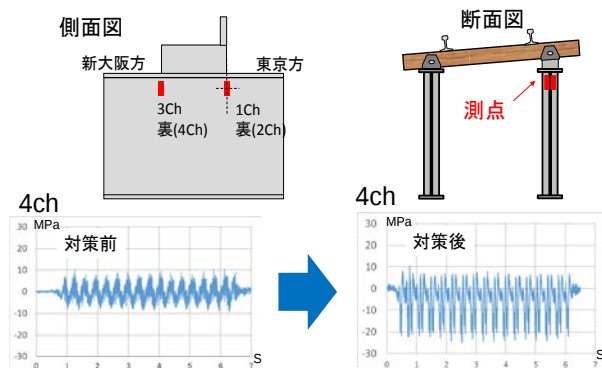


図-8 応力測定結果(腹板鉛直応力)

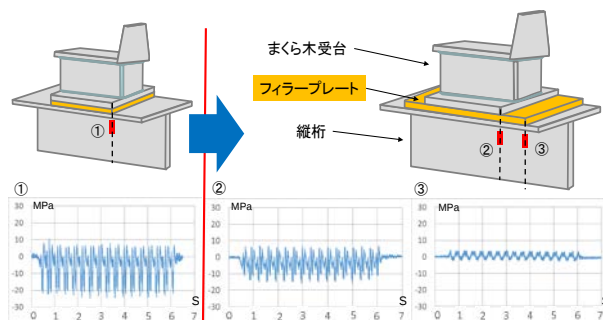


図-9 受台構造の改良後測定結果(腹板鉛直応力)