

鋼橋まくら木受台における疲労き裂の発生原因解明

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 土井 宏政
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 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複数のき裂が発見された。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、本研究では当該橋梁の変状発生状況、発生箇所の傾向等を分析し、実橋での応力測定を行ったうえで FEM 解析を行い、き裂の発生原因の解明を行ったので報告する。

2. 対象橋梁と変状概要

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いる。曲線半径 4000m, カントが 110mm の緩和曲線内に当該橋りょうは位置している。

き裂発生箇所はまくら木から桁へ荷重を伝達する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。この受台の上側溶接部にき裂が発生していた(図-1)。き裂長は最大で 360mm と比較的長いき裂であり、下り線に 5 箇所、上り線に 14 箇所、計 19 箇所のき裂が外軌側で発生していた(図-2)。また、き裂が短い箇所では受台の軌間側の上側溶接部の中央付近からき裂が発生していたため(図-1)、この箇所をき裂の発生点であると推定した。

3. き裂発生原因の究明

(1) 応力測定

まくら木受台の挙動を確認するため、受台全体の鉛直方向応力測定を実施した(図-3)。測点は受台の上部 4 隅(1, 2, 4, 5ch) およびき裂発生点(3ch)の計 5 点とした。測定対象とした受台は 5 箇所であり、サンプリング周波数を 2000Hz として測定を行った。測定結果(図-4) からいずれの測点についても応力は小さく、最大でも 10MPa 程度と小さい値であった。測定したすべてのまくら木受台において、き裂の発生が懸念される値ではない結果となった。さらにき裂発生のクリティカルとなる挙動を把握するため、測定した 5 測点の波形を重ね合わせて分析を行った結果、き裂発生箇所である 3ch では車軸載荷時に応力が最大となるため、車軸載荷時における受台の挙動に着目した。また、着目する受台は直下の構造の違いによって分類し、比較を行った。受台直下に部材がない箇所を一般部、ガセットプレートが設置されている箇所をガセット部、横桁上

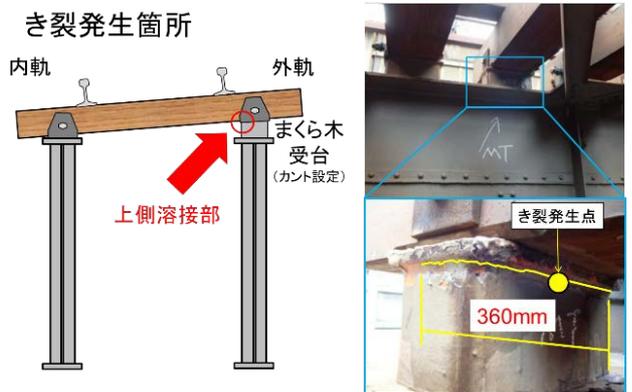


図-1 変状概要図

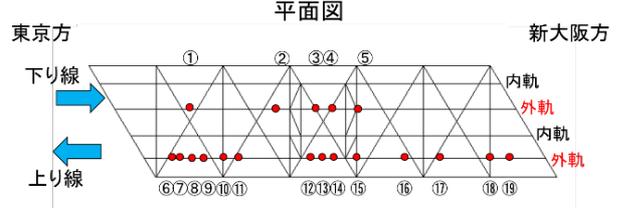


図-2 変状位置平面図

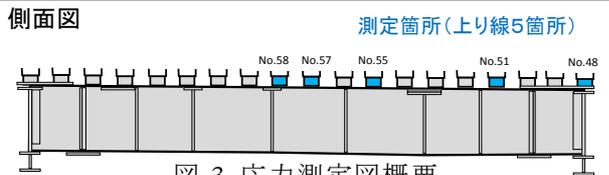
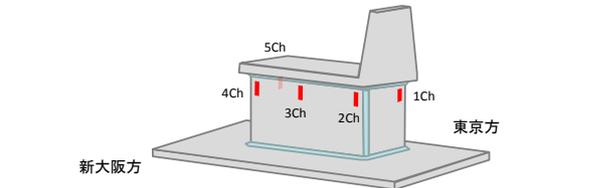


図-3 応力測定図概要

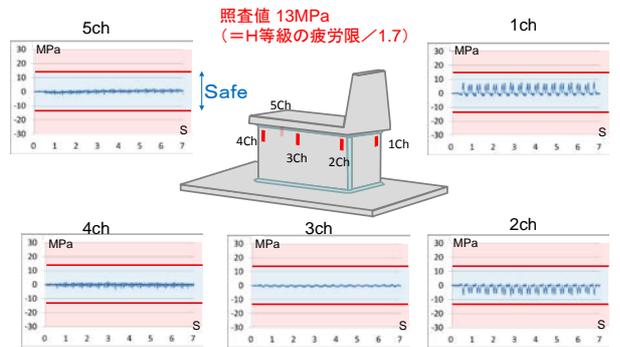


図-4 応力測定結果(まくら木 No.58)

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

の受台を横桁部として検討を行った。その結果、分類した3箇所の挙動は、各まくら木受台において様々な挙動を示していることがわかった。これはまくら木受台周辺の構造の違い等によって、荷重を支持する条件が異なるためと推察できる。各受台の共通点としては、き裂の発生点である軌間側中央点については車軸載荷時に圧縮応力が作用していることが挙げられる。

(2) き裂箇所の切削調査

まくら木受台に発生したき裂の内部を目視にて確認するため、切削調査を実施した。調査の結果、図-5のように上下の鋼板は密着しておらず、構造上隙間があることがわかった。この隙間に応力が集中したのではないかと考えられる。

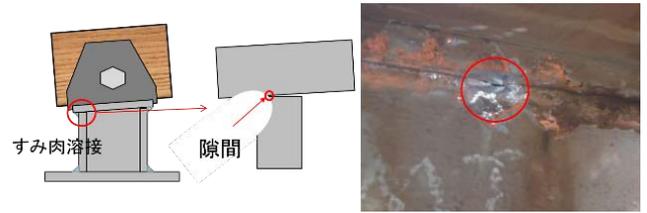


図-5 受台切削調査状況

(3) FEM解析

応力測定および切削調査の結果から受台内部の応力を確認する必要があったため、FEM解析を行った。モデル(図-6)を示す。トラス橋の1格間をモデル化し、今回最もき裂長の長かったまくら木受台に注目して解析を行った。着目するまくら木受台に載荷する荷重は設計荷重とし、左右レールにそれぞれ9tの荷重を載荷した。まくら木受台の断面図(図-7)を示す。き裂の発生していた溶接を含む、4隅の溶接について着目し、溶接周辺の応力分布を確認した。溶接と母材の接合部は最も詳細にモデル化し、0.1mmピッチの要素サイズとした。また、現場にて確認された構造上の隙間も再現し、より実際の受台に合わせたモデルで解析を行った。解析結果(図-8)を示す。き裂の発生点と考えられる受台上部の軌間側溶接ルート部において極めて高い応力が発生しており、この応力集中が原因でき裂が発生したことがわかった。しかし、応力が集中している箇所から数ミリ離れると応力が急激に低くなっており、き裂の伸展速度は遅かったと推定できる。なぜこのような応力状態になったのか考察すると、まず列車の荷重が載荷されたことによってまくら木がたわみ、軌道はまくら木受台より内側にあるため、受台の軌間側には圧縮応力が作用し、溶接の内側(以下ルート部)に局所的な応力集中がみられたと考えられる。よってき裂の発生原因はまくら木のたわみをまくら木受台で拘束する結果、まくら木受台上側溶接部に大きな力がかかり、ルート部に応力が集中したためと考えられる。

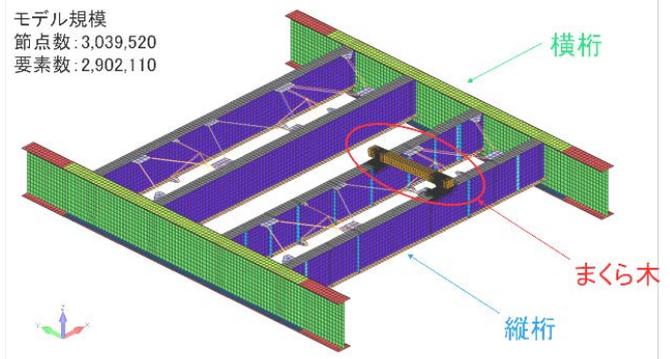


図-6 FEM解析モデル図

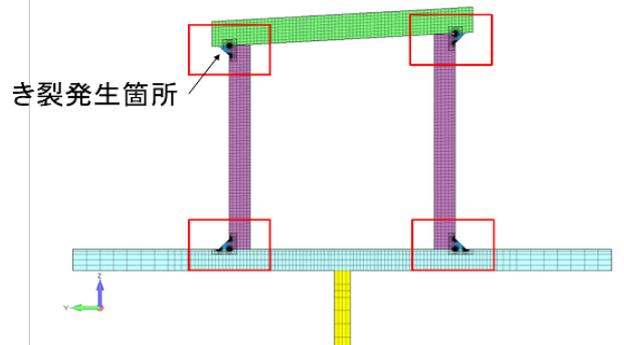


図-7 まくら木受台モデル断面図

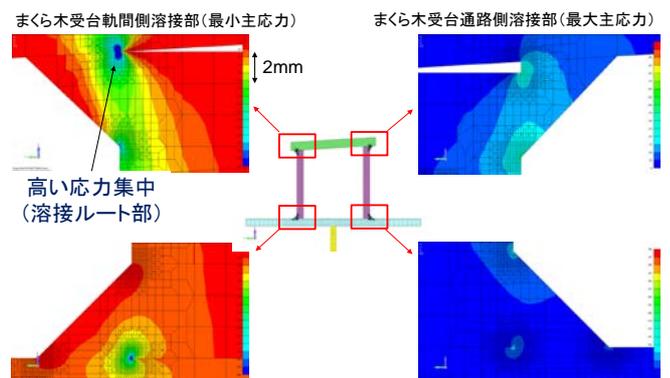


図-8 FEM解析結果(現状構造)

3. まとめ

本研究の結果、き裂の発生原因は、受台軌間側上側溶接のルート部への応力集中であることが確認された。東海道新幹線では、本研究の知見をもとに、対策工法を検討し¹⁾、実橋での対策工事を実施している。今後も、東海道新幹線構造物を適切に維持管理し、安全安定輸送の確保に努めていく。

【参考文献】

- 1) 森田雅也ほか 鋼橋まくら木受台における疲労き裂の対策方法検討, 第72回年次学術講演会講演概要集, 土木学会 2017