

東海道新幹線箱桁端部下フランジに発生した首溶接き裂の原因究明及び対策検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○高橋 眞
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 辻 英之
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 植村 潤

1. はじめに

東海道新幹線の鋼橋では、疲労に特化した検査体制として、8年周期で社員による近接目視の鉄けた特別検査を実施し、変状の発見及び補修・補強を行い、列車の安全安定輸送を確保している。今回、対象橋梁である支間長40m単連鋼箱桁において、桁端部下フランジ首溶接部き裂を発見した(図-1)。き裂は腹板に進展しておらず溶接ビード方向のため、構造上すぐに列車の走行安全性を脅かすものではないが、進展を抑えるための応急対策として、当て板補強並びに可動沓の可動を拘束し、き裂先端に応力が集中していると考えられた変位制限装置(写真-1)の孔拡大及びナット緩解を実施した。本稿では、き裂発生原因究明及び恒久対策工法を検討し実施したので報告する。

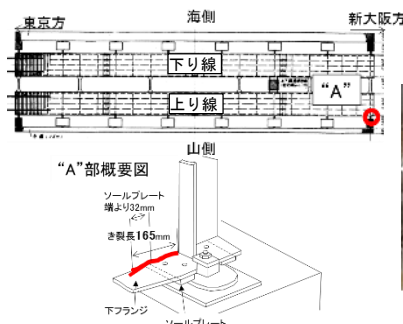


図-1 変状位置図及び概要図



写真-1 変位制限装置

2. 実橋測定・調査

1) 応力測定

き裂先端部の応力状態を確認するため、下フランジ表裏(図-2)での応力測定の結果、表面の主応力で最大170MPaの圧縮応力(図-3(a))であり、裏面の主応力値は引張応力が支配的(図-3(b))であることから、

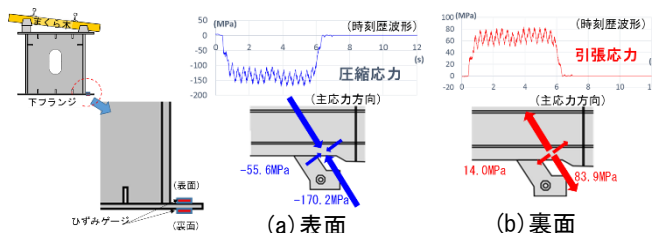


図-2 測定位置

図-3 応力波形及び主応力方向比較

下フランジがV字型に変形する曲げ応力が発生していることを確認した。

また、沓近傍の下フランジにおいて、桁製作時における溶接残留応力や、沓の据付不良、側方遮音板が上り線の山側のみに設置されていることが原因として考えられるV字型に折れ曲がる変形を確認した。さらに、き裂箇所はさびて欠損していたことから、塵埃の堆積など腐食環境下であることが変形を助長させたと考えられた。

2) 沓変位量測定

沓移動量測定の結果、海側で0.04mmと小さかったが、応急対策実施後で0.5mmと大きくなった(図-4)。そのため、変位制限装置のアンカーが橋軸方向孔端部に接触し、更にナットで強く締め付けたことで、沓橋軸方向の可動を阻害し、き裂箇所に大きな局部応力を発生させていたと考えられ、沓の可動不良が、き裂発生要因の一つであると考えられた。

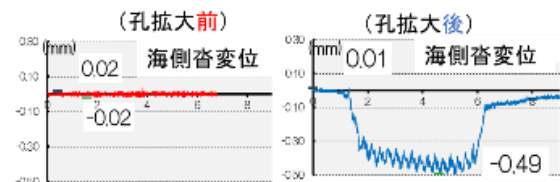


図-4 孔拡大前後の海側沓変位

3. 理論解析に基づく構造特性の把握

実橋測定・調査により得られた下フランジの局部応力状態の発生メカニズムを理論面から考察するため、桁本体の構造解析を行った。解析にはABAQUS ver. 6.14を用いて、桁本体と桁移動制限装置、防音工はシェル要素でモデル化した(図-5)。沓自体はモデル化せず、下フランジに対しての境界条件とした。また、新幹線荷重(H荷重)軸配置で局部応力が最も厳しくなる荷重位置で実測値に合わせこむ再現解析の結果、軸重を120kN/軸として静的解析を実施した。疲労き裂部分には重複節点を設けることで分離可能としてき裂開口を再現できるようにモデル化し、実

キーワード：下フランジ首溶接き裂、応力測定、理論解析

連絡先：〒453-0013 名古屋市中村区亀島 2-3-2JR 東海亀島ビル 2F 名古屋新幹線構造物検査センター TEL052-453-2782

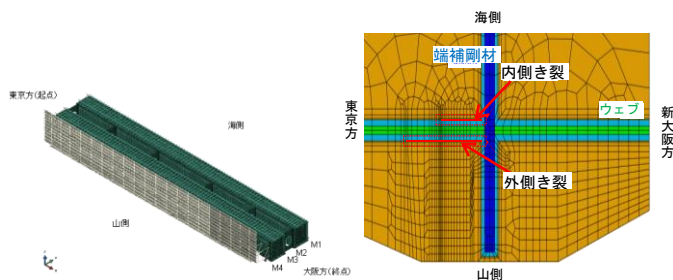


図-5 解析モデル全景

図-6 き裂部分解析モデル

際のき裂長さと同じ長さでモデル化した(図-6). 海側変位制限装置及び沓の固着, 山側沓のソール PL が端部のみ接地, 支承支持位置ズレを条件として考慮した結果, 実測値にもっとも近い応答が得られた. また, 支承近傍で下フランジがめくり上がる面外変形(図-7)を引き起こすことで, 高い局部応力が首溶接に発生していることを確認した.

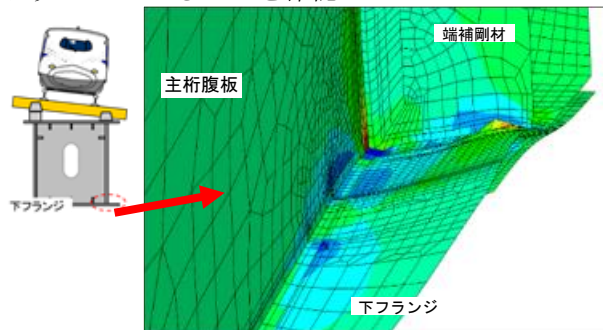


図-7 列車載荷時下フランジ変形及び局部応力

その後, 応急対策である当て板補強(写真-2)についてモデル化(図-8)した結果, き裂先端の応力は低減するが, き裂進展抑制効果についてき裂先端応力の激しさを表す応力拡大係数で評価した場合, 面内せん断方向に引き裂く動きのモードⅡの値は減少するものの, き裂を引き裂く動きの開口型モードⅠと同じ高い値であることから, き裂は進展する可能性があると考えられた(図-9). そのため, 補強リブを追加し, 下フランジのめくり上がりを抑制する構造が効果的であると考えられた. また, 恒久対策として, 沓交換で可動不良など機能改善した場合, き裂先端箇所局部応力が最大で約1/10に低減したことから, 十分な効果が期待できると考えられた(図-10).



写真-2 応急当て板補強

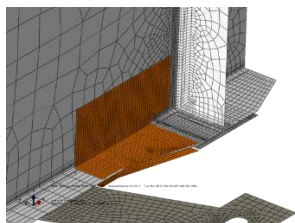


図-8 応急当て板補強解析モデル

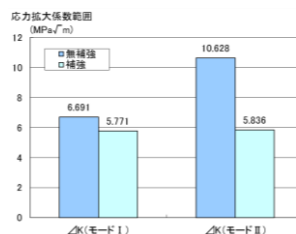


図-9 き裂先端応力拡大係数

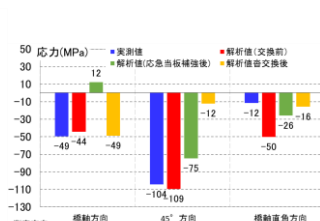


図-10 き裂先端応力の比較

4. 対策工法の検討・実施

変状対策として, き裂箇所に対してはガウジング再溶接(完全溶け込み)を実施し, 下フランジがめくり上がる変形に対しては, 補強リブ付当て板の取付, 沓の可動不良に対しては, 沓を滑らかに可動させるため, 下フランジの変形を解消し, 新規沓へ交換することで十分な効果が期待できると考えられた.

き裂箇所のガウジング再溶接を実施するに際して狭隘箇所であるので品質管理が十分に確保できないことが懸念されたため, 変状発生部の既設部材を切断・撤去し新規部材へ交換する案を採用し施工した.(写真-3). 施工後における, き裂先端箇所と同位置の応力測定の結果 12MPa であり, 下フランジの変形が抑えられ応力値が低減した(図-11).



写真-3 恒久対策写真

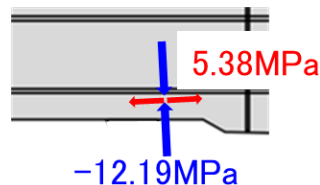


図-11 対策後主応力値

5. まとめ・今後の取組み

今回, 桁端部下フランジ首溶接に発生したき裂について, 測定及び理論解析を行った結果, 下フランジがめくり上がる変形により, 首溶接部への応力集中がき裂発生原因として考えられ, また沓の可動不良及び腐食環境下であったことが変状の進展を助長させたと考えられる.

対策として, 可動不良など沓機能を健全な状態へ改善させることが最も効果的であり, さらに下フランジがめくり上がる変形を抑える補強が有効であることを確認した.

今後も, 沓近傍のメンテナンスの重要性を認識して検査を確実に実施し, 列車の安全・安定輸送の確保及び鉄道構造物の延命化に努めていく.