

トラス橋上横構切欠き部き裂の発生原因究明と検査手法の検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 藤本 大輝

1. はじめに

東海道新幹線の鋼橋では、2年に1回の全般検査にくわえて、概ね10年周期で鉄けた特別検査を実施している。近年、トラス橋の上部については、トンネル点検作業車を活用することで、直近からの詳細な検査を行っている。その中でトラス橋の上部構造の上横構切欠き部に疲労き裂が確認された(写真-1)。このき裂は、東海道新幹線では、過去に事例のない部位で発生しており、発生原因は未解明で修繕方法も未検討である。そこで、上横構切欠き部き裂の発生原因究明及び検査手法の検討を行ったのでその内容を報告する。

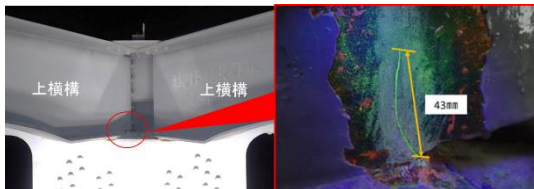


写真-1 トラス橋上横構切欠き部き裂

2. 変状概要

(1) 変状発生橋梁及び発生位置

対象橋梁は下路トラスで支間長 60.0mである。曲線半径 2000mでカントが 180 mmの曲線区間に位置している。き裂は上横構のフランジが腹板と接合されていない切欠き部で発生しており、上横構の上側・下側で発生位置が異なっている(図-1)。

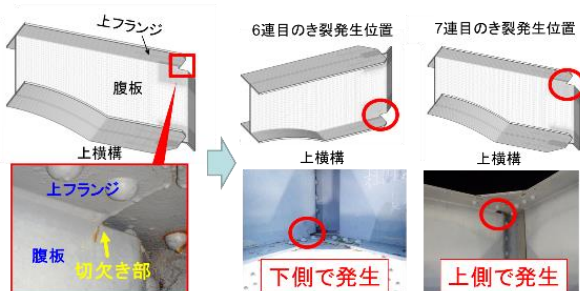


図-1 上横構切欠き部き裂発生位置の違い

(2) 変状発生箇所の特徴

図-2の通り、上横構ガセットプレート取り付けリベットに錆汁が確認され、打音検査の結果リベットが弛んでいることが分かった。

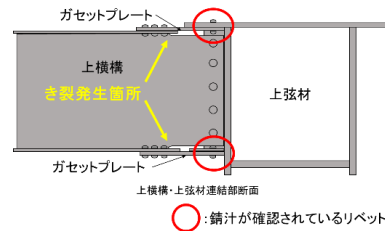


図-2 リベットの錆汁が確認された位置

3. き裂発生の原因究明

応力集中しやすい切欠き部の形状的な影響とき裂発生箇所を確認されたリベットの弛みによる影響の2つがき裂発生原因と推定し、解析により検討した。

(1) 骨組・FEM解析

橋りょう全体の骨組解析モデルに列車荷重を載荷させ、き裂が発生した上横構に発生する断面力から変位量を算出し、上横構のFEM解析モデルに入力することで上横構切欠き部に発生する応力状態を確認した。構造的な影響とリベット弛みによる影響を分析するために、リベットの弛みがない状態とリベットが上下片側ずつ弛んだ状態で解析した。

(2) 解析結果

上横構の切欠き部近傍に発生するき裂に対して直角方向の応力を過去の疲労試験結果¹⁾から推定される200万回強度30.0MPa比較すると、リベットが弛んでいない場合は、30.0MPaを下回っており、構造的な影響がき裂発生の原因とは考えにくい。リベットが弛んでいる場合は、リベットが弛んでいる位置と同じ位置の切欠き部で30.0MPa以上であり、リベット弛みに起因して、き裂が発生した可能性が高いことが分かった(表-1)。

表-1 応力値一覧

	リベット状態毎の切欠き部発生応力 (MPa)			
	上側 (東京面)	上側 (新大阪面)	下側 (東京面)	下側 (新大阪面)
リベットに弛みなし	6.0	18.0	17.0	13.0
上側 リベット弛み	69.0	56.0	23.0	9.0
下側 リベット弛み	23.0	13.0	51.0	55.0

これらの結果から、上横構のき裂はリベット弛みが原因であると推定できたことから、つづけてリベット弛みの発生原因を追求した。

(3) リベット弛みの原因究明

リベット弛みの原因は応力・振動によるもの・腐食

キーワード：鋼鉄道橋、上横構、切欠き部のき裂、過大膜厚、リベットの弛み

連絡先：〒533-0031 大阪市東淀川区西淡路一丁目2番56号新大阪駅構内 大阪新幹線構造物検査センター

によるものの2つが考えられる。

建設時の設計条件を確認した結果、リベットの本数が現在の設計よりも少ないことから耐力上の余裕は小さいと考えられる。一方、解析ではリベットに作用するせん断力は許容せん断力の3割程度しか作用しておらず、リベットは変形しにくく、母材と一体化していることから応力・振動の影響は小さいと考えられる。

一方、実橋ではリベット弛みが確認されているリベット頭面の周りや締結部材の継ぎ目部に錆汁を伴う塗膜割れ及び腐食が確認されており、リベット弛みの主な原因は、塗膜割れに伴う腐食と考えた。東海道新幹線では塗装塗替えの際に塗装系BMUを使用しているが、この塗装系は旧塗膜の厚みが $500\mu\text{m}$ 以上となった場合に塗膜割れ等が発生しやすくなるとされている²⁾。そのため、実橋の塗膜割れ箇所を膜厚測定し、膜厚 $500\mu\text{m}$ を目安に比較した。現地測定の結果、全測定箇所膜厚は $500\mu\text{m}$ 以上であった(表-2)。

表-2 膜厚測定結果

測定位置	min	max
リベット頭面周り	$559\mu\text{m}$	$1612\mu\text{m}$
締結部材の継ぎ目部	$892\mu\text{m}$	$1624\mu\text{m}$

塗装環境を調べてみると、対象箇所は作業スペースが限られ、養生が困難な環境であるために粉塵飛散を恐れて素地調整に有効な電動工具を使用できていないことが分かった。膜厚測定結果を踏まえ、塗膜割れに伴う腐食発生の原因は、素地調整不足による過大膜厚や塗装内部の腐食因子が残存したことが影響していると考えられる。

(4) き裂発生メカニズム

これまでの調査結果からき裂発生メカニズムを推定した(図-3)。

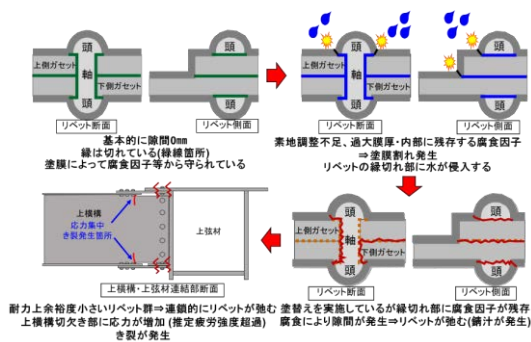


図-3 塗膜割れ発生メカニズム

耐力上の余裕が小さいリベット群で、一部のリベ

ット周りで素地調整不足が原因の過大膜厚や塗装内部の腐食因子残存により塗膜割れが発生し、リベットの縁切れ部に水が侵入することで腐食が発生・進行する。腐食によりリベット軸周りで隙間が発生し、リベット1本が弛むと連鎖的に全数のリベットが弛み、上横構切欠き部で推定疲労強度を超える応力状態となり、き裂が発生したと考えられる。

4. 検査手法の検討

リベットの錆汁に着目し、上横構切欠き部を詳細に検査することがき裂の早期発見に繋がる。そのため、トラス上部構造を検査する際の着眼点を検討し、検査時のフローを作成した(図-4)。これまでトラス橋上横構切欠き部の検査時、切欠き部にき裂発生に伴う塗膜割れがないか確認し、塗膜割れがあれば、磁粉探傷試験でき裂の有無を確認してきた。今回の成果に基づき、塗膜割れに至っていない小さなき裂も発見するため、検査内容に上横構ガセットプレート取り付けリベットの錆汁の確認を追加し、錆汁が確認された場合は磁粉探傷試験を行うフローとした。

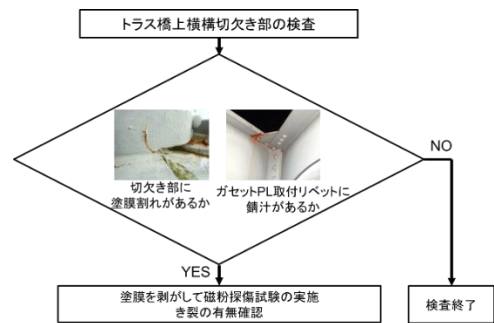


図-4 上横構切欠き部のき裂を見逃さない検査フロー

5. まとめ

過去に事例の無い部位のき裂変状である上横構切欠き部のき裂は、ガセットプレート取り付けリベットの弛みに起因して発生している可能性が高く、リベットの弛みの原因は、設計上の余裕が小さいリベット群で塗装時の素地調整不足による腐食が生じたためと推定した。また、至近距離で検査する際のリベット錆汁に着目した検査の着眼点及び検査フローを提案した。

参考文献

- 1) 日本国有鉄道構造設計事務所「構造物設計資料 下路プレートガーダーの床組の疲労(その1)(その2)」
- 2) 公益財団法人鉄道総合技術研究所(2013)『鋼構造物塗装設計施工指針 2013年12月』