

下路鉸桁の縦桁ウェブ切欠部に発生したき裂に対する原因と対策

東日本旅客鉄道株式会社 東京土木技術センター

正会員 ○岩岸 現

高久 智成

窪田 利幸

1. はじめに

本稿の対象は、下路鉸桁の縦桁に発生したき裂である。対象とする桁は、過去に一部の縦桁が取替えられた(図-1 ST1～6, 以下、新縦桁とする)。1990年に実施した検査により、新縦桁において5箇所の子裂が発見された(図-1 ①～⑤)。さらに、2014年に実施した詳細な検査において、新たなき裂が4箇所確認された(図-1 a～d)。本稿はき裂の発生原因と実施した応急対策、ならびに恒久対策の考え方について報告する。

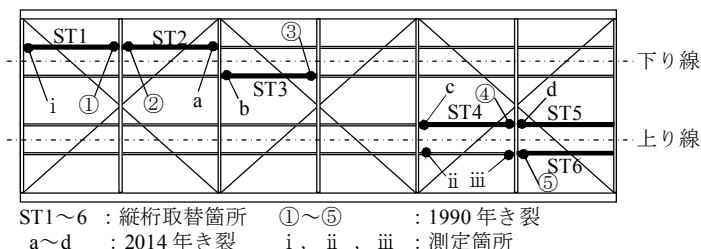


図-1 平面図

2. 対象とする桁の特徴

以下に対象とする桁の概要を示す。

製作年 : 1904年

構造形式 : 開床式 2線2主 下路鉸桁

支間長 : 19.8m

曲線半径 : 620m

対象とする桁はドイツ(HARKORT 社)からの輸入桁であり、日本で最初に導入されたバックルプレート(以下、BP とする)桁の1つであった。その後、1970年頃に床組上フランジ縁端からBPが切断・撤去され開床式に改造された。

開床式に改造後、縦桁が6箇所取替えられている(図-1 ST1～6)。そのため、新縦桁ではBPの撤去片(以下、BP片)が無い状態である(図-2)。

横桁上フランジ上面の位置と縦桁上フランジ上面の位置が揃えられているため、干渉する縦桁上フランジを写-1のように切欠いている。さらに、新縦桁は断面寸法が異なるため、ウェブの一部を切欠いた構造となっている。一方、縦桁下フランジは片側が横桁のウェブまで伸びている構造となっている。

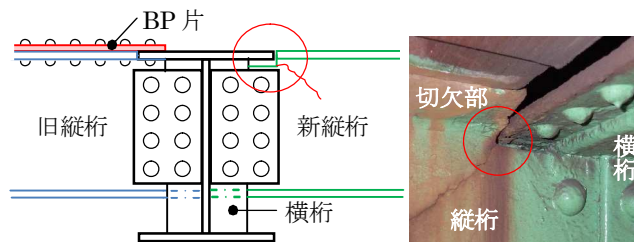


図-2 連結部(側面図)

写-1 新縦桁

3. 変状概要

2014年に新たに確認されたき裂は写-1のように新縦桁ウェブ切欠部から発生しており、斜め45度下方に進行している。いずれの子裂も塗膜割れ以上にき裂が進展しており、赤錆も析出していることから進行性が認められる。bの子裂は新縦桁ウェブ高さに対して4割以上き裂が進行している状態であった。なお、旧縦桁の一部のBP片にはき裂やリベットの弛緩が認められた。

表-1 き裂長(縦桁ウェブ高さ: 383 mm)

a	160 mm	c	30 mm
b	260 mm	d	100 mm

4. き裂の発生原因

4.1 縦桁の応力測定

表-2に示す箇所を対象とし、縦桁切欠部近傍に3軸ひずみゲージを貼付けした。列車通過時のiの応力波形を図-3に示す。

表-2 測定箇所

測定点	切欠部	BP片変状の有無
i	新縦桁	—
ii	健全	無
iii		有

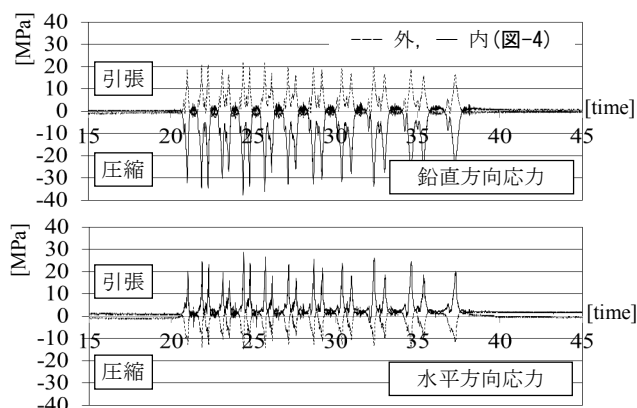


図-3 応力波形

Keyword: 疲労き裂, 切欠, 面外曲げ変形, 縦桁横桁上フランジ連結, 鉛直補剛材

連絡先 〒101-0021 東京都千代田区外神田 1-17-4 JR秋葉原ビル6F 東京土木技術センター TEL03-3257-1693

ロゼット解析を用いて 3 軸の応力波形から主応力波形を算出し累積疲労損傷度解析を行った。ロゼット解析により、主応力は実際のき裂の進行方向とほぼ直角に交わることがわった。

表-3 にき裂発生寿命を示す。なお、曲げに関する強度等級は規定されていないが、旧縦桁は円孔を有する母材と同種構造であると考え C 等級を用い、新縦桁はウェブまで切欠いてあることから一段下の D 等級を用いた。累積疲労損傷度解析より、新縦桁と BP 片に変状を有する旧縦桁はき裂の発生限界を超過していることがわかった。

表-3 き裂発生寿命

測定点		強度等級	修正マイナー則	き裂発生寿命
i	新縦桁	D	無し	-32 年
ii	旧縦桁	C	有り	200 年
iii		C		-8 年

4.2 き裂の発生原因

応力測定の結果、鉛直方向の応力が内外で正負となることから、図-4 のように上フランジが面外に変形していることがわかった。

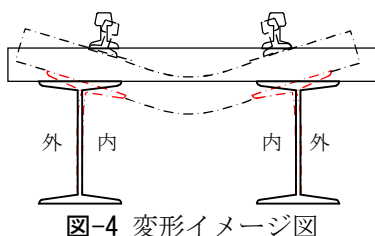


図-4 変形イメージ図

桁の特徴および測定結果から、縦桁ウェブは①応力集中しやすい切欠構造であり、②縦桁上フランジの面外曲げ変形により、支間の短い縦桁に繰り返し高い発生応力が生じ、疲労き裂に至ったことがわかった。

なお、旧縦桁はウェブまで切欠かない構造であることと、面外曲げ変形に対して BP 片が応力を受持つ構造となっていることから、新縦桁よりも応力集中しにくく、き裂には至っていないと推測される。

5. 応急対策の実施

a,b のき裂に対して、残存する断面が少なくレールジョイントが近傍に存在することから、縦桁を破断させない対策として、1 面当板補強を施した。d のき裂に対しては、き裂を進行させない対策としてストップホールを施した。なお、c のき裂はき裂長が短いため、継続的に監視することとした。現在のところ進行は認められていない。

6. 恒久対策の検討

2 つの発生原因を取り除く対策を講ずることでき裂の進行および発生が可能と考えられる。発生原因ごとの対策案を表-4、5 に示す。

施工条件として、列車(施工)間合が 3 時間程度であり、縦桁切欠部直上にはマクラギが配置されている。

また、縦桁下フランジには防塵板が溶接されている。

表-4 切欠構造の改善対策

対策案	経済性	施工性	疲労耐力
① 縦桁ウェブの当板補強	○	◎	○
② 切欠部の切断+添接	△	△	○
③ 縦桁の交換	×	×	◎

表-5 面外曲げ変形の抑制対策

対策案	経済性	施工性	疲労耐力
④ 縦桁横桁上フランジ連結	×	△	◎
⑤ 鉛直補剛材	◎	○	—

切欠構造の改善対策に対して、対策②、③を施工するためには、縦桁を支える支保工や軌道工事が必要となることから、対策①を採用することとした。

面外曲げ変形の抑制対策に対して、対策④はマクラギ直下に連結工を施すことから、マクラギの加工や軌道整正が必要となり、経済性が不利となる。また、対策⑤は軌道整正などが不必要であるが、縦桁が I 型鋼であるため、縦桁上フランジと対策⑤が面タッチしない恐れがある。施工の品質管理によっては、面外曲げ変形の抑制ができないため、試験施工を行い、有効性を確認する。

恒久対策の適用範囲については、累積疲労損傷度解析の結果から、現在はき裂が発生していない縦桁においても、将来、き裂が発生する可能性があることから、予防保全として面外曲げ変形の抑制対策を施す必要がある。さらに、新縦桁はウェブに切欠きを有することから、合わせて対策①を実施することが望ましい。

図-5、6 に対策のイメージ図を示す。

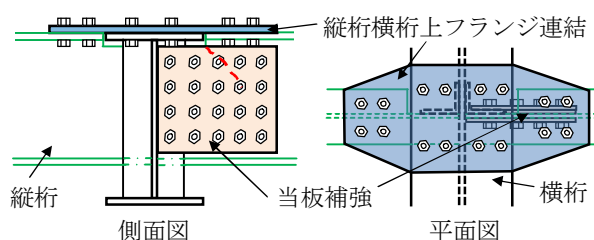


図-5 対策①+④

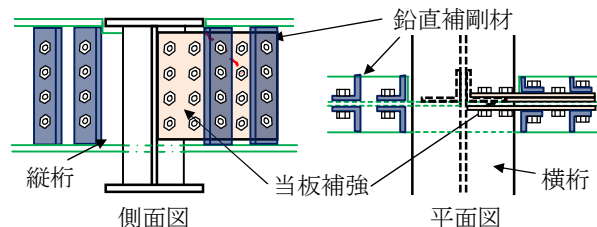


図-6 対策①+⑤

7. おわりに

今後、対策⑤の試験施工を実施し、応力測定を行うことで有効性の確認を行う。発生応力が減少しなかった場合、恒久対策として対策④を採用するものとする。

参考文献

- 1) 岩岸現 路軌桁の縦桁ウェブ切欠部に発生したき裂に対する原因分析 土木学会関東支部第 42 回技術研究発表会