

槽状桁取替の効率化に資する新形式桁の解析的検討

西日本旅客鉄道(株) 〇正会員 北 健 志
 ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正会員 松本 理佐
 ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正会員 和田 拓也

1. はじめに

槽状桁は、支間が 8m 未満で桁下空頭の条件からレール底面～桁最下端寸法(以下、 h_s)に制約を受ける特徴がある(図-1)。疲労き裂の進行や保守性に課題がある場合は、橋桁ごと取替えることが多く、通常取替では維持管理性に優れるコンクリート直結式橋梁を採用してきた。このうち、4線区間の内側線路では、特殊な機械の使用を余儀なくされ労力が顕著に大きくなる。そこで効率的な施工を目指し、仮設桁で実績の多いまくらぎ抱き込み式工事桁を参考に、汎用的な重機で分割架設が可能な新形式の桁(以下、新形式桁)を考案した。本稿では新形式桁の耐疲労性に関する解析的検討内容を述べる。

2. 検討対象桁と解析条件

取替えられる槽状桁は標準設計されており、解析対象には数量が多い支間 4.15m を選定し、このうち $h_s=278$ mmの最も厳しい条件のもととした。

解析モデルを図-2に示す。新形式桁は、耐荷性の観点からまくらぎ受桁1支点につき2枚のウェブと主桁補剛材と各々2面摩擦接合する形式とし、耐疲労性の観点から、主桁補剛材下端は完全溶込み溶接とした。

主桁とまくらぎ受桁連結部のモデルを図-3に示す。支点部の主桁や受桁は溶接部を含めソリッド要素とし、溶接部の局部応力を把握するため要素サイズは 2×2 mm程度とした。荷重条件は表-1に示す通りで、活荷重(EA-17)は後述する耐疲労性の着目部位での発生応力が最も厳しくなる位置に載荷した。

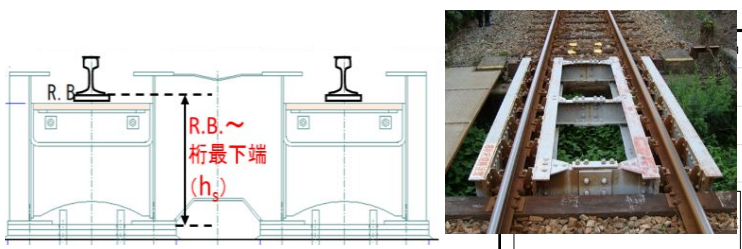


図-1 槽状桁正面図と外観写真

表-1 FEM解析の主な条件

項目	条件	備考
対象橋梁	槽状桁支間 4.15m $h_s=278$ mm 下横構なし 50N レール	新形式はメッキ仕様対応
支承部の境界条件等	〔モデル〕平面支承：主桁下フランジとソールプレートは節点共有 ・ソールプレートとベットプレートはアンカーボルト位置で変形拘束 TX・TZ ・可動：X方向変位フリー、その他は固定と同じ	平面支承は既設桁と同じ ベットプレートとソールプレートからなる支承
荷重条件	〔耐荷性〕〔耐疲労性〕 死荷重、列車荷重 EA-17、衝撃荷重、遠心荷重 (R=800m) 等	設計作用の組合せが最も厳しくなるケースを設定
解析ソフトウェア	ABAQUS /CAE2018	
使用要素	ソリッド要素：主桁支点部、受桁、溶接部 / シェル要素：鋼桁	静的線形解析
材料特性	鋼部材：弾性係数 200,000MPa、ポアソン比 0.3	

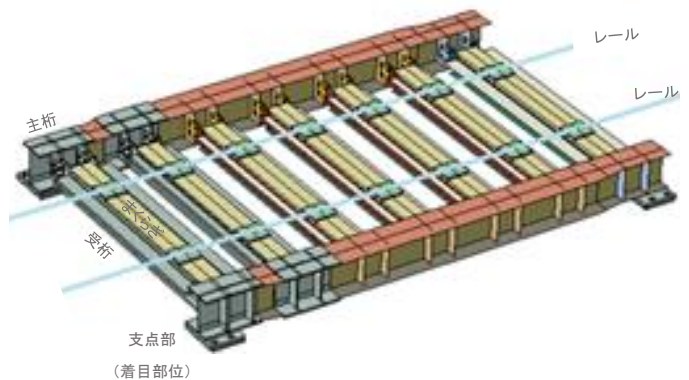


図-2 解析モデル図

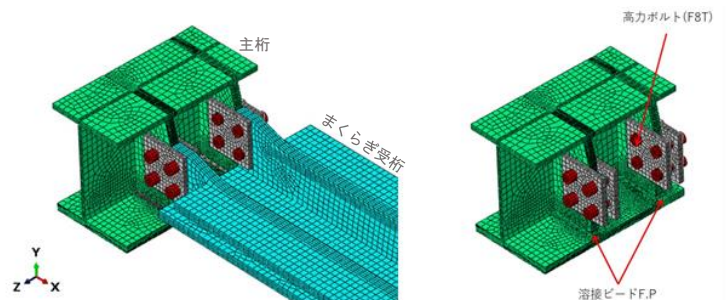


図-3 主桁とまくらぎ受桁連結部のモデル

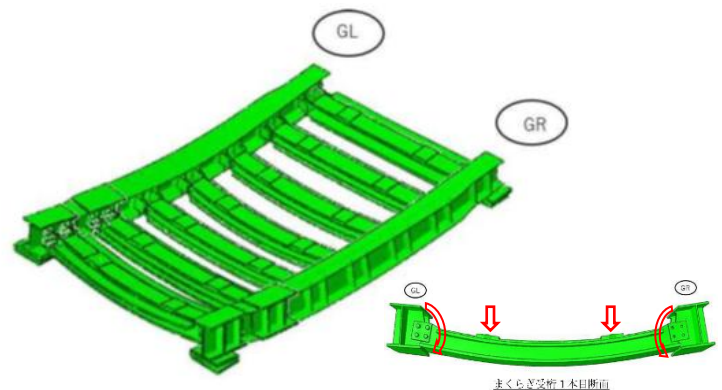


図-4 変形図と主桁のそりねじり

キーワード 槽状桁, 効率的な橋桁取替, FEM 解析, ホットスポット応力
 連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田 2-4-24 (11F) 西日本旅客鉄道株式会社 鉄道本部 構造技術室 TEL 06-6375-2275

3. 解析結果

3.1 応力発生状況

主桁やまくらぎ受桁等の寸法は、設計照査により耐荷性やたわみの照査を満足する断面を設定した。設計作用の組合せが最大となるケースの発生応力を確認した結果、設計照査断面に生じる応力は問題のないレベルであった。しかし、今回対象の支間 4.15m の場合、hs 制限が厳しいことから下横構が設置できない。そのうえ、受桁に作用する荷重により、主桁にねじりが加えられ、前頁図-4 に示すそりねじり（主桁の捩み変形）が生じる。そのため、支点部近傍では 150~208N/mm² 程度の応力が生じることが分かった。

3.2 疲労照査（ホットスポット応力）

上述の通り、支点部近傍に応力集中が生じたため、解析により応力性状を確認し、ホットスポット応力（以下、HSS 応力）を算出して疲労照査¹⁾を行った。図-5(ケース A1)に示した補剛材表裏の応力性状より、補剛材 B の下端では曲げ応力が発生し、下フランジ側溶接止端では疲労限を超える応力振幅が発生した。この原因は、ソールプレート前縁の剛性変化とそりねじりにより、補剛材近傍の下フランジに曲げ変形が生じ、この変形に追従するようにして補剛材下端に曲げ変形を生じたものと考えられた。

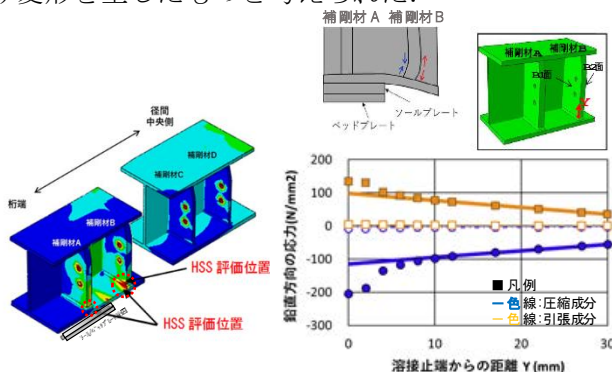


図-5 HSS 応力の結果（支間 4.15m ケース A1）

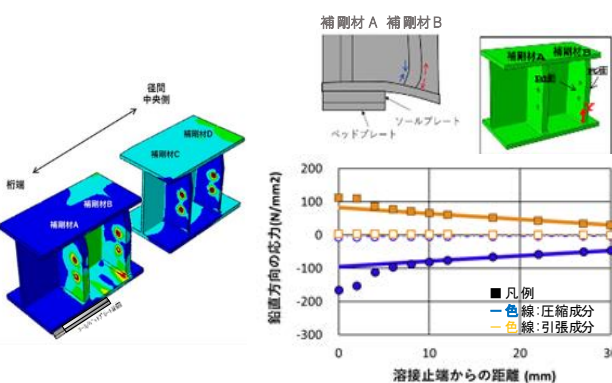


図-6 HSS 応力の結果（支間 4.15m ケース A2）

鉄道橋では支間 8m 以下の場合、ベッドプレートとソールプレートを用いた平面支承を用いており²⁾、橋桁のたわみを考慮しベッドプレート前縁にテーパを設けている。この方法に着目して今回は、主桁の捩み変形による発生応力の緩和を目的に、橋軸直角方向にもテーパを設け(図-7)、新たにケース A2 として HSS 応力を用いた疲労照査を行った。

ケース A2 の結果を図-6 に示す。表-2 の通り、桁内側の側面にもテーパを設けたケース A2 では、疲労限を超過していた補剛材 B 下端の発生応力が 1 割程度軽減し、疲労限を満足する結果が得られた。

4. まとめ

効率的な橋桁取替(分割架設)に資する新形式桁を考案し、解析的検討により耐荷性や耐疲労性を満足することを確認した。今後、新形式における実働応力の測定等を通じた検証を行い、本設桁への実用化に向けて取り組む予定である。

謝辞

本研究は、(一財)災害科学研究所に委託した鋼・合成鉄道橋 維持管理・更新に関する検討委員会分科会(主査:立命館大学 野阪克義教授)において御助言や御意見を戴きながら実施したものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 社団法人日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説一付・設計例-2012年改定版，2012.4
- 2) 国土交通省監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，丸善，2009.7

表-2 耐疲労性の検討結果 発生応力範囲 [単位: N/mm²]

評価部位	強度等級	疲労限 1.3 × σ _{ca} *	活荷重発生応力範囲 HSS応力	評価結果
ケース A1 支間 4.15m 補剛材 A 上端	D	80.3	88.5 ⇔ 72.7	OK
ケース A1 補剛材 A 下端	D	109.2	117.2 ⇔ 106.7	OK
ケース A1 補剛材 B 下端	D	104.3	119.2 ⇔ 88.5	OK
ケース A1 下フランジ側止端	D	104.3	60.8 ⇔ 119.2	OK
ケース A2 支間 4.15m 補剛材 B	D	80.3	82.0 ⇔ 70.5	OK
ケース A2 補剛材 A 下端	D	104.3	108.9 ⇔ 60.8	OK
ケース A2 Ufg 止端	D	109.2	108.9	OK
ケース A2 補剛材 B 下端	D	104.3	82.0 ⇔ 70.5	OK
ケース A2 補剛材 A	D	104.3	48.5 ⇔ 18.9	OK
ケース D1 支間 6.7m 下フランジ側止端	D	80.3	70.2 ⇔ 74.3	OK

* 圧縮応力が作用する継手 (σ = σ_{min} / (σ_{max} - σ_{min}) = -1.0) は疲労限に平均応力度に関する補正係数 1.3 を乗じる。
* 補剛材の板厚は 25mm を超えるため、板厚に関する補正を行っている。(端補剛材 30mm, 下フランジ 19mm)

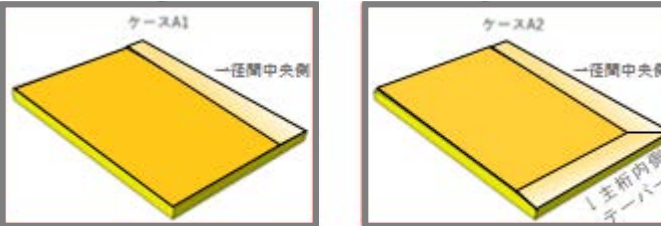


図-7 ベッドプレートのテーパ形状（高さ 5mm）