

鋼橋桁扛上に伴う軌道緩解範囲に関する検討

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○福田 和彰
 東海旅客鉄道(株) 正会員 庄司 朋宏

1. はじめに

鋼鉄道橋の支承部取替工事を行う場合、桁本体に補強を施した上で数ミリ程度の桁扛上を行う方法が一般的である。桁扛上を行う際は軌道への影響を考慮し扛上箇所の前後の締結装置を緩解している。本研究では、桁扛上時の適切な緩解範囲について軌道部材の強度に着目して検討を行ったので報告する。

2. 概要

検討は、FEM解析により1~5mmの桁扛上に伴い締結部分に作用する鉛直力および曲げモーメントを求め、それらを用いてレール曲げ応力、板バネ曲げ応力、締結ボルト応力について照査を行った。緩解範囲の検討のため、緩解なし、1箇所緩解、2箇所緩解、4箇所緩解の各パターンについても同様に照査を行った。

3. FEM解析

解析ソフトは汎用有限要素法プログラム ABAQUS を使用した。橋桁はシェル要素で、レールおよびまくらぎは梁要素でそれぞれモデル化し、各部材間の接合は、レール-まくらぎ間をバネ接合とし、まくらぎ-橋桁間は完全固定とした。解析モデル全景およびモデル詳細を図1に示す。A桁両端とB桁の一端をピン固定し、B桁の另一端を1~5mm鉛直上方に変位させ、レール締結部分に作用する鉛直力を求めた。桁扛上時の側面図を図2に、2mm扛上時にレール締結部に作用する鉛直力を図3に示す。

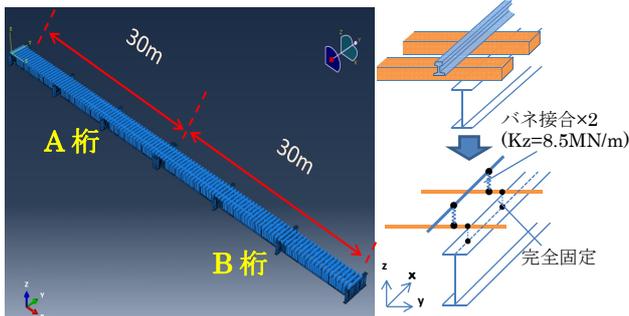


図1 解析モデル

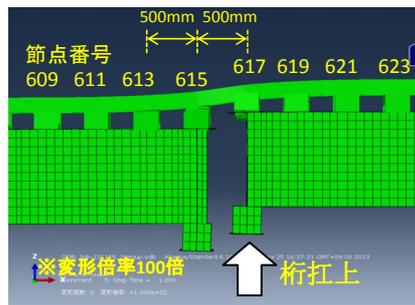


図2 桁扛上時の側面図

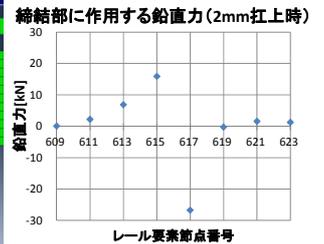


図3 レール締結部の鉛直力

4. 照査対象

照査対象は60kgレールおよび新幹線Ⅲa形改良形の軌道材料とした。各材料の応力照査位置を図4に示す。レールは上下面の曲げ応力、板バネはボルト孔による断面減少点と曲面の発生応力、締結ボルトは有効断面の引張応力および下端のせん断応力について、それぞれ照査を行った。

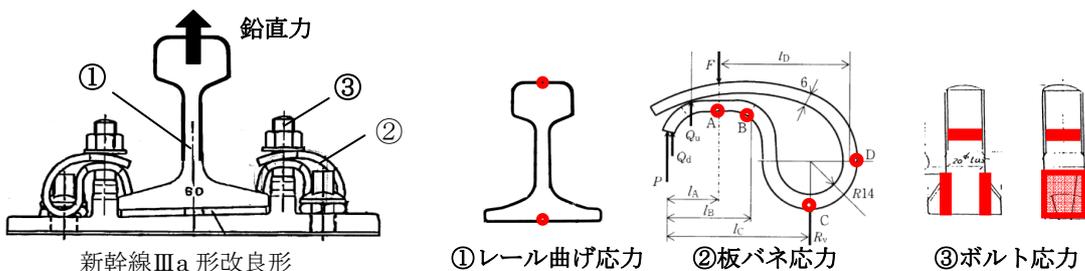


図4 応力照査位置

キーワード 鋼鉄道橋, 桁扛上, 軌道緩解, 軌道材料, FEM解析

連絡先: 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道(株)総合技術本部技術開発部 TEL 0568-47-5374

5. 照査方法

照査は設計標準¹⁾の照査式(式1)を用いた。性能照査の流れを図5に、レール及びボルトの強度特性値を表1に示す。また、板バネの応力は図6に示すばね鋼の耐久限度線図(SUP9)より、第1へたり限度線(弾性限)における変動応力ゼロの時の値を特性値とした。

$$\frac{\gamma_i \cdot I_{Rd}}{I_{Ld}} \leq 1.0 \quad \dots(1) \quad \left(\begin{array}{l} I_{Rd} : \text{設計応答値} \\ I_{Ld} : \text{設計限界値} \end{array} \right)$$

表1 強度特性値[N/mm²]

レール曲げ応力	179
ボルト引張応力(SS400)	235
ボルトせん断応力(SS400)	135

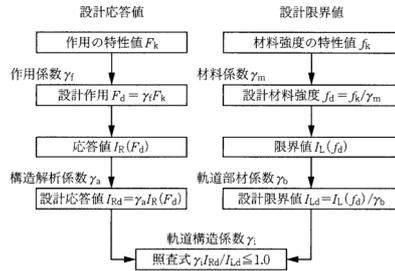


図5 性能照査の流れ

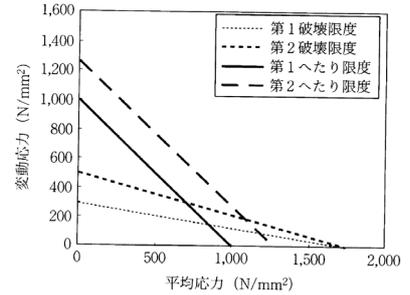


図6 ばね鋼の耐久限度線図

6. 照査結果

①レール曲げ応力

2mm 扛上時のレール曲げ応力を図7に、設計応答値に軌道構造係数を乗じた値(以降“ $\gamma_i I_{Rd}$ ”と表記)を扛上量ごとにプロットしたものを図8に示す。レール曲げ応力はレールがタイプレートに押し付けられる形となる節点617の上面において最も高い値を示した。この点で照査を行い、いずれの扛上量においても設計限界値以下となることを確認した。

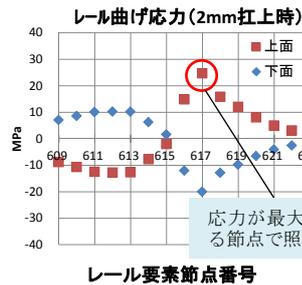


図7 レール曲げ応力

レール曲げ応力の照査 (節点No.617レール上面)

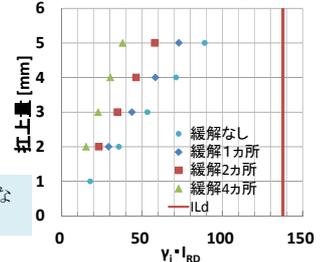


図8 レール曲げ応力の照査

②板バネ応力

2mm 扛上時の板バネ各点の応力を図9に、扛上量別の $\gamma_i I_{Rd}$ のプロットを図10に示す。板バネ応力はD点で最も高い値を示したため、この点で照査を行った。軌道緩解なしの場合はいずれの扛上量でも設計限界値を超過した。節点615から609にかけて順次レール締結を緩解し、4箇所緩解した時点で設計限界値以下となることを確認した。

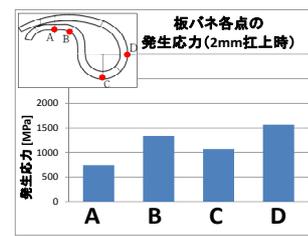


図9 板バネ各点の応力

板バネ曲げ応力の照査(D点)

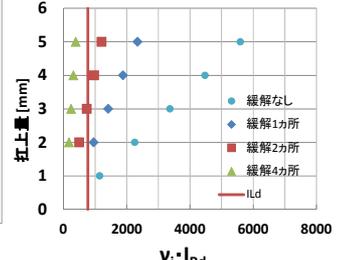


図10 板バネ応力の照査

③ボルト応力

扛上量別の $\gamma_i I_{Rd}$ について、ボルト引張応力のプロットを図10に、ボルトせん断応力のプロットを図11に示す。ボルト引張応力については、レール緩解なしの場合は扛上量4mm以下で、レール緩解を行う場合はいずれの扛上量でも設計限界値以下となることを確認した。ボルトせん断応力については、いずれの条件でも設計限界値以下となることを確認した。

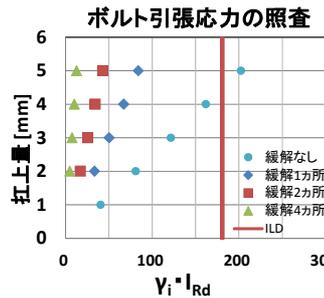


図11 ボルト引張応力の照査

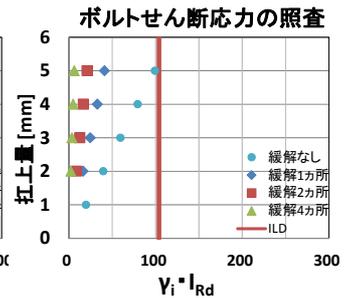


図12 ボルトせん断応力の照査

7. まとめ

レール締結装置の緩解範囲について、軌道材料の強度に着目してFEM解析および応力照査による検討を行った。1~5mmで桁扛上量を変化させてレール、板バネ、締結ボルトの応力照査を行った結果、レール曲げ応力はいずれの条件でも設計限界値以下となったが、板バネ応力は緩解2箇所までの条件下で、締結ボルト軸力は5mm以上扛上の条件下で設計限界値を超えた。扛上しない桁の締結を4箇所(2m)以上緩解することでいずれも設計限界値以下となるため、1~5mmの桁扛上におけるレール締結装置の強度上の適正な緩解範囲は2m以上であることがわかった。

参考文献

1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造, 2012年1月