橋上ロングレールが長スパン橋梁の挙動に及ぼす影響

公益財団法人 鉄道総合技術研究所 正会員 ○濱上 洋平 正会員 小林 裕介
公益財団法人 鉄道総合技術研究所(現 東日本旅客鉄道株式会社) 正会員 網谷 岳夫
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 成嶋 健一
株式会社 TTES 正会員 勝山 真規

1．はじめに

鉄道構造物の新設・改修においては，軌道保守の省力化，騒音の低減等を目的として軌道にロングレール(以下，LR)を採用することが多い．LR を橋上に敷設すると，温度変化によるレールと橋梁との相対変位により，締結装置のふく進抵抗力に応じた LR 縦荷重がレールと橋梁に作用する[1)]．この LR 縦荷重が橋梁に及ぼす影響は，特に長スパン橋梁において顕著であり，設計および維持管理上の課題となっている．

そこで本研究では，軌道を含む実際の長スパン橋梁を再現した FEM 解析を行い，伸縮継目(以下，EJ)配置やふく進抵抗力等の各種条件の違いが，桁等の挙動や支点部付近の応力性状に及ぼす影響について検討した．

2．FEM 解析の概要

長スパン橋梁を対象とし，等支間(支間長 117.5m)の 2 径間連続下路トラス桁 1 連，および橋梁外側に 100m の道床区間を再現した．床組構造は低床式鋼床版，支承構造はゴム支承とダンパー式ストッパーで構成した．

解析におけるパラメータは，①EJ 配置，②ふく進抵抗力，③地盤ばねとした(表１)．長スパン橋梁においては，軌道側要件を満足させるため橋上に EJ を配置する必要が生じる．このとき，EJ 配置により，橋梁への LR 縦荷重の作用方向が異なるためその影響を確認した．また，実際のふく進抵抗力が設定値より大きい可能性があること[1)]，長スパン橋梁が架設される河川においては地盤条件のばらつきが大きいことから，これらの影響を併せて確認した．なお，地盤ばねは変形レベルの依存性を考慮して設計値の 3 倍を基本ケースとした．

モデルはシェル要素を基本とし，橋脚はソリッド，レールはバー要素とした(図１)．着目支点周辺は要素サイズを細かくし詳細にモデル化した．軌道と構造物の境界は，橋軸方向を非線形ばね要素とし(図２)，温度変化に伴いレールと桁の相対変位が徐々に大きくなる状態を再現した．温度荷重は，実橋にて測定した桁・レール温度について，最高と最低の差分(⊿T 桁=32.6℃，⊿T レ=41.7℃)を温度低下として与えた．なお，解析は材料弾性の非線形解析とし，ABAQUS 6.6 を利用した．

表１ 検討ケース

CASE	①EJ 配置	②ふく進抵抗力	③地盤ばね
1	P2 上	設定値	設計値の 3 倍
2	P2 上	設定値	∞(無限大)
3	P2 上	設定値	設計値
4	P2 上	設定値の 2 倍	設計値の 3 倍
5	PA1 上	設定値	設計値の 3 倍

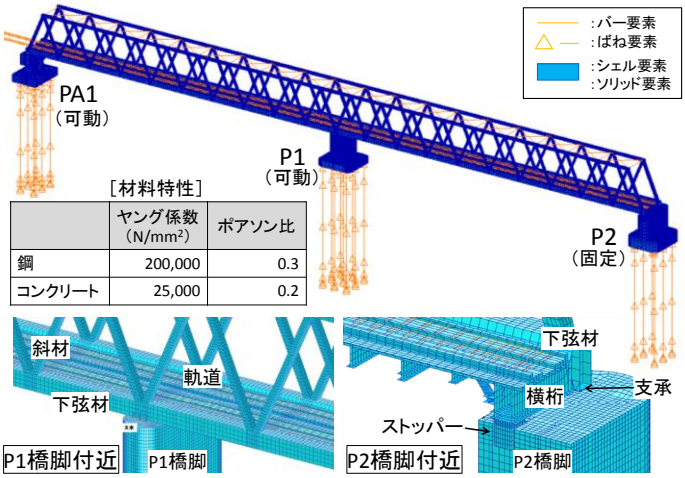


図１ 解析モデル図（基本モデル：CASE1）

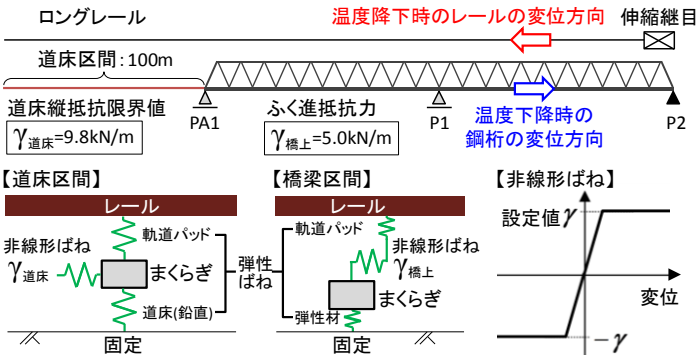


図２ 軌道−構造物境界部のばね要素（CASE1）

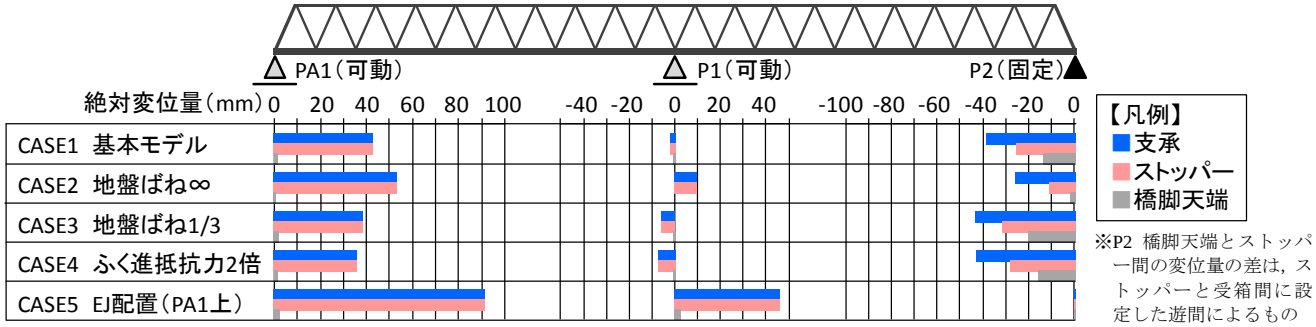
3．トラス桁等の挙動に及ぼす影響

温度低下に対する各ケースの桁等の挙動を図３に示す．なお，変位はすべて P2 側への変位が正符号である．

（１）EJ 配置の影響

EJ 配置の異なる CASE1 と CASE5 を比較すると，

キーワード ロングレール，長スパン橋梁，伸縮継目配置，ふく進抵抗力，地盤ばね
連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 鋼・複合構造 TEL 042-573-7280



※P2 橋脚天端とストッパー間の変位量の差は，ストッパーと受箱間に設定した遊間によるもの

図３　各支点部における支承，ストッパーおよび橋脚天端の挙動

CASE5 は各可動支承が固定端側に変位するのに対し，CASE1 は各可動支承の変位量が小さくなり，固定条件である P2 支承が PA1 側へ変位する．これは，CASE1 は LR と桁の伸縮方向が異なることで，LR 縦荷重が桁を PA1 側に移動させるように作用するためである．また，固定条件にも関わらず P2 支点部の支承およびストッパーが PA1 側へ変位するのは，LR 縦荷重により P2 橋脚が変位することに加え，**図４**に示すように端横桁が橋軸方向へ変形することによるものと考えられる．

なお，CASE5 は，$\Delta T_{桁}$に線膨張係数と固定端からの距離を乗じることで求まる理論値と概ね一致する挙動を呈しており，LR 縦荷重の影響は小さいと考えられる．

（２）ふく進抵抗力・地盤ばねの影響

ふく進抵抗力の異なる CASE1 と CASE4 を比較すると，ふく進抵抗力の増加に伴い P2 橋脚の PA1 側への変位が大きくなる．また，地盤ばねの異なる CASE1～3 より，地盤が軟弱になるに従い P2 橋脚の PA1 側への変位が大きくなる傾向を示した．この P2 橋脚の変位に伴い桁が移動し，P1 支点部の支承も PA1 側に変位する．

以上より，EJ を固定端側に配置した場合，ふく進抵抗力や地盤ばねの条件によっては，可動支承である P1 橋脚の支承変位が極端に小さくなり，桁伸縮量を相殺する程度に桁が移動する可能性があることがわかった．

４．支点部付近の応力性状

EJ を固定端側に配置した場合，LR 縦荷重の影響により P2 橋脚変位や端横桁の変形が生じる．そこで，P2 支点部付近各部の発生応力を確認した(**図５**)．その結果，横桁ガセット部や橋脚天端コンクリートのストッパー角部に比較的大きな応力が生じることがわかった．

図６は CASE1～4 の応力を比較したものである．ふく進抵抗力は経年により値が変化することも考えられ，仮に 2 倍になると 15%程度応力が増加する可能性がある．また，地盤ばねの実態は不明であるが，極端に強固な条件とした場合，設計値より 25%程度応力が大きくなる可能性があることがわかった．

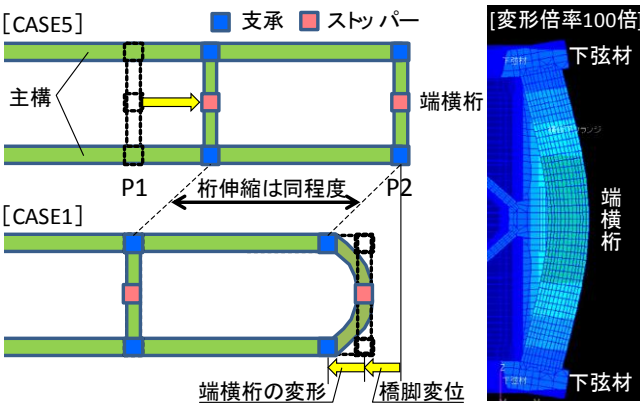


図４　P2 端横桁の変形によるトラス桁の挙動

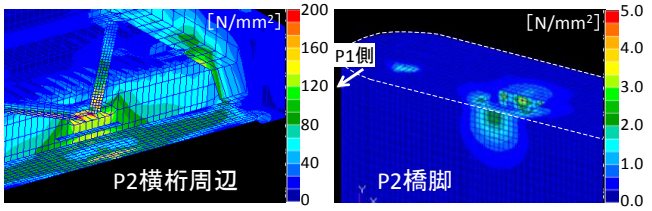


図５　P2 支点部付近の Mises 応力コンター（CASE1）

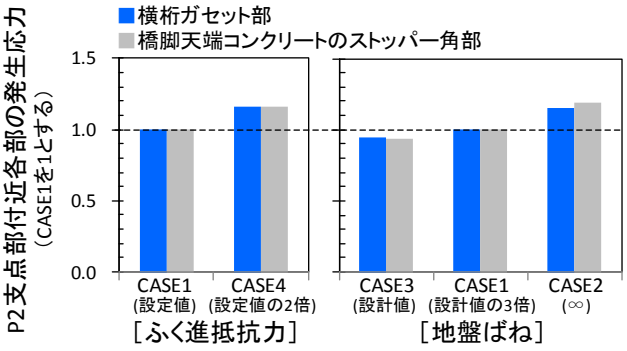


図６　P2 支点部付近の発生応力の相対比較

５．まとめ

本研究の範囲において得られた知見を以下に示す．

- EJ を固定端側(P2 上)に配置した場合，LR 縦荷重の影響を強く受け，桁が PA1 側へ移動する．これは，P2 橋脚の変位と端横桁の変形によるものと考えられる．
- P2 支点部付近各部の発生応力は，地盤ばねやふく進抵抗力の影響を受け，仮にふく進抵抗力が 2 倍になると，応力レベルが 15%程度増加する可能性がある．

参考文献

1) 小林ら：ロングレール化に伴う既設鋼橋への影響評価，鉄道総研報告，Vol.27，No.6，pp.37-42，2013.6.