

軌道と床版にフローティング構造を有する鋼鉄道橋の騒音低減効果

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 渡辺 勉
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 曾我部 正道
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 浅沼 潔

1. はじめに 鋼製鉄道橋梁(以下,鋼鉄道橋)は,鋼材がコンクリートに比べて軽量で強度が高いために長スパン化が可能で,また部材を工場で製作するために品質管理がしやすいなどの多くの利点を有している.しかし,部材が薄板構造のため振動しやすく構造物騒音が大きという課題があり,鉄道橋では都市内での適用が避けられるケースもある.そこで,筆者らはこうした課題への対策として,軌道構造に防振軌道であるフローティング・ラダー軌道¹⁾を敷設し,さらにその下に防振材により弾性支持されたコンクリート床版(以下,フローティング床版)を有する構造形式の鋼鉄道橋を新たに提案した.その騒音低減効果を,列車走行試験等により定量的に評価することを研究の目的とした.

2. 新しい構造形式の鋼鉄道橋の概要

図1に提案する鋼鉄道橋の概要を示す.この鋼鉄道橋は,都市内での適用を想定したもので,架道橋等で採用事例の多い下路桁方式としている.図2に試験線に架設した試験桁の概要を示す.本試験桁の断面は,桁長約35mの条件で設計されたものであるが,桁長を短縮し12mとした.軌道構造には防振性能に優れたフローティング・ラダー軌道が12.5m敷設されている.また,フローティング・ラダー軌道よりも低周波数領域の振動伝達低減効果を狙って,コンクリート床版は縦桁および横桁の交差部

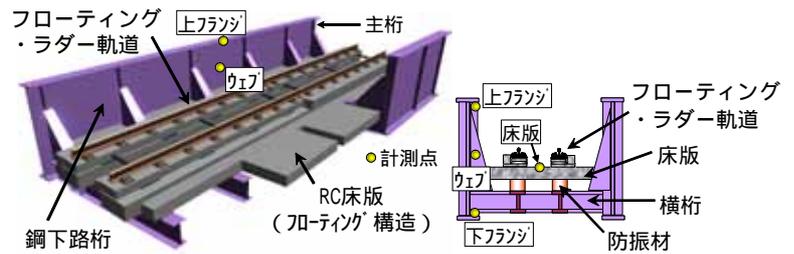
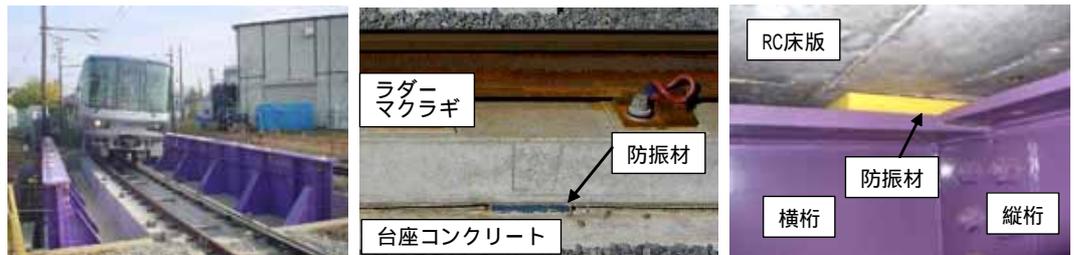


図1 新しい構造形式の鋼鉄道橋の概要



(a) 列車走行時の状況 (b) 防振材(ラダーマクラギ下) (c) 防振材(床版下)

図2 実物大試験桁の列車走行時の状況および防振材の設置状況

表1 試験ケース

CASE	ラダーマクラギ	コンクリート床版
1	剛支持	剛支持
2	フローティング・ラダー軌道	剛支持
3	剛支持	フローティング床版
4	フローティング・ラダー軌道	フローティング床版

表2 材料物性値

		材料定数・重量
軌道パッドばね定数 (MN/m)		60
防振材ばね定数 (MN/m)	ラダーマクラギ用	25
	床版用	52
フローティング・ラダー軌道重量 (kN)		155
床版コンクリート重量 (kN)		314
鋼材重量 (kN)		290

分12箇所に配置された防振材で弾性支持されおり,軌道および床版の二重フローティング構造(軌道パッドを含めると三重)となっている.

3. 騒音低減効果の検討方法

表1,表2に試験ケースと材料物性値を示す.提案する鋼鉄道橋の騒音低減効果を確認するために,ラダーマクラギおよびコンクリート床版の支持条件を変えて,実物大の列車(2両編成)走行時の騒音測定試験およびインパルス加振試験を行った.なお,本試験桁は,曲線半径R=180mの急曲線区間に架設されており,列車の最高速度は45km/hである.

4. 検討結果

図3(a)に主桁ウェブ, (b)に床版, (c)に主桁上フランジ, (d)に主桁下フランジの列車走行時の振動加速度波形より求めた振動速度レベルのオールパス値(A特性補正あり)を示す.部材ごとに振動速度レベルを比較すると,各ケースとも主桁ウェブの振動速度レベルの値が最も大きく,構造物騒音の発生要因として主桁ウェブの振動が支配的であることが確認できる.そこで,主桁ウェブの振動速度レベル(列車速度約40km/h)で剛支持構造であるCASE1に対して比較した場合,CASE2で7.5dB(A),CASE3で6.1dB(A),CASE4で10.1dB(A)の低減効果が得られることがわかった.

図4にインパルスハンマを用いてレール頭面を加振した時の主桁ウェブの加振点アクセラランスを示す.CASE1に対して比較した場合,各ケースとも主桁ウェブの加振点アクセラランスが低減されることがわかる.CASE2では80Hz~350Hz付近の周波数帯,CASE3では150Hz以下の周波数帯の低減効果が明らかとなった.CASE4では,CASE2および

キーワード 鋼鉄道橋 フローティング・ラダー軌道 振動 騒音
 連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財)鉄道総研 鉄道力学研究部(構造力学) TEL042-573-7290

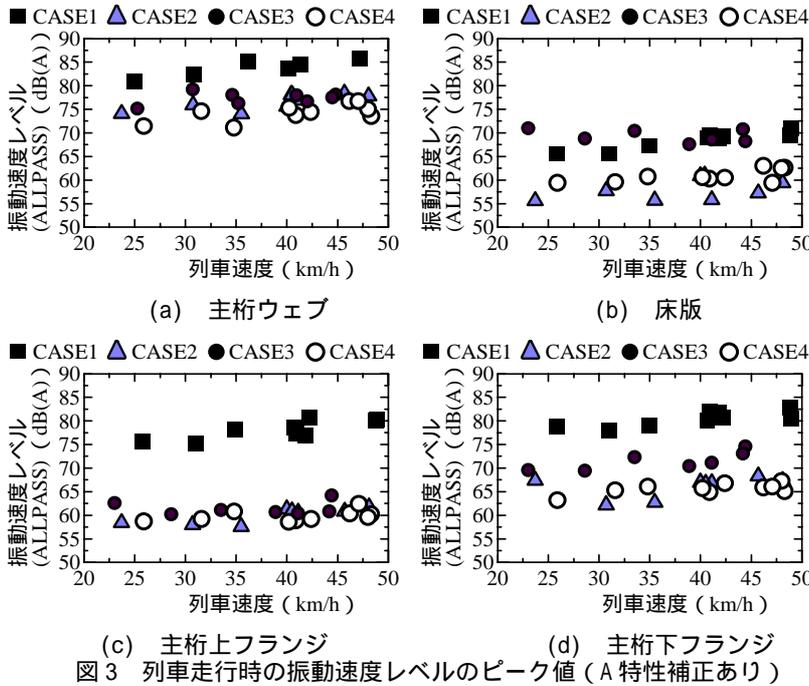


図3 列車走行時の振動速度レベルのピーク値(A特性補正あり)

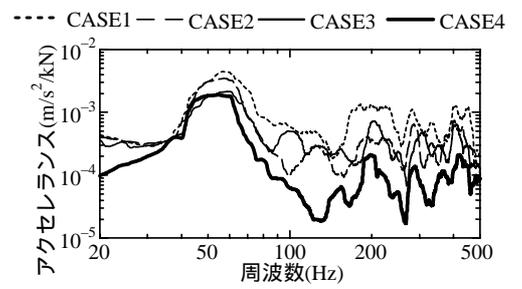


図4 主桁ウェブの加振点アクセラランス (インパルス加振動)

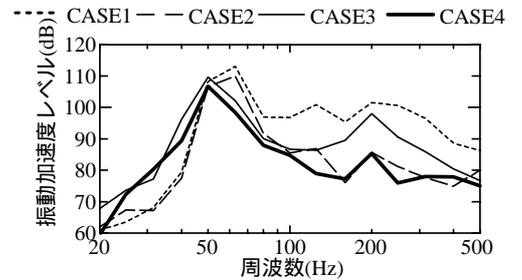


図5 主桁ウェブの振動加速度レベル (列車走行時, 列車速度約40km/h)

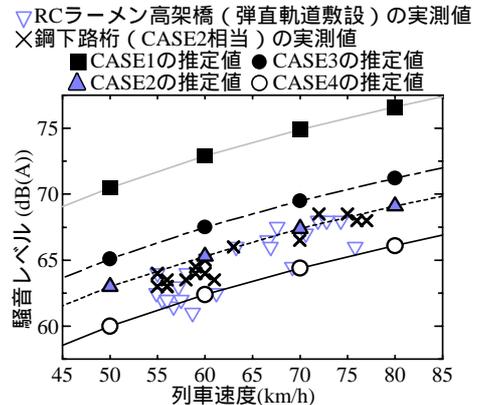


図6 軌道中心から12.5m地点における各ケースのピーク騒音レベル(平均値)の推定値と在来線における実測値

び CASE3 の効果を包含する形で加振点アクセラランスが低減されており、特に 50Hz 付近の低減効果により、前述の振動速度レベルの低減効果が得られていると考えられる。なお、この 50Hz 付近のピークは、主桁ウェブの一次振動モードの周波数であることを、主桁ウェブに加速度計をアレイ配置し、インパルス加振によってモード同定することにより確認している。図5に列車走行時の主桁ウェブの振動加速度レベルの1/3オクターブ分析結果を示す。同図に示すように、図4の加振点アクセラランスと同様の傾向を示すことがわかった。

図6に軌道中心から12.5m地点における各ケースのピーク騒音レベル(平均値)の推定値を示す。この推定値は、まず列車走行試験で得られた振動速度レベルを、騒音パワーが列車速度の3乗に比例するとして、列車速度50,60,70および80km/hに換算する。そして、既往の音源解析手法²⁾および騒音予測手法³⁾を参考に、車両長120mとして算出されたものである。なお、本推定値には、音源として主桁ウェブの振動しか考慮されておらず、車輪/レール間、駆動系および集電系の騒音は対象外とした。図6に示すように、剛支持構造であるCASE1に対して比較した場合、CASE2で約7.5dB(A)、CASE3で5.4dB(A)、CASE4で約10.5dB(A)の低減効果が得られることがわかった。また、図6には推定値の検証のため、構造形式が本試験桁と類似し、支持条件がCASE2と同等の在来線の鋼鉄道橋(下路桁方式)の実測値も合わせて示した。その結果、実測値とCASE2の推定値は概ね一致し、ピーク騒音レベルの推定に用いた手法の妥当性を確認できた。さらに、参考までに、図6には弾直軌道が敷設されたRCラーメン高架橋(鋼下路桁から起点側へ100m程度の位置)の実測値も示した。これにより、本研究で開発した軌道と床版にフローティング構造を有する鋼鉄道橋を採用することにより、構造物騒音を弾直軌道が敷設されたRCラーメン高架橋と同等、もしくはそれ以下のレベルにまで低減できる可能性があることがわかった。

5. おわりに 鋼鉄道橋の構造物騒音の抜本的な対策方法として、軌道と床版にフローティング構造を有する新しい構造形式の鋼鉄道橋を開発し、列車走行試験およびインパルス加振試験を行った結果、主桁ウェブの振動速度レベル(列車速度約40km/h)で剛支持構造に対して、10.1dB(A)の低減効果が得られること、既往の予測手法により求められた騒音レベルの推定値により、在来線の速度域において、軌道中心から12.5m地点のピーク騒音レベルで剛支持構造に対して10.5dB(A)の低減効果が期待できることが明らかとなった。本研究は、国土交通省の補助金により実施した。

参考文献

- 1) 奥田ほか：フローティング・ラダー軌道の耐荷性能と環境性能の評価、鉄道総研報告、Vol.17, No.9,2003.9
- 2) 半坂ほか：鋼構造物騒音の部材ごとの寄与度解析および対策材料の検討、鉄道総研報告、Vol.21, No.2, 2007.2
- 3) 北川ほか：在来鉄道における騒音予測手法、鉄道総研報告、Vol.12, No.12, 1998.12