

鋼鈑桁橋の低周波振動に対する剛性付加対策の効果に関する研究

オリエンタルコンサルタンツ
首都大学東京
高速道路総合技術研究所

正会員 ○平栗 昌明
正会員 中村 一史
正会員 岩吹 啓史

正会員 大竹 省吾
鳥部 智之

1. はじめに

高架道路の鋼鈑桁橋より発生する低周波音は、建具のがたつきに関する“物的苦情”の原因になると考えられ、その周波数には、3.15～5Hz 帯と 10～20Hz 帯の 2 つがある¹⁾。低周波音対策としては、TMD や減衰機能付き中間支柱の設置等が行われているが、これらはいずれも鉛直 1 次モードに着目した対策である。そこで、筆者らは鉛直 2 次モードに着目し、各種対策の中から上部構造の剛性付加対策である床版剛性付加と縦桁剛性付加の対策効果について検討を行った。検討は、筆者らがこれまで低周波音の要因分析等で用いてきた橋梁モデルを用いた車両走行解析¹⁾により実施した。

2. 対象橋梁と橋梁振動の算定方法

解析対象橋梁は、表-1 に示す鈑桁橋梁とし、多種桁の従来構造と、少数主桁の合理化構造とした。橋梁のモデル化には、シェル要素、梁要素およびばね要素を用いた。着目周波数帯での卓越周波数のモード図を図-1 に示す。車両走行解析には、車両と橋梁の連成振動を厳密に解く動的相互作用解析と、筆者らが実務設計への適用を提案している車両の振動解析が不要な疑似応答解析を併用した。疑似応答解析で用いる外力は、試験車両の鉛直加速度の計測値を積分して算定した変位と速度に、それぞれタイヤのばね値と減衰係数を掛け合わせた値を加え、さらに車両の自重を加算して算定した。

3. 対策構造の選定

床版の剛性付加の研究事例としては、合理化構造の床版下面増厚に対する計測²⁾があり、桁端部の厚さを 2 倍程度にしたところ 10～20Hz 帯の橋梁直下の低周波音が 3dB 程度低減したが、高い周波数帯では増加がみられたことが報告されている。また、従来構造の鈑桁に対する解析事例³⁾では、支間部からの低周波音の低減効果があることが報告されている。本研究では、従来構造と合理化構造での対策効果の違いに着目した。縦桁剛性付加に関しては、従来構造の場合、多くの橋梁で床版の活荷重対策として施工されているが、振動抑制対策としては一般に用いられていない。従来構造に対しては、縦桁が無い場合の検討も実施した。検討ケースを表-2、対策の配置を図-3 に示す。

4. 床版剛性付加の効果予測

主桁スパン 1/4 点と 1/2 点の床版橋軸直角方向中央部における第 1 径間から第 3 径間までの区間を走行中の振動加速度

表-1 解析対象橋梁

	橋梁形式	スパン	主桁間隔
A橋	鋼3径間連続鈑桁	21m×3径間	3.2m×7
B橋	鋼10径間連続2主鈑桁	34.25m+35m×8+34.25m	6.9m

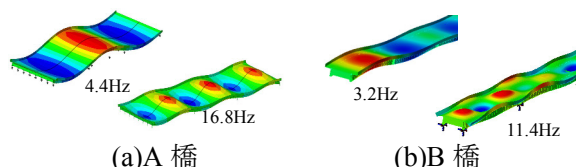


図-1 対象橋梁のモード図

表-2 検討ケース

対策方法	対象	基本諸元	パラメータ(下線付きは卓越周波数のみ)
床版剛性付加	A橋 B橋	$t_0=274\text{mm}$ $t_0=280\sim380\text{mm}$	床版剛性: $I=I_0, \underline{1.95I_0}, 3.05I_0$ (厚さ: $t=t_0, \underline{1.25t_0}, 1.45t_0$)
縦桁剛性付加	A橋 B橋	$I_0=1.6\times10^9\text{mm}^4$	縦桁剛性: $I=0, \underline{I_0}, 2.6I_0, 3.5I_0$ (縦桁高さ: $h=0, 600, 900, 1200\text{mm}$)

※主桁の剛性: A橋 $I=6.9\times10^9\text{mm}^4$, B橋 $I=8.6\times10^{10}\text{mm}^4$

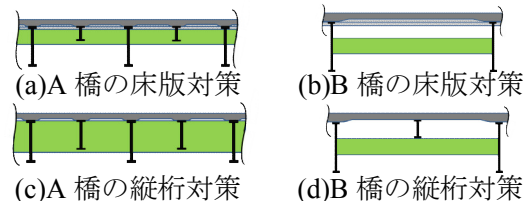


図-3 対策方法の横断面配置

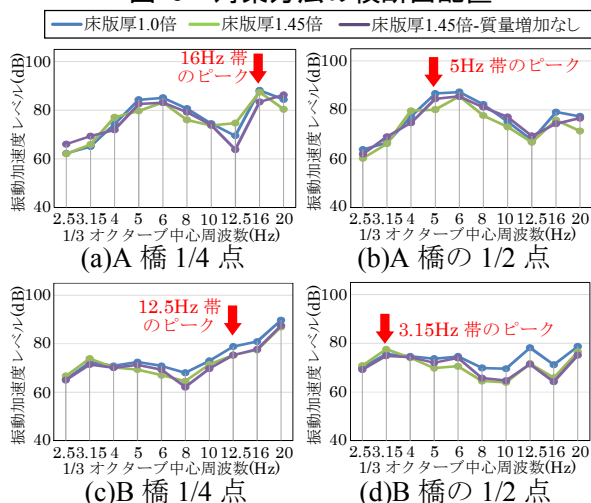


図-4 振動加速度レベル

キーワード 低周波音, 鉛直 2 次モード, 対策方法, 鋼鈑桁橋, 剛性付加

連絡先 〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1 住友不動産西新宿ビル 6 号館 オリエンタルコンサルタンツ TEL.03-6311-7860

の1/3 オクターブバンドレベルを図-4に示す。また、ピーク周波数帯の振動加速度レベルを図-5に示す。この結果、合理化構造(B橋)では床版剛性の増加により「5Hz帯」以上の周波数帯に低減効果が見られた。しかし、従来構造(A橋)では「5Hz帯」には低減効果が見られるものの、「16Hz帯」で効果が少ない結果となった。この原因の推定のために固有周波数解析を行った。ピーク周波数の変化を図-6に示す。この結果、両構造とも床版増厚による質量増加により、固有周波数が低下している。そこで、質量増加が無いものとして解析を行った結果を図-4、図5に併記した。これより、剛性のみを増加すると、A橋の「16Hz帯」の低減効果が大きくなり、「5Hz帯」の低減効果は小さくなった。高次モードの変形には床版剛性の寄与が高いが、低次モードでは桁剛性の寄与が高いため、質量付与が効果を発揮したためと推定される。

5. 縦桁剛性付加の効果予測

主桁スパン1/4点と1/2点の床版橋軸直角方向中央部における第1径間から第3径間までの区間を走行中の振動加速度について、1/3 オクターブバンドレベルを図-7に、ピーク周波数の振動加速度レベルを図-8に示す。この結果、縦桁の効果は「10~20Hz帯」において両橋梁で確認できた。この原因推定のために固有周波数解析と、ピーク周波数帯における最大振動加速度時の加速度分布を抽出した。ピーク周波数の変化を前掲の図-6に、加速度分布を図-9に示す。A橋では周波数が増加し、B橋では周波数の変化は無いが、12.5Hz帯では床版中央のモード振幅の低下が見られた。床版の鉛直振動を伴う高次振動を縦桁が抑制するものと考えられる。

6. おわりに

床版の剛性付加は、合理化構造では、5Hz帯以上において抑制効果が予想されたが、従来構造では、周波数帯により効果が異なった。高次モードには床版剛性の寄与が高く、低次モードでは桁剛性の寄与が高いと予想されるため、構造特性に応じて剛性・質量付加対策の使い分けが必要性を示した。

縦桁剛性付与は、両構造の「10~20Hz帯」に対して効果的であり、「3.15~5Hz帯」に対しては、両構造とも大きな効果は期待できないと考えられる。

本研究は、首都大学東京、高速道路総合技術研究所、オリエンタルコンサルタツの共同研究成果である。

参考文献 1) 大竹省吾, 中村一史, 長船寿一, 岩吹啓史, 鳥部智之, 平栗昌対策に閉関: 鋼鉄桁橋の鉛直2次モードの振動に着目した低周波振動の研究, 構造工学論文集, Vol.64A, pp.293-306, 2018.3/2) 畔柳昌己, 高橋広幸, 上東泰, 安藤直文, 篠文明: 鋼桁橋のコンクリート床版から発生する騒音・低周波音振動問題への対応—第二東名高速道路刈谷高架橋環境対策工事—, (社)日本材料学会コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第9巻, pp.369-374, 2009.10/3) 河田直樹, 川谷充郎, 金哲佑, 十名正和: 道路橋交通振動に起因する低周波音の理論解析, 土木学会論文集, No.794/I-72, pp.203-212, 2005.7

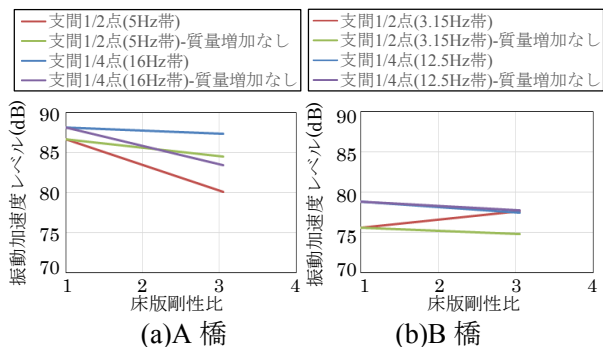


図-5 床版剛性と振動加速度レベルの関係

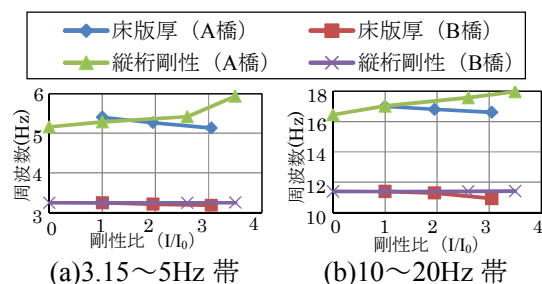


図-6 付加剛性と卓越周波数の関係

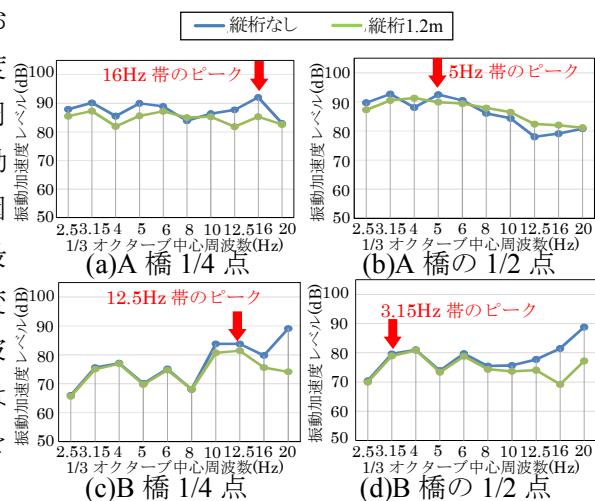


図-7 振動加速度レベル

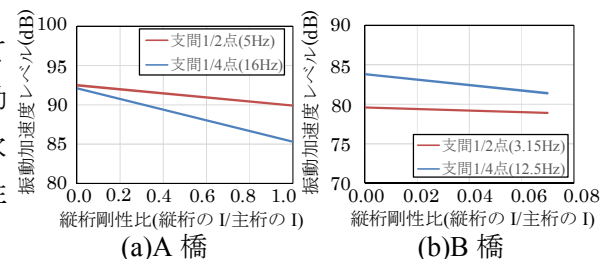


図-8 縦桁剛性と振動加速度レベルの関係

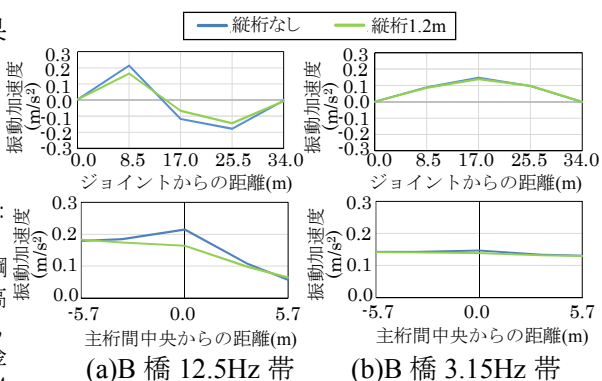


図-9 縦桁剛性による振動加速度分布の変化