

実橋計測に基づくモジュラー型ジョイントの騒音特性の解明

Characteristics of Noise Generated from Modular Joint by Field Measurements

山口 宏樹^{1*}, 松本 泰尚¹, 鵜野 禎史², 廣本 泰洋², 小澤 亨²,
H. Yamaguchi¹, Y. Matsumoto¹, Y. Uno², Y. Hiromoto², T. Ozawa²,
倉橋 逸美¹, 和泉 彰¹, ジャビンドラ ギミレ¹
I. Kurahashi¹, A. Izumi¹ and J.P. Ghimire¹

¹ 埼玉大学大学院 理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

² 川口金属工業株式会社

Kawaguchi Metal Industries Co., Ltd

Abstract

The field measurement of noise and vibration in a PC box-girder bridge with the modular type expansion joint was conducted in order to investigate the characteristics and mechanism of the noise generated from the modular joint possible sound radiating vibration modes of this structure under a vehicle passage. Three components of noise from modular joint are discussed by paying attention to non-stationary phenomenon of the noise generation and propagation. Effects of bridge type, car type and car running speed are also studied on the noise characteristics.

Key Words: modular type expansion joint, PC box-girder bridge, steel plate-girder bridge, field measurement, acoustic noise, vehicle-induced vibration

1. はじめに

近年、全方向伸縮が可能な道路橋モジュラー型エクспан・ションジョイント[1]が注目され、多径間橋や免震橋などにおいて多くの実績を挙げてきているが、一部で車両走行時に発生する音による苦情が寄せられるなど、騒音問題が重要となっている。著者らはこれまでに、実物試験体レベルでの騒音・振動特性を解明する[2]-[4]とともに、鋼プレート・ガーダー橋での実橋計測により、橋桁振動に起因した騒音や車両走行音を含んだ実橋レベルでの騒音

特性を把握してきた[5]。その際、鋼製フィンガージョイントを有する道路橋の騒音をも計測して、それとの比較でモジュラー型ジョイント特有の騒音特性を解明するとともに、騒音・振動の計測試験データに対してウェーブレット解析を適用し、車両通過時のジョイント及び橋梁構造における時間依存性を考慮した騒音特性の解明も試みた。

そこで、本研究では、実橋梁におけるジョイントから発生する騒音特性のさらなる解明を目的とし、PC箱桁橋での騒音・振動計測を行った。ウェーブレット解析により、PC箱桁橋におけるジョイント騒音の伝播特性の解明を試みるとともに、鋼桁橋との比較により、実橋レベルでの騒音特性を考察した。

* 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255

電話・Fax: 048-858-3552

Email: hiroki@post.saitama-u.ac.jp

2. 実橋における騒音・振動計測

対象橋梁は、3径間連続PC箱桁橋(計測対象側径間長約60m)であり、片側1車線、対面通行の橋梁にモジュラー型ジョイントが設置されている。また、ジョイントはミドルビームが5本備わっている6セル構造であり、ミドルビームの軸は橋軸と約75°の角度を持っている斜橋である。ジョイント下には、隣接箱桁と橋脚とが構成する、閉空間に近い特徴的な空間(約3m×0.6m×6.5m)が存在する。

騒音計の設置位置は、ジョイント上部の音の把握を目的として橋梁上(ジョイント横)、ジョイント下部の音の把握を目的としてジョイント直下、桁下、橋梁脇の計3箇所とした(図1)。なお、橋梁脇の計測点は、桁下から橋軸直角方向に5m、15mの2点計測である。また、橋梁上(ジョイント横)の計測点はジョイント真横の高欄部の位置とした。さらに、ジョイントの水平・鉛直方向振動および橋梁振動の特性を捉えるため、加速度計を床版張り出し部に設置し、車両がジョイントを通過する前後の振動を計測している。

計測車両は、通常走行車両を、図1に示す高所作業車でのビデオカメラによる情報をもとに整理した。車種は2種類(普通車、トラック)に判別し、車種別の騒音特性の検討も行った。また、スピードガンを用いて車両通過速度の計測も行っている。

計測結果は時系列波形として得られ(一例を図2に示す)、フーリエ変換により周波数成分へ変換した。車種や速度などによって通過時間の異なるデータの解析となることから、平均化することにより分解能を4.8 Hzに統一して評価を行っている。

また、ウェーブレット解析ではジョイントを車両が通過した前後0.6秒間のデータを対象とし、マザーウェーブレットに時間、周波数両者の分解能の良いGaussianウェーブレットを用いた。

なお、上述の、本橋梁の特徴的な空間の特性を捉える為に、白色雑音を入力とし、ジョイント直下における出力を測定した音響特性試験も併せて実施した。図3にその結果としての応答倍率を示す。

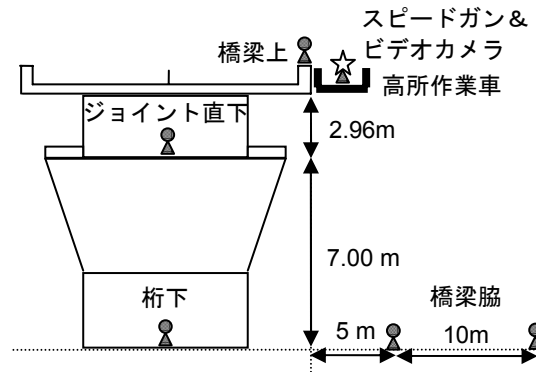


図1 実橋ジョイント付近での騒音計設置位置

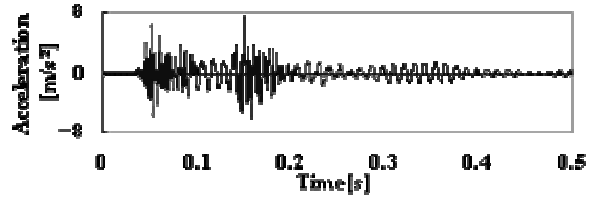


図2 普通車通過時の振動加速度時系列

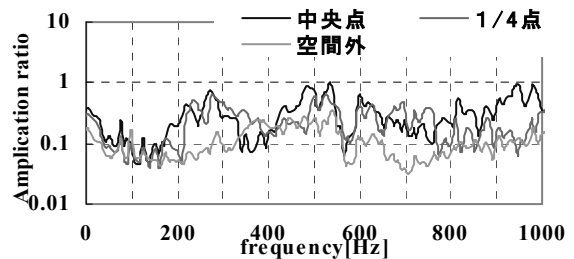


図3 ジョイント下空間音響特性試験

3. PC箱桁橋騒音の時間周波数特性と伝播特性

図4～図8にそれぞれ、橋梁上、ジョイント直下、桁下、橋梁脇5m、15mの、車両通過時における音の時系列、ウェーブレットによる時間周波数プロットをそれぞれ示す。ウェーブレットプロットの数値は無次元である。

(1) 橋梁上の騒音の時間周波数特性

橋梁上の音は、図4のウェーブレットのプロットより、車両がジョイントを通過した際のジョイント音が明確に2回(前輪と後輪の進入に対応)現れている。このジョイント音の発現時間は非常に短く、周波数で細かく見ると、700Hz付近の音の音圧が最も大きい。ジョイント上ではモジュラー型ジョイントの構造の特徴上、400Hz以上で止水ゴム空間から

の空間圧縮音が出るのが分かっているので[3]、この700Hz付近の音は空間圧縮音であるといえる。また、空間圧縮音は瞬間的に出る音なので、ジョイント音の発現時間が短いという点にも対応している。

(2) ジョイント直下の音の時間周波数特性

図5のジョイント直下の音では、主として100Hz～200Hz付近の音、400Hz～600Hzの音が大きく出ている。既往の研究[3]からジョイント下部では、車両通過時のジョイントの振動放射音が主に約500Hz以下、特に100Hz～200Hz付近で現れることが判明している。また、ジョイント直下は箱桁端部に挟まれた閉鎖的空間であり、図3に示した、その空間音響特性からも明らかなように、ジョイント直下では400Hz～600Hz付近の音が固有の成分として増幅される。これらのことよりジョイント直下では、主要なジョイント振動放射音100Hz～200Hz付近の音と、ジョイント直下の空間で増幅された400Hz～600Hzの音が主として発生していると言える。

(3) 騒音の伝播特性

図6の桁下では、100Hz～200Hzの音が最も卓越して現れている。また400Hz～600Hz付近の音も短時間で現れている。しかし、ジョイント上部で発生する700Hz付近の空間圧縮音はほとんど現れない。よって桁下ではジョイント振動放射音が主要な音となっている事が言える。

図7の橋梁脇(5m)での騒音はほぼ桁下同様100～200Hz付近、400Hz～600Hz付近と700Hz付近の音が現れている。橋梁脇ではジョイント振動放射音、空間圧縮音の両方が伝播してきていると言える。また、図8の橋梁脇(15m)でも橋梁脇(5m)地点とほぼ同様の周波数成分となり、同じ騒音特性と言える。しかし、700Hzの周波数は橋梁脇(5m)と比べて音圧があまり減少しておらず、またジョイント振動放射音として最も大きい100Hz～200Hz付近の音はほとんど現れない(200Hz～250Hzの音がジョイント振動放射音で最も大きくなっている)。場所によっても橋梁脇の周波数特性が若干変化している事が言える。

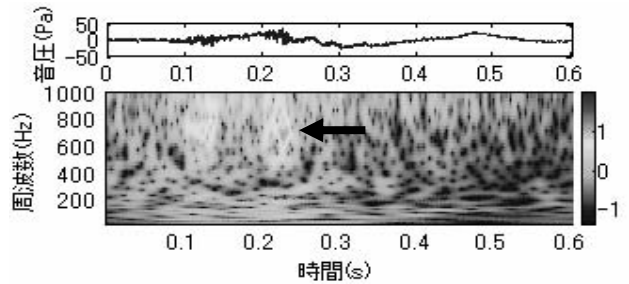


図4 車両通過時の橋梁上騒音の時間周波数プロット

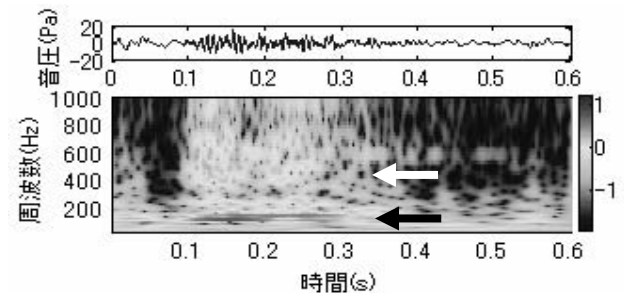


図5 ジョイント直下騒音の時間周波数プロット

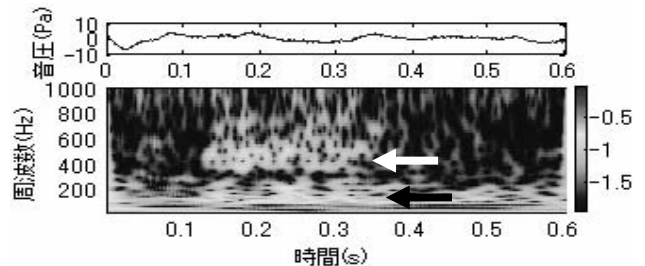


図6 桁下騒音の時間周波数プロット

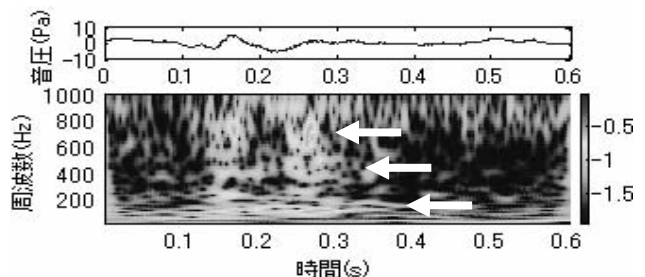


図7 橋梁脇(5m)騒音の時間周波数プロット

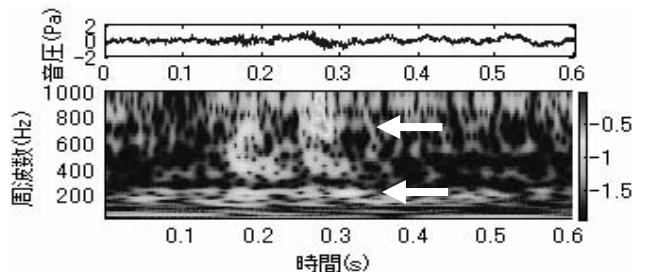


図8 橋梁脇(15m)騒音の時間周波数プロット

4. PC箱桁橋から発生する騒音の特徴

騒音問題を対象とすることから、計測した音圧のスペクトルを求めた後に、人間の聴覚特性であるA特性補正を行った。図9は補正後の音圧スペクトル

の時間変化をランニングスペクトルで表したもので（橋梁脇 5m）。ジョイント振動応答に起因した、100~200Hz 付近の卓越成分が小さくなる。

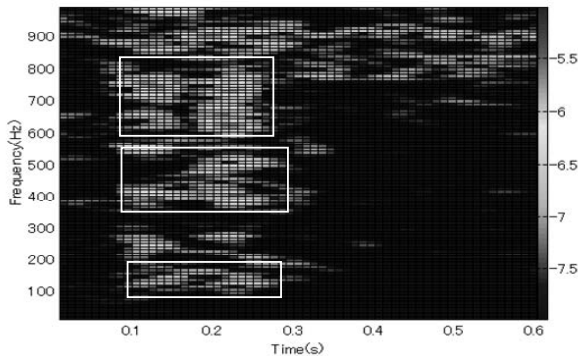


図9 音圧のランニングスペクトル (A 特性補正)

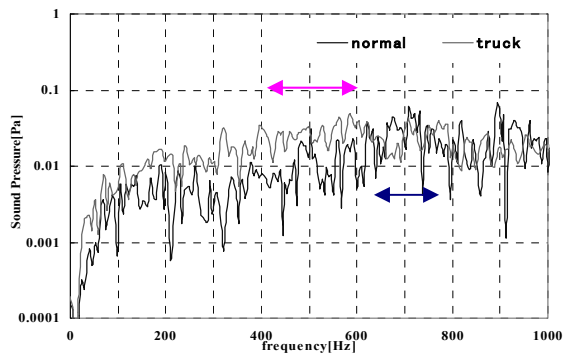


図10 PC 橋梁上の音圧スペクトル (A 特性補正)

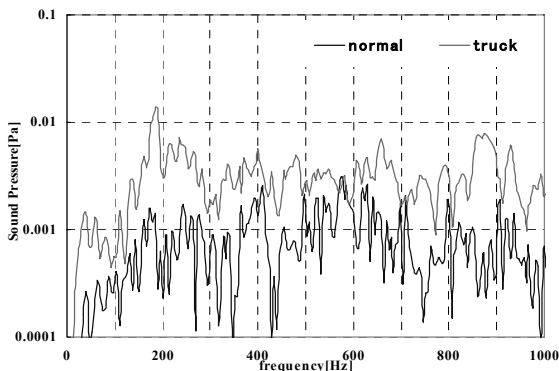


図11 橋梁脇 5m の音圧スペクトル (A 特性補正) : 鋼橋

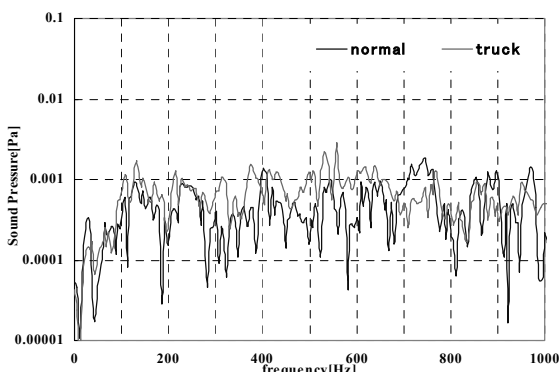


図12 橋梁脇 5m の音圧スペクトル (A 特性補正) : PC 橋

図10にPC橋の橋梁上でのA特性補正後の音圧スペクトルを示す。主要卓越成分である空間圧縮音が顕著に現れ、卓越周波数帯が車種によりずれること、普通車が顕著に現れやすいことが認められる。

次に、騒音問題の対象とする橋梁脇での特性を例に、鋼桁橋とPC箱桁橋の騒音特性の比較を行った(図11, 12)。A特性補正を行っているにも関わらず、比較的低い振動数での複数の卓越成分が支配的であり、最も重要な騒音と言える。また、鋼橋とPC橋の音圧レベルは大きな差異は認められないが、加振力の大きいトラックにおいて、鋼橋での音圧レベルの顕著な卓越が認められる。この一因として、桁の剛性が低いことにより、ジョイント振動により間接的に主桁ウェブ等が加振され、振動放射音が増幅されることが考えられる。

6. まとめ

モジュラー型ジョイントを有するPC箱桁橋での騒音・振動計測により、止水ゴム空間の圧縮、ジョイント下空間の音響特性、ジョイント振動、の3つに起因した騒音の存在と伝播特性など、実橋レベルでの騒音特性を把握することができた。

参考文献

- [1] Ramberger, G: Structural bearings and expansion joints for bridges, Structural Engineering Documents 6, IABSE, Zurich, Switzerland, 2002.
- [2] 山口宏樹他：道路橋モジュラー型エキスパンション・ジョイントの騒音発生メカニズムと騒音制御策, 埼玉大学地域共同研究センター紀要, 第5号, 2004年度, pp.115-120, 2005.
- [3] 松本泰尚, 山口宏樹, 富田直幹, 加藤誠之, 鶴野禎史, 廣本泰洋, Khakimov A. R., モジュラー型エキスパンションジョイントの騒音発生源と騒音制御策に関する実験的研究, 土木学会論文集 A, Vol. 63, No. 1, pp. 75-92, 2007.
- [4] Khakimov, A. R., Yamaguchi, H., Matsumoto, Y., Tomida, N. and Uno, S., Mechanism of noise generation from a modular expansion joint under vehicle passage, Engineering Structures, Available on line, 2007.
- [5] 山口宏樹他：モジュラー型ジョイントを有する道路橋の騒音特性, 埼玉大学地域共同研究センター紀要, 第6号, 2005年度, pp.52-57, 2006.