

ウェーブレット解析によるモジュラー型ジョイント騒音の時間周波数特性の解明

埼玉大学 学生会員 和泉 彰 正会員 山口宏樹, 松本泰尚
川口金属工業 正会員 鷗野禎史, 廣本泰洋

1. はじめに

全方向伸縮が可能なモジュラー型ジョイントは近年、多径間道路橋や免震橋梁などにおいて多く採用されているが、一部において車両通過時に発生する固有の音が騒音問題として重要になっている。既往の実験や研究から実物試験体での音響特性は解明されつつあるが、実橋梁の場合、ジョイント以外の橋梁構造の影響を受けた連成的な騒音特性となることが考えられる。特に、騒音の間接的な原因である車両は、時間と共に橋梁上を移動しながら種々の振動を励起しているため、時間情報を考慮した周波数特性に着目することは、ジョイントの騒音や振動を的確に解明する上で非常に有効である。そこで本研究では、実橋梁でのモジュラー型ジョイント（以下ジョイント）の騒音、および振動の計測試験データに対して、時間情報同定に優れたウェーブレット解析等の時間周波数解析法を適用し、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を試みた。

2. ウェーブレット解析

ウェーブレット変換は以下の式(1)で定義される。

$$(W_{\phi} f)(b, a) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{|a|}} \phi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx \quad (1)$$

ウェーブレット解析は、図1に示すような基底関数 $\phi(x)$ を時間的に局在した関数として定義し、時間軸移動のパラメーター b と時間軸方向のスケール（周波数）パラメーター a を変化させて解析信号と相関を取り、相関の大小によりその時刻における信号の周波数成分を求めるという方法である。基底関数が局在であるという点で、従来のFFTよりも格段に時間精度に優れており、非定常信号の解析に多く適用されている。

3. 実橋梁試験と車両通過時の騒音の周波数特性

実験データは、5径間連続非合成桁橋の一方の端

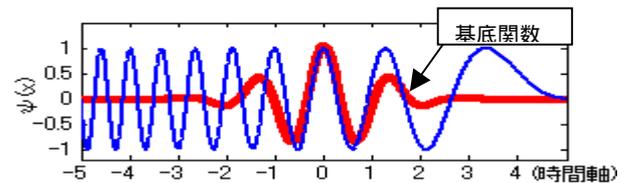


図1 ウェーブレットと信号の相関の様子

部モジュラー型ジョイント付近にて、橋梁下、橋梁上数点にて騒音の計測を、またジョイント、主桁ウェブ等に加速度計を設置し、音に対応する振動の計測を、それぞれ行ったものである。ジョイント音の特性を場所の違いから比較するため、橋梁下、橋梁上における車両のジョイント通過時の騒音を、ウェーブレットにて解析を行い、その特性を考察した。

(1) 橋梁上の音の時間周波数特性

図2、図3、図5に、橋梁上、桁下、およびジョイント直下における車両通過時の音の時系列、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した。図4、図6はそれぞれウェブ振動、ジョイント振動を同様示したものである。ウェーブレットプロットの数値は無次元で、時間周波数プロットの色は赤いほど周波数成分は大きくなる。

図2の橋梁上の音は、車両走行によるノイズがかなり現れているが、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を明確に2回（前輪と後輪の進入に対応）捉えている。このジョイント音の発現時間は非常に短い。周波数で細かく見ると、200Hz付近の音と600Hz以上の音の大きめに2分された周波数特性といえるが、比較的高い周波数の方（600Hz以上）の音圧が大きい。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ことが分かっている¹⁾、高周波数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ことにも対応している。

キーワード：モジュラー型ジョイント、騒音、ウェーブレット解析、交通振動、時間周波数特性
連絡先：338-8570 さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学建設工学科 Tel/Fax: 048-858-3552

(2) 橋梁下の音の時間周波数特性

図3の桁下の音では、車両の前輪、後輪がジョイントを通過する前、通過する瞬間、通過後に対応して、それぞれの騒音が明確に現れている。車両の通過による音は、主に200Hz付近の音が特に卓越しており、その他400Hz付近が大きく出ている。これらの音は車両通過後も比較的長く継続しており、減衰が小さい。図4の主桁ウェブ振動の時間周波数プロットと比較すると、200Hz付近と400Hz付近の周波数で対応が取れ、減衰も小さい。よって、桁下の音はウェブの振動に大きく起因していると言える。

図5はジョイント直下の音の解析結果を示している。ジョイント直下では、桁下とほぼ同じ周波数成分が見られるが、車両通過直後の音圧が大きい。また、桁下ではあまり見られない90Hz付近に大きい成分の音も生じている。ジョイント直下の音を図4のウェブ振動、図6のジョイント振動の時間周波数プロットと比較すると、車両通過時と直後の大きな音はジョイント振動と周波数、減衰の大きさをほぼ対応が取れ、通過後の減衰の小さい振動数はウェブ振動と対応が取れている。

これら橋梁下2箇所の音を比較すると、ジョイント直下の音はジョイント振動とウェブ振動に起因していると考えられる。一方、桁下の音はジョイント振動に起因した90Hz付近の音は人間の聴覚特性を勘案するとあまり聞こえないことから、主桁ウェブの振動に起因した音の影響が大きいと言える。

4. 結論

ジョイントを車両が通過することによる橋梁上部の騒音には、高周波数域の瞬間的な空間圧縮音が支配的であり、橋梁振動やジョイント振動に対応して発生するジョイント音は全くないか、車両走行音に比べて十分無視できるほど小さいものである。

一方、橋梁下部での騒音は、振動の大きいジョイントとウェブの振動が支配的に起因していると考えられる。ジョイント直下では車両通過時はジョイント振動による音、通過後はウェブによる音が支配的になっている。桁下ではウェブの振動が主要である。

参考文献

- 1) 加藤誠之、「道路橋モジュラー型ジョイントの騒音発生機構に関する基礎研究」、埼玉大学大学院提出修士論文、2004年2月。

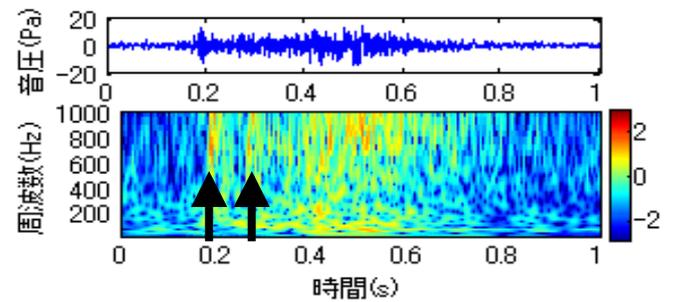


図2 車両通過時の橋梁上騒音の時間周波数プロット

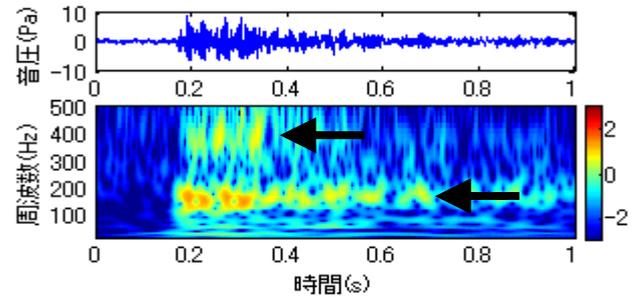


図3 車両通過時の桁下騒音の時間周波数プロット

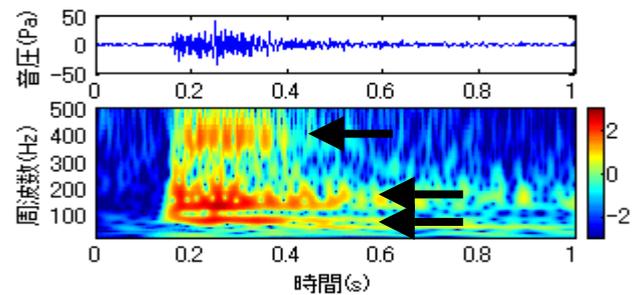


図4 ジョイント直下の騒音のウェーブレットプロット

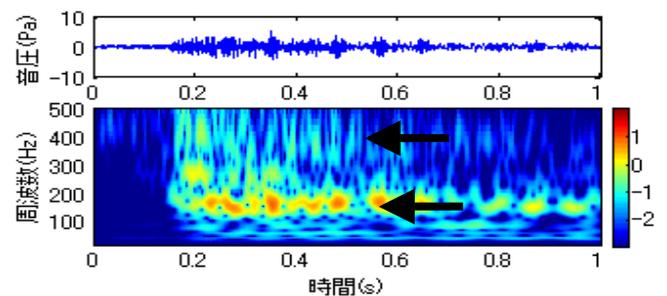


図5 ウェブの振動のウェーブレットプロット

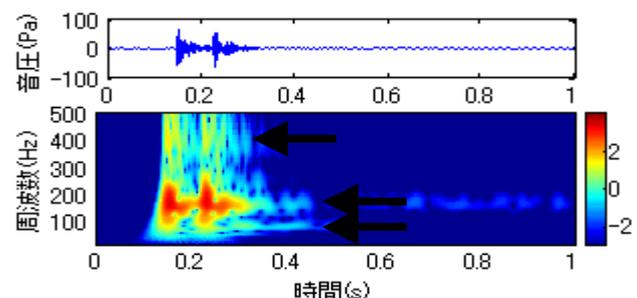


図6 ジョイントの振動のウェーブレットプロット