

## 道路橋における交通振動に伴う低周波音放射特性に関する基礎的検討

(株)エイト日本技術開発 正会員○木村 真也 小野 和行  
 京都大学大学院 正会員 金 哲佑 陳 榮秀  
 神戸大学 フェロー 川谷 充郎

**1. はじめに** 橋梁の交通振動に伴い放射される低周波音は、居住地域に近接して高架橋が建設されるケースの多い我が国では、環境問題の一つとして高い関心が寄せられており、これまでに様々な観点から数値解析による評価(例えば<sup>1)</sup>)が試みられてきた。本研究では、低周波音放射を精度よく把握するための解析手法やモデルを構築することを目的として、モデル化における部材分割数の違いが低周波音解析結果に及ぼす影響について検討する。

**2. 対象橋梁** 対象橋梁を図-1に示す。対象橋梁は、3径間連結PCポステンT桁橋であり、橋長は129.6m、幅員は6.15m、支間長は40.5+40.9+48.2mである。本橋に対して、5Hz程度までの超低周波音を対象として約10m間隔で分割したモデル(以下、粗分割モデル)と50Hz程度までの低周波音を対象として約1m間隔で分割したモデル(以下、細分割モデル)の2ケースで解析を行う。なお、保全対象となる家屋は、縦断方向に橋端から95.1m(第3径間目)、横断方向に橋梁中心から7m離れたところに存在する。

**3. 交通振動解析** 解析手法は、有限要素法とし、構造モデルは、主桁・横桁・壁高欄等の上部構造を構成する部材を1節点6自由度の梁要素で、床版を主桁剛性に考慮してモデル化する。支承はゴム支承として線形ばねでモデル化し、二重節点として橋台および橋脚に付加する。本解析では主に橋梁の「スパン音」と呼ばれるたわみ特性に起因した音を対象とするため、下部構造について影響を考えないものとし、地盤ばねなどの詳細なモデル化は行わないこととする。交通振動解析で用いる車両モデルは、8自由度系モデルで定式化したもの(例えば<sup>2)</sup>)であり、左右輪位置での横断勾配差や路面凹凸の差に伴う車両の三次元挙動を考慮し、前後・左右の車輪接地力を評価できる車両の立体モデルとする。また、解析で考慮する路面凹凸は、完成直後を想定し、ISOの路面区分のA-クラスを考慮した。走行車両は1台、車両走行速度は40km/hで助走距離を10mとし、解析時間は15s、積分時間間隔は0.005sである。車両走行位置は、幅員中央とする。減衰はレイリー減衰を考慮し、橋梁1次、2次の曲げモードの減衰定数はそれぞれ0.02としている。

図-2に、固有値解析結果として、代表的なモード形状を示す。いずれも固有振動数2Hz付近が第3径間で半波の変形モードとなっているが、固有振動数20Hz付近で(a)

の粗分割モデルは1波の変形モードとなっているのに対して、(b)の細分割モデルは2波の変形モードとなっている。また、図-3に3径間支間中央の加速度応答の時刻歴を、図-4に加速度応答のフーリエ振幅結果を示す。最大値やRMS値に大きな違いはないが、フーリエ振幅結果を見ると周波数帯10Hz～50Hz付近で両者に違いが確認できる。これは、固有値解析結果で示した高次振動モードの違いによる影響であると考えられる。

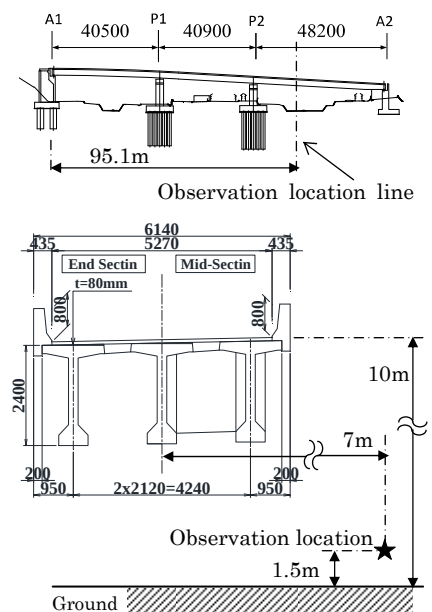
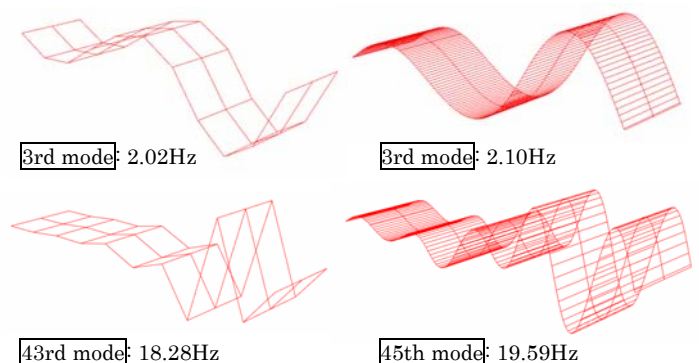


図-1 対象橋梁概要



(a) 粗分割モデル (b) 細分割モデル

図-2 固有モード図および固有振動数

キーワード 低周波音問題、交通振動解析、固有値解析、低周波音解析

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 075-383-3421

**4. 低周波音解析** 解析手法は、境界要素法に基づいた理論解析検証によりこれまで構築されてきた手法<sup>例え 1)</sup>を用いる。図-5に解析モデルを示す。入力データは、交通振動解析で得た各節点の速度応答をフーリエ変換した速度フーリエ振幅スペクトルである。この際、床版と主桁は上下面一体振動するという仮定のもと、床版表面の空気粒子速度を床版振動速度と同じ条件で解析し、主桁は反射面として扱う。また、地表面では鏡像法を用い、全反射すると仮定する<sup>1)</sup>。図-6に受音点(保全家屋箇所)における1/3オクターブバンド分析のG特性補正なしの低周波音解析結果を示す。図中には、低周波音による影響評価の目安値<sup>3)</sup>

を併せて示す。これは、低周波音に対する物的苦情および心身に係る苦情に基づき整理されたものであり、領域Ⅰに含まれる場合は無害、領域Ⅱでは生理的苦痛、領域Ⅲでは物理的苦痛、領域Ⅳでは生理的、物理的苦痛の両方を伴うことを表している。両モデルの結果を見ると、特に高次モードの影響により、10Hz～30Hz付近の音圧レベルが10dB程度異なることがわかる。また、図-7に受音点を含む幅員断面における音圧レベルのコンター図を示す。卓越が確認できた10Hz、31.5Hzのコンター図を見ると、細分割モデルに比べ粗分割モデルは相対的に音圧レベルが低いことがわかる。

**5. おわりに** 精度よく音場解析を実施するためには、検討したい周波数帯に着目してモデル分割数を適切に設定する必要がある。今回の橋梁モデルのように50Hz付近までの音圧が大きくなる場合においては、少なくとも1m程度の分割モデルとする必要があり、モデル化によっては10dB程度以上の解析誤差が十分生じ得ることを確認した。

#### 参考文献

- 1) 河田直樹, 川谷充郎: 境界要素法による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 A, Vol.62, No.3, pp.702-712, 2006.9.
- 2) Kim, C.W., Kawatani, M. and Kim, K.B.: Three-dimensional dynamic analysis for bridge-vehicle interaction with roadway roughness, Computers and Structures, 83(19-20):1627-1645, 2005.
- 3) 環境省低周波音問題対応の手引書平成16年6月

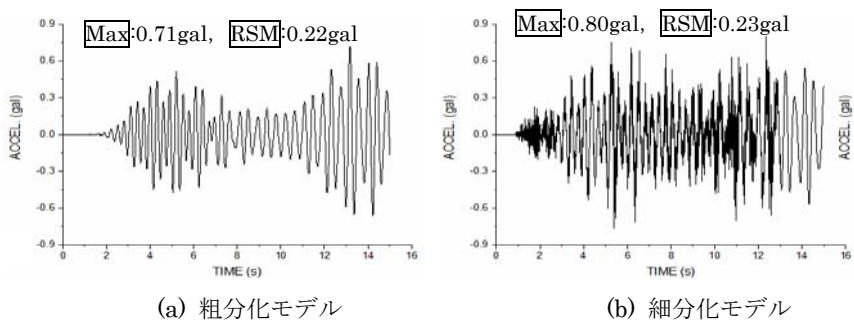


図-3 3径間目支間中央の加速度応答の時刻歴

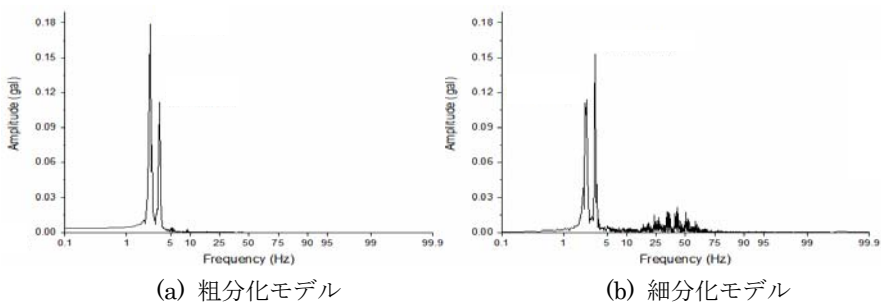


図-4 3径間目支間中央の加速度応答のフーリエ振幅

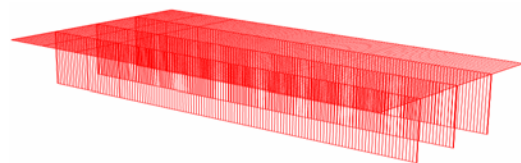


図-5 低周波音解析モデル(細分化モデルの例)

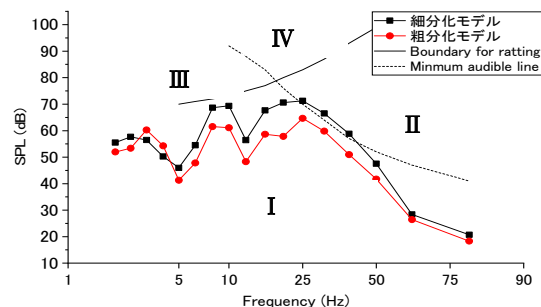


図-6 1/3 オクターブバンド分析の解析結果

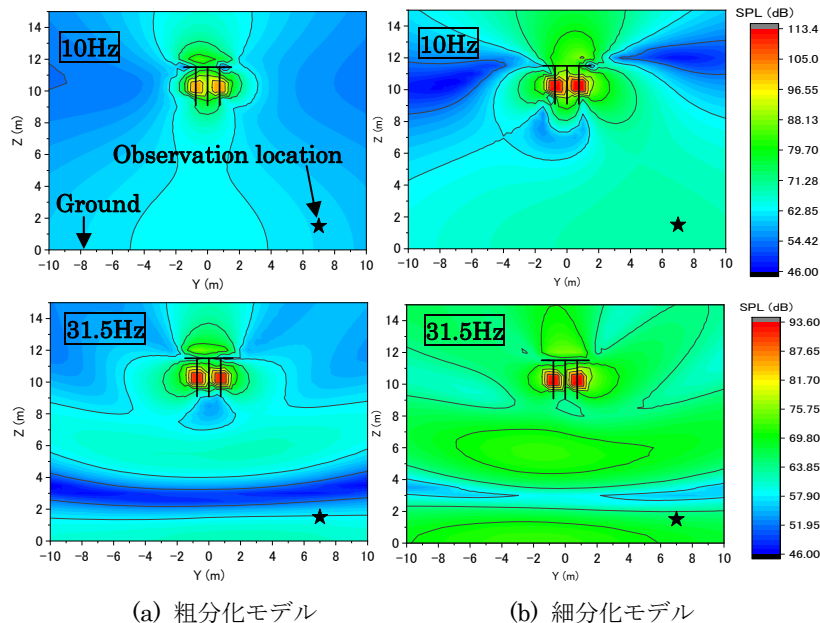


図-7 幅員断面における音圧レベルのコンター図