

I-399

周波数応答関数を利用した橋梁の放射音の計算

日大工 正 五郎丸 英博 石川島播磨重工 正 白石捷夫
群馬工専 正 原 公 桜田機械工業 正 小森 武

1.はじめに 中小支間橋梁上を重車両が高速で走行する際に、橋梁振動に伴って放射される低周波音の解析は、橋体表面の法線方向の振動速度が空気粒子の振動速度に等しいと考えることによって計算される。このとき、伸縮継手部の放射音は、支点に鉛直バネを挿入して支点部の振動速度より算出するため、鉛直バネの値によってその値は、伸縮継手部ばかりでなく支間中央部においても変わってくる。橋梁の支点部のバネ定数の値を正しく算定するのは大変むずかしく、放射音レベルの数値計算結果は実橋における測定との間に大きな相違が生じる場合もある。本報告では、これらの問題点を改善するために実橋の衝撃加振より得られた周波数応答関数(加速度と放射音)とFEMを組み合わせて、単一走行車両による橋梁振動と放射音の計算を行った。

2.衝撃加振実験 測定した橋梁は支間37.8m、幅員8.0m、床版厚0.19mの3本主桁を有する単純支持合成桁橋である。衝撃加振点と測定箇所は、橋台と橋脚の伸縮継手部と支間中央部である。測定箇所の路面上にロードセルを設置し、ハンマーで供試橋を衝撃加振することにより、衝撃力はロードセルで、橋体に生じる加振点の振動加速度は加速度計で計測した。また、加振点の床版裏面において、裏面より0.3m離れた位置に低周波音用マイクを設置して放射音を計測し、それぞれデータレコーダに収録した。加振はそれぞれ10回繰り返し行った。データの分析は、10回の加振データを定振幅平均処理を施し、出来る限り雑音の除去を行っている。Fig.1には橋台の伸縮継手部で測定された結果を示す。(a)は衝撃加振波形でピーク値は844kgである。(b)は応答加速度波形で、(c)は応答放射音波形である。放射音は加速度波形と比較して減衰が著しく小さいのがわかる。(d)は衝撃力の周波数スペクトルであり、1~100Hzまでほぼ平坦で衝撃力として有効なことがわかる。(e)は加速度の周波数応答関数(アセラシス)であり、(f)は放射音の周波数応答関数である。

3.橋梁振動と放射音の計算 衝撃加振より得られたアセラシスおよび放射音の周波数応答関数とFEMを組合せた橋梁振動と放射音の計算は、周波数領域で応答を計算し、結果をフーリエ逆変換することにより時間領域の応答時刻歴を得ている。加速度応答は(1)式により、放射音の応答は(2)式により算出した。

$$\text{Acc}(\omega) = H_a(\omega) \times F(\omega) \text{-----}(1), \quad \text{Sp}(\omega) = H_s(\omega) \times F(\omega) \text{-----}(2)$$

ここに、 $\text{Acc}(\omega)$ は橋梁の加速度応答、 $H_a(\omega)$ はアセラシス、 $\text{Sp}(\omega)$ は放射音の応答、 $H_s(\omega)$ は放射音の周波数応答関数である。(1),(2)式の $F(\omega)$ は外力で、伸縮継手部を計算する場合は、2自由度系のsprung mass系でモデル化した単一走行車両と橋梁を多質点のモデルによって解析したFEMの結果から求まる車両の動的付加荷重($F(t) = m_1 \ddot{z}_1 + m_2 \ddot{z}_2$)をフーリエ変換し、タイヤの接地長30cmと仮定したパルス荷重として作用させている。支間中央部については、FEMにより求まる支間中央の加速度応答とアセラシスを用いて中央部での動的付加荷重 $F(t)$ を計算し、車両進入から離脱までの放射音の応答を求めた。計算結果の一例をFig.2に示す。車両重量 20t、速度 40km/h、伸縮継手部の段差5mm、路面凹凸が極良に相当する平滑度パラメータ $a=0.001\text{cm}/(\text{m}\cdot\text{c}^{-1})$ の時である。(a)は支間中央の放射音のレベル変動の結果であり、(b)は橋台部の伸縮継手の結果である。実線は周波数応答関数とFEMを組合せた場合で、破線は支点のバネ定数 $1 \times 10^7 \text{t/m}$ として計算したFEMのみによる結果である。支間中央の結果については、レベル変動、スペクトルとも両者の結果は類似しているのがわかる。一方、伸縮継手部においては、大きな相違が認められる。そこで、伸縮継手部については、車両が伸縮継手部を進入したときの衝撃振動と通過後の減衰振動とに分けて考え、前者をタイヤ接地長30cmのパルス荷重により、後者を伸縮継手部の加速度応答(FEMの結果)とアセラシスより算出した荷重により放射音を求めた。結果はFig.2(C)に示す。車両速度 $V=53\text{Km/h}$ の大型車両が走行したときの実測結果と比較してある。破線が実測結果で、実線が計算結果($V=53\text{Km/h}$)である。車両重量、段差、路面凹凸等が実橋と計算モデルと同一ではないので、レベル変動はそれぞれの結果のピーク値のレベルを0とした基準値で整理してある。車両重量、路面状況等が異なっているので単純には比較できないが、計算結果は全般的に実測結果の傾向をとらえているのがわかる。

4.むすび FEMによる結果と実橋の衝撃加振より得られた周波数応答関数を利用した結果との相違について明かに出来た。周波数応答関数を利用した方法は現実の状況に近い傾向をとらえていると思われる。

が、今後は衝撃方法を改良（衝撃力の増大、揺れ戻しの除去）し、試験車両による結果と比較してその有用性を確認する予定である。

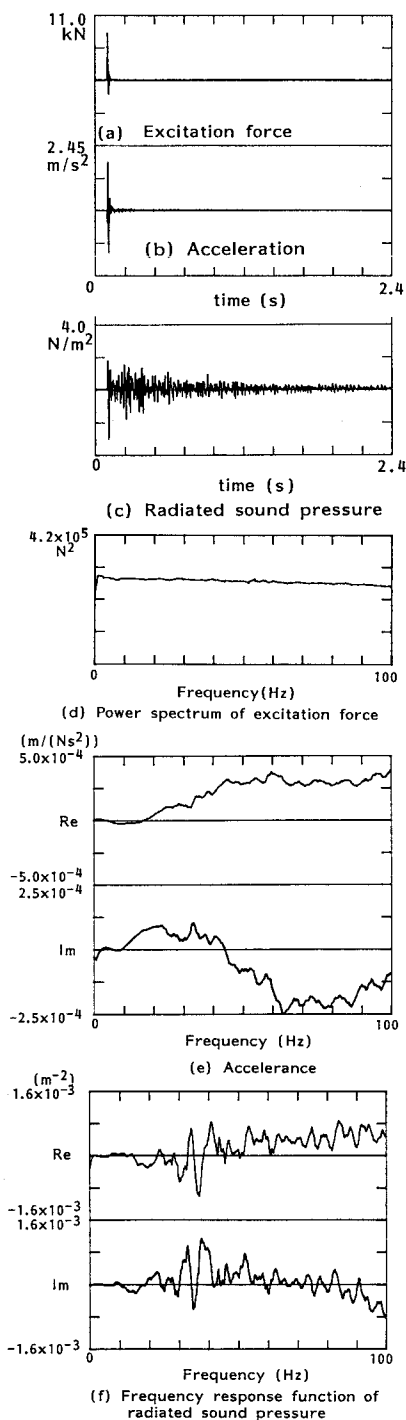


Fig.1 Measured wave form, power spectrum, and frequency response function.

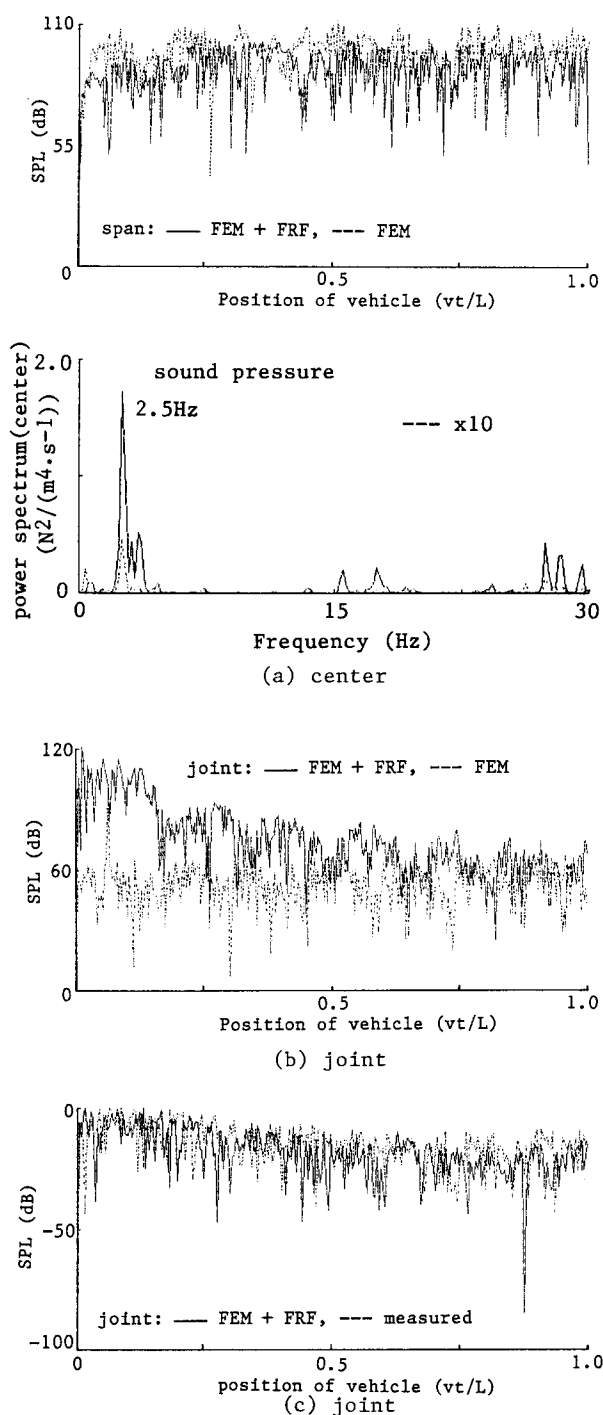


Fig.2 Examples of calculated results.