

I-377 走行車両による橋梁振動と放射音の計算に用いる車両モデルの検討

日大工 学 佐藤 幸治 日大工 正 五郎丸 英博
石川島播磨重工 正 白石 捷夫 群馬高専 正 原 公

1. はじめに 車両走行に伴う橋梁振動と放射音(低周波空気振動)について、FEMによる動的応答計算と、10tダンプトラックを用いた走行試験を行い、実測結果と比較して的確に放射音を計算できる車両モデルの検討を行った。また、実橋を衝撃加振して得られたフレックスと放射音の周波数応答関数を利用して、放射音の計算も行った。検討した車両モデルは2自由度系、4自由度系、6自由度系の3つのケースである。測定は、支間37.3m、幅員8.0mの3本主桁を有する合成桁橋で行った。試験車は湿った土砂を満載したダンプトラック(日野自動車、K-FS600AD)であり、総重量は28.2tである。

2. 測定概要 測定は、橋梁の振動加速度と放射音、試験車の振動加速度、路面の凹凸値、試験車の動特性、周波数応答関数について行った。

橋梁の振動加速度と放射音は、試験車が進入する橋台側の伸縮継手部、支間中央部、試験車が退出する側の伸縮継手部について行い、各測点に加速度計とその床版裏面より0.1mの位置に低周波音用マイクロンを設置して測定した。

試験車の振動加速度は、前輪の車体フレームと車軸、後輪2軸の中間点の車体フレーム及び後輪2軸に各々加速度ピックアップを取り付け、上下方向の振動加速度を測定した。この時の車両の走行速度及び測定点の通過状況は、各測点に設置したアンテナ内蔵形光電スイッチのバース記録から求めた。

路面の凹凸値は、測量用レベルを用いて行い、橋梁部の橋台から2径間分と試験車のフロッピー部として橋梁部手前40mの路面を走行頻度の高いラインを選んで10cm間隔に測定した。なお、この場合橋梁の縦断勾配も同時に測定されるので、仮定した放物線と測定値の差の二乗和が最小になるように縦断放物線を求め、凹凸値からこの縦断勾配を差し引いた値を路面の凹凸値とした。

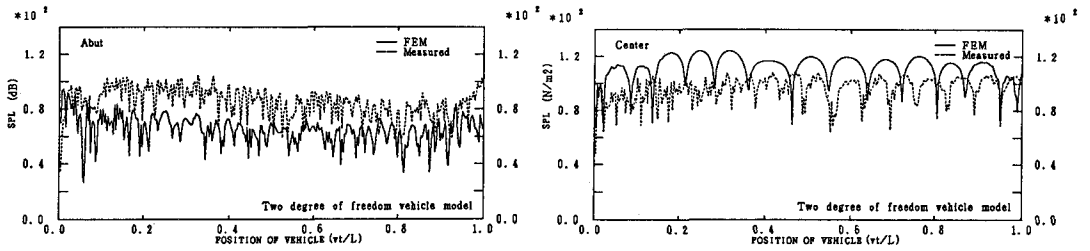
試験車両の動特性は、試験車の振動加速度の測定と同様に加速度ピックアップを取り付け、前輪と後輪2軸の各々を高さ20cmの踏台より落下させた時の減衰自由振動波形記録より、試験車の固有振動数と減衰定数を求めた。

実橋の放射音の周波数応答関数は、25kgfの重錘を高さ80cmから自由落下させたときの衝撃力と応答加速度及び応答放射音をそれぞれロードセル、圧電型加速度計、低周波音用マイクロンで計測し、衝撃力を入力、放射音の応答を出力と考えて、伸縮継手部と支間中央部における値をFFT分析器より求めた。フレックスについても同様に衝撃力を入力、応答加速度を出力として求めた。

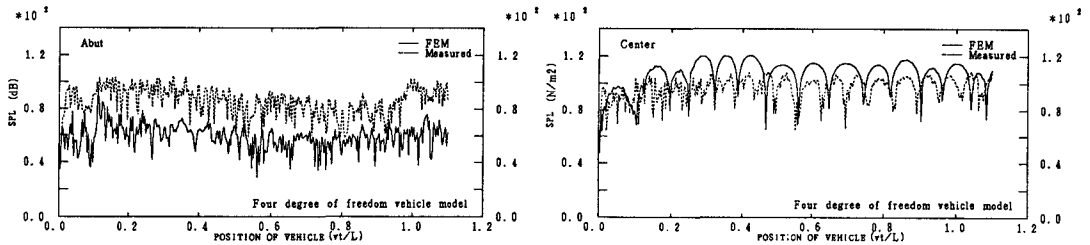
3. 結果と考察 FEMによる動的応答計算は、車両の動的試験から得たデータを基に車両を2自由度系、4自由度系、6自由度系のSprung-Mass系にモデル化し、橋梁を多質点系にモデル化して行った。放射音は、橋体表面における法線方向の振動速度が空気粒子の振動速度に等しいとして算出した。Fig.1に実測結果と計算結果を示す。図中の実線はFEMによる計算結果であり、破線は実測結果である。FEMによる放射音の計算結果は実測値と比較して、伸縮継手部においては各車両モデルとも大幅に異なっているのがわかる。支間中央部においては、2自由度系と4自由度系車両モデルは実測値と比較して大きな値が算出されており、6自由度系車両モデルについては実測値と全般的に類似した傾向が得られている。Fig.2には、放射音の周波数応答関数を用いた6自由度系車両モデルの場合の結果を示す。放射音の周波数応答関数を利用した計算は、FEMから求まる節点の応答加速度を実測したフレックスで割ることによって節点外力 $F^*(\omega)$ を周波数領域で求め、

この外力 $F^*(\omega)$ を放射音の周波数応答関数 $H_{SA}(\omega)$ に乗ずることによって求める節点の放射音を算出した。最終的には、周波数領域で求めた放射音をFourier逆変換して時間領域での応答値とした。この方法による計算結果は、伸縮継手部において顕著な改善が認められ、より実測値に近い結果が得られるのがわかる。支間中央部の放射音についても、FEMのみによる結果と比較してより実測値に近似している。

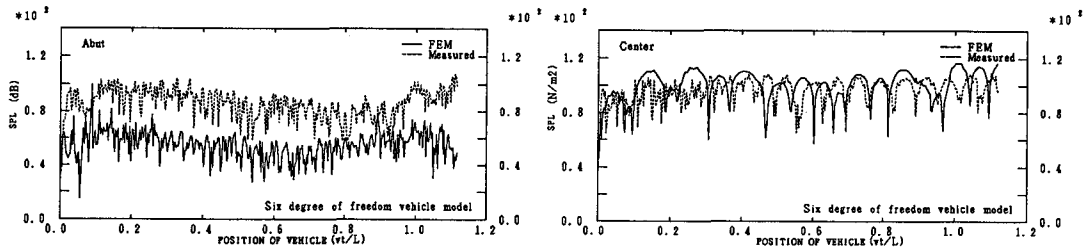
4. むすび 放射音の実測値に最も近く計算された車両モデルは、6自由度系車両モデルであることが明らかとなった。また、周波数応答関数を利用することによって、より正確な放射音の計算が可能となり、放射音の数値シミュレーションに有用であることが確認できた。



(a) 2自由度系車両モデル



(b) 4自由度系車両モデル



(c) 6自由度系車両モデル

Fig.1 FEMによる放射音の計算結果

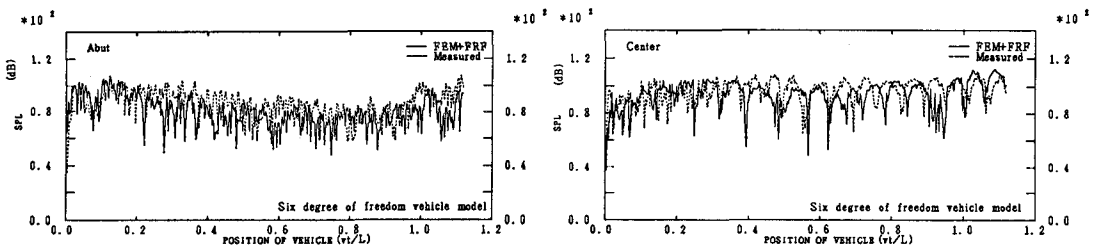


Fig.2 放射音の周波数応答関数を利用した放射音の計算結果