

車両走行による橋梁振動と 低周波音の解析

日大工 正 五郎丸 英博

1. まえがき

大型車両が高速で中小支間の橋梁上を走行する際に橋梁を励振し、低周波音を発生する場合がある。この低周波音の発生には、車両重量、走行速度、初期段差、路面凹凸などが影響を及ぼす因子と考えられている。本報告では、道路橋の路面凹凸に関する実態調査によって得られたデータ¹⁾を基に、単一走行車両による橋梁の動的応答と低周波音をFEMにより数値解析し、路面凹凸の良否が橋梁の伸縮継手部と支間中央の振動加速度レベル、放射音圧レベルに及ぼす影響を検討した。また、路面凹凸の有無による初期段差の影響についても同様に解析し検討した。

2. 解析概要

解析に用いた車両は、2自由度系のSprung mass系でモデル化した単一走行車両とし、車両重量196kN、走行速度40km/hとした。橋梁の諸元は、スパン40m、総重量2093kN、曲げ剛性 $EI = 47.844 \text{ GN} \cdot \text{m}^2$ 、減衰定数 $h_1 = 0.018$ 、 $h_2 = 0.02$ の合成桁を対象とした。解析に用いた路面凹凸の種類は、路面の平坦性を表わす平滑度パラメータである a 値により、Very poor, Poor, Average, Good, Very goodの5種類とした。また、初期段差は、それぞれ0, 5, 10, 20mmの4種類とした。

3. 解析結果

Fig.1には路面凹凸がVery goodとVery poorの場合の車両のバネ上振動加速度 $\ddot{Z}_1$ 、バネ下振動加速度 $\ddot{Z}_2$ 、橋梁の車両進入側の伸縮継手の振動加速度 $\ddot{W}_J$ 、継手部の放射音 SP_J 、支間中央の振動加速度 $\ddot{W}_0$ 、放射音 SP_0 の計算結果を示してある。Fig.2にはFig.1のそれぞれの振動加速度と放射音に対応したパワースペクトルの計算結果を示してある。図中の実線は路面凹凸がVery poorの場合で、破線はVery goodの場合である。Fig.1より、車両のバネ下振動が非定常的な振動性状を示し、Very poorの場合は、特に顕著であるのがわかる。また、伸縮継手部の振動と放射音の波形には車両の進入と進出に伴う衝撃的な振動波形が認められる。Fig.2のパワースペクトルについては、Very poorとVery goodの両者とも、車両のバネ上振動が2.4Hz、バネ下振動数が13.9, 14.9, 16.1, 17.6Hz、橋梁の支間中央の振動が2.4, 3.7Hz、放射音が2.4, 3.7Hzでそれぞれ卓越している。解析に用いた車両のバネ上振動数は3.1Hz、バネ下振動数が13Hzであり、橋梁の第1次固有振動数が3.0Hzとなっている。これらのことから、橋梁の支間中央の振動は車両のバネ上振動と対応して振動し、この橋梁振動によって低周波音が発生していることがわかる。伸縮継手部においては、振動が23.2, 37.8, 40.7Hzで卓越し、放射音は3.7, 24.2, 37.8, 40.7Hzで卓越している。これらは、いずれも橋梁の3次、4次振動数と一致し、支間中央と比較して周波数が高くなっている。

Fig.3には路面凹凸の良否による支間中央の最大の振動加速度レベルと放射音圧レベルの関係を示している。路面凹凸の悪化に伴って、振動加速度レベル VAL (dB)と放射音圧レベル SPL (dB)とも増大している。Very goodとVery poorとの差は振動加速度レベルで約10dB、放射音で約20dBであり、路面凹凸の良否が振動加速度レベルと放射音圧レベルに及ぼす影響は顕著であるのがわかる。Fig.4には初期段差の変化に対する伸縮継手と支間中央の放射音圧レベルの関係を示している。伸縮継手部はvery poorを除き、いずれも一様な特性を示し、段差の増加に伴い放射音が増加する。そして、段差が0と20mmの差は約10dBとなっている。支間中央では路面凹凸がない場合は初期段差の増加によって放射音圧レベルが増大していくが、路面凹凸がある場合は、 a 値の増大に伴い一定の値となる。これは、初期段差によって生じた振動成分より、段差以後の路面凹凸の影響の方が大きいためと考えられ、 a 値が $0.01 \text{ cm}^2/(\text{m} \cdot \text{c}^{-1})$ 以上では、支間中央の放射音圧レベルは初期段差の影響をあまり受けないものと考えられる。

4. むすび FEM

による数値計算の結果、走行車両と橋梁との連成振動によって橋梁の支間中央から放射される低周波音は、走行車両のバネ上振動数ときわめて近い橋梁の低次の固有振動数帯域で発生していること、路面凹凸の良否により振動加速度レベルと放射音圧レベルが変化することがわかった。また、支間中央の放射音は、路面が平坦な場合は初期段差の影響が認められ、 α 値が $0.01\text{cm}^2/(\text{m}\cdot\text{c}^{-1})$ 以上では初期段差の影響はあまり受けず、路面凹凸の影響の方が大きいことが判明した。伸縮継手部の振動は橋梁の3,4次振動数が励起され、この振動数帯域で低周波音が発生し、 $0\sim 20\text{mm}$ の間の初期段差の影響は10dB程度の音圧レベルの増加をもたらす結果となった。

参考文献 1) 本田，城戸，梶川，小堀：道路橋の路面凹凸パワースペクトル密度に関する調査，土木学会論文報告集，第315号，1981年11月

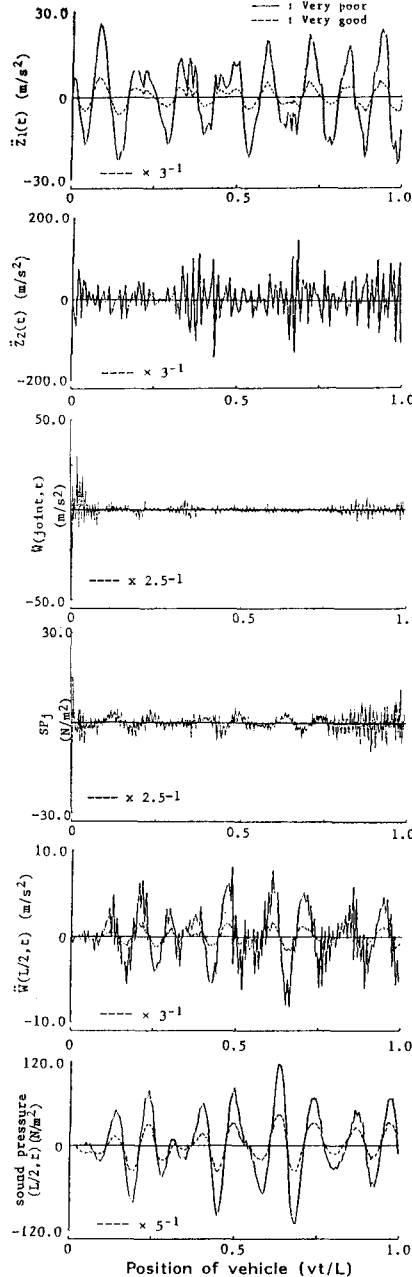


Fig.1 Acceleration and radiated sound wave forms.

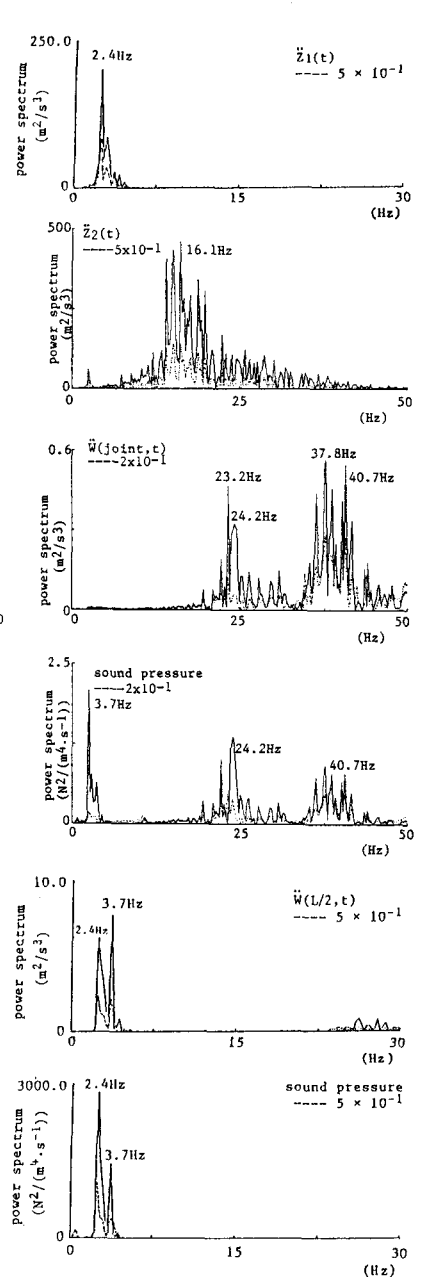


Fig.2 Power spectra of Fig.1.

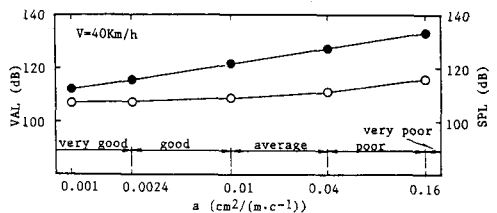


Fig.3 Effects of road surface roughness on VAL and SPL.
●: SPL, ○: VAL

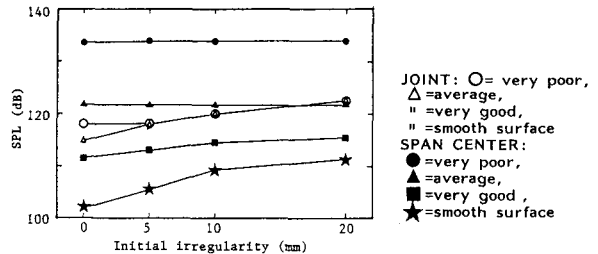


Fig.4 Effects of Initial irregularity on SPL.