

I-416

道路橋の低周波音特性に及ぼす段差と路面凹凸の影響

山梨大学大学院 学生員○水 上 浩 之

山梨大学工学部 正会員 深 澤 泰 晴

山梨大学工学部 正会員 杉 山 俊 幸

1. はじめに

道路橋から放射される低周波音による騒音問題は昭和50年代の始めの頃,新しいタイプの道路橋公害として社会問題化した。そして,その発生条件を明らかにするために様々な研究がなされてきており,本研究室においても,「騒音源を小さな呼吸球音源と考え,その各点音源より生ずる音を空間的な干渉を考えて集めることにより音圧レベルを算出する。」という手法のもとに,伸縮装置部の段差が音圧レベルのスペクトルに及ぼす影響を研究してきた¹⁾。ここでは,道路橋の路面凹凸をシミュレーションにより作成し,路面凹凸,または路面凹凸と段差の組み合わせが低周波音に及ぼす影響を明らかにすることを試みた。

2. シミュレーションモデル

車両のモデルは橋梁端部の段差により車両通過時に励起されるピッチング運動の影響を考慮できる2軸4自由度系とした。橋梁のモデルは,曲げ振動のみを対象とし,1車線当たりの単位長さ当たりの質量と曲げ剛性で代表させたものとした。

路面凹凸のモデルは,一般に用いられている所与のスペクトルから直接ランダム波を作る方法で行う²⁾³⁾。すなわち路面凹凸高は,次式により発生させる(図1)。

$$Z_0(x) = \sum a_k \cos(\omega_k x + \phi_k) \dots \dots \dots (1)$$

ここに, $a_k^2 = 4S_{Z_0}(\omega_k)\Delta\omega$, $\omega_k = \omega_1 + (k-1/2)\Delta\omega$, $\Delta\omega, \phi_k: 0$ と 2π の間の一様乱数。さらに,
 $\Delta\omega = (\omega_u - \omega_1)/N$, $S_{Z_0}(\omega) = S_{Z_0}(\Omega)/2\pi$,
 $\Omega_k = \omega_k/2\pi$ 。また, $S_{Z_0}(\omega)$:路面凹凸パワースペクトル, ω :路面凹凸の空間円振動数(rad/s),
 Ω :路面凹凸の空間周波数(cycle/m), ω_u, ω_1 : ω 軸上の上下限值, N :十分大きな数。

ここでは, $\omega_u = 10 \times 2\pi$, $\omega_1 = 0$, $N = 1110$ を用いた。また,路面凹凸のパワースペクトル $S_{Z_0}(\Omega)$ は

$$S_{Z_0}(\Omega) = \alpha \Omega^{-2} \dots \dots \dots (2)$$

で表した。ただし, α は式(2)における路面凹凸の良否を表すパラメータであり,土木研究所資料を参考にして,0.0806とした。

3. 路面凹凸パワースペクトル図

2.により発生させた路面凹凸のパワースペクトル図が図2である。ISO基準による路面凹凸の評価方法によると,極悪,悪,普通,良,極良,の5つの領域のうちの良から極良のランクに入っていることが分かる。また,この基準は世界的な路面凹凸を対象として作られたものであるので,日本の路面の場合は悪くても普通程度である。

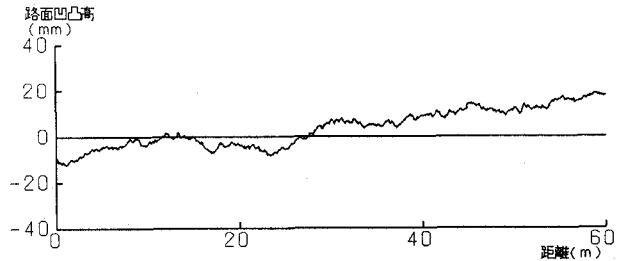


図1 路面凹凸シミュレーション

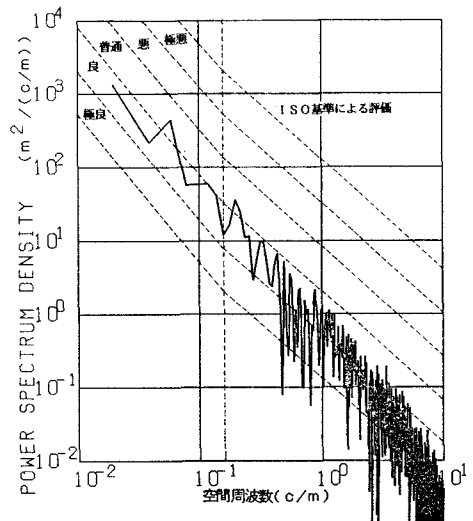


図2 路面凹凸パワースペクトル図

4. 路面凹凸を考慮した音圧レベルの算出

数値計算の方法は、まず車両橋梁連成系の運動方程式をルンゲクッタギル法を用いて各固有モードごとに基準座標の振動速度応答を求める。それらをフーリエ変換することにより、基準座標の振動速度スペクトルを求める。これらの速度スペクトルに一般化座標を乗じ各モードを重ね合わせることににより合成した速度スペクトルを求め、これを用いて音圧レベルを算出する(文献1)参照)。また、路面凹凸を走行させるときには、一度走行させた時の音圧レベルでは意味がなく多数回走行させた音圧レベルの集まりを対象とする。ここでは50回走行させ各々の周波数の平均値と最大値とで代表させた。そして、路面凹凸及び路面凹凸と段差の組み合わせが道路橋から放射される低周波音に及ぼす影響を調べた。

計算結果の一例を示す。図3は支間長50(m)車両走行速度60(km/h)、車両重量20(ton)で(a)段差2(cm)のみ、(b)路面凹凸のみ、(c)段差2(cm)+路面凹凸、とした。ここで一点鎖線で区切られた4つの領域は、周波数と音圧レベルで決まり、最小可聴値を表す線ABと、障子などのガタツキが始まるガタガタ音発生限界値線CDによって分けられる。特にここでは、領域(II)を「低周波騒音」、領域(III)を「超低周波騒音」と呼ぶ。

5. ま と め

シミュレーションにより求められた路面凹凸を多数回走行させることにより、路面凹凸の音圧レベルのスペクトルに及ぼす影響が以下のように分かった。

- (1)路面凹凸を走行させることにより橋梁の高次固有振動数3次、5次が励起される。段差のみのときは領域(II)には属さないが、路面凹凸のみ、または路面凹凸と段差の組み合わせのときは領域(II)にまで音圧レベルが大きくなった。
- (2)段差のみ、凹凸のみ、段差と凹凸の組み合わせを比較してみた結果、段差に凹凸を加えてみても1次振動のピークはさほど強めあうという傾向はない。

参考文献

- 1)深澤泰晴, 杉山俊幸, 中原和彦, 水上浩之: 車両走行時に道路橋から放射される低周波音の基本特性
構造工学論文集, VOL.37A, pp945-956, 1991年3月
- 2)建設省土木研究所: 橋梁の設計動荷重に関する試験調査報告書(VII-1985), 土木研究所資料第2258号
- 3)日野幹雄: スペクトル解析, pp142-144

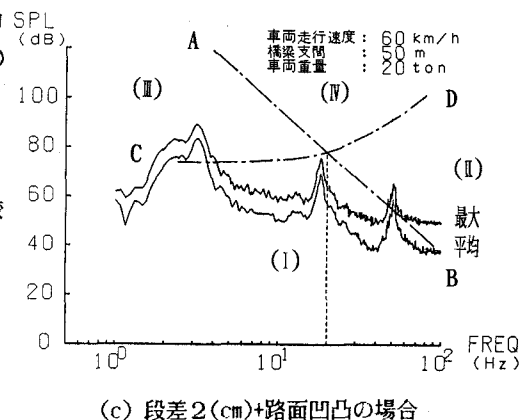
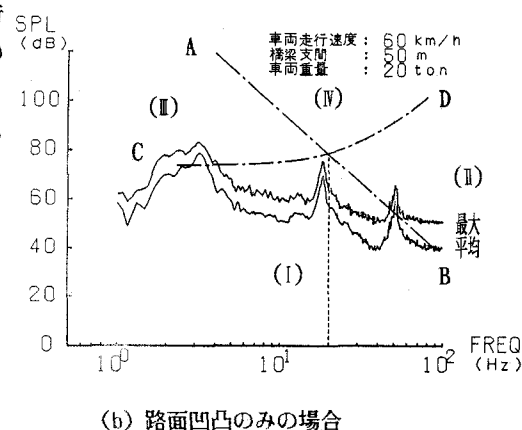
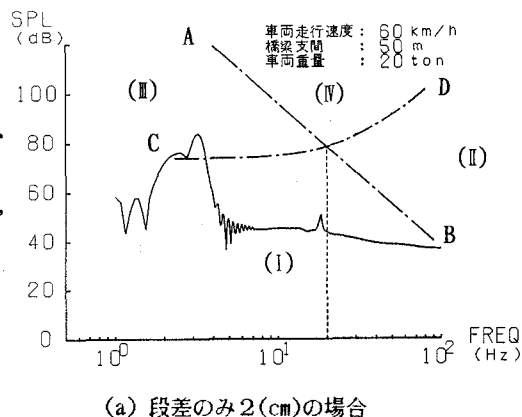


図3 段差及び路面凹凸の低周波音特性に及ぼす影響