

(VI-12) モンテカルロシミュレーションによる構造物の多次反射を考慮した道路交通騒音の予測計算法の提案

○西山 均¹・西山 文男²

¹正会員 博士(工学) 富士技研センター株式会社 (〒150 東京都渋谷区東1-22-11渋谷三信ビル6F)

²フェロー会員 富士技研センター株式会社

1. まえがき

道路構造の環境対策において、設計段階で騒音対策方法を策定するには有効な予測手法が必要となる。道路2層構造の反射音の解析法としては鏡面反射或いは拡散反射を考慮した計算方法が示されている^{1)~9)}。また、波動性を考慮した境界要素法によるシミュレーションが研究対象として注目されている⁹⁾。著者らはモンテカルロ法による単位角度当たりのエネルギー密度が一定の音源を設定し、道路2層構造の反射面の境界条件のもと幾何音響的に多数の反射を繰り返えさせ、予測点でのエネルギーを積分するシミュレーション方法を提案する。

2. 騒音反射のモンテカルロシミュレーション

図1(a)の様な高架橋桁と左右遮音壁及び路面で構成される2次元の道路断面モデルを考える。本図右上は1つの音源の拡大図であり、それぞれ全周方向に音の拡散が生じるものとし、その単位角度当たりのエネルギーは一定と仮定する。本方法では音を幾何音響的に扱い、モンテカルロ法により k 番目に設定される音源位置での音をベクトル表示し以下で与えるものとする。

$$\vec{D}_{0,k} = (\phi_{0,k} P_{0,k}), \quad (k=1 \sim N) \quad (1)$$

ここに $P_{0,k}[W]$ は1つの $\vec{D}_{0,k}$ のパワーレベルであり、 $\phi_{0,k}[\text{rad}]$ は x 軸からの角度、 N はモンテカルロ法により発生させる $\vec{D}$ の数である。 j 番目の境界要素 Ω_j には、その始点座標 (X_{sj}, Y_{sj}) と終点座標 (X_{ej}, Y_{ej}) 及び反射係数 Q_j を設定する。原理的には無限の反射の後、 j 番目の境界要素 Ω_j で消費される全エネルギー $\bar{P}_{Rj}[W]$ は、

$$\bar{P}_{Rj} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^N (1-Q_j) P_{i-1,k} \quad (\text{on } \Omega_j) \quad [W] \quad (2)$$

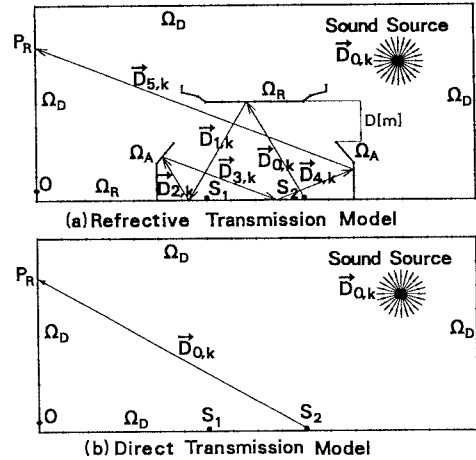


図1 騒音反射のシミュレーションモデル

で表される。次に、図1(b)の様に高架橋桁や遮音壁などの反射境界条件がない、いわゆる直接伝搬のモデルを考慮する。同様な方法により、このモデルの反射境界要素で消費される音束の騒音エネルギー $\bar{P}_{Rj}[W]$ を算出する。1つの音源による反射伝搬モデル(図1(a))の直接伝搬モデル(図1(b))に対する同じ検出境界位置で相対応する境界 Ω_j での影響比を反射影響係数 η_j として定義する。

$$\eta_j = \frac{\bar{P}_{Rj}}{\bar{P}_{Rj}} \quad (\text{on } \Omega_j) \quad (3)$$

3. 反射を考慮した道路交通騒音の簡易計算法

本簡易計算法ではASJ Model 1975に(3)式に示す予測点位置での反射影響係数 η_{s_1}, η_{s_2} を考慮し、時間率騒音レベルの中央値 $L_{D,r}[dB]$ の予測方法を示す。図2は道路2層構造の騒音伝搬ルートを模式的に示したモデル図である。一般部の音源として S_1, S_2 、専用部の音源として S_3, S_4 を設定する。予測地点で回折減衰なく距離減衰のみにより、直接伝搬される騒音レベル $L_{R,s_l}[dB]$ ($l=1 \sim 4$)

はASJ Model 1975により算定できる。

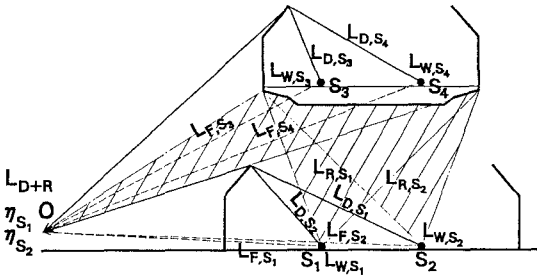


図2 騒音伝搬のモデル

音源 S_1, S_2 による予測点位置での反射騒音レベル $L_{R,S1}, L_{R,S2} [dB]$ は前節で示した反射影響係数 η_{S1}, η_{S2} に直接伝搬での騒音レベル $L_{F,S1}, L_{F,S2} [dB]$ を考慮し、以下の式によって算出する。

$$L_{R,S1} = 10 \log_{10} (\eta_{S1} \cdot 10^{\frac{L_{F,S1}}{10}}) = L_{F,S1} + 10 \log_{10} \eta_{S1} [dB] \quad (4)$$

よって、全体反射騒音レベル $L_R^* [dB]$ は以下で得られる。

$$L_R^* = 10 \log_{10} (10^{\frac{L_{R,S1}}{10}} + 10^{\frac{L_{R,S2}}{10}}) + \alpha_R [dB] \quad (5)$$

ここに、 $\alpha_R [dB]$ は30断面程度の道路2層構造の実測値と解析値を相関図にとり比較し、実測値と良く一致するよう補正値を設定したものである。この $\alpha_R [dB]$ の値は高々30断面程度の実測値との比較で設定しているので、今後の調査、研究により適時修正を加える必要性が生じられると思われるが、本論文では現在までの検討結果より桁構造別に以下の式を適用する。

(P C 箱桁など桁下面が全体的に平面な桁の場合)

$$\alpha_R = 0.0 [dB] \quad (2.0 \leq D [m]) \quad (6)$$

(鋼箱桁など平面な部分と複雑な部分がある桁の場合)

$$\alpha_R = 0.5 [dB] \quad (6.0 \leq D [m]) \quad (7)$$

$$\alpha_R = -\frac{3}{10} D + 2.3 [dB] \quad (2.0 \leq D < 6.0 [m]) \quad (8)$$

(鋼板桁など桁下全体が複雑な桁の場合)

$$\alpha_R = 1.5 [dB] \quad (6.0 \leq D [m]) \quad (9)$$

$$\alpha_R = -0.5 D + 4.5 [dB] \quad (3.0 \leq D < 6.0 [m]) \quad (10)$$

$$\alpha_R = -5 D + 18 [dB] \quad (2.0 \leq D < 3.0 [m]) \quad (11)$$

ここに、 $D [m]$ は桁下フランジ下面より遮音壁天端までの鉛直距離であり、断面の開口量を示す。以上より、回折と反射を考慮した予測地点での騒音レベルの中央値は、

$$L_{D+R} = 10 \log_{10} (10^{\frac{L_D^*}{10}} + 10^{\frac{L_R^*}{10}}) [dB] \quad (12)$$

で与えられる。ここに $L_D^* [dB]$ は回折騒音レベルである。

4. 今後の問題

本簡易計算法の今後の課題、研究問題として、以下に示す項目が挙げられる。

- ① より多くの実測結果と比較を行い、補正値 $\alpha_R [dB]$ を含め、全体の計算手法としての信頼性を向上させる。
- ② インパルス応答計測などにより回折、反射騒音の分離した計測を行い分担比率に対する計算法の検証を行う。
- ③ 開口量が極端に減少した場合の道路断面構造に対し、境界要素法など波動性を考慮した数値解析結果と比較することにより適用範囲を広げる。
- ④ エネルギーベースの音響学会式(ASJ Model 1993)の等価騒音レベル $L_{Aeq} [dB]$ にこの反射影響係数を考慮し、騒音レベルの予測を行う方法を確立する。
- ⑤ 本簡易計算法により裏面吸音板などの反射対策に対する計算を行い低減効果について考察し、対策前後の実測値との比較より検証を行う。

参考文献

- 1) 今井 章久、今泉 信夫: 簡易計算機シミュレーションを用いた高架道路裏面反射音の影響評価、東京都公害研究所年報、1984年、pp.209-215。
- 2) G. Anderson, : Noise studies for the San Antonio "Y" project, Transportation Research Record 983, 1-8 (1984), USA.
- 3) A. Fukushima, T. Itiki and K. Konishi, : On traffic noise calculation methods about double decks road, Inter-Noise 94, Proceedings, pp.307-310 (1994).
- 4) 福島、金治、: 乱反射を仮定した高架裏面反射音の予測モデル、日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集、1994年10月。
- 5) 福島、小西、: 高次の反射音を考慮した高架裏面反射音の予測手法に関する研究、日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集、1995年9月。
- 6) 田村 政行、: 境界要素法による屋外騒音伝搬の予測、日本音響学会誌、48, pp.451-454、1992年。