

舗装の違いを考慮可能な道路騒音の等価騒音レベルの簡易計算法について*

On a Simplified Calculation Method of Equivalent Sound Level of Road Traffic Noise Which Consider the Difference Between the Pavements

渡辺義則*2・隈清悟*3・寺町賢一*4・浦英樹*5・横田剛平*6

By Yoshinori WATANABE, Shingo KUMA, Kenichi TERAMACHI, Hideki URA and Kouhei MAKITA

1. はじめに

新たな環境基準値（平成 11 年 4 月施行）では、中央値に代わり等価騒音レベルが評価量として採用された。それに伴い日本音響学会から道路騒音の予測モデルが新たに提示されている¹⁾。このモデルは環境アセスメントに利用され適用範囲も広い。しかし、以前（中央値の計算法）の様に必ずしも人が手軽に計算できるようになっていない。

現在はパーソナルコンピュータが普及し、ソフトウェアも充実している。ソフトウェアを利用しての計算は複雑な道路構造区間などを対象とする場合には威力を発揮する。しかし、その反面、市販のソフトウェアは高価である。コンサルタンツなどが業務に利用する場合はよいであろうが、人（一般の技術者や市民など）が手軽に利用できるような状況にはなっていない。法定の環境アセスメントが必要とされる規模の道路ではないが、人が道路騒音への対応を考える必要性に迫られることがあるはずである。このような時、概略（道路区間を比較的簡単な構造に置換えて）の検討でよいから、対応方針を探ることができ、かつ、その方針を互いに理解する時の根拠を比較的容易に確認できる計算法は必要と考える。

そこで本研究では、適用範囲は自動車が定常的に走行する時の都市内の道路沿いの騒音に限られるが、

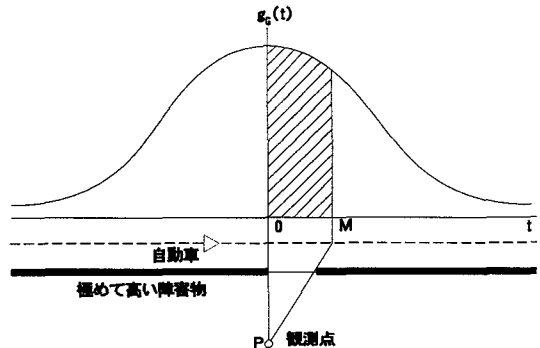


図-1 有限長道路の場合に観測点 P で得られる荷重関数

舗装の違い（通常(密粒)舗装、排水性舗装）によらず、

- ①電卓があれば等価騒音レベルを数式と図を使って簡単に計算できること、
 - ②どのような減音対策をとれば、どの程度騒音レベルが減少するか分かりやすいこと、
- という 2 つの要件を具備する計算法を、以前、著者らが報告した方法²⁾を基礎に考察した。

2. 等価騒音レベルの簡易計算法

自動車が定常的に走行する時の等価騒音レベルを次の前提で導いて、式(1)～(9)に示す。

- ①観測時間は 1 時間とする。
- ②車種は大型車類、小型車類に分類する。
- ③同一車線上の同一車種の車両は全て一定のパワーレベルで走行する。
- ④同一車線上の車両は、車種によらず、観測点で同一のタイムパターンをもつ。本研究ではタイムパターンとして 1 ワットの音響出力の仮想点音源(仮想

*キーワード：交通公害 道路計画 環境計画

*2 正員 工博 九州工業大学工学部建設社会工学科 (福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL093-884-3108)

*3 正員 (株) 千代田コンサルタント(東京都北区西ヶ原 3-57-5)

*4 正員 工博 九州工業大学工学部建設社会工学科

*5 正員 九州工業大学工学部建設社会工学科

*6 (株) ガイアート熊谷 (山口県防府市寿町 1-3)

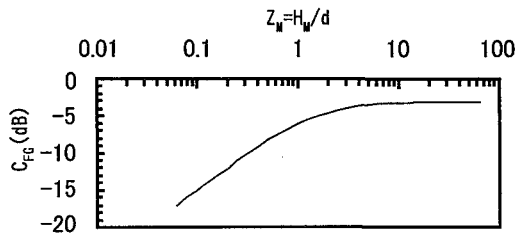


図-2 道路長を有限と考えるときの補正項 C_{FG}

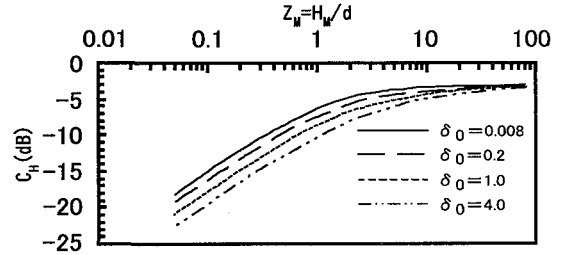


図-4 道路端の壁の長さを有限と考える時の補正項 C_H

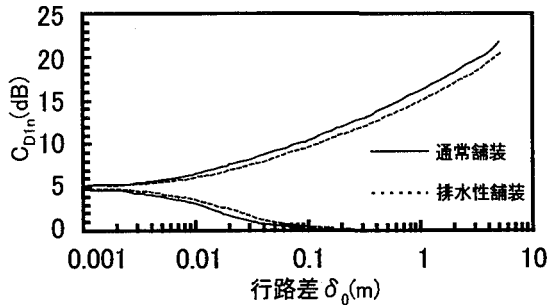


図-3 道路端に無限長の壁を設置した場合の補正項 C_{D1n}

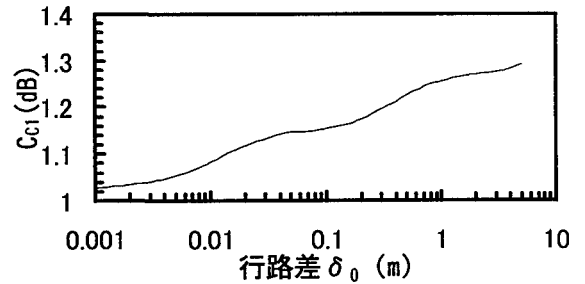


図-5 大型車種の小型車種換算係数の補正値 C_{C1}

車両)が、1つだけ車線の中央を一定の速度で移動したときに観測点に生じる音の強さの時間変動 $g(t)$ (m^{-2} , 荷重関数)を考える。

⑤音響出力の大きさは文献1に示された定常走行時(2車種分類, 車両速度 $40 < V < 140 \text{ km/h}$)のものとする。

⑥道路や壁が有限長の場合とは、本章においては観測点の正面を車両が通過する時間を原点にして、それから M の時間だけ騒音が有意なレベルを示す場合を指す。(cf. 図-1, 但し, G : 完全反射面を持つ半自由空間を音が幾何減衰しながら伝播するケースを示す記号)

a)無限長まで開放された平坦部直線道路区間の場合

$$L_{Gn} = L_{B1} + L_{B2} + L_{B3n} + 2.6 - 10 \log(Vd) \quad (1)$$

b)平坦部道路区間で道路が有限長の場合

$$L_{2n} = L_{Gn} + C_{FG} \quad (2)$$

c)道路端に無限長の壁を設置した場合

$$L_P = L_{B1} + L_{B3n} + L_{B4} + 2.6 - 10 \log(Vd) \quad (3)$$

$$L_{3n} = L_P - C_{D1n} \quad (4)$$

d)道路端の壁が有限長の場合

$$L_{4n} = L_{3n} + C_H \quad (5)$$

なお、

$$L_{B1} = 30 \log V + 11.1 + 10 \log Q \quad (6)$$

$$L_{B2} = 10 \log \{4.5A + (1-A)\} \quad (7)$$

$$L_{B3n} = \begin{cases} 0 & \text{(通常舗装)} \\ -3.5 \log V + 3.2 & \text{(排水性舗装)} \end{cases} \quad (8)$$

$$L_{B4} = 10 \log \{4.5C_{C1}A + (1-A)\} \quad (9)$$

V : 車両速度 (km/h)

Q : 時間交通量 (V.P.H.)

A : 大型車混入率

d : 車線の中央と観測点間の距離(m)

C_{Dmn} : 道路端に無限長の壁を設置した場合の補正項(dB)

m : 車種 (1: 小型車種, 2: 大型車種)

n : 舗装の種類 (1: 通常舗装, 2: 排水性舗装)

また、道路長を有限と考えるときの補正項 C_{FG} を

図-2 に、道路端に無限長の壁を設置した場合の補正項 C_{D1n} を図-3 に、道路端の壁の長さを有限と考える時の補正項 C_H を図-4 に、等価騒音レベルを求める際の大型車種の小型車種換算係数に対する補正値 C_{C1} を図-5 に示す。図中で

$$Z_M = \frac{H_M}{d} = \frac{V \cdot M}{3.6d}$$

H_M : 車両が観測点の正面を通過する時間から M 秒経過する間に、車両が車線中央上を移動した距離 (m)

δ_0 : 車両が観測点の正面に到着した時の行路差(m)

なお、3.でも述べるが C_{FG} , C_H は車種、舗装の種類に、また、 C_{Cl} は舗装の種類によらずほぼ同じ値をとる。また、 C_{D1n} は小型車類の値である。

3. 等価騒音レベルの計算式の導出

(1) 一般式

ここでは2. に示した等価騒音レベルを計算するための一般式を導出する³⁾。いま、対象道路区間の暗騒音を無視すれば、

$$L = 10 \log(\mu_z / I_0)$$

$$\mu_z = \int_{t_1}^{t_2} z(t) dt / T, \quad I_0 = 10^{-12} \quad (10)$$

T : 時刻 t_1 に始まり時刻 t_2 に終わる実測時間(s)

$z(t)$: 対象道路区間の全音源(全車両)によって時刻 t に観測点に生じる音の強さ (W/m^2)

いま、 i 番目の車両の通過に伴って時刻 t に観測点に生じる音の強さを $q_i(t)$ とおくと、 μ_z は次式で計算できる。

$$\mu_z = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \sum_{i=-\infty}^{\infty} q_i(t) dt = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} q_i(t) dt \quad (11)$$

次に、本研究では観測時間 T を1時間と仮定しているが、現実には無限遠の車両から発生した音が観測点に到着する事はない。沿道の家屋によって遮音されるので、単独で走行する車両から発生した音が観測点で有意なレベルを示すのは比較的短い時間である。つまり、車両が観測点の正面を通過する時間を原点にして、その前後 R_1 , R_2 の時間だけ騒音が有意なレベルを示す。また、実測時間が十分長いので、その時間中に観測点前を通過する車両の台数 Q (v.p.h.) をもって、音源の全数と考えてよい。すなわち

$$\mu_z = \sum_{i=1}^Q \frac{1}{T} \int_{R_1}^{R_2} q_i(t) dt \quad (12)$$

次に1ワットの音響出力の仮想点音源(仮想車両)が、1 つだけ車線の中央を一定の速度で移動したときに観測点に生じる音の強さの時間変動 $g(t)$ (m^{-2} ,

荷重関数)を考える。もし、壁による回折減衰も考慮すれば、 $g(t)$ は周波数 f の関数($g_f(t)$)となる。ただし、荷重関数は車種によらず同じと仮定する。

いま、車種 m 、舗装の種類 n の場合の周波数 f の音響出力 (W) を W_{fmn} 、全周波数にわたって W_{fmn} を合計したものを W_{OAmn} とすれば、式(12)は

$$\mu_z = \frac{1}{T} \sum_{m=1}^2 \left(Q_m \int_{R_1}^{R_2} q_m(t) dt \right)$$

$$= \frac{1}{3600} \left\{ QA \sum_f \left(\int_{R_1}^{R_2} W_{f2n} g_f(t) dt \right) \right.$$

$$\left. + Q(1-A) \sum_f \left(\int_{R_1}^{R_2} W_{f1n} g_f(t) dt \right) \right\}$$

$$= \frac{1}{3600} \left[W_{OA2n} QA \sum_f \left\{ \left(\frac{W_{f2n}}{W_{OA2n}} \right) \int_{R_1}^{R_2} g_f(t) dt \right\} \right.$$

$$\left. + W_{OA1n} Q(1-A) \sum_f \left\{ \left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}} \right) \int_{R_1}^{R_2} g_f(t) dt \right\} \right]$$

$$= \frac{W_{OA1n} Q}{3600} \sum_f \left\{ \left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}} \right) \int_{R_1}^{R_2} g_f(t) dt \right\}$$

$$\left[\left(\frac{W_{OA2n}}{W_{OA1n}} \right) A \frac{\sum_f \left\{ \left(\frac{W_{f2n}}{W_{OA2n}} \right) \int_{R_1}^{R_2} g_f(t) dt \right\}}{\sum_f \left\{ \left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}} \right) \int_{R_1}^{R_2} g_f(t) dt \right\}} + (1-A) \right]$$

(13)

これより、等価騒音レベル L は

$$L = 10 \log(\mu_z / I_0)$$

$$= 10 \log(W_{OA1n} / I_0) - 35.6 + 10 \log Q$$

$$+ 10 \log \left[\sum_f \left\{ \left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}} \right) \int_{R_1}^{R_2} g_f(t) dt \right\} \right]$$

$$+ 10 \log \left[\left(\frac{W_{OA2n}}{W_{OA1n}} \right) A \frac{\sum_f \left\{ \left(\frac{W_{f2n}}{W_{OA2n}} \right) \int_{R_1}^{R_2} g_f(t) dt \right\}}{\sum_f \left\{ \left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}} \right) \int_{R_1}^{R_2} g_f(t) dt \right\}} + (1-A) \right]$$

文献1によれば、定常走行時(2車種分類、車両速度 $40 < V < 140 \text{ km/h}$) のパワーレベルは

大型車類: $53.2 + 30 \log V$

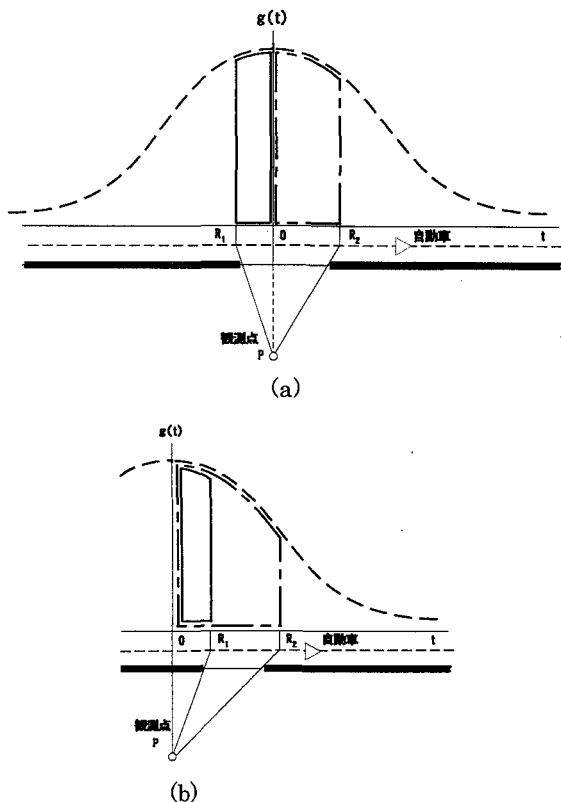


図-6 有限長の道路と観測点の位置

小型車類：46.7+30LogV

である。更に、通常舗装に対する排水性舗装のパワーレベル補正量は車種によらず

補正量：-3.5LogV+3.2

である。これらの関係を用いれば

$$10\text{Log}(W_{OA1n}/I_0) = 46.7 + 30\text{Log}V + L_{B3n}$$

$$(W_{OA2n}/W_{OA1n}) = 10^{5.32-4.67} \approx 4.5$$

従って、等価騒音レベルLは

$$L = L_{B1} + L_{B3n} + 10\text{Log} \left[\sum_f \left\{ \left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}} \right) \int_{R_1}^{R_2} g_f(t) dt \right\} \right] + 10\text{Log} \left[4.5A \frac{\sum_f \left\{ \left(\frac{W_{f2n}}{W_{OA2n}} \right) \int_{R_1}^{R_2} g_f(t) dt \right\}}{\sum_f \left\{ \left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}} \right) \int_{R_1}^{R_2} g_f(t) dt \right\}} + (1-A) \right] \quad (14)$$

(2) 半自由空間上を音が幾何減衰する場合

表-1 車両の音響出力の相対レベル（通常舗装）

	U_{OA}	相対レベル $U_f(\text{dB})$				
周波数(Hz)	O.A	125	250	500	1k	2k
小型車類	8.0	-9.0	-3.3	1.4	4.4	1.8
大型車類	9.1	-5.4	1.4	3.5	4.5	1.7

表-2 車両の音響出力の相対レベル(排水性舗装)

	U_{OA}	相対レベル $U_f(\text{dB})$				
周波数(Hz)	O.A	125	250	500	1k	2k
小型車類	4.9	-9.0	-3.3	0.8	-0.4	-5.3
大型車類	7.0	-5.4	1.4	3.1	-0.4	-5.4

その伝播特性(つまり荷重関数)は周波数によらず同じであり、車両が観測点の正面にいる時を $t=0$ とすると、

$$g_G(t) = \frac{1}{2\pi\{d^2 + (V \cdot t/3.6)^2\}}$$

G：完全反射面を持つ半自由空間を音が幾何減衰しながら伝播するケースを示す記号

ここで、式(14)の $g_f(t)$ を $g_G(t)$ に置き換えると

$$L = L_{B1} + L_{B3n} + 10\text{Log} \left[\int_{R_1}^{R_2} g_G(t) dt \sum_f \left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}} \right) \right] + 10\text{Log} \left[4.5A \frac{\int_{R_1}^{R_2} g_G(t) dt \sum_f \left(\frac{W_{f2n}}{W_{OA2n}} \right)}{\int_{R_1}^{R_2} g_G(t) dt \sum_f \left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}} \right)} + (1-A) \right]$$

前述の様に

$$W_{OAmn} = \sum_f W_{fmn}$$

である。従って、式(14)は

$$L = L_{B1} + L_{B2} + L_{B3n} + 10\text{Log} \int_{R_1}^{R_2} g_G(t) dt \quad (15)$$

また、無限遠まで開放された道路区間では式(15)の積分値は次のように陽表示できる。

$$\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt = \frac{1.8}{V \cdot d} \quad (16)$$

式(16)を式(15)に代入すれば、Lは L_{Gn} (式(1))に一致する。一方、積分範囲(道路長)が有限な場合には、

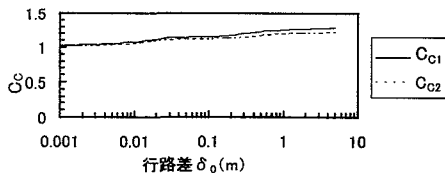


図-7 C_{G1} と C_{G2} の比較

$$L = L_{Gn} + 10 \log \left\{ \frac{\int_{R_1}^{R_2} g_G(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt} \right\} \quad (17)$$

と考え、 L_{Gn} を補正する項を導入する。ただし、本研究では、以下のような修正項を定義した。

$$C_{FG} = 10 \log A_{IG} \quad (18)$$

$$A_{IG} = \frac{\int_0^M g_G(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt} = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{Z_M} \frac{1}{1+Z^2} dZ \quad (19)$$

数値積分によって求めた補正項 C_{FG} が前掲の図-2 である。なお、式(19)の積分範囲は騒音レベルのピークから M 秒経過する間である。従って、式(17)の第2項は、図-2を用いて次の要領で求める事になる。例えば、有限長の道路と観測点が図-6(a)の場合には、図-2 から $Z_1 = |R_1|/V/(3.6d)$, $Z_2 = |R_2|/V/(3.6d)$ の各々に対応する値を求めた後にその dB 和を、一方、図-6(b)の場合には Z_1 , Z_2 の各々に対応する値の dB 差を式(17)の第2項の値として求める事ができる。

(3) 各種補正項の定義とその検討

補正項 C_{FG} の定義はすでに述べた。また、補正項 C_D , C_H の導出の詳細は文献4で報告しているので、本論文では以下にその定義だけを示す。

$$C_{Df} = -10 \log B_{If} \quad (20)$$

$$B_{If} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} g_f(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt} \quad (21)$$

$$g_f(t) = g_G(t) \times 10^{-\Delta L(t)/10} \quad (22)$$

なお、回折減音量 $\Delta L(t)$ の算出には前川の測定値を近似した式⁴⁾を用いた。

$$C_{Hfmm} = 10 \log B_{2fmm} \quad (23)$$

$$B_{2fmm} = \frac{\int_0^M g_f(t) dt}{\sum_f \left(\frac{W_{fmm}}{W_{OAmn}} \int_{-\infty}^{\infty} g_f(t) dt \right)} \quad (24)$$

車両自身のパワーレベルのスペクトルの違いを考慮した C_{Df} のオーバーオール値 C_{Dmn} は、

$$C_{Dmn} = -10 \log B_{1mn} \quad (25)$$

$$B_{1mn} = \frac{\sum_f \left(\frac{W_{fmm}}{W_{OAmn}} \int_{-\infty}^{\infty} g_f(t) dt \right)}{\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt} \quad (26)$$

$$\frac{W_{fmm}}{W_{OAmn}} = 10^{(U_{fmm} - U_{OAmn})/10} \quad (27)$$

$$C_{Dmn} = U_{OAmn} - 10 \log \sum_f 10^{(U_{fmm} - C_{Df})/10} \quad (28)$$

同様な考え方で C_{Hfmm} のオーバーオール値を

$$C_{Hmn} = -U_{OAmn} + 10 \log \sum_f 10^{(U_{fmm} + C_{Hfmm})/10} \quad (29)$$

で求める。なお、 U_{fmm} は車の音響出力のスペクトルの相対レベル差、 U_{OAmn} はそれを全周波数について合成した値である。

本研究で使用した値を表-1, 2に示す。表-1は従来から著者らが使用している値で²⁾、文献5で報告されている結果をA特性に換算した値をオクターブバンドに合成したものである。一方、表-2は低騒音(排水性)舗装部と通常(密粒)舗装部で測定された道路交通騒音の差の平均値を直線近似した値で⁶⁾、文献5の換算値を補正し、それをオクターブバンドに合成したものである。

C_{FG} は地形や建物などにより、自動車の騒音が遮断される場合の、道路長を有限と考えた補正、また、 C_D は道路端に無限長の壁が設置されている場合の補正、更に、 C_H は両端に音が回折できない障害物(例：高層ビル)があり、その間を有限の高さの壁で結んだ場合の、壁の長さを有限と考えた補正である。いずれも騒音伝播特性にかかわるものである。

なお、式(28), (29)に示すように、車両自身のパワーレベルのスペクトルの違いによって C_D , C_H の値には差が生じる可能性がある。従って、以下のことを確かめた。なお、有意な差が認められない場合

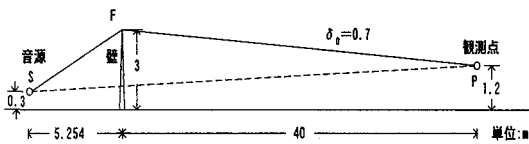


図-8 音源が観測点の正面に到着した時の位置関係

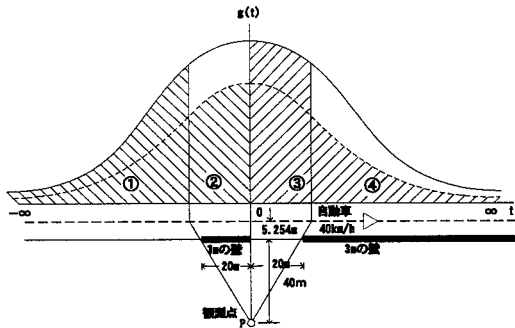


図-9 観測点Pで得られる $g(t)$ の曲線

には、図を割愛した。

① C_D は同一車種でも舗装の種類で差が生じる。(cf. 図-3)

②本研究で使用した表-1, 2のスペクトルで計算した C_D と、文献1のそれ(小型車類, $V < 80 \text{ km/h}$)をもとに計算した C_D との差は小さい(但し、舗装の種類が同じ場合)。

③ C_H は舗装の種類、車種によらない。

(4) 道路端に無限長の壁を設置した場合

式(14)において、積分範囲を $[-\infty, \infty]$ とすれば、

$$L = L_{B1} + L_{B3n} + 10\text{Log}\{4.5C_{cn}A + (1-A)\} + 10\text{Log}\left[\sum_f \left\{\left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}}\right) \int_{-\infty}^{\infty} g_f(t) dt\right\}\right] \quad (30)$$

$$C_{cn} = \frac{\sum_f \left\{\left(\frac{W_{f2n}}{W_{OA2n}}\right) \int_{-\infty}^{\infty} g_f(t) dt\right\}}{\sum_f \left\{\left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}}\right) \int_{-\infty}^{\infty} g_f(t) dt\right\}} = 10^{(C_{D1n} - C_{D2n})/10} \quad (31)$$

サフィックス 1 は小型車類、同 2 は大型車類、 n は舗装の種類を示す。

なお、図-7 に示すように通常舗装と排水性舗装であり差がなかったため、本研究では前者の値(C_{c1})を用いた。また、式(26)から式(30)の右辺第 4 項は

$$10\text{Log}\left(B_{11n} \int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt\right) = -C_{D1n} + 2.6 - 10\text{Log}(V \cdot d)$$

結局、式(30)の L は式(4)に一致する。

(5) 道路端の壁が有限長の場合

式(14)において、積分範囲を $[0, M]$ とすれば、

$$L = L_{B1} + L_{B3n} + 10\text{Log}\{4.5C_{cn}^*A + (1-A)\} + 10\text{Log}\left[\sum_f \left\{\left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}}\right) \int_0^M g_f(t) dt\right\}\right] \quad (32)$$

$$C_{cn}^* = \frac{\sum_f \left\{\left(\frac{W_{f2n}}{W_{OA2n}}\right) \int_0^M g_f(t) dt\right\}}{\sum_f \left\{\left(\frac{W_{f1n}}{W_{OA1n}}\right) \int_0^M g_f(t) dt\right\}} \quad (33)$$

説明は割愛するが、

$$C_{cn}^* = C_{cn} \quad (34)$$

である。また、式(24)(26)(27)から式(32)の右辺第 4 項は

$$10\text{Log}\left[\sum_f \left\{10^{(U_{f1n} - U_{OA1n})/10} \cdot B_{2f1n} \cdot \frac{1.8}{V \cdot d} \cdot B_{11n}\right\}\right] = 2.6 - 10\text{Log}(V \cdot d) + 10\text{Log}B_{11n} - U_{OA1n} + 10\text{Log}\left[\sum_f \left\{10^{\frac{U_{f1n} + C_{Hf1n}}{10}}\right\}\right] = 2.6 - 10\text{Log}(V \cdot d) - C_{D1n} + C_H$$

なお、 C_H は前述の様に舗装、車種によらない。また、 C_{cn} として C_{c1} を使用すれば、式(32)は式(5)に一致する。

4. 利用方法

以上の結果を利用すれば騒音伝播特性が複雑な

表-3 等価騒音レベルの算出例(通常舗装)

斜線部	①	②	③	④	使用した式、図、条件
L_{G1}	64.0	*	64.0	*	式(1)
L_P	*	64.5	*	64.5	式(3), 図-5, $\delta_0=0.7$, $C_{C1}=1.24$
C_{FG}	-4.5	*	-8.3	*	図-2, $Z_0=0.5$
$-C_{D11}$	*	-15.1	*	-15.1	図-3, 通常舗装, $\delta_0=0.7$
C_H	*	-10.6	*	-3.8	図-4, $\delta_0=0.7$, $Z_0=0.5$
小計	59.5	38.8	55.7	45.6	単位: dB
合計	61.1				*は計算が不要なところ

表-4 等価騒音レベルの算出例(排水性舗装)

斜線部	①	②	③	④	使用した式、図、条件
L_{G1}	61.6	*	61.6	*	式(1)
L_P	*	62.1	*	62.1	式(3), 図-5, $\delta_0=0.7$, $C_{C1}=1.24$
C_{FG}	-4.5	*	-8.3	*	図-2, $Z_0=0.5$
$-C_{D12}$	*	-14.0	*	-14.0	図-3, 排水性舗装, $\delta_0=0.7$
C_H	*	-10.6	*	-3.8	図-4, $\delta_0=0.7$, $Z_0=0.5$
小計	57.1	37.5	53.3	44.3	単位: dB
合計	58.8				*は計算が不要なところ

場合にも等価騒音レベルを計算できる。例えば、時間交通量 $Q=1800$ 、大型車混入率 20%、車両速度 40km/h で道路縦断勾配のない平坦部直線道路区間において、図-8, 9 の条件下にある観測点 P の等価騒音レベルを求める方法を示す。

基本的には荷重関数 $g(t)$ の積分値、すなわち図-9 中の斜線部の面積をこれまで提示した図を利用して求めればよい。具体的な算出例を、異なった種類の舗装が施工された場合について表-3, 4 に示す。

いま、表-3 の等価騒音レベルの算出方法を説明する。斜線部①, ③の等価騒音レベルは式(2)で計算する。 L_{G1} は式(1)、また、 C_{FG} は図-2 から求める。この時、斜線部①の C_{FG} は図-6(b)と同じ要領で求め、斜線部③の C_{FG} は図-2 で読み取った値をそのまま用いる。

次に斜線部②, ④の等価騒音レベルは式(5)で計算する。 L_P は式(3)、 C_{C1} は図-5、また、 C_{D11} は図-3(通常舗装)、更に、 C_H は図-4 から $\delta_0=0.7$ に対応する値をそれぞれ求める。この時、斜線部②の C_H は図-4 で読み取った値をそのまま用い、斜線部④の C_H は図-6(b)と同じ要領で求める。

例えば、観測点の等価騒音レベルを、道路に面する地域・A 地域・昼間の環境基準値(60 dB(A))以下にしたい場合には、表-3, 4 の結果から次のことが考えられる。

①表-3 から、壁のない所から伝播してきた音(斜線部①, ③)によって観測点の等価騒音レベルが決定されていることが認められる。従って、通常舗装のま

までは、斜線部①については遮音壁設置を、また同③については、壁の間隔を小さくする処置を検討した方がよい。

ただし、 C_{D11} (表-3 の斜線部②, ④)の値をみれば、壁の高さは 3m よりも低くてよいと思われる。

②排水性舗装にすれば、斜線部の①, ③が約 2.4dB 減音し(cf. 式(8))、観測点の等価騒音レベル(58.8dB(A))は環境基準値(60dB(A))を下回る。

しかし、 C_{D12} (表-4 の斜線部②, ④)は C_{D11} の値より小さく、壁による減音効果は排水性舗装の方が小さい。これは車両のパワーレベルのスペクトルに 500Hz 以上の高い周波数領域の成分を通常舗装の方が多く含む(cf. 表-1, 2)ことに起因する。つまり、車両のパワーレベル(オーバーオール値)そのものの減少は排水性舗装の方が大きい(cf. 式(8))、壁による減音効果は通常舗装の方が大きい。結果的に、表-4 の斜線部②, ④の減音量は約 1.3dB にとどまっている。場合によっては、壁の前面の道路は通常舗装とすることも考えられる。

③この他に、交通量の削減、速度、大型車進入などの規制による減音効果についても、式(1)~(9)から容易に推測できる。

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめて示す。

(1) 自動車が定常的に走行する時の道路沿いの騒音の等価騒音レベルを計算できる方法を本論文の 2. に示した。この方法を用いれば、通常舗装、排水性舗装によらず、電卓があれば数式と図を使って簡単に計算できる。

(2) 本論文の 2. の方法の中で、道路端に無限長の壁を設置した場合の補正項 C_D は同一車種でも舗装の種類で差が生じる(図-3)。また、道路端の壁の長さを有限と考える時の補正項 C_H は舗装の種類、車種によらない(図-4)。更に、等価騒音レベルを求める際の大型車類の小型車類換算係数に対する補正值 C_c は舗装の種類によらずほぼ同じ値をとる(図-7)。

(3) 本論文の 4. に利用方法を示した。これから、どのような減音対策をとれば、どの程度騒音レベル

が減少するか分かりやすいことが認められる。

なお、2.の簡易計算法の精度について現在までに検討したことは次のとおりである。

①通常舗装に関しては、現場測定または試験車走行実験によって、2.の方法による計算値と実測値の差が比較的小さいことを確かめた。その詳細については、無限長まで開放された平坦部直線道路区間の(式(1)の L_{Gn} に関連する)場合は文献7で、道路端の壁が有限長の(式(5)の L_{4n} に関連し、低い壁の)場合は文献4で、平坦部直線道路区間で道路が有限長の(式(2)の L_{2n} に関連する)場合と道路端の壁が有限長の(低い壁)場合の両方が混在する時は文献4で既に報告した。なお、道路端の壁が有限長の比較的高い壁の場合については、その検討結果を近く報告する予定である。

②排水性舗装に関しては、通常舗装との主な違いは発生するパワーレベルの大きさと周波数構成に差があること(cf.式(8)と表—2)と考えても大きな間違いではないと文献1から判断したので、本計算法の精度については特に検討していない。しかし、

機会があれば現場測定で確かめたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会：道路交通騒音予測モデル，“ASJ Model 1998”，日本音響学会誌 55巻4号，pp.281-324，1999.
- 2) 渡辺義則・喜州淳哉：荷重関数に基づく道路交通騒音のための等価騒音レベル簡易計算法，交通工学，Vol.25No.3，pp.9-16，1990.
- 3) 渡辺義則・角知憲・菊永昌洋・田中浩一郎：自動車定常走行時の道路交通騒音の一簡易推定法，土木学会論文集第389号，IV-8，1998.
- 4) 渡辺義則・許斐敬史・高村貴洋：車道端部に設置した低い壁の減音量の計算方法と対策としての有効性について，土木計画学研究・論文集No.16，pp357-363，1999.
- 5) 足立義雄・中須賀聡・宮川隆巳：道路交通騒音の周波数特性—模型実験手法研究(2)—，日本音響学会講演論文集，pp.529-530，1985.
- 6) 山本貢平：新型遮音壁の現状とコンベの方法について，騒音・振動研究会資料，pp.9-13，1997.
- 7) 浦英樹・渡辺義則・寺町賢一：路外の駐車車両による道路交通騒音の低減可能性，土木学会第57回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM版)，2002.

舗装の違いを考慮可能な道路騒音の等価騒音レベルの簡易計算法について

渡辺義則・隈清悟・寺町賢一・浦英樹・横田剛平

新たな環境基準値(平成11年4月施行)では、中央値に代わり等価騒音レベルが評価量として採用された。それに伴い日本音響学会から道路騒音の予測モデルが新たに提示されている。このモデルは環境アセスメントに利用され適用範囲も広い。しかし、以前(中央値の計算法)の様に必ずしも人が手軽に計算できるようになっていない。そこで本研究では、適用範囲は自動車が定常的に走行する時の都市内の道路沿いの騒音に限られるが、通常舗装、排水性舗装によらず、①電卓があれば等価騒音レベルを数式と図を使って簡単に計算できること、②どのような減音対策をとれば、どの程度騒音レベルが減少するか分かりやすいこと、という2つの要件を具備する計算法を、以前、著者らが報告した方法を基礎に考察した。

On a Simplified Calculation Method of Equivalent Sound Level of Road Traffic Noise Which Consider the Difference Between the Pavements

By Yoshinori WATANABE, Shingo KUMA, Kenichi TERAMACHI, Hideki URA and Kouhei MAKITA

In the new environmental standard for road traffic noise, equivalent sound level was adopted instead of medium value. At the same time, the prediction model of road traffic noise was proposed by Acoustical Soc. of Japan. This model is utilized for the environmental assessment, and the application

range is also wide. However, designers can not calculate easily the value of the road traffic noise using this model. Therefore, authors proposed the calculation method which satisfied two following requirements regardless of usual pavement, drainage pavement, though the application range is limited to the roadside noise as the automobile steadily runs. ①Equivalent sound level can be easily calculated using mathematical expressions and figures. ②Designers can easily decide noise reduction countermeasure of the object site.