

九州工業大学 正員 渡辺義則
長崎県 久保誠司
九州大学 正員 角 知憲

1. まえがき

JIS Z 8731が改訂され、騒音レベルの中央値 L_{50} にかわり、等価騒音レベル $L_{Aeq,T}$ が新たな騒音評価量として導入されたこともあり、今後、 $L_{Aeq,T}$ が広く利用されることが予想される。そこで本報告ではこれまで提案してきた線形系の応答に関する諸性質を利用したコンピュータモデル(線形モデルと仮称)¹⁾を基礎にして、車両定常走行時の等価騒音レベルを比較的容易に計算できる方法を提示する。

2. 車両定常走行時の等価騒音レベルの推定方法の基本的な考え方

本手法では等価騒音レベル $L_{Aeq,T}$ を次式から求める。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} M_3 / 10^{-12} \quad \dots(1)$$

$$\begin{aligned} M_3 &= E \{ z(t) \} \\ &= E \left\{ \sum_{k=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} g_k(\lambda) y_k(t-\lambda) d\lambda + b(t) \right\} \\ &= \sum_{k=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} g_k(\lambda) \cdot E \{ y_k(t-\lambda) \} d\lambda + E \{ b(t) \} \\ &= \sum_{k=1}^n M_k \int_{-\infty}^{\infty} g_k(\lambda) d\lambda + M_b \quad \dots(2) \end{aligned}$$

ただし、

$$\begin{aligned} M_k &= E \{ y_k(t-\lambda) \} = W_k \cdot E \{ x_k(t) \} \\ &= W_k \{ Q_k \{ 16 A_k + 1.6 (1 - A_k) \} / 3600 \} \quad \dots(3) \end{aligned}$$

$$W_k = 10^{-12} \times 10^{(0.2 V_k + 85 + 5 i_k) / 10} \quad \dots(4)$$

$z(t)$: 対象とする観測点に生じる音の強さ

$y_k(t)$: k 車線上の音源の音響出力の時間変化率

$g_k(t)$: $y_k(t)$ に対する荷重関数(履歴曲線)

$x_k(t)$: 単位時間に k 車線を通過する乗用車類換算台数

W_k : k 車線上の乗用車類1台当りの音響出力

$b(t)$: 暗騒音, M_b : 暗騒音の平均値

i_k : k 車線の道路横断方向配, n : 対象道路の車線数

V_k : k 車線の車両平均速度(km/h), t : 時間

Q_k : k 車線の時間交通量, A_k : k 車線の大車混入率

式(1)~(4)で明らかのように本手法では交通条件(Q_k, A_k, V_k), 道路条件(n, i_k), 音響条件($g_k(t), M_b$)が与えられれば、車両定常走行時の等価騒音レベルが算出できる。このうちで、道路・交通条件は従来の道路設計時にも取扱われているので、音響条件を整備すれば、これまでの道路設計に整合した形で騒音問題と処理することも可能である。なお、音響条件のみで、荷重関数 $g_k(t)$ は車両(音源)と観測点間の騒音伝搬特性を表現したものであり、物理的には「1ワットの音響出力の仮想音源が1つだけ k 車線の中央線上を V_k で移動したときに観測点に生じる音の強さの時間変化と等価なもの」を意味する。従って、騒音が幾何減衰(回折減衰も含める)し、その減衰量を計算できる場合には、道路の線形が複雑であっても、 $g_k(t)$ を机上で算出できる。一方、対象道路区間の道路構造が複雑であったり、過減衰が考えられたりする場合には、対象道路区間と類似の未使用区間での試験車両走行実験、無響室内での縮尺模型実験、著者らが報告した方法²⁾などで $g_k(t)$ を求めた後に、それを積分すれば、騒音伝搬特性の場所的違いを考慮した等価騒音レベルが推定できる。ただし、音響条件中の M_b は道路騒音を含まない環境騒音の予測方法が確立されないと推定できない。また、交通条件の日変動特性が与えられれば、それに対応した時間毎に、あるいは、朝・夕・昼・夜の各時間帯別に、更には、昼夜騒音レベル L_{dn} も算出可能である。

3. 実際への適用と考察

本手法を地表面状況の異なる平坦部道路区間へ適用する。いま、周辺に建築物のない平坦部道路区間においては、荷重関数が式(5)のように表現できると仮定すると³⁾、式(2)は式(6)のようになる。とくに半自由場(騒音が幾何減衰する)では式(7)のように表わせる。

$$g_k(t) = a \{ L_k^2 + (V_k t)^2 \}^{-b/2}, \quad -\infty < t < \infty \quad \dots(5) \quad | \quad a, b: \text{地表面状況によって決まるパラメータ}$$

$$\mu_g = \frac{a\sqrt{\pi}\Gamma(\frac{b-1}{2})}{\Gamma(\frac{b}{2})} \sum_{k=1}^n \frac{\mu_k}{\bar{v}_k \cdot l_k^{b-1}} + \mu_b \quad \dots(6)$$

$$\mu'_g = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \frac{\mu_k}{\bar{v}_k \cdot l_k} + \mu_b \quad \dots(7)$$

$\bar{v}_k$: k車線の車両平均速度 (m/sec)
 l_k : k車線の中央から観測点までの距離
 $\Gamma(x)$: ガンマ関数

検討の対象としたのは対向2車線の国道である。表-1に実験コース、道路周辺の地表面状況、推定計算時に用いたa, bの値を示す。KJは苗は植えてあるが地表面の大部分は水で覆れた水田, KAは生育した稲で地表面が密に覆れた田圃, KNは刈入れ後の田圃である。なお、道路縦断勾配は1.2%, 時間交通量, 大型車混入率, 車両平均速度の両車線合計の平均値はそれぞれ610~780 V.P.H, 22~32%, 48~53 km/h の範囲にある。表-2は式(6)で計算した推定値と、2秒間隔で512個の騒音レベルの瞬時値を讀みとつて求めた実測値の差について、平均値と標準偏差を計算したものである。ただし、道路騒音以外の騒音は小さいので、式(6)において μ_b を無視した。各コース、各観測点ともに推定値と実測値の差は比較的小さいので、平均道路区間においては、道路周辺の地表面状況が異なっても、式(1), (6)から等価騒音レベルを比較的精度よく算出できる。

表-1 地表面状況とa, bの値

コース	地表面状況	パラメータ ⁽¹⁾	
		$10 \log_{10} a$	b
KJ	6月水田	-8.0	2.29
KA	8月田圃	-4.2	2.62
KN	11月田圃	-9.0	2.19

表-2 推定値と実測値の差の平均値と標準偏差

観測点		10 m	20 m	40 m	60 ~ 80 m
コース	平均値	-0.2	0.7	0.7	0.8
	標準偏差	0.7	0.8	1.1	0.6
KA	平均値	-0.7	0.9	0.2	1.3
	標準偏差	0.8	0.5	0.6	1.2
KN	平均値	-0.4	1.4	0.5	1.6
	標準偏差	0.8	1.1	0.9	1.4

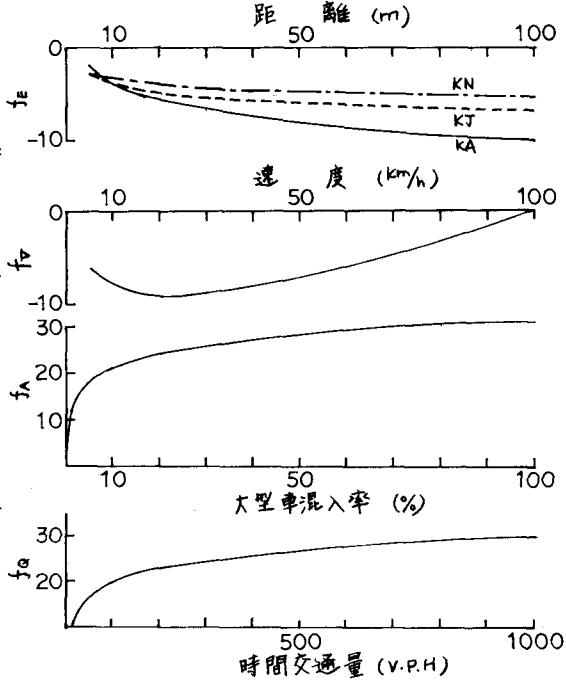
次に、交通及び音響条件の変化と等価騒音レベルの関係を検討する。単一車線の道路からの等価騒音レベル($n=1$, $\mu_b=0$)は、式(1), (6), (7)から次のようになる。

幾何減衰を仮定する場合: $L = f_v + f_a + f_A + 1/3 - 10 \log l + 46.9$, ただし, $f_v = 2.5 + 10 \log \bar{v}$, $f_a = 10 \log Q$, $f_A = 10 \log (14.4A + 1.6)$... (8)

地表面状況を考慮した場合: $L = L' + f_E$, ただし, $f_E = -10(b-2) \log l - 10 \log \{ \Gamma(\frac{b}{2}) / (2a\sqrt{\pi}\Gamma(\frac{b-1}{2})) \}$... (9)

- f_v, f_a, f_A, f_E を種々の条件について計算して図-1に示す。この結果から次のことがいえる。①地表面状況を反映したモデルに比べて、騒音が幾何学的に伝播すると仮定したモデルは、 f_E ほど推定値が大きくなる。②時間交通量が半減すれば等価騒音レベルは3db小さくなる。大型車混入率についても同様のことがいえる。ただ、大型車を全て排除すると大巾にレベルが減少する。③他の条件が同じならば、車両平均速度が20km/hの時に等価騒音レベルは最小になる。

(注) 標準偏差は不偏分散より算出。平均値および不偏分散は6個のデータより算出。



参考文献

- 1) 渡辺: 交通流変動と騒音位相特性の場所的違いを考慮した道路交通騒音の予測, (土木学会論文投稿中)