

道路端に低い壁を設置することによる減音について*

A Consideration on Noise Reduction by Low Barriers on a Roadside*

渡辺義則**・高村貴洋***

By Yoshinori WATANABE** and Takahiro TAKAMURA***

1. はじめに

道路沿線の減音対策として、道路端に低い壁を設置することが考えられる¹⁾。筆者らも、B地域で、アクセス機能を重視した道路沿線において、5 dB程度の減音を得るのに有効な対策と考へ検討してきた²⁾。本研究では、以下のことを報告する。

- (1) 道路端に低い壁を設置することによる減音量を理論的に計算する方法³⁾を提示する。
- (2) それを実車走行実験により検証した。
- (3) 出入のための開口部がある場合の減音効果の低下を理論的に推定し、対策の有効性を検討した。

2. インサージョンロスの理論的推定法

(1) 各周波数 f のインサージョンロスの推定法

半自由空間上を音が幾何減衰しながら伝播して観測点に到達した時の時間 t の音 $Z_G(t)$ と、音源 E と観測点の間に壁を挿入した場合の観測点の音 $Z_{Ef}(t)$ を用いて、インサージョンロス C_{Ef} dB は

$$C_{Ef} = 10 \text{Log} \left[\frac{\int_{-M}^M Z_G(t) dt}{\int_{-M}^M Z_{Ef}(t) dt} \right] \quad \dots (1)$$

いま、車両が一定の速度で走行し、騒音レベル最大値の前後で波形が対称と仮定すると、

$$C_{Ef} \doteq 10 \text{Log} \left[\frac{\int_0^M g_G(t) dt}{\int_0^M g_{Ef}(t) dt} \right] \quad \dots (2)$$

$g(t)$: 1 Wの音源が一定の速度で走行した時に観測点に生じる音の強さの時間変動

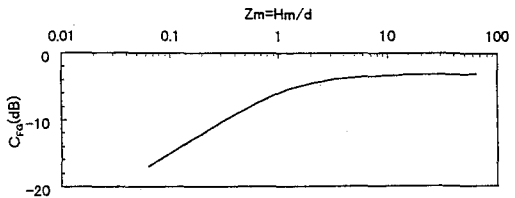


図-1 道路長を有限と考える時の補正量

$$= 10 \text{Log} \frac{\int_0^M g_G(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt} \cdot \frac{\sum \left(\frac{W_f}{W_{OA}} \int_{-\infty}^{\infty} g_{Ef}(t) dt \right)}{\sum \left(\frac{W_f}{W_{OA}} \int_{-\infty}^{\infty} g_{Ef}(t) dt \right) \cdot \int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt}$$

$$= 10 \text{Log} A_{IG} - 10 \text{Log} B_{2f} - 10 \text{Log} B_1$$

$$= C_{FG} - C_{Hf} - C_D$$

いま、

$$C_{FG} = 10 \text{Log} A_{IG} \quad \dots (3)$$

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

$$Z_M = Mv/d$$

とする。 C_{FG} を計算した結果を図-1に示す。

また、道路端に無限長の壁が設置されている場合のインサージョンロスは、

$$C_D = 10 \text{Log} B_1 \quad \dots (4)$$

$$B_1 = \frac{\sum \left(\frac{W_f}{W_{OA}} \int_{-\infty}^{\infty} g_{Ef}(t) dt \right)}{\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt}$$

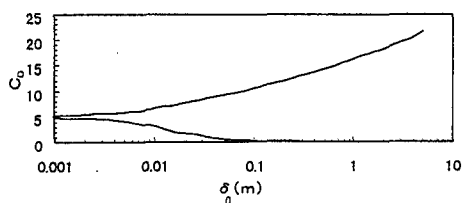
なお、式(3)中の $g_{Ef}(t)$ は、

$$g_{Ef}(t) = g_G(t) \times 10^{-\Delta L(t)/10} \quad \dots (5)$$

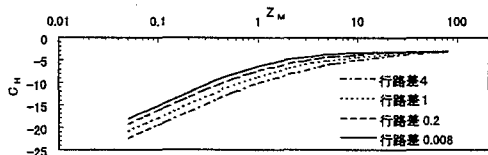
*キーワード：交通公害、道路計画、環境計画

**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番1号、TEL 093-884-3108、FAX 093-884-3100）

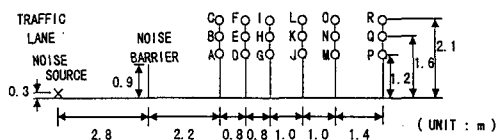
***三井建設（株）（広島市中区大手町2-7-10広島三井ビル、TEL 082-247-6101）



図一2 無限長の壁を設置した時の補正項



図一3 壁の長さを有限と考える時の補正項



図一4 測定場所概要図 (CASE-1)

また、この時の回折減音量 $\Delta L(t)$ の算出には前川の測定値を近似した式を用いた。図一2は車両が観測点の正面に到着したときの行路差 δ_0 と C_D の関係を数値積分で求めたものである。

更に、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には、壁の長さを有限と考えた補正 C_{Hf} を施す。

$$C_{Hf} = 10 \log B_{2f} \quad \dots (6)$$

$$B_{2f} = \frac{\int_0^M g_{Ef}(t) dt}{\sum \left(\frac{W_f}{W_{OA}} \int_{-\infty}^{\infty} g_{Ef}(t) dt \right)}$$

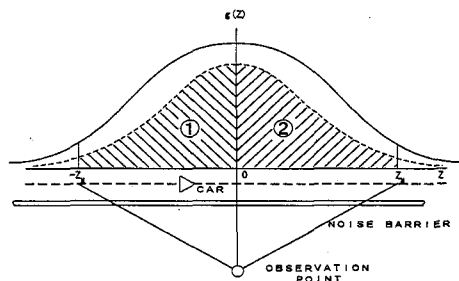
(2) インサージョンロスのオーバーオール値

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観測点Eに関するインサージョンロスのオーバーオール値 C_E は、

$$C_E = 10 \log \left[\frac{\int_0^M Z_G(t) dt}{\int_0^M Z_{EOA}(t) dt} \right] \quad \dots (7)$$

表一1 車両の音響出力の相対レベル

	U_{0A}	相対レベル U_i (dB)					
周波数 Hz	0. A	125	250	500	1k	2k	4k
小型車類	8.0	-9.0	-3.3	1.4	4.4	1.8	-8.2



図一5 壁で遮音され続ける時の $g(z)$
(積分範囲 Z_M は有限)

$$C_E = U_{OA} - 10 \log \sum_f 10^{(U_f - C_{Ef})/10}$$

同様な考え方で C_{Hf} のオーバーオール値を

$$C_H = -U_{OA} + 10 \log \sum_f 10^{(U_f + C_{Hf})/10} \quad \dots (8)$$

で求めて、図一3に示す。なお、 U_i は車の音響出力のスペクトルの相対レベル差、 U_{0A} はそれを全周波数について合成した値である（表一1）。

3. インサージョンロスの実験的推定

(1) 実験の概要

本研究では壁を挿入したときのインサージョンロスを式(1)で定義している。しかし、現実にはそのような理想的な条件は満たされない。それゆえ、本章では $Z_G(t)$ に近いものとして、壁のない平面上の音（同じ場所で実測）を採用した。低い壁として高さ0.9mの合板（厚さ1cm）を20mにわたり設置し、乗用車を速度40km/hで走行させ実験した。

(2) インサージョンロスの理論値と実測値の比較

実験データから $Z_G(t)$ と $Z_{Ef}(t)$ を時間 $[-M, M]$ にわたって積分する時、次の要領で行った。

- ① $Z_M = 1$ とした、② サンプル間隔は0.1秒とした、③ オーバーオールレベルでピークを示す時点から M の積分値を求めた、④ 音源高を0.3mとした、⑤ 分析時の周波数範囲は315～2.5Kとした。

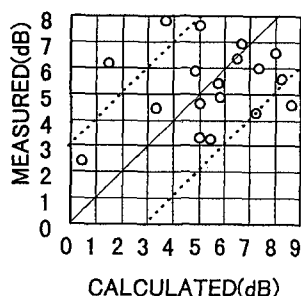


図-6 CASE-1の実測値と理論値の比較

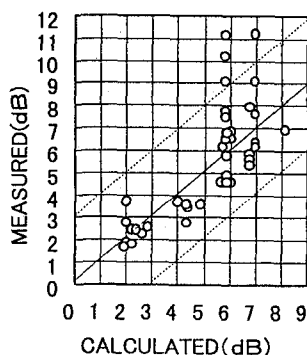


図-9 CASE-2の実測値と理論値の比較

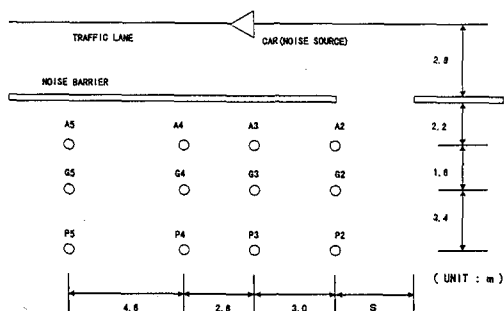


図-7 測定場所概図(CASE-2)

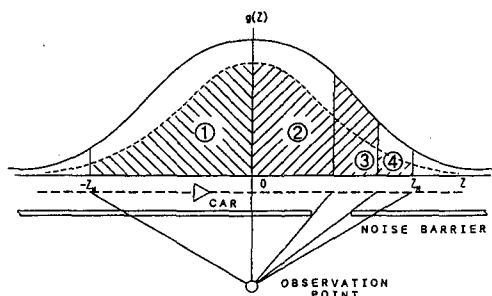


図-8 壁に開口部がある時の $g(z)$
(積分範囲 Z_M は有限)

a) 壁で遮音され続ける場合 (CASE-1)

壁の中央で図-4の位置にマイクを設置した。CASE-1では、観測点は積分範囲 $Z_M = 1$ 以内で壁の影響を受け続け、車両通行時の $g(z)$ は、図-5のようになる。なお、観測点の行路差を表-2に示す。0. A. のインサージョンロス C_E (全18測点) の理論値と実測値を比較して図-6に示す。破線は実線から ± 3 dBの所を表している。これより、2. で示した計算方法で比較的精度良く低い壁のインサージョンロスを

表-2 各観測点の行路差 (CASE-1)

A	B	C	D	E	F
0.004	-0.006	-0.055	0.009	-0.000	-0.022
G	H	I	J	K	L
0.014	0.001	-0.007	0.020	0.004	-0.001
M	N	O	P	Q	R
0.024	0.008	0.000	0.029	0.013	0.002

単位: m

表-3 実測値と理論値の差の平均値

	差の平均	標準偏差	標本数
CASE-1	1.9	1.4	18
CASE-2	1.3	1.2	39

単位: dB

表-4 開口部のない時のインサージョンロス C_D

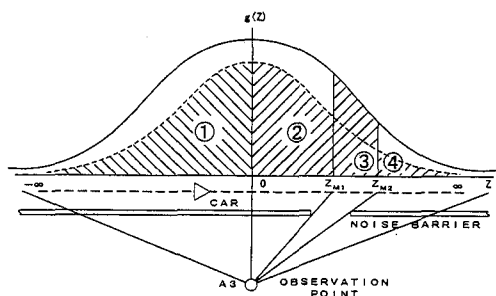
	A	G	P
C_D	5.7	6.6	7.6

単位: dB

推定できることが認められる。

b) 壁に開口部がある場合 (CASE-2)

図-7の位置で高さ1.2mにマイクを設置した。また、開口部の間隔 (図-7のS) は1.5、3、6、 ∞ m に変える。CASE-2では観測点A、G、Pの番号2~4は、積分範囲 $Z_M = 1$ 以内で壁の開口部の影響を受け、車両通行時の $g(t)$ は、図-8のようになる。また、オーバーオールインサージョンロス C_E (全39測点) の理論値と実測値を比較して図-9に示す。これより、壁に開口部がある場合においても、2. で示した計算方法で比較的精度良く低い壁のインサージョンロスを推定できることが認められる。なお、表-3に実



図一 1 0 壁に開口部がある時の $g(z)$
(積分範囲 Z_M は無限)

実測値と理論値の差の平均値と標準偏差をまとめて示す。

4. 壁の開口部によるインサージョンロスの低下

本章では2.の計算方法を使って、壁に開口部がある時のインサージョンロスの低下について、理論的に検討する。検討の対象とした観測点は、CASE-2のA2～A4、G2～G4、P2～P4である。なお、マイクの高さは1.2mである。この場合、3.と異なり積分範囲は $Z_M = \pm\infty$ で、車両通行時の $g(z)$ は、図-10のようになる。

まず、無限長の壁で開口部がない時の観測点A、G、Pのインサージョンロス C_D を表-4に示す。次に、壁に開口部がある時のインサージョンロスを表-5に、 C_D からの低下を図-11にそれぞれ示す。これより、測点A2、G2、P2は C_D よりも1～4dB低く、開口部が大きくなるにつれて減音効果の低下が大きくなること、しかし、 $S = \infty$ を除くその他の測点は、1.5～6.0mの開口部があっても、減音量の低下は0～3dBであることが認められる。そして、開口部が1.5～6.0mあっても、高さ0.9mの低壁を設置すれば、開口部の近辺を除いて、約5dBの減音が可能であることがわかる。

5. まとめ

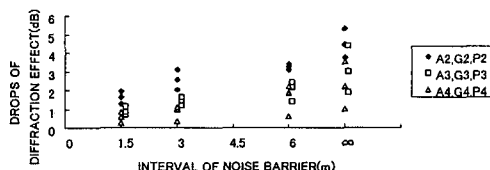
本研究で得られた結果を以下にまとめて示す。

(1) 実車走行実験から、2.に示す計算方法で、開口部の有無にかかわらず低壁の減音量（等価騒音

表-5 壁に開口部があるときのインサージョンロス

壁間隔 (m)	A2	G2	P2	A3	G3	P3	A4	G4	P4
1.5	3.8	5.0	6.3	4.9	5.8	6.4	5.5	5.8	7.0
3.0	2.6	4.1	5.6	4.5	5.2	6.0	5.4	5.6	6.5
6.0	2.4	3.2	4.5	4.3	4.5	5.2	5.1	4.4	5.8
∞	2.0	2.2	2.3	3.8	3.6	3.2	4.7	4.4	3.9

単位：dB



図一 1 1 壁に開口部がない時のインサージョンロス C_D からの低下

(レベルでの)を近似的に求められることが認められる。

2) 2.に示す方法を用いて計算した結果、開口部が1.5～6.0mでも、高さ0.9mの低壁を設置すれば、開口部の近辺を除いて、約5dBの減音が可能である。

謝辞：本研究に対してご助力いただいた九州工業大学工学部 浦 英樹氏に感謝します。

参考文献

- 1) 上坂克己他：低層遮音壁による回折効果の計算方法について，日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集，pp. 209-212，1997.
- 2) 高村貴洋他：道路端に低い壁を設置することによる減音量の推定，土木学会第51回年次学術講演会，p. 300～301，1996.
- 3) 渡辺義則他：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. 25 No. 3，pp. 9～pp. 16，1990.