

車道部端に設置された開口部のある低い壁による都市部幹線道路の交通騒音の改善*

Improvement on traffic noise of arterial road through low walls with the opening*

渡辺義則^{*2}・許斐敬史^{*3}・伊東啓太郎^{*4}・隈 清悟^{*5}・曾我佳世^{*6}

By Yoshinori WATANABE^{*2}, Takafumi KONOMI^{*3}, Keitarou ITOU^{*4}, Shingo KUMA^{*5} and Kayo SOGA^{*6}

1. はじめに

都市内の幹線道路沿線の減音対策として、車道部端に低い壁を設置することが検討されている¹⁾²⁾³⁾。筆者らも商店などがある地域でアクセス機能を重視した道路沿線において、5dB程度の減音を得るのに有効な対策ではないかと考え検討してきた⁴⁾⁵⁾。この時、問題となるのが、人、自転車、車が商店などへ出入するために設けられた開口部の存在に起因する減音量の低下である。

そこで本研究では、著者らが提示した計算方法（その妥当性は実車走行実験により検証した⁵⁾⁶⁾）を用いて、以下のことを検討したので報告する。

（１）車道部端に設置した低い壁に開口部が存在することに起因する減音量の低下は、壁の高さ、壁の長さ、壁の開口幅、壁の端からの距離などによって異なると考えられるが、それはどのような条件の時、どの程度見込まれるのか。

（２）車道部端に設置した低い壁に開口部が存在しても、アクセス機能を重視した都市部幹線道路沿線の騒音対策（環境基準への適合）としてはどの程度有効なのか。

2. インサージョンロスの理論的推定法

本研究では、完全反射面を持つ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場合と、音源と観測点の間に壁を挿入した場合の観測点の騒音

レベルの差をインサージョンロス（単位はdB）と呼び、これにより壁の減音効果を理論的に推定する。なお、本研究で使用した記号の意味を以下に示す。

t : 時間(s)

f : 周波数(Hz)

M : 騒音レベル（オ-バ-オールパ-ル）のピークからの時間経過(s)

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

E : 音源と観測点の間に壁を挿入したケースを表す記号

$Z_{Ef}(t)$: 車両の通過に伴って対象観測点に生じる音の強さの時間変動 (W/m^2 、 η - λE 、周波数 f)

$Z_{EOA}(t)$: $Z_{Ef}(t)$ を全周波数にわたって合計したもの (W/m^2 、 η - λE)

$g_{Ef}(t)$: 1 Wの音響出力の仮想車両が、単独で車線中央上を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を示す曲線 (m^{-2} 、 η - λE 、周波数 f の荷重関数)

W_f : 車両の音響出力 (W 、周波数 f)

W_{OA} : W_f を全周波数にわたって合計したもの (W)

（１）半自由空間上を音が幾何減衰する場合

その伝播特性は周波数によらず同じであり、1W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 $g_G(t)$ は、観測点で騒音レベルのピークを示す（車両が観測点の正面にいる）時を $t=0$ とすると、

$$g_G(t) = \frac{1}{2\pi\{d^2 + (v \cdot t)^2\}} \quad \dots (1)$$

d : 車両が観測点の正面にある時の車線の中央と観測点間の距離 (m)

v : 車両速度 (m/s)

また、無限遠まで開放された道路区間では式(1)の積分値は次のように陽表示できる。

*キーワード：交通公害、道路計画、環境計画

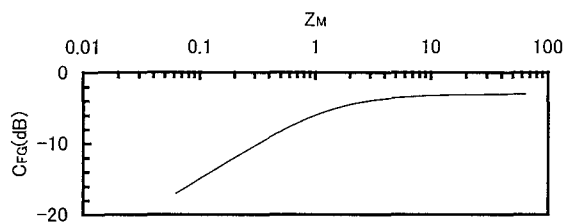
^{*2}正員、工博、九州工業大学工学部建設社会工学科（福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1, TEL093-884-3108）

^{*3}工修、福岡市役所（福岡県福岡市中央区天神1-8-1）

^{*4}正員、博士（農学）、九州工業大学工学部建設社会工学科

^{*5}九州工業大学工学研究科設計生産工学専攻博士前期課程

^{*6}（株）さとうベネック（大分県大分市舞鶴1-7-1）



図一 1 道路長を有限と考える時の補正量

$$\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt = \frac{1}{2vd} \quad \dots (2)$$

(2) 各周波数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

$$C_{Ef} = 10 \text{Log} \left[\frac{\int_{-M}^M Z_G(t) dt}{\int_{-M}^M Z_{Ef}(t) dt} \right] \quad \dots (3)$$

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、

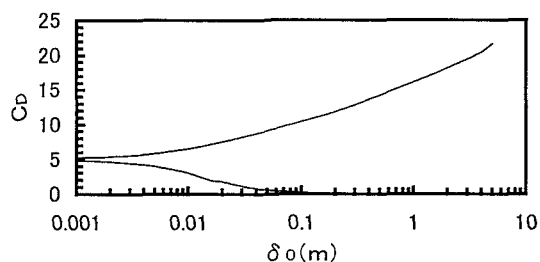
$$C_{Ef} \doteq 10 \text{Log} \left[\frac{\int_0^M g_G(t) dt}{\int_0^M g_{Ef}(t) dt} \right] \quad \dots (4)$$

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

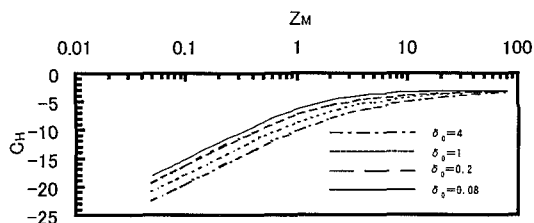
$$= 10 \text{Log} A_{IG} - 10 \text{Log} B_{2f} - 10 \text{Log} B_1 \\ = C_{FG} - C_{Hf} - C_D \quad \dots (5)$$

なお、

$$C_{FG} = 10 \text{Log} A_{IG} \quad \dots (6)$$



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

$$A_{IG} = \frac{\int_0^M g_G(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} g_G(t) dt} = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{Z_M} \frac{1}{1+Z^2} dZ \\ Z_M = \frac{M \cdot v}{d} \quad \dots (7)$$

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、

$$C_D = 10 \text{Log} B_1 \quad \dots (8)$$

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

なお、式(4)中の $g_{Ef}(t)$ は、

$$g_{Ef}(t) = g_G(t) \times 10^{-\Delta L(t)/10} \quad \dots (9)$$

また、この時の回折減音量 $\Delta L(t)$ dBの算出には厚みを無視し得る鋭い端部(ナイフエッジ)を持つ反射性障壁の結果(前川の測定値を近似した式)⁷⁾を用いた。

$$\Delta L = 10 \text{Log} N + 13 \quad (1 \leq N) \\ = 5 \text{Log} N + 13 \quad (0.1 \leq N < 1) \\ = 30N + 5 \quad (-0.1 \leq N < 0.1)$$

$$\begin{aligned}
&= -4\text{Log}|N| - 2 \quad (-0.3 \leq N < -0.1) \\
&= 0 \quad (N < -0.3) \\
N &= \frac{\delta f}{170} \quad \dots (10)
\end{aligned}$$

ただし、式(10)中のNはフレネル番号であり、壁を有する場合とそうでない場合の音の伝播経路の差（行路差、単位：m） δ と周波数の関数である。なお、 δ 、N、 ΔL は、車両（音源）が道路上を走行するために、時間tの関数であるが、表示が繁雑になるので式(10)中ではtを省略した。図-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_0 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。

$$C_{Hf} = 10\text{Log}B_{2f} \quad \dots (11)$$

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

(3) インサージョンロスのオーバーオール値

式(3)は周波数fについての観測点Eのインサージョンロスであり、周波数間のパワーレベルの違いは考慮されていない。いま、対象とする車の音響出力のスペクトルの相対レベル差を U_f 、それを全周波数について合成した値を U_{OA} とし、これらの値を表-1のように仮定すると、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、

$$C_E \doteq 10\text{Log} \left[\frac{\int_0^M Z_G(t) dt}{\int_0^M Z_{EOA}(t) dt} \right] \quad \dots (12)$$

$$\begin{aligned}
\int_0^M Z_G(t) dt &= \sum_f \left(W_f \int_0^M g_G(t) dt \right) \\
&= \int_0^M g_G(t) dt \cdot \sum_f W_f \\
&= W_{OA} \int_0^M g_G(t) dt \quad \dots (13)
\end{aligned}$$

一方、

表-1 車両の音響出力の相対レベル

	U_{OA}	相対レベル $U_f(\text{dB})$					
周波数Hz	O.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

$$\int_0^M Z_{EOA}(t) dt = \sum_f (W_f \int_0^M g_{Ef}(t) dt) \quad \dots (14)$$

したがって、

$$C_E = -10\text{Log} \left[\frac{\sum_f \left(\frac{W_f}{W_{OA}} \int_0^M g_{Ef}(t) dt \right)}{\int_0^M g_G(t) dt} \right] \dots (15)$$

W_f/W_{OA} は相対オーバーオールレベル U_{OA} と周波数fの相対レベル U_f で、次のように表せる。

$$\frac{10^{U_f/10}}{10^{U_{OA}/10}} = 10^{(U_f - U_{OA})/10}$$

また、式(5)より

$$\frac{\int_0^M g_{Ef}(t) dt}{\int_0^M g_G(t) dt} = 10^{-C_{Ef}/10}$$

これらの関係を式(15)に代入すれば、

$$\begin{aligned}
C_E &= -10\text{Log} \left[\sum_f 10^{-U_{OA}/10} 10^{(U_f - C_{Ef})/10} \right] \\
&= -10\text{Log} \left[10^{-U_{OA}/10} \sum_f 10^{(U_f - C_{Ef})/10} \right]
\end{aligned}$$

したがって、

$$C_E = U_{OA} - 10\text{Log} \sum_f 10^{(U_f - C_{Ef})/10} \quad \dots (16)$$

同様な考え方で C_{Hf} のオーバーオール値を

$$C_H = -U_{OA} + 10\text{Log} \sum_f 10^{(U_f + C_{Hf})/10} \quad \dots (17)$$

で求めて、図-3に示す。

3. 等価騒音レベルの予測方法

本章では2.で示した C_{FG} 、 C_D 、 C_H を用いて、等価騒音レベルを予測する方法について述べる。自動車が定常的に走行する時の等価騒音レベルLを次の前提で導いて、式

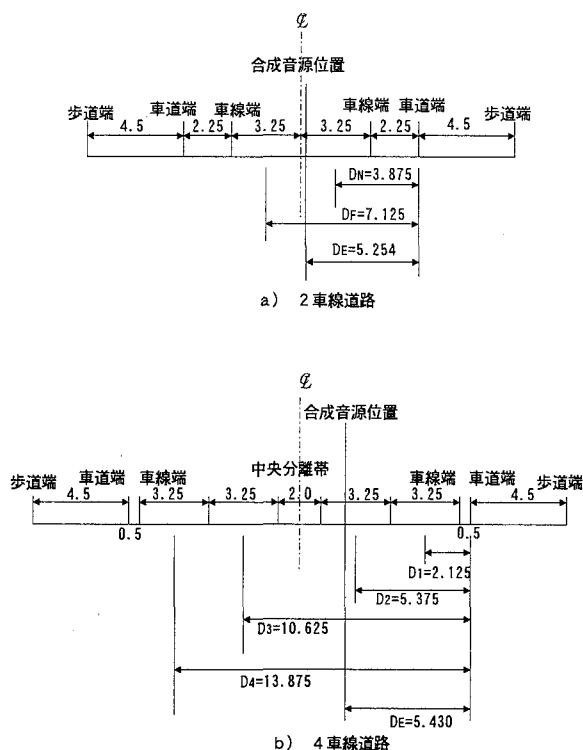


図-4 幹線道路の横断構成と音源位置 (単位: m)

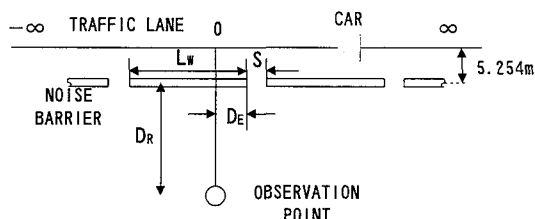


図-5 検討対象とした現場の概要

(18) ~ (22) 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同一車線上の車両は全て一定の速度、一定のパワーレベルで走行し、同一の荷重関数 $g(t)$ をもつ。
- ④音響出力の大きさはASJ Model 1998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⁸⁾。

$$L = L_B + 10 \log \int_L^R g(t) dt \quad \dots (18)$$

$$L_B = 30 \log V + 11.1 + 10 \log [Q \{4.5A + (1 - A)\}]$$

a) 無限長まで開放された平坦部直線道路区間

$$L_G = L_B + 2.6 - 10 \log (Vd) \quad \dots (19)$$

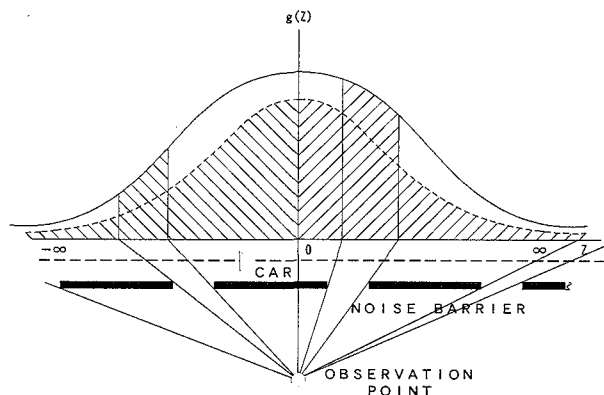


図-6 観測点に生じるタイムパターン

b) 平坦部道路区間で道路長が有限な場合

$$L_2 = L_G + C_{FG} + 3 \quad \dots (20)$$

c) 車道部端に無限長の壁を設置した場合

$$L_3 = L_G - C_D \quad \dots (21)$$

d) 車道部端の壁が有限長の場合

$$L_4 = L_G - C_D + C_H + 3 \quad \dots (22)$$

V: 車両速度 (km/h)

Q: 時間交通量 (V. P. H.)

A: 大型車の混入率

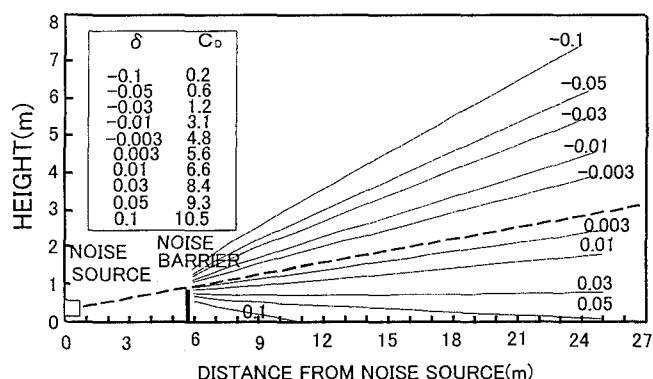
4. 車道部端の低い壁による減音量

(1) 計算の概要

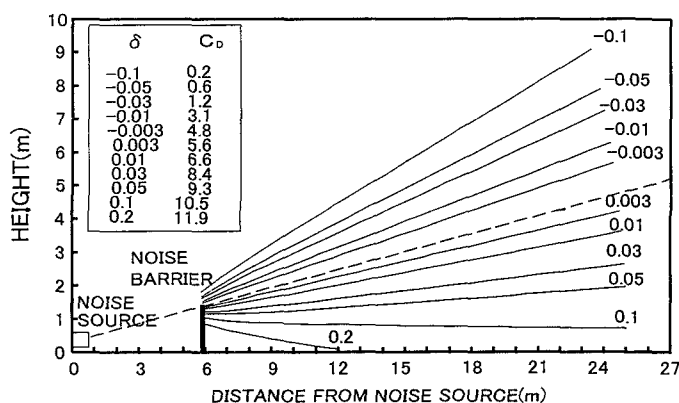
本章では、著者らが提案した計算方法^{5) 6)}を用いて、車道部端に設置した低い壁に開口部が存在することに起因する減音量の低下を理論的に検討する。

本研究では道路構造令の都市部幹線道路・B地域・2車線を想定して、音源 (2車線合成) の位置を壁から5.254m、高さ0.3mの所に仮定した (図-4 a))。この時、合成音源位置は文献9に示されている方法で求めた。また、同地域4車線の合成音源位置も壁から5.430m (図-4 b)) であり、2車線の場合と大差ない。

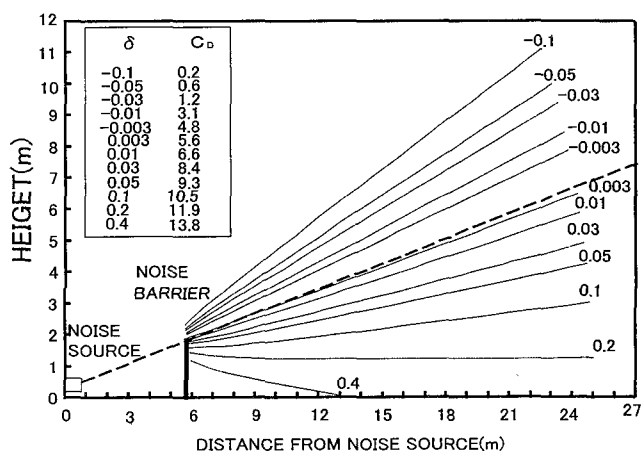
検討対象とする現場の概要を図-5に示す。車 (音源) は車道端に設置した壁の前面を通過していく。壁の長さ L_w は10, 20, 30m、壁の開口幅 S を1.5, 3, 6m、壁の端からの距離 D_e を0, 3, 5, 10, 15m、検討範囲 D_R は車道部端 (遮音壁) から約15mまで、そして、壁の高さを0.9, 1.3, 1.8mと想定した。図-6に1台の車が壁の前面を通過する



a) 壁の高さ0.9m



b) 壁の高さ1.3m



c) 壁の高さ1.8m

図-7 開口部がない無限長の壁の減音量 C_D

時、観測点に生じるタイムパターンを示す。実線は壁がない場合で、点線が開口部がない無限長の壁、斜線部が開口部がある無限長の壁がある場合のタイムパターンである。なお、横軸は式(7)で無次元化している。

(2) 開口部がない壁の減音量

開口部がない無限長の壁の減音量 C_D のコンターを図-

7に示す。コンターは行路差の関数である。なお、同じ地点でも壁の高さによって行路差は異なる。

(3) 開口部がある壁の減音量の低下

開口部がある壁の減音量の低下は、正確には、車道端(遮音壁)からの距離、壁の高さ、壁の長さ、壁の開口幅、壁の端からの距離によって異なる。しかし、

表-2 開口部がない無限長の壁の減音量 C_D からの減音量の低下

車道部端から5mの地点

		6m					3m					1.5m						
		開口幅																
		端からの距離(m)	0	3	5	10	15	0	3	5	10	15	0	3	5	10	15	
行路差(m)	-0.01	1	1	1			1	0	0				0	0	0			壁長 10 m
	-0.003	2	2	2			1	1	1				1	1	1			
	0.003	3	2	2			2	1	1				1	1	1			
	0.01	3	3	2			2	2	2				1	1	1			
	0.03	5	4	4			4	3	3				2	2	2			
	0.05	5	5	4			4	3	3				3	2	2			
	0.1	7	6	5			5	4	4				3	3	3			
0.2	8	7	6			6	5	5				4	4	4				
行路差(m)	-0.01	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20 m
	-0.003	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	0.003	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	0.01	3	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
	0.03	4	3	2	2	2	3	2	1	1	1	1	2	1	1	0	0	
	0.05	5	4	3	2	2	4	3	2	1	1	1	2	2	1	1	1	
	0.1	6	4	3	3	3	4	3	2	2	2	2	3	2	1	1	1	
0.2	7	5	4	4	4	5	4	3	3	3	3	4	3	2	1	1		
行路差(m)	-0.01	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30 m
	-0.003	2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
	0.003	2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
	0.01	3	2	1	1	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	0.03	4	3	2	1	1	3	2	1	1	0	0	2	1	1	0	0	
	0.05	5	3	2	1	1	3	2	1	1	1	1	2	1	1	0	0	
	0.1	6	4	3	2	2	4	3	2	1	1	1	3	2	1	0	0	
	0.2	7	5	4	3	2	5	4	2	2	1	1	3	2	1	1	0	

車道部端から10mの地点

	開口幅 端からの 距離(m)	6m					3m					1.5m					
		0	3	5 6	10	15	0	3	5 6	10	15	0	3	5 6	10	15	
行 路 差 (m)	-0.01	1	1	1			0	0	0			0	0	0			壁 長 10 m
	-0.003	2	2	2			1	1	1			1	1	1			
	0.003	2	2	2			2	1	1			1	1	1			
	0.01	3	3	3			2	2	2			1	1	1			
	0.03	5	4	4			3	3	3			2	2	2			
	0.05	5	5	5			4	4	4			2	2	2			
	0.1	6	6	6			5	5	5			3	3	3			
	0.2	7	7	7			6	6	6			4	4	4			
行 路 差 (m)	-0.01	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20 m
	-0.003	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
	0.003	2	2	1	1		1	1	1	1		0	0	0	0	0	
	0.01	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
	0.03	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
	0.05	4	4	4	4	3	3	3	2	2		2	1	1	1	1	
	0.1	5	5	4	4		3	3	3	3		2	2	2	2	2	
	0.2	6	6	5	5		4	4	4	4		3	3	2	2	2	
行 路 差 (m)	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30 m
	-0.003	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0.003	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0.01	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
	0.03	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	
	0.05	4	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	
	0.1	5	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	
	0.2	6	5	5	4	4	4	4	3	3	2	2	2	2	1	1	

※単位はdB、小数点以下は切り捨て

表-3 開口部中央の減音量の低下

車道部端から5mの地点

	開口幅	6m			3m	1.5m	
		端からの距離(m)	3	1.5			
行路差(m)	-0.01	1	1	0			壁長 10 m
	-0.003	2	2	1			
	0.003	3	2	1			
	0.01	4	2	1			
	0.03	5	4	2			
	0.05	6	4	3			
	0.1	7	5	4			
行路差(m)	0.2	8	6	5			20 m
	-0.01	1	0	0			
	-0.003	2	1	1			
	0.003	3	2	1			
	0.01	3	2	1			
	0.03	5	3	2			
	0.05	6	4	2			
行路差(m)	0.1	7	5	3			30 m
	0.2	8	6	4			
	-0.01	1	0	0			
	-0.003	2	1	1			
	0.003	3	1	1			
	0.01	3	2	1			
	0.03	5	3	2			
	0.05	5	4	2			
	0.1	6	4	3			
	0.2	8	6	4			

車道部端から10mの地点

	開口幅	6m			3m	1.5m	
		端からの距離(m)	3	1.5			
行路差(m)	-0.01	1	0	0			壁長 10 m
	-0.003	2	1	1			
	0.003	2	2	1			
	0.01	3	2	1			
	0.03	5	3	2			
	0.05	5	4	3			
	0.1	6	5	4			
行路差(m)	0.2	8	6	4			20 m
	-0.01	1	0	0			
	-0.003	2	1	1			
	0.003	2	1	0			
	0.01	2	1	1			
	0.03	4	2	1			
	0.05	4	3	2			
行路差(m)	0.1	5	3	2			30 m
	0.2	6	4	3			
	-0.01	0	0	0			
	-0.003	1	1	0			
	0.003	2	1	0			
	0.01	2	1	0			
	0.03	3	2	1			
	0.05	4	2	1			
	0.1	5	3	2			
	0.2	6	4	3			

※単位はdB、小数点以下は切り捨て

計算結果は割愛するが、4(1)の計算条件内では実用的には減音量の低下は、行路差、壁の開口幅、壁の長さ、壁の端からの距離の関数と考えて良い。また、壁の高さ0.9、1.3、1.8mの間で減音量の低下の差は無視できるほど小さい。

開口部がない無限長の壁の減音量 C_D からの低下を表-2に示す。これから、

- 行路差が大きくなると減音量の低下が大きくなる。
- 壁の開口幅6mが減音量の低下が最も大きい。
- 壁が長くなると減音量の低下が小さくなる。壁長10mでは中央付近でも減音量の低下が大きい。
- 車道部端（遮音壁）から5mと10mの地点では若干の差

(1dB程度)が認められる。なお、結果は割愛するが、車道部端から10m以上の所では行路差が同じなら減音量の低下の差は無視できるほど小さい。

図-7と表-2を使えば、開口部のある低い壁について、壁の高さと観測点がいろいろ異なる場合の減音量を計算できる。

(4) 壁の開口部における減音量の低下

開口部の中央に位置する観測点における減音量の低下（開口部がない無限長の壁の減音量 C_D との差）を表-3に示す。これから

- 行路差が大きくなると減音量の低下が大きくなる。

表－５ 観測点の高さ1.2mの時の減音量

開口幅	6m			3m			1.5m			
端からの距離(m)	0	3	5	0	3	5	0	3	5	
壁高(m)	0.9	2.5	3.1	3.2	3.4	3.8	3.9	4.2	4.5	4.5
	1.3	3.3	4.2	4.5	4.7	5.4	5.6	6.1	6.6	6.7
	1.8	3.6	4.7	5.0	5.2	6.1	6.3	7.0	7.7	7.9

(a)壁長10m

開口幅		6m				3m				1.5m			
端からの距離(m)		0	3	6	10	0	3	6	10	0	3	6	10
壁高(m)	0.9	2.9	3.7	4.3	4.4	3.7	4.3	4.7	4.8	4.5	4.8	5	5.1
	1.3	3.3	5.3	6.2	6.6	5.3	6.3	7.2	7.5	6.7	7.4	7.5	8.2
	1.8	4.3	5.9	7.2	7.7	6.0	7.3	8.4	8.9	7.8	8.7	9.6	10.0

(b)壁長20m

開口幅	6m					3m					1.5m					
端からの距離(m)	0	3	6	10	15	0	3	6	10	15	0	3	6	10	15	
壁高(m)	0.9	3.0	3.9	4.5	4.8	5	3.8	4.4	4.9	5.1	5.3	4.5	4.9	5.2	5.3	5.4
	1.3	4.1	5.5	6.7	7.4	7.8	5.4	6.5	7.5	8.1	8.4	6.7	7.5	8.2	8.6	8.8
	1.8	4.6	6.3	7.8	8.8	9.3	6.1	7.6	9.0	9.9	10.3	7.9	9.0	10.0	10.7	11.0

(c)壁長30m

表－６ 環境基準適合度の変化

表－４ 観測点の高さ1.2mの時の行路差 δ と補正項 C_D

壁の高さ(m)	0.9m	1.3m	1.8m
行路差 δ	0.003	0.055	0.207
補正項 C_D	5.6	9.3	12.0

	昼間	夜間	全時間帯
CASE1	15→36 (28→67)	17→29 (31→54)	13→28 (24→52)
CASE2	15→45 (28→83)	17→34 (31→63)	13→33 (24→61)

注) 単位は地点数、()内は%で、向かって左側が現状

CASE1: 減音が3.3dB見込まれる場合

CASE2: 減音が5.3dB見込まれる場合

b) 車道部端（遮音壁）から5mと10mでは1～2dBの差がある。なお、結果は割愛するが、車道部端から10m以上の所では行路差が同じなら回折減音量も、減音量の低下の差も無視できるほど小さい。

c) 壁の開口幅6mが減音量の低下が最も大きい。

d) 壁の長さで減音量の低下はかわらない。

e) 表-2の壁の端の値と殆ど差がない。従って、開口部のどの位置でも壁の端の値と差がないことが推察される。

5. 適用例

都市部幹線道路・2車線・B地域において環境基準への適合対策として有効か否かを検討する。いま、車道部端（遮音壁）から5m（つまり歩道端）、地表面から1.2mの所について、壁の高さ0.9、1.3、1.8m、開口部がない無限長の壁の減音量を表-4に示す。しかし、壁に開口部があれば、期待できる減音量は表-5の様に低下する。ただし、壁の長さが20m以上あれば、開口幅が6m

あっても高さ1.3mの壁で、壁の端と壁の開口部で3.3dB、壁から3mの所で5.3dBの減音量が期待できる。また、この時の環境基準（平成10年9月28日環境庁告示）への適合割合の変化を表-6に示す。この表から、前者で28%、後者で37%ほど全時間帯で環境基準へ適合する割合が増加することが認められる。

なお、表-6の値は以下の要領で算定した。

- ①文献10から北九州市内の54地点（主要道路沿い）での等価騒音レベルを昼間と夜間別に求める。
- ②上記①の値と環境基準値を比較して、基準に適合する地点数とその割合を算定する（環境基準適合の現状）。
- ③壁による減音が3.3dB（CASE1）、または、5.3dB（CASE2）見込まれる場合について同様な計算を行う（対策後の環境基準適合の状況）。なお、4車線の道路が54地点には含まれるが、4車線の合成音源位置は2車線の場合と大差ないので（cf. 図-4）、壁による減音量は2車線のそれと同じと仮定した。

6. おわりに

本研究では、車道部端に設置された低い壁に開口部が存在することに起因する減音量の低下と、それに伴う対策としての有効性の程度を検討し、以下の結果を得た。

1) 開口部がない無限長の壁の減音量を図-7に示す。
2) 車道部端に設置した低い壁に開口部が存在することに起因する減音量の低下を表-2, 3に示す。これから、4(1)の計算条件内では、行路差と壁の開口幅が大きくなると、また、壁の長さが短くなると、減音量の低下は大きい。また、壁の中央に行くほど小さくなる。なお、開口部の減音量の低下は、壁の端の値と殆ど差はない。

3) 都市部幹線道路・B地域において環境基準への適合対策として有効か否かを、歩道端の地表面から1.2mの所で検討した結果を表-5, 6に示す。これから、壁の長さが20m以上あれば、開口幅が6mあっても、高さ1.3mの壁で、壁の端と壁の開口部で3.3dB、壁から3mの所で5.3dBの減音量となり、前者で28%、後者で37%ほど全時間帯で環境基準へ適合する割合が増加することが認められる。

なお、車道から低い壁をはさんで建物までの距離が短く、しかも、建物の表面が反射性の場合には、建物に反射した音の影響で壁の減音量が低下することが考えられるが、この点については今後の検討課題とした。

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) 鉢嶺清範・上坂克己・大西博文：低層遮音壁の騒音低減効果とその設計、土木技術資料41-8, pp. 20-25, 1999.
- 2) 上坂克己・大西博文・鉢嶺清範・千葉隆・高木興一：低層遮音壁による減音効果の予測・評価に関する研究、土木学会環境工学研究論文集34巻, pp. 307-317, 1997.
- 3) 上坂克己・大西博文・鉢嶺清範・石川賢一・高木興一：種々の低層遮音壁による減音効果の予測・評価に関する研究、騒音制御23巻2号, pp. 99-109, 1999.
- 4) 高村貴洋・渡辺義則・中島勝哉：車道部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, pp. 300~301, 1996.
- 5) 渡辺義則・許斐敬史・高村貴洋：車道部端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, pp. 357~363, 1999.
- 6) 渡辺義則・喜洲淳哉：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. 25 No. 3, pp. 9~pp. 16, 1990.
- 7) 建設省土木研究所, (財) 国土開発技術センター：沿道の騒音分布予測手法に関する研究, 1983.
- 8) 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.
- 9) T.M. Barry, J.A. Reagan: FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model, Federal Highway Administration, FHWA-RD-77-108, 1978.
- 10) 北九州市環境局環境保全部：主要道路自動車交通騒音調査報告書（昭和62年度～平成7年度）, 1997.

車道部端に設置された開口部のある低い壁による都市部幹線道路の交通騒音の改善

渡辺義則・許斐敬史・伊東啓太郎・隈 清悟・曾我佳世

車道部端に設置した低い壁に開口部が存在することに起因する減音量の低下と、それに伴う対策としての有効性の程度を道路近傍について検討し、以下の結果を得た。

(1) 行路差と壁の開口幅が大きくなると、また、壁の長さが短くなると、減音量の低下は大きい。また、壁の中央に行くほど、減音量の低下は小さくなる。なお、開口部の減音量の低下は、壁の端のそれと殆ど差はない。

(2) 都市部幹線道路・B地域において環境基準への適合対策として有効か否かを、歩道端の地表面から1.2mの所で検討した結果、壁の長さが20m以上あれば、開口幅が6mあっても、高さ1.3mの壁で、壁の端と壁の開口部で3.3dB、壁から3mの所で5.3dBの減音量となり、前者で28%、後者で37%ほど全時間帯で環境基準へ適合する割合が増

加する。

Improvement on traffic noise of arterial road through low walls with the opening

By Yoshinori WATANABE, Takafumi KONOMI, Keitarou ITOU, Shingo KUMA and Kayo SOGA

Lowering of noise reduction quantity that originates for the low wall installed in the roadway edge for the existence of the opening and degree of the effectiveness as a countermeasure with it were examined, and following results were obtained. 1) The lowering of the noise reduction quantity is proportional to path difference and open width of the wall. In the meantime, it is inversely proportional to the length of the wall. And, it becomes small, as it goes to the center of the wall. Still, the lowering of the noise reduction quantity of the opening is seldom equal to the edge of the wall. 2) Whether it was effective as an adaptation countermeasure to the environmental standard in arterial road was examined. The height of observation point is 1.2m from the ground level in the sidewalk edge. As the result, it is possible that the wall of the 1.3m heights gives 3.3dB noise reduction quantity in edge of the wall and opening of the wall. Then, 5.3dB noise reduction quantity is given from the wall in 3m places. The wall of the length over 20m gives the above-mentioned noise reduction quantity, even if the open width is 6m. The proportion suited to the noise environment standard in all time increases formerly 28%, latter 37%.