

車道部端に設置された低い壁の開口部の存在に起因する減音量の低下*
Drops of Noise Reduction by Low Barriers on a Roadside Due to an 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

都市内の一般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、開口部の存在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、どの程度になるのかを検討した。

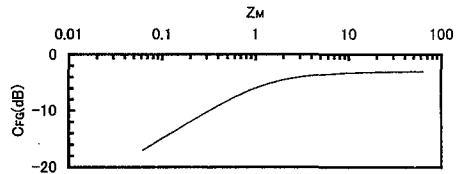
2. インサージョンロスの理論的推定法

(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、



図一1 道路長を有限と考える時の補正量

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

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

$$= 10 \text{Log} A_{1G} - 10 \text{Log} B_{2f} - 10 \text{Log} B_1$$

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

なお、

$$C_{FG} = 10 \text{Log} A_{1G} \quad \dots (3)$$

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

$$Z_M = Mv / d \quad \dots (4)$$

$g(t)$: 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

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) 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、

*キーワードズ: 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部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)

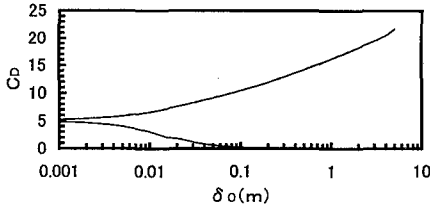


図-2 無限長の壁を設置した時の補正項

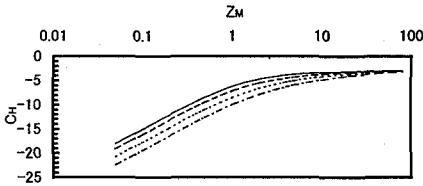


図-3 壁の長さを有限と考える時の補正項

$$C_D = 10 \text{Log} B_1 \quad \dots (5)$$

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

なお、式(3)中の $g_{Ef}(t)$ は、

$$g_{Ef}(t) = g_G(t) \times 10^{-\Delta L(t)/10} \quad \dots (6)$$

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-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、その間に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。

$$C_{Hf} = 10 \text{Log} B_{2f} \quad \dots (7)$$

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

(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、

表-1 車両の音響出力の相対レベル

	U_{OA}	相対レベル U_f (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

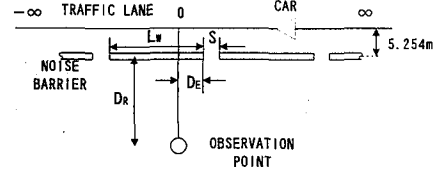


図-4 検討対象とした現場の概要

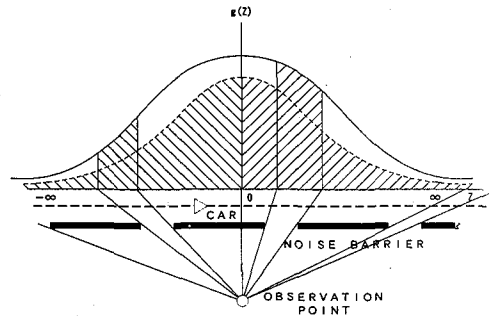


図-5 観測点に生じるタイムパターン

$$C_E \doteq 10 \text{Log} \left[\frac{\int_0^M Z_G(t) dt}{\int_0^M Z_{EOA}(t) dt} \right] \quad \dots (8)$$

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

同様な考え方で C_{Hf} のオーバーオール値を

$$C_H = -U_{OA} + 10 \text{Log} \sum_f 10^{(U_f + C_{Hf})/10} \quad \dots (9)$$

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

3. 車道部端の低い壁による減音量

(1) 計算の概要

本研究では道路構造令の都市部幹線道路・2車線・B地域を想定して、音源の位置を壁から5.254m、高さ0.3mの所に仮定した。検討対象とする現場の概要を図-4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、

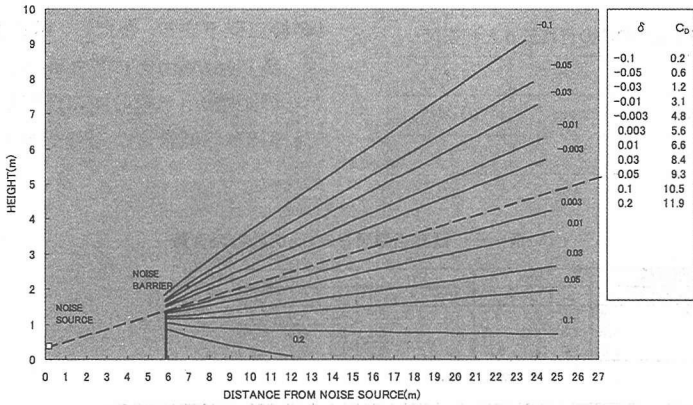


図-6 開口部がない無限長の壁の減音量 C_D (壁の高さ1.3m)

表-2 開口部がない無限長の壁の回折減音量 C_D からの低下

5m地点	開口幅	6m					3m					1.5m					壁長	
		0	3	5	10	15	0	3	5	10	15	0	3	5	10	15		
行路差	-0.01	1	1	1			1	0	0			0	0	0			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				
行路差	0.1	7	6	5			5	4	4			3	3	3			20 m	
	0.2	8	7	6			6	5	5			4	4	4				
	-0.01	1	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0			30 m
	-0.003	2	1	1	1		1	1	0	0		1	0	0	0			
	0.003	2	1	1	1		1	1	0	0		1	0	0	0			
	0.01	3	2	1	1		2	1	1	1		1	1	0	0			
0.03	4	3	2	2		3	2	1	1		2	1	1	0				
0.05	5	4	3	2		4	3	2	1		2	2	1	1				
行路差	0.1	6	4	3	2		4	3	2	2		3	2	1	1		30 m	
	0.2	7	5	4	4		5	4	3	3		4	3	2	1			
	-0.01	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	-0.003	2	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0		
	0.003	2	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0		
	0.01	3	2	1	1	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0		
0.03	4	3	2	1	1	3	2	1	1	0	2	1	1	0	0			
0.05	5	3	2	1	1	3	2	1	1	1	2	1	1	0	0			
0.1	6	4	3	2	2	4	3	2	1	1	3	2	1	0	0			
0.2	7	5	4	3	2	5	4	2	2	1	3	2	1	1	0			

※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

5m地点	開口幅	6m			3m			1.5m			壁長	
		3	1.5	0.75	3	1.5	0.75	3	1.5	0.75		
行路差	-0.01	1	1	0							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								
行路差	0.1	7	5	4							20 m	
	0.2	8	6	4								
	-0.01	1	0	0								30 m
	-0.003	2	1	1								
	0.003	3	2	1								
	0.01	3	2	1								
0.03	5	3	2									
0.05	5	4	2									
行路差	0.1	6	4	3							30 m	
	0.2	8	6	4								

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-5に1台の車が壁の前面を通過する時、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それぞれある場合のタイムパターンである。なお、横軸は式(4)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のコンターの例(壁の高さ1.3m)を図-6に示す。コンターは行路差の関数である。

(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、計算結果は割愛するが、3(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回折減音量C_Dからの低下を表-2に示す。これから、

- a) 行路差に比例して減音量の低下が大きい。
- b) 壁の開口幅6mが減音量の低下が最も大きい。

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

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、壁の端からの距離0m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。

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)			端からの距離(m)			端からの距離(m)			
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)				端からの距離(m)				端からの距離(m)				
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)					端からの距離(m)					端からの距離(m)					
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

c) 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。

なお、計算結果は割愛するが、車道端(遮音壁)から5mと10mの地点では若干の差(1dB程度)は認められるが、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-6と表-2を使えば、開口部のある低い壁(高さ1.3m)について、壁の高さと観測点がい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

開口部の中央の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回折減音量 C_D との差)を表-3に示す。これから

- (a) 行路差に比例して減音量の低下は大きくなる。
- (b) 壁の開口幅6mが減音量の低下が最も大きい。
- (c) 壁の長さで減音量の低下はかわらない。
- (d) 表-1の壁からの距離0mの値と殆ど差はない。

4. 適用例

車道端(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. おわりに

環境基準への適合対策として、4.でのべた低壁がどの程度有効かは、現在検討中である。

参考文献

- 1) 鉢嶺清範他：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) 上坂克己他：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) 上坂克己他：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) 高村貴洋他：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) 渡辺義則他：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~p.16, 1990.
- 7) 清水博他：道路環境, 山海堂, 1987.