



Title	遮音壁の高性能化
Author(s)	三輪, 剛士; 長谷部, 正基; 高田, 潤
Description	第8回衛生工学シンポジウム (平成12年11月16日 (木) -17日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 建築環境・エネルギー利用 . P3-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 8, 155-158
Issue Date	2000-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7226
Type	departmental bulletin paper
File Information	8-3-6_p155-158.pdf



3-6

遮音壁の高性能化

○三輪剛士（北海道大学大学院工学研究科）
長谷部正基（北海道大学大学院工学研究科）
高田 潤（中央コンサルタンツ(株)）

1.研究背景と目的

近年、道路交通量の増加、高速化、大型車の増加等に伴い道路交通騒音はますます深刻な問題となっている。そこで騒音対策として有効な手段である遮音壁に対する依存度が高くなっている。従来は3m程度の高さであったが、遮音性能向上の要求に伴い、ますます背の高いものが設置されている。しかし、このような背の高い遮音壁は眺望の悪化、日照の阻害、災害時の危険性の増加といった都市環境上思わしくない性質を持つ。そこで、音波の干渉を利用して、高さは同じでもより効果の高い遮音壁を設計しその有効性を検討することを目的とする。

2.管配列遮音壁の騒音低減メカニズム

遮音壁の性能を高める方法として、表面の音圧をゼロにすることが有効である(図1)。しかし、現実にこのような状態をつくる音響材料は無い。そこで本研究では、遮音壁に多数の音響管を配列し「音圧がゼロである表面」を実現する。

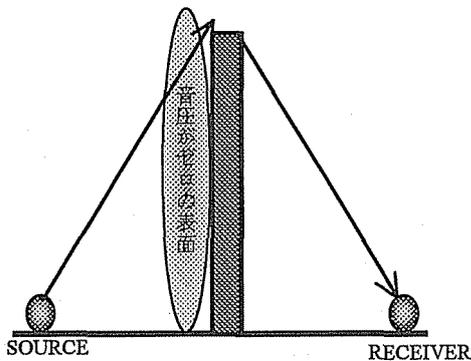
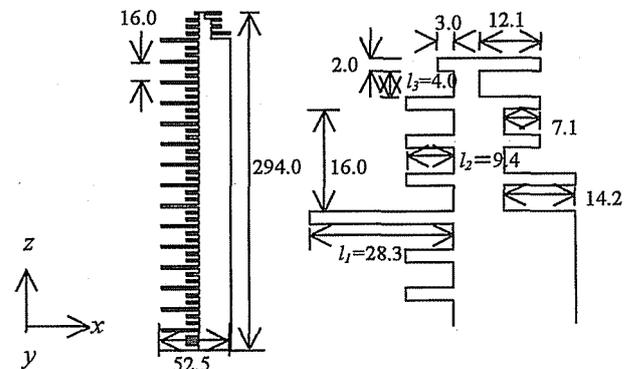


図1. 騒音低減効果を高める状態

本研究では次のような目標で新型遮音壁を設計

した。

- ・広い周波数帯域(300~2700Hz)を制御すること。
- ・制御対象周波数帯域で安定した騒音低減効果を得ること。



(1) 全体断面図 (2) 先端部

図2. 管配列遮音壁(単位: cm, y: 道路方向)

以上を目標として設計した管配列型遮音壁を図2に示す。深さ l_1 で入射波と反射波の干渉によって開口部の音圧がゼロとなる周波数 f_n [Hz]は以下のような関係式を満たす。

$$f_n = (2n+1) \cdot \frac{c}{4l_1} \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots, c: \text{音速} (=340\text{m/s})(1)$$

以後、この周波数を基本周波数と呼ぶ。管配列遮音壁の前面は深さ l_1 の音響管の中に深さ l_2 の音響管を配列している。この浅い深さ l_2 の音響管が深さ l_1 の音響管内での定在波形成の妨げとならないと仮定する。ここで、周波数を $f_0 \sim 3f_0$ へ変化させると定在波の節が深さ l_1 の開口部から管底方向に移動し(図3)、 $3f_0$ において深さ l_1 の開口部に節を形成する(図4)。

その結果、周波数 $f_0 \sim 3f_0$ では深さ $l_1 \sim l_2$ の音響管の間に、 $3f_0 \sim 9f_0$ では $l_2 \sim l_3$ の音響管の間に「音圧がゼロである表面」を形成することができる。これにより広い周波数帯域にわたり大きな騒音低減効果を得ることができる。しかし、遮音壁前面に配列した音響管では制御対象周波数帯域の一部の周波数で安定した効果が得られなかった。そこで、これを改善するために、遮音壁背後に補償用の音響管を配列した。補償用の管は基本周波数においては開口部

の音圧を低くするが、その他の周波数では逆に音圧が高くなる。そのため、これらの管の基本周波数以外の周波数に負の効果を与えることになる。

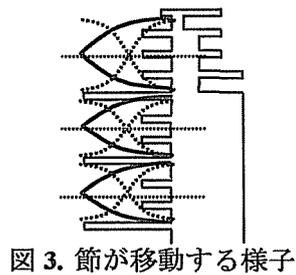


図 3. 節が移動する様子

しかし、前面に配列した音響管の効果によって遮音壁先端部で回折した音波は十分音圧が小さくなっており、補償用の管で形成される定在波は弱く、負の効果は小さいものと考えられる。

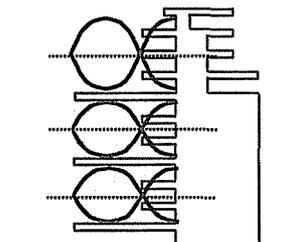


図 4. 周波数 $3f_0$ [Hz]において管内に発生する定在波

3.境界要素法による数値計算

本研究では数値解析手法として二次元境界要素法(Boundary Element Method)を用いた。境界要素法とは遮音壁および地表面を要素に分割し各線分要素の図心で算出された物理量を用いて、空間内の任意地点の物理量を求める数値解析法である。ここでは、数値計算による計算結果を述べる。まず、先に仮定した音響管としての挙動を確かめるため、音圧分布を計算した。図 5, 6 にそれぞれ 500Hz と 1200Hz のときの遮音壁先端部の音圧分布を示す。図 5 を見ると、深さ l_1 と l_2 の管の間に明瞭な節が形成されている。このことから、先に仮定したように深さ l_2 の音響管が深さ l_1 の音響管での

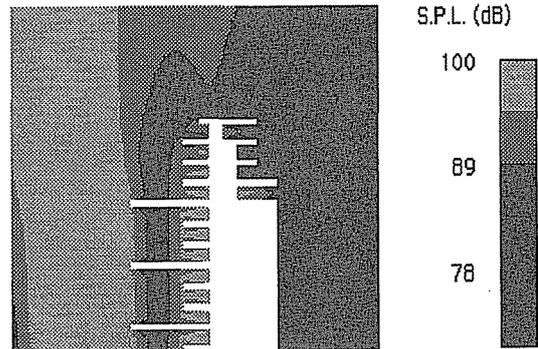


図 5. 500Hz の音圧レベル分布

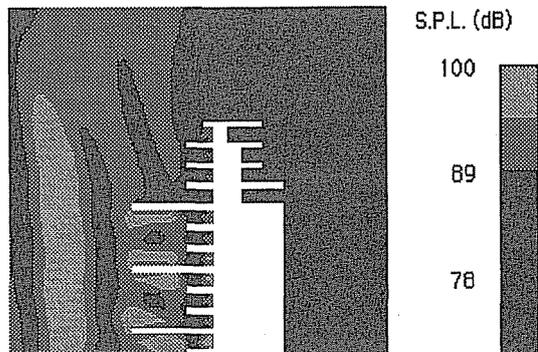


図 6. 1200Hz の音圧レベル分布

定在波形成の妨げになっていないことがわかった。また、先端部の音響管群においても定在波が見られる。さらに l_2 の基本周波数より高くなると l_2 の管内で定在波が形成されることが図 6 からわかる。

次に、補償用の管を取り付けた管配列型遮音壁の騒音低減効果を求めた。ここで、比較対象は単壁（地面に対して垂直な一枚の平板状遮音壁）と管配列型遮音壁の補償用の管の配列をとったもの（制御対象周波数は管配列型遮音壁と同じ 300～2700Hz）とした。両者とも管配列型遮音壁と同一の高さと厚さを持つものとする。数値計算によって得られた挿入損失を図 7 に示す。計算対象とした周波数は 50～2500Hz である。挿入損失とは遮

音壁設置による効果を表すもので次の式で示される。

$$IL = L_{after} - L_{before} = 20 \log_{10} \frac{|p_{after}|}{|p_{before}|} \quad (2)$$

L_{after} , p_{after} : 遮音壁設置後の音圧レベル[dB]および音圧[Pa]

L_{after} , p_{after} : 遮音壁設置後の音圧レベル[dB]および音圧[Pa]

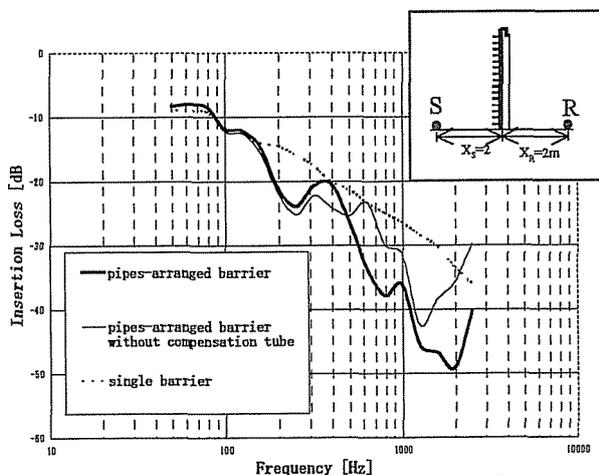


図 7. 管配列型遮音壁と単壁の挿入損失

管配列型遮音壁においてピークである 400Hz を除いて約 150~2500Hz で明らかに単壁を上まわる騒音低減効果を示している。これは制御対象周波数 (300~2700Hz) とほぼ一致する。また、補償用の管を取り付けなかった場合においてもピークである 600Hz を除いたほぼ全ての制御周波数帯域で単壁を上まわる低減効果を示している。しかし、補償用の音響管を配列したことにより 500Hz 付近から効果が高くなっている。また、補償用の管による負の効果として 300~500Hz で約 3dB の性能悪化が見られる。

以上の結果より次のようなことが分かった。

- ①制御対象周波数帯域では前面に配列した音響管により、「音圧がゼロである表面」が形成されている。
- ②補償用の管を配列したことでピークを含め広い

周波数帯域で効果が高くなった。

- ③補償用の管による負の効果を受ける周波数帯域は狭く、またその程度もわずかである。

4.境界要素法と縮尺模型実験結果の比較

計算値の妥当性を確認するために 1/10 二次元模型実験を行い、実験値との比較を行った。対象とする周波数帯域は実スケールで 100~1kHz とした。模型のスケールが 1/10 であるため 10 倍の周波数を用いる必要がある。そこで実験では 1~10kHz の周波数を用いた。数値計算および実験によって得られた挿入損失の結果を図 8 に示す。ただし、周波数は実数換算値で表している。

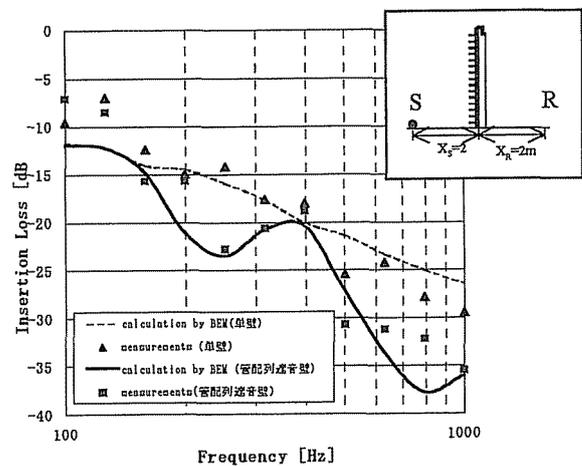
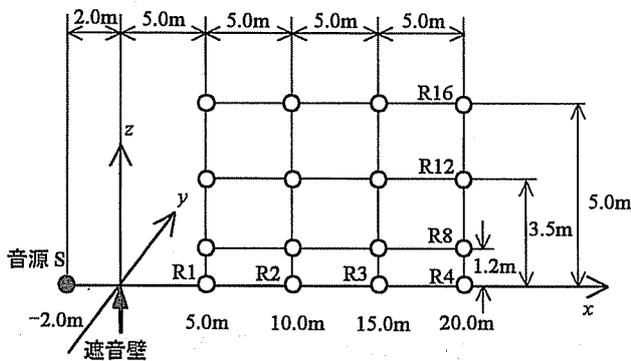


図 8. 計算値と実験値の比較

図より計算値と実験値の周波数特性はベースライン及び全体的な傾向は概ね一致しているといえる。わずかにずれているところが見られるが、この原因として、実験で用いた二次元半自由音場の不完全さが考えられる。境界要素法による計算結果が模型実験の結果と一致することが確認できた。

5. 道路交通騒音に対する遮音効果の検討

自動車騒音のスペクトルに聴感補正であるA特性補正を加えたものを音源として、境界要素法による騒音低減効果の評価を行った。評価対象とした周波数帯域は50~2500Hz, 観測点は壁背後の16点とした。なお、同一の高さと厚さをもつ単壁についても行った。以下に配置図(図9)および各観測点で算出されたA特性音圧レベルの挿入損失(表1)を示す。表中のlow pointはR1~8, high pointはR9~16を示す。また ΔL_{AVE} とは単壁より過剰に減衰した音圧レベルの平均値を示す。管配列遮音壁は全ての観測点において単壁を上回る騒音低減効果を示している。また、各観測点において約5dB(A)前後と安定した効果が得られている。また遮音壁より高い位置にある観測点(R9~16)においても単壁に比べ効果が高く(5.5dB(A)), 低位置での平均値4.9dB(A)を上まわっている。



設置位置

図9. 音源および観測点の位置

表1. A特性音圧レベルの挿入損失

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
no barrier	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
single barrier	-20.4	-18.5	-17.6	-17.2	-22.8	-21.6	-21.2	-20.7
pipes-arrange normal barrier	-25.0	-23.4	-21.9	-22.3	-29.3	-26.2	-26.0	-25.1

	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
no barrier	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
single barrier	-17.8	-19.7	-19.0	-19.4	-14.4	-17.2	-19.0	-19.7
pipes-arrange normal barrier	-23.1	-24.9	-25.5	-24.7	-19.3	-22.6	-24.5	-25.3

	low point ave.	high point ave.	all point ave.
no barrier	0.0	0.0	0.0
single barrier	-20.0	-18.3	-19.1
pipes-arrange normal barrier	-24.9	-23.8	-24.3
ΔL_{AVE}	4.9	5.5	5.2

6. 結論

本研究で得られた成果を以下に示す。

- ①管配列遮音壁は制御対象周波数帯域を広くとることができ、その帯域にわたり安定した騒音低減効果を持っている。
- ②壁背後の16観測点におけるA特性音圧レベルの評価より同一の高さと厚さを持つ単壁に比べて高い騒音低減効果を持っている。また、観測点による効果の変動も少ない。

以上の点より広い周波数成分を含む道路交通騒音対策として管配列遮音壁は有効である。

近年、高性能な遮音壁の開発が盛んに行われている。しかし効果は高いが、形状が非常に複雑だったり巨大であるために実用化が難しいものが多い。その中で、本研究で取り上げた管配列遮音壁は、形状が単純で力学的に安定しており、また騒音低減効果が高く実用的であるといえる。