



Title	音響的にソフトな面を持つ高性能遮音壁
Author(s)	永森, 一暢, 長谷部, 正基
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 9, 74-77
Issue Date	2001-11-01
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/7147
Type	bulletin (article)
Note	第9回衛生工学シンポジウム（平成13年11月1日（木）-2日（金）北海道大学学術交流会館）. 1 建築環境とエネルギー利用 . P1-15
File Information	9-1-15_p74-77.pdf



[Instructions for use](#)

1-15

音響的にソフトな面を持つ高性能遮音壁

永森一暢、長谷部正基 (北海道大学)

1. はじめに

道路交通量の増加、特に大型車交通量の増加等に伴い道路交通騒音は以前より深刻な問題となっている。その対策として、車両の改良、舗装の低騒音化などの音源対策とともに、遮音壁による伝搬経路対策が講じられ、その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、背の高さは同じに保ちながら、より効果の高い遮音壁が望まれている。そこで音波の干渉や吸音材を利用した新型遮音壁を設計し、その有効性を検討することを目的とする。

2. 音響的にソフトな面の形成

遮音壁の性能を高める方法の一つとして、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、遮音壁表面に多数の音響管を配列することで「音圧がゼロである表面」^{1), 2)}を実現する手法を採用した。

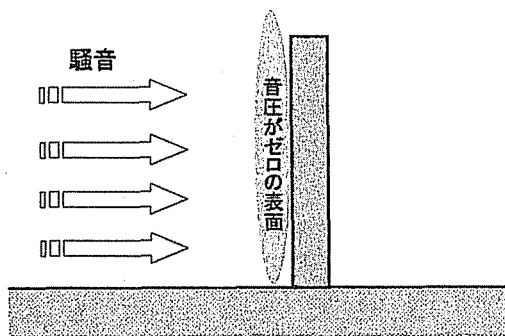


図1 騒音低減効果を高める音響的にソフトな表面

原理を図2の深さ l の片側閉管で考える。音響管の深さ l が $1/4\lambda$ の奇数倍の時に、開口部におい

て入射波と反射波の位相が $1/2\lambda$ ずれるため入射波と反射とは互いに打ち消し合い、開口部で音圧に関して節となる定在波が生じる。したがって、開口部での音圧を極めて小さくすることができる。この時、開口部が「音響的にソフトな表面」となる。

ただし開口部の音圧の大きさは周波数に依存し、(1)式を満たす基本周波数 f_n において実現される。

$$f_n = (2n+1) \cdot \frac{c}{4l} \quad (1)$$

$n = 0, 1, 2, 3 \dots$ c : 音速

これにより遮音壁の音源側表面に音響的にソフトな面を形成することができ、受音点での音圧を低くすることが可能となる。

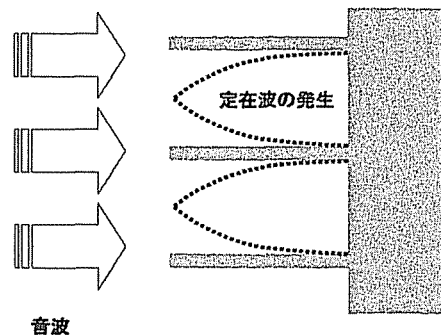


図2 音響管によって生み出される定在波

これまでの研究では音響管を遮音壁前面部すべてに配列されていたが、A.D.Rawlins³⁾によると、音響的にソフトな部分は壁先端から制御したい音波1波長分あれば低減効果があると報告している。そこで、本研究では一波長分の音響管を配列した遮音壁と遮音壁前面部すべてに音響管を配列した遮音壁を数値計算による比較を行った(図2)。遮音壁の高さは3m、周波数の計算対象は50~3150Hz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。数値計算は二次元境界要素法を用いて行った。

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

L_{after} 、 P_{after} : 遮音壁設置後の音圧レベル[dB] 及び音圧[Pa]

L_{before} 、 P_{before} : 遮音壁設置後の音圧レベル[dB] 及び音圧[Pa]

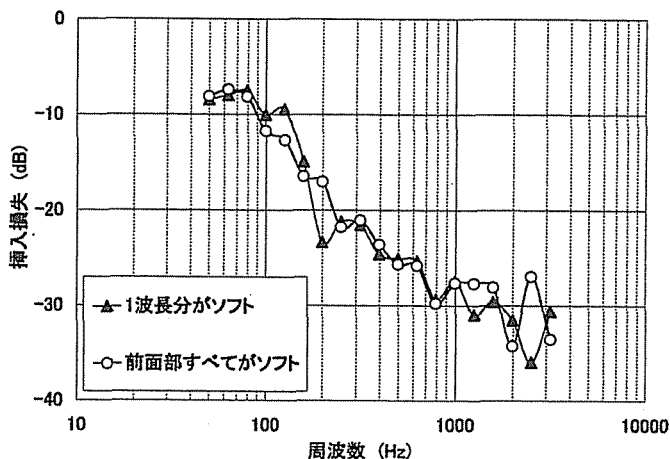


図3 ソフトな部分の長さによる挿入損失の差

この遮音壁は 300 - 900Hz の周波数を制御対象としており、図3より1波長分のソフトな部分が設置してあれば、十分な低減効果をもたらすことが分かる。

3. 音響的にソフトな面と吸音性の面を併せ持つ 新型遮音壁の開発

本研究では音響的にソフトな面に加えて、吸音性の面を併せ持つ新型遮音壁を提案する(図4)。遮音壁上部の太線は吸音材を表している。吸音材の傾斜部角度は地表面に対して 25° とした。この新型遮音壁による騒音低減のメカニズムは、垂直部に並べられた音響管により音響的にソフトな面を作り、さらに上部についた受音点側に傾斜している部分に吸音性を持った素材を採用することによって、音圧の低い領域を受音点側に引き伸ばすことが可能になり、大きな騒音低減効果が得られるというものである。吸音材は上向きになることを考慮して十分耐候性のある材質を想定している。この遮音壁と単壁(地面に対して垂直な

平面状の遮音壁)による挿入損失を図5に示す。なお音源-遮音壁、遮音壁-受音点間は共に2m、音源、受音点共に地表面上に設置しているとする。図6は数値計算で得られた新型遮音壁付近音場の音圧分布図(1500Hz)である。遮音壁前面部のソフトな部分で下げられた音圧領域が、吸音性傾斜部により受音点側に広がっているのが分かる。

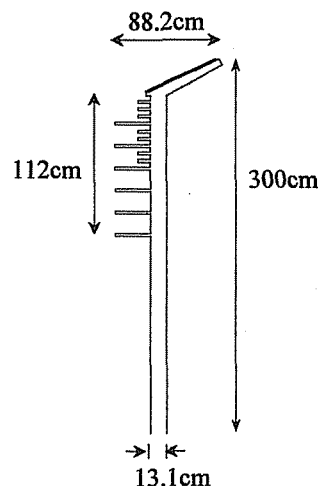


図4 新型遮音壁の断面図

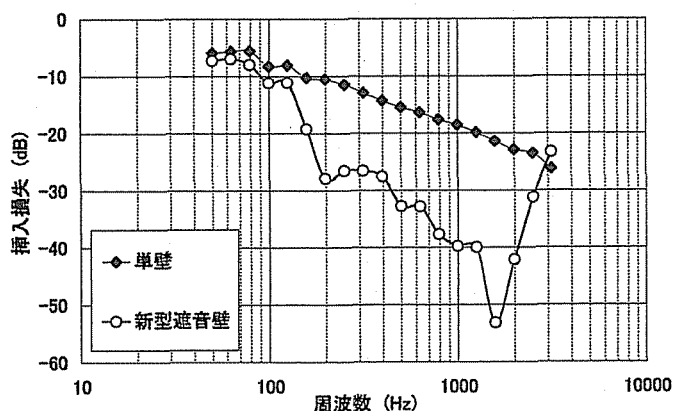


図5 新型遮音壁と単壁による挿入損失の比較

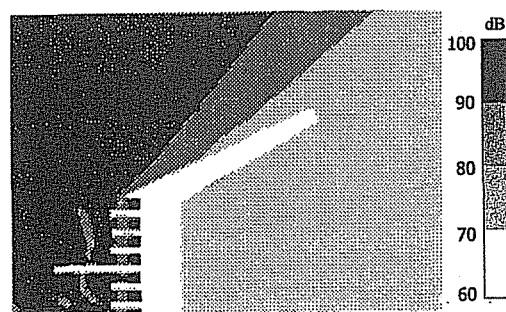


図6 新型遮音壁の先端部付近の音圧レベル分布図(1500Hz)

4. 垂直部の音響管による効果

垂直部の音響管による効果を調べるために、新型遮音壁の前面部に設置している音響管の有無に関する挿入損失の比較を行った。遮音壁—受音点間は10mに固定し、音源—遮音壁間は2~7.5mまで変化させた。その結果を図7に示す。すべての点で音響管がある遮音壁の挿入損失が上回っており、音源—遮音壁間の距離が短い状況で特に効果的であることがわかる。また音響管が無い場合でも、単壁と比べて大きな挿入損失が得られている。

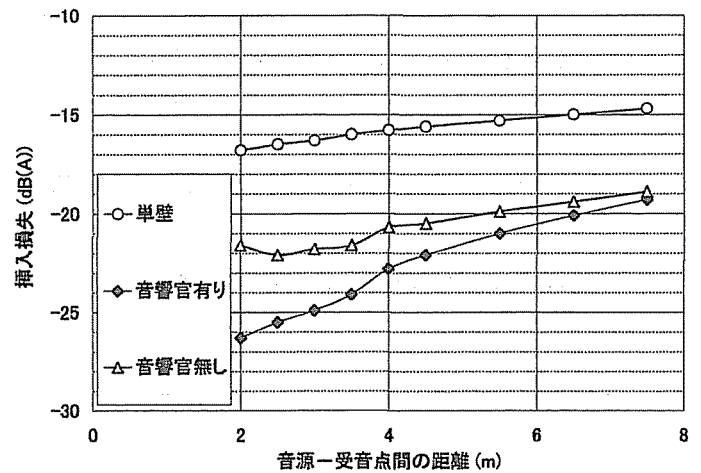


図7 音響管の有無による挿入損失の差

5. 先端傾斜部角度に関する検討

次に傾斜部の水平方向に対する角度と挿入損失との関係を調べ、最も効果的な形状を検討する。傾斜部角度を0~30度まで変化させた5パターンそれぞれについて、音源—遮音壁間を2~7.5mまで変化させることにする。そして自動車騒音のスペクトルを音源として、それぞれについて挿入損失を求め、そのデータについて聴感補正であるA特性補正を加え合成値を求めた。その結果を図8に示す。この計算において、吸音面の長さは一定としている。音源—遮音壁間の距離によって多少の差は有るものの、概して傾斜部角度が小さいものほど挿入損失が大きくなっていることがわかる。特に音源—遮音壁間の距離が大きくなるにつれて、その差は明らかとなる。

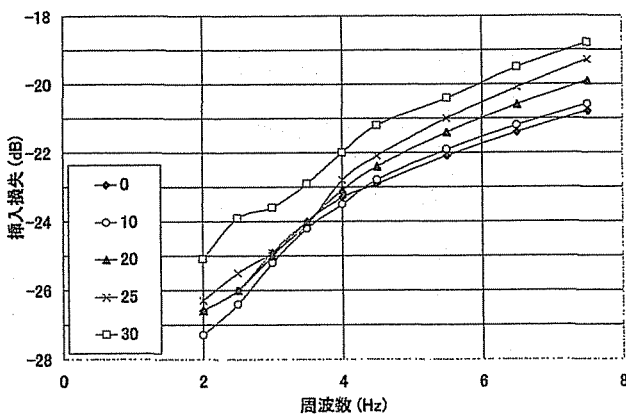


図8 音源—遮音壁間の距離に関する評価

6. 道路交通騒音に対する新型遮音壁による制御の評価

音源のスペクトルは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として、新型遮音壁に境界要素法による騒音低減効果の評価を行った。

評価方法は平成9年7月に行われた日本音響学会の騒音・振動研究会⁴⁾での「新型遮音壁の効果に関するコンペ」とし、以下の初期条件に従った。

- ①設置効果の評価は挿入損失(dB)で行う。
- ②対象は道路交通騒音とし、A特性の補正をした代表スペクトル(通常舗装および低騒音舗装)を用いる。
- ③二次元境界要素法を挿入損失算定に用いる。
- ④対象道路は代表的な既存道路および将来の高速走行道路とする。
- ⑤遮音壁の設置範囲を指定する。
- ⑥音源位置を指定する。
- ⑦評価点位置を複数指定する。
- ⑧遮音壁の直立部は剛壁とする。
- ⑨地表面および路面も剛とする。

図9に観測点の配置、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。ここでは新型遮音壁における傾斜部角度を0°とした。比較のため、同一高さの単壁についても同様の計算を行った。表中のlow pointはR1~8, high pointはR9~16を示す。また $\triangle L_{AVE}$ 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。新型遮音壁は全ての観測点において単壁を上まわる騒音低減効果を示している。単壁を基準とした挿入損失の全観測点における算術平均値 all point AVE. = -4.9dB となった。これは近年、他の研究者が提案している遮音壁（楕型（-0.7dB）、管配列（-0.6dB）、変形 T 型（-3.0dB）、水車型（-0.7dB）、円筒型吸音体（-1.2dB）、集合パイプ型（-0.2dB））に比べ非常に騒音低減効果が高い。

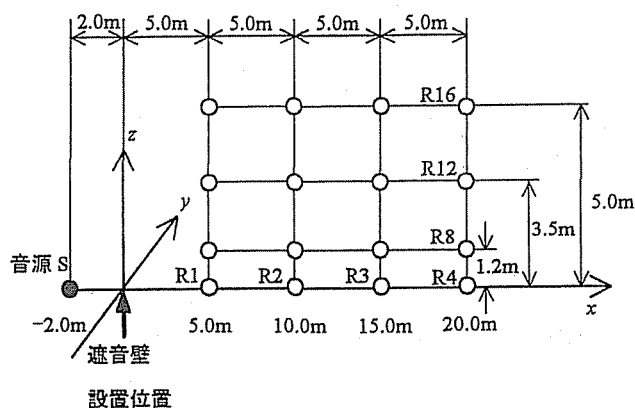


図9 音源および観測点の配置図

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	-18.3	-16.3	-15.3	-14.8	-20.8	-19.2	-17.7	-18.3
new barrier	-25.9	-22.5	-20.9	-20	-28.1	-25.7	-24.9	-23.9

	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	-14.6	-16.6	-15.9	-16.3	-6.9	-12.7	-15	-16.1
new barrier	-18.4	-20.4	-21.2	-20.8	-7.6	-15.6	-18.2	-19.4

	low point ave.	high point ave.	all point ave.
no barrier	0.0	0.0	0.0
single barrier	-17.6	-14.3	-15.9
new barrier	-24.0	-17.7	-20.8
ΔL_{AVE}	6.4	3.4	4.9

7. まとめ

音響的にソフトな面と吸音性の面を併せ持つ遮音壁は、音源－遮音壁の距離が小さい状況においてはソフトな面による効果が特に高く、また音源－遮音壁の距離が大きい状況においてはソフトな面による効果はあまり見られないものの、吸

音性のある先端傾斜部との併用によりある程度の低減効果があるという結果を得た。したがって道路交通騒音のような幅広い音源が考えられる状況において、本研究で提案する遮音壁が騒音低減に有効であると言える。単壁を1m高くすることによる効果は挿入損失で1-1.5dBの減少であることから、新型遮音壁は3mの高さで約7mの単壁と同程度の効果があることが分かった。

日本音響学会の提案する評価方法においても、数値計算による遮音性能を検討した結果（16観測点）、他の研究者が考案した遮音壁に比べ騒音低減効果に優れていることが分かった。

これまで提案されてきた遮音壁の多くは、遮音壁断面がy方向（図9）に関して均一な形状のものであった。そのため性能の評価方法に、これまで二次元境界要素法が用いられてきた。しかし本研究で扱った新型遮音壁のようにy方向で形状が変化する場合には、三次元境界要素法などを用いた新たな評価方法の検討が必要であると考えられる。

[参考文献]

- 1) 石原 泰, "道路交通騒音における回折元帥の効果に関する研究", 平成10年度修士論文
- 2) 高田 潤, "戸外での騒音伝搬における回折減衰に関する研究", 平成11年度修士論文
- 3) A.D.Rawlins, "DIFFRACTION OF SOUND BY A RIGID SCREEN WITH A SOFT OR PERFECTLY ABSORBING EDGE", Journal of Sound and Vibration (1976) 45(1), 53-67
- 4) 山本貢平, 日本音響学会・騒音振動研究会資料 N-97-32 (1997)