

VI-6

遮音壁の高性能化に関する研究

Improvement of the efficiency of the noise barrier

北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻

○学生会員

石原 泰

正会員

長谷部 正基

1. はじめに

近年の道路交通量の増大に伴って、道路交通騒音の問題はますます深刻化しており、その対策方法としての最も有効なものとして遮音壁利用が重要視されている。このため性能の良い遮音壁が社会的に求められる情勢となっており、近年、世界的にも研究活動が活発となっている。

遮音性能の良い、すなわち回折減衰効果の大きな遮音壁の開発研究の先がけは藤原によって行われた¹⁾。初期には上端部に吸音体を設置することによって上端部表面の音圧を低下させ、回折減衰効果を増大させる研究が行われた。更に、上端部に音響的に“ソフト”な表面をつくる目的で上端部に音響管を配置して回折減衰効果を増加させようとした研究も藤原のグループにより行われている。ここでソフトな表面の定義としては「表面音圧がゼロあるいは非常に小さくなる境界条件を持つ表面」とされ²⁾、この表面を実現するために、藤原は1/4波長の長さを持つ片側が閉じた音響管の配列を用いた。これは音響管開口端面への入射波と、管内底部からの反射波が打ち消し合い、音圧が0となることに依っているが、その開口端面がソフトな表面になることを確認した研究も行っている³⁾。

藤原のグループはこの考えに基づき、3m高さの遮音壁頂部に最大長さ0.4mの様々な長さを持つ音響管配列を持たせたもの²⁾や5m高さの遮音壁頂部に最大長さ0.57mの音響管配列を持たせたものを開発し、その性能について検討を行っている。これは開口端面が水平な遮音壁及び開口端面が遮音壁頂部を取り囲む形の“水車型”⁴⁾と呼ばれる遮音壁である。

以上の工夫はいずれも、複数の様々な長さを持つ音響管を配列させるというものである。開口端面で音圧がゼロになる周波数を $f_n(n=0,1,2,3\dots)$ とすると、 f_n は次式で与えられる。

$$f_n = (2n+1) \cdot \frac{c}{4l} \quad n=0,1,2,3\dots$$

しかし、音響管を遮音壁頂部付近のみに配置させるという方法のため、その長さは遮音壁の高さに比較して1/8前後と短いものとなっている。このため最低周波数 f_0 は比較的高くなり、また高次の周波数の間隔 Δf も広くなる。金らの研究の例に当てはめると次のようになる。

$$f_0=212.5(\text{Hz}), \quad \Delta f=f_{i+1}-f_i=212.5(\text{Hz}) \quad (\text{音響管の深さ } 0.40\text{m})$$

$$f_0=149.1(\text{Hz}), \quad \Delta f=f_{i+1}-f_i=149.1(\text{Hz}) \quad (\text{音響管の深さ } 0.57\text{m})$$

より効果的な減衰を得るためには、 f_0 は低く、 Δf は狭くすべきと考えられるので、この周波数の間隔 Δf の粗さを避けるために、均一な長さの音響管を使わずに様々な長さの音響管を採用している。

 Study on Improvement of the efficiency of the noise barrier

by Yasushi Ishihara

本研究では、これらの点を考慮して、音響管の長さを長くとることのできる形の遮音壁を考えた。すなわち、図-1に示すように通常の遮音壁二枚をある間隔を開けて二重にし、仕切り板を使用することによって、多数の音響管を垂直に立てて並べたものと同等なものとした。

これによって前述の研究にならい音響管による遮音壁上端部の音圧極小化によって、遮音壁背後の回折領域での音圧低減を目指した。

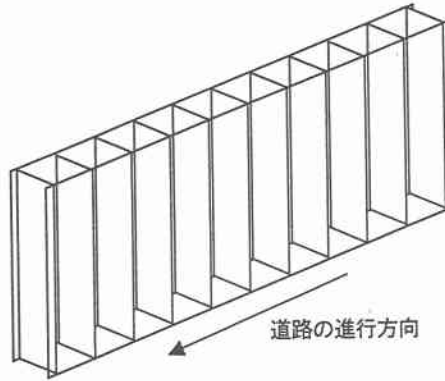


図-1 仕切りのある二重壁

2. 研究方法

縮小模型実験及び境界要素法による数値計算を用い、それらの結果を互いに比較する。更に二重遮音壁周辺の音圧分布を調べることによって自動車騒音の減衰効果に対する影響を検討した。遮音壁の高さを 3 m と設定した。そこで f_0 及び Δf は以下のものである。

$$f_0 = 28.3 \text{ Hz}, \quad \Delta f = f_{i+1} - f_i = 28.3 \text{ Hz}$$

2.1 縮小模型実験

無響室内において、実物の 1/10 の大きさを想定した遮音壁の模型を設置し、点音源に擬した音源としてホーンドライバーユニットへ内径ベニヤ合板二枚で二重遮音壁を構成し、さらに二枚の板の間に同じ厚さの仕切りを設けて角形の音響管が連続した形の遮音壁とした。数値計算及び実験での音源、遮音壁、受音点の配置図を図-2に示す。

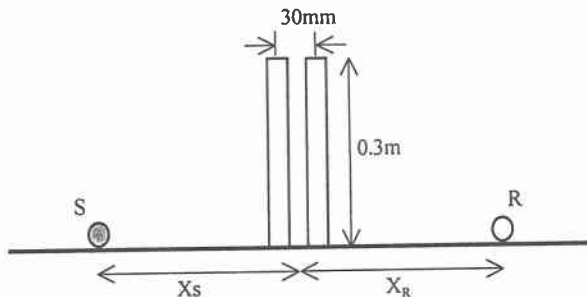


図-2 単壁の模型実験の配置

2.2 数値計算について

二次元境界要素法を遮音壁および地表面断面上へ適用することによって半自由空間内において数値計算を行った。また遮音壁、地表面は完全反射を前提とした。ソフトウェアとして Sysnoise (LMS International) を MS-Windows 上で使用した。

3. 実験結果と計算結果の比較

評価量は各周波数毎の挿入損失を用いた。挿入損失は次式によって示される。

$$\Delta L = 20 \cdot \log_{10} \left| \frac{p_{before}}{p_{after}} \right|$$

ここで、 p_{before} は地表面上に遮音壁が建っていないときに受音点で観測される音圧、 p_{after} は地表面上に遮音壁を設置した後に受音点で観測される音圧を表す。図-4 に挿入損失のスペクトルの一例を示す。

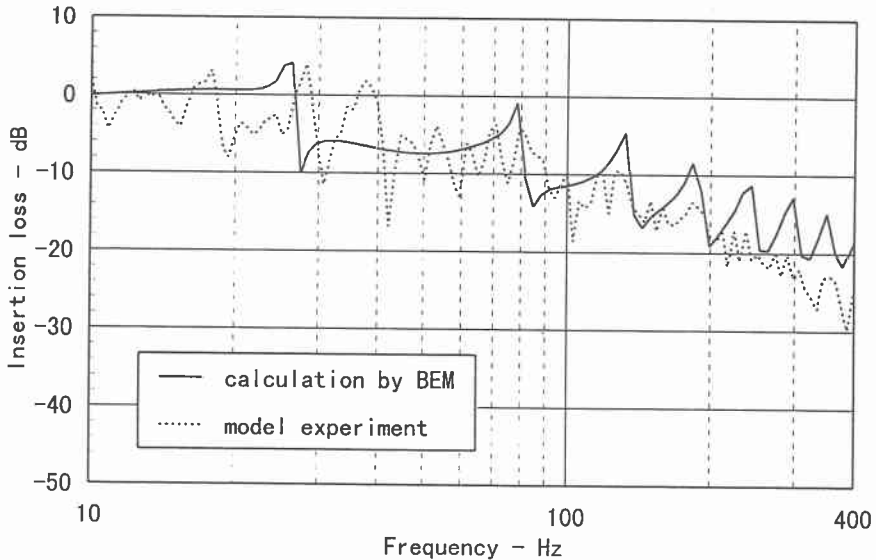


図-3 二重遮音壁の挿入損失($X_S=2m$, $X_R=6m$)

ここにおいて、模型実験結果の周波数表示は実寸法に対する周波数に変換して表示している。計算値上では明確にほぼ等しい周波数間隔において極小値が見られる。遮音壁の高さを 3m としているので、その開口端面で音圧が低下する最低周波数 $f_0=28.6\text{Hz}$ の奇数倍、85.8, 143.0, 200.2, 254.7, ... Hz におおよそ一致して挿入損失の極小が現れていることが分かる。また、これらの極小をとる周波数より若干低い周波数において極大が現れる。これは、開口端面で音圧が大きくなるモードが現れることにより挿入損失の極大が現れたものと考えられる。また 300Hz 程度以上の周波数になると水平方向に音圧の変動が現れ出し、上端部の音圧分布へも徐々にその影響が現れるものと考えられる。

4. 二重遮音壁による自動車騒音の低減

自動車騒音に対する効果を検討するため、以下の計算を行った。

自動車騒音のスペクトルは、日本音響学会道路騒音委員会が提案している ASJ Model/1993 の代表スペクトル⁹⁾を用い、これに A 特性の重みを与えて挿入損失を加えて計算を行った。二重遮音壁の間隔についても変化させてその効果を計算した。その結果を表-1 に示す。

表-1 二重遮音壁に対する A 特性音圧レベル値

		$X_S=2m, X_R=2m$	$X_S=2m, X_R=6m$	$X_S=2m, X_R=6m$
単壁(二重壁と同厚)dB(A)		56.61	52.60	50.55
二重壁 dB(A)	0.1m	53.34	50.12	48.72
	0.3m	52.23	49.11	47.84
	0.5m	51.38	48.23	46.82
	0.7m	49.47	46.75	45.72

この表から、二重遮音壁の厚さが 0.1m~0.7m と変化する場合、音源、受音点の配置が以下の 3 種類の場合、厚さが 0.2m 大きくなる毎に約 1dB の減衰の増大が見られる。また、明らかに同じ厚さを持った単壁より効果が大きいことがわかる。

5. まとめ

最低周波数を低く、周波数の間隔も狭くしたソフトな上端部をもつ遮音壁について検討を行った。その結果、次のことが得られた。

- ①自動車騒音に対する効果を見ると、二重遮音壁は同じ厚さを持った単壁より効果が大きく性能が高いと考えられる。
- ②二重遮音壁を構成する音響管の太さや深さの、自動車騒音の遮音性能に対する影響について今後検討が必要である。
- ③他の水車型遮音壁、T型遮音壁などとの性能比較が今後必要である。

参考文献

- 1) 藤原恭司, 小野一則, “円筒状エッジをもつ障壁による音波回折”, 騒音制御工学会技術発表会講論集, 153-156 (1976)
- 2) 金 哲煥, 藤原恭司, “上端に音響管配列を持つT型防音壁の遮音性能に関する研究”, 音響学会騒音振動研資 N-97-34 (1997)
- 3) K. Fujiwara, “Sound shielding efficiency of a barrier with soft surface”, Proc. Inter Noise 90, 343-346 (1990)
- 4) 大久保朝直, 藤原恭司, “ソフトな円筒エッジをもつ防音壁の遮音性能に関する研究”, 音講論集 2-3-8, 801-802 (1995)
- 5) 曾根敏夫 他, “Ⅲ 自動車走行騒音のパワーレベルとスペクトル”, 音響学会誌 50, 233-239 (1994)