

新型吸音笠木の開発

Development of a New Absorptive Device Installed atop the Noise Barriers

池田 宏 *

Hiroshi Ikeda

大森 伯万 *2

Noritaka Omori

概要 道路の防音壁頂部に設置される騒音低減効果の高い吸音笠木を開発した。この吸音笠木は、従来タイプと比較して高い遮音性能を有するとともに、施工性、加工性、経済性などに優れ、しかも、橋梁部等あらゆる道路建築限界に対応したコンパクトな吸音性パネルである。幾何音響による回折減衰の予測から、基本断面形状及びその構成を検討し、実大試作品を作製してフィールド音響実験（建設技術評価制度に準拠）を実施した。その結果、今回の吸音笠木は、従来の統一型パネルよりも防音壁背面への音の回り込みを効率的に抑えることができ、騒音低減効果が大幅に向上することを実験にて確認した。

1. はじめに

近年、我が国における高速道路や国道・県道など全国の道路沿線において、車両走行による騒音低減に対する要求が、年々増加する傾向にある。こうした騒音対策としては、車両の改良や低騒音舗装などの音源対策以外に、道路沿いに設置される防音壁による遮音対策が、最も一般的に実施されている。

ところが、最近ではこれまで以上に交通量が増加し、また車両が大型化されるに伴い、更に高い防音壁が設置される場合も少なくない。このような高い防音壁は、遮音対策としては効果があるものの、建設コストが増大するばかりでなく、道路沿線付近に対して日照障害や電波障害、さらには眺望性や景観性への悪影響や、あるいは車両運転者などに対する圧迫感をもたらすなど、新たな問題が生じ深刻さを増しつつある。

上記問題を同時に解決するには、これまでと同等の高さでありながら、より騒音低減効果・遮音性能の高い防音壁の開発が必要となる。これら課題に関するこれまでの研究から、同じ防音壁高さであっても、おおむね防音壁頂端部の音のポテンシャルを下げる（実際には吸音材料、共鳴器現象、干渉効果等を利用してポテンシャルを下げる）ことにより、防音壁背後へ回り込む回折音を減少させ、より大きな遮音効果が得られる、ということが指摘されている¹⁾。実際に、この原理を応用した防音壁の頂端部に設置する防音装置は、これまで多数、研究開発されてきた^{2)~4)}。

しかし、各開発品にはもちろん実用上の長所も多いが、同時に課題も残されているように思われる。ここで、現状の吸音装置に関する課題点をまとめると、以下ようになる。

- (1) あらゆる道路構造の道路建築限界に対応できるのか。
(すべての道路には車両等の通行の妨げにならないよう、道路建築限界があるが、それに対応可能であるか。)
- (2) 騒音低減効果に優れるか。(騒音低減効果を評価する指標として、建設省が定める画一的な建設技術評価制度があるが、その遮音性評価値が優れているか。)
- (3) 強度、施工性、加工性、耐久性などに優れ、コストへの適用性はあるか。

そこで、今回、防音壁メーカー関連5社にて、これら課題点に極力適応した開発品をイメージしながら、防音壁頂部に設置する吸音装置（以後、ここでは吸音笠木という。商標はサイレンスキーパー®）の共同開発を行ったので報告する。

2. 理論的背景

2.1 吸音笠木の基本構成

ここで対象とした開発品は、日本道路公団仕様の金属製防音壁（以後、統一型と称す）を基本としながら、統一型と同等の加工性とパネル強度で、かつ、従来と同様の現場施工性を実現することにより、全体の製造・施工等を含めたコストを極力抑えることが可能な吸音笠木をイメージした。その基本構成は、統一型と同様でグラスウールを吸音材（PVFフィルムにて保護）とした有孔板表面の長尺状金属製パネルである。

今回の開発に係わる重要なポイントは、パネル断面方向の寸法が、橋梁部等あらゆる道路構造の道路建築限界にも対応しつつ、同時に建設技術評価制度に準拠した試験方法により、その騒音低減効果をいかに向上させるか、ということにある。なお、この建設技術評価制度では、統一型の遮音性能を基準に相対比較するため、全体の高さを同一にして比較する必要がある。

* 環境・エネルギー研究所 高分子材料技術センター

*2 古河アルテック株式会社 平塚工場技術部

こうした視点から、障壁による幾何学的行路差 δ から導かれる回折減衰量、いわゆる前川チャートを利用し、基本となるパネルの二次元断面形状及び構成を検討した。

2.2 吸音笠木の形状及び構成に関する基礎検討

(1) 行路差 δ を考慮したパネルの基本形状について

フレネル数から導かれる回折減衰量のグラフ、いわゆる前川チャートを図1に示す。フレネル数($=2 \times$ 行路差 δ /波長 λ)は、単一周波数 f_0 (波長 λ_0)においては行路差 δ に比例するので、当然行路差 δ が増せば回折減衰値も大きくなる。したがって、吸音笠木断面の基本形状は、橋梁部等の道路建築限界内に収まりつつ、先程の建設技術評価制度を考慮すると、全体の高さを高くすることなく、音源と受音点とを結ぶ行路差 δ をいかに稼ぐかということになる。つまり、基本的な断面形状としては、天端部分が平坦な略三角形が考えられ、道路側と民地側の両方に建築限界内であるべく突出した断面形状を基本モデルとした。

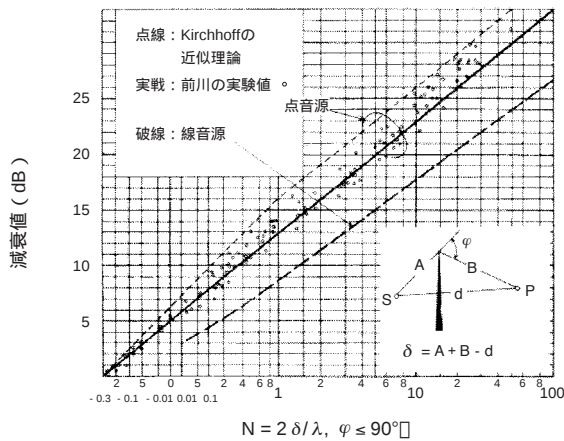


図1 半無限障壁による減衰値
Insertion loss of one-dimensional infinite barrier

(2) 吸音笠木の図面作成

強度や施工性はもちろん、製造上や輸送上、耐久性等問題が生じないように、寸法及び構成を検討し、図2に示すような吸音笠木の試作品を作製した。また、これまでの基礎的研究から報告されているように、吸音材本来の吸音特性を最大限に発揮させるため、金属表面板等でグラスウール(あるいはその保護フィルム)を圧縮しないよう⁵⁾注意してパネル設計を行った。

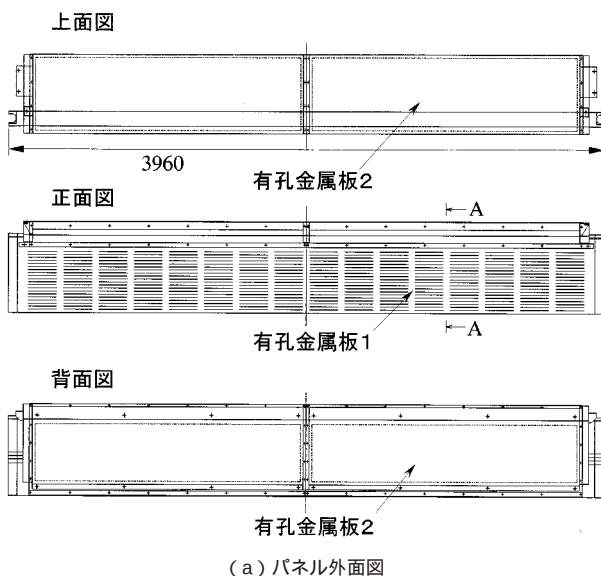
3. 音響実験

3.1 共同開発5社内フィールド音響実験(事前調査)

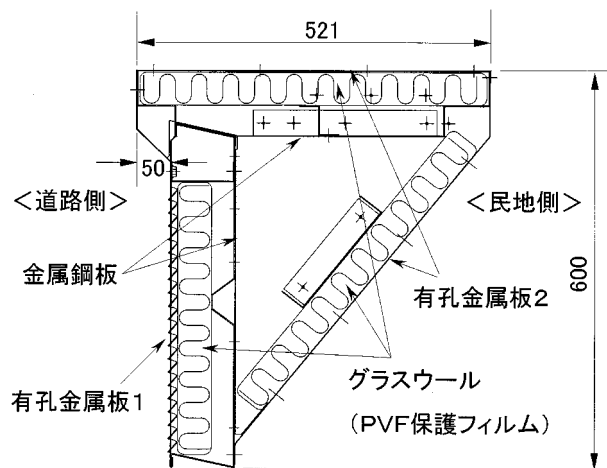
(1) 実験方法及び解析方法

共同開発5社内(以後、社内という)による、建設評価制度に準拠したフィールド音響実験(事前調査)にて、吸音笠木の遮音性能について評価した。ここで、フィールド実験における配置図を図3に、測定システムを図4に示す。フィールド実験場所としては、地面がアスファルトで、周辺には建築物など音響的な反射の影響がほとんどない現場を選定した。また、図3の平面図のように、音源を防音壁で囲むように設置し、測定点側の防音壁天端部(20 m長さ)のみ試験体を差し替えて実験を行った。音響実験に際しては、風速が約毎秒3 m未満で、S/N比が十分とれることを確認しながら、各測定点での音圧レベルを周波数分析器により直接分析した。音源は、図4のように下向きに設置したスピーカによる点音源(ピンクノイズ)で、分析周波数範囲は100 Hz ~ 5 kHzとした。

データの解析方法は、原則的に建設技術評価制度で定められた手法をそのまま利用した。最終的な遮音効果量としては、得られた分析データをもとに、道路交通騒音スペクトルに対する吸音笠木付き防音壁の挿入損失と、同スペクトルに対する統一型防音壁のみの挿入損失を、1/3オクターブバンド中心周波数帯域ごとに求め、おのこのエネルギー合成した値の差分(dB)で評価した。



(a) パネル外面図



(b) A-A断面詳細図

図2 吸音笠木図面
Drawing of absorptive device

(2) 社内基礎実験

社内的な基礎検討実験として、図2に示すような三角状笠木において、吸音材の必要不可欠な箇所を探索する目的で、三角形各辺に対し吸音材の挿入の有無で場合分けし、各ケースごとに実測した。なお、この社内実験では詳細な分布図を得るため、測定ポイントは図3又は図4に示した8点から、同スケールのエリア内で42点にそのポイント数を増やしている。

その結果、グラスウール吸音材が、三角形の全三辺にある場合に最も顕著な遮音性能を得られるが、三辺のうちどの部位の吸音材が欠如しても、遮音効果が期待できないことが確認できた。

ここで、防音壁天端部が統一型の場合（基準となる評価値）と、天端部が吸音笠木（三辺すべて吸音材入り）の場合の挿入損失量分布を図5に示す。両者の分布の違いは明確であり、吸音笠木の遮音効果が期待できることが実験的に裏付けられた。

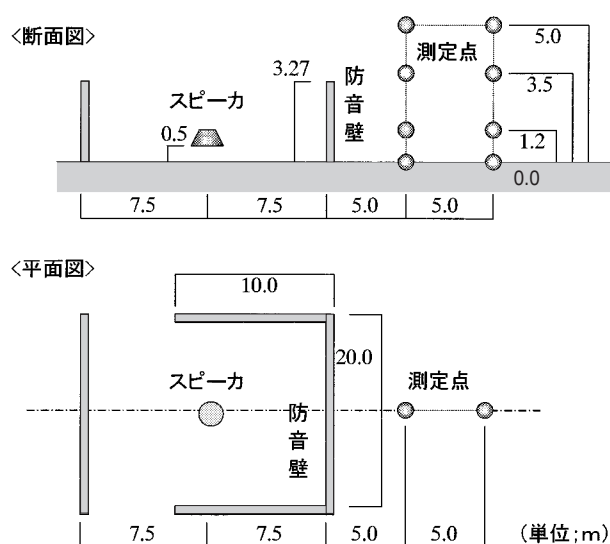


図3 フィールド測定配置図

Schematic illustration of a barrier and measurement position

そこでこれら社内実験を基に、図2に示す構成にて公的機関による評価を実施することとした。

3.2 公的機関によるフィールド評価実験（本試験）

公的機関による本試験の方法等は、図3、図4に示すとおり基本的な配置、システムは社内実験と同様である。ただし、分析方法は同期積分法による。ここで、実験風景を写真1に示す。つづいて、この評価試験により得られた実験結果を表1に示す。

これより、点音源に対して、高さ約3 mの防音壁最上段のパネルを、従来の統一型から今回の吸音笠木に変更することで、最大5.6 dB、平均でも3.3 dBの騒音低減効果が見込まれることが確認された。

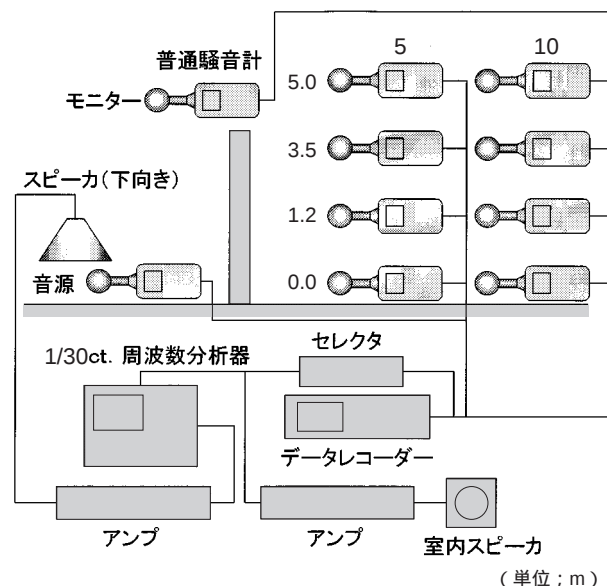


図4 フィールド測定システム

Schematic illustration of a measurement system

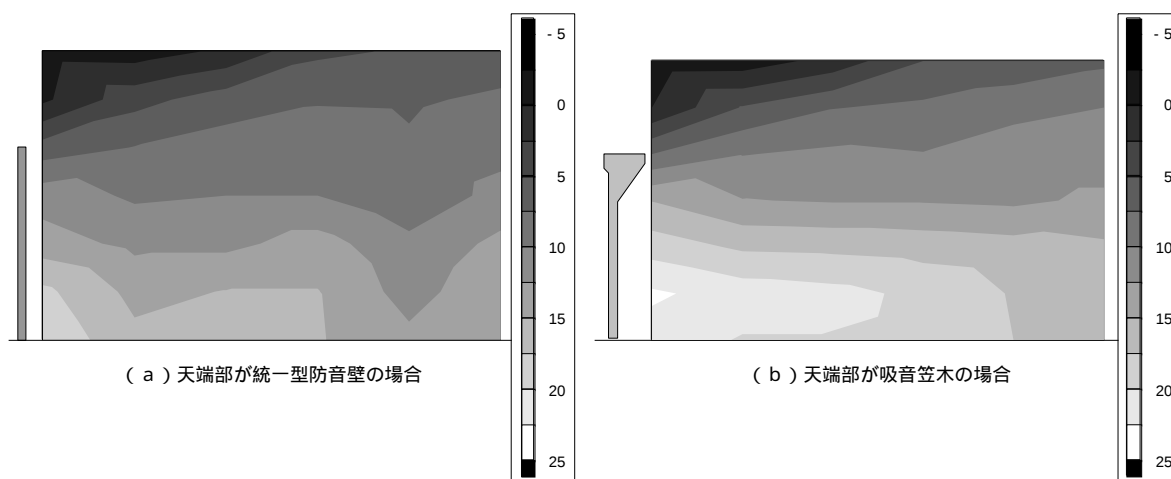


図5 フィールド実験での挿入損失 (dB) 分布

Distribution for insertion loss of a noise barrier by field experiment



(a) 吸音笠木周辺



(b) 防音壁全体

写真1 フィールド実験風景
View of the field experiment表1 各測定点での挿入損失量
Insertion loss of each receiver point

No.	S (m)	H (m)	LA (dB(A))	LB (dB(A))	D (dB)
1	5	0	21.6	16.5	5.1
2	10	0	18.5	13.9	4.6
3	5	1.2	21.7	16.1	5.6
4	10	1.2	19.6	15.7	3.9
5	5	3.5	12.4	10.5	1.9
6	10	3.5	12.7	9.6	3.1
7	5	5	6.3	5.2	1.1
8	10	5	9.1	7.9	1.2
		平均	15.2	11.9	3.3

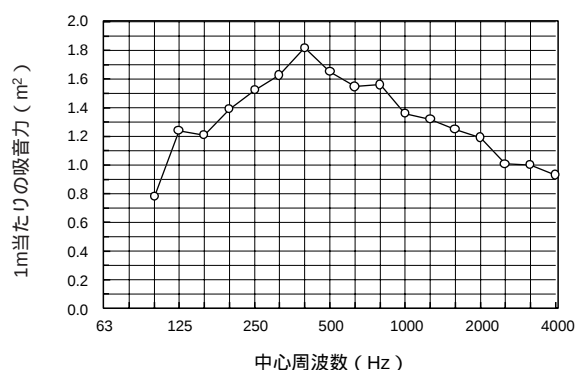
S: 防音壁からの水平距離

H: 地面からの高さ

LA: 吸音笠木の挿入損失

LB: 統一型防音壁の挿入損失

D: 差分

図6 残響室を用いた吸音力試験結果
Results of absorption power in a reverberant room

3.3 その他基本特性評価

同公的機関の残響室による、1 m 当たりのパネル吸音力試験と、社内によるパネル強度試験を実施し、その結果をおおの図6と表2に示す。この結果より、パネルの基本特性としてはほぼ問題ないものと思われる。

4. 考察

4.1 挿入損失量の比較

これまで他の構成で開発されてきた類似品のうち、建設技術評価制度に準拠した評価結果と今回の結果を比較すると、表3のようになる。同表では、他社品C(Y型)が最も挿入損失量が大きく優れているが、橋梁部での建築限界には対応が困難なため、小型化が課題となっている。このように、吸音笠木のサイズにより遮音効果の上下があるが、本開発品は、橋梁部等あらゆる建築限界に対応可能なコンパクトなサイズでありながら、遮音性能に優れていると考えられる。

4.2 遮音効果に関する考察

図5から明らかなように、防音壁頂部に吸音性のパネルを設置することにより、遮音効果が発現するが、その形状及び吸音特性等でもその効果が大きく変化することをフィールド実験にて確認できた。

ところが、今回の吸音笠木が、図5あるいは表1のような効果を発現する理論的なメカニズムについては、まだ明確でない。

表2 吸音笠木の強度試験結果
Results of bending test of absorptive device

項目	位置	208 kg/m ² 載荷 (mm)	302 kg/m ² 載荷 (mm)
たわみ量	A点	4	7
	B点	8	11
残留歪み量	A点	0	1
	B点	0	1
目視観察	載荷後の試験体には、問題となるような歪みや、部位の変形はなかった。		

また、この吸音笠木を設置することによる遮音効果は、フレネル数に対する減衰値グラフ(図1)から行路差を逆算することにより、統一型にして概略2~3 m程度の嵩上げ効果(今回の実験から言うと、全体の高さは5~6 mの統一型防音壁に相当する)を有することが幾何音響学的に計算できる。

これら厳密な議論は、今後、境界要素法を用いた解析に基づいて進める予定である。

表3 各社開発品の挿入損失量比較

Comparison of other type's insertion loss of each receiver point

No.	水平距離 (m)	高さ (m)	当社笠木	他社品A (円筒型)	他社品B (円筒型)	他社品C (Y型)
1	5	0	5.1	2.4	2.5	6.6
2	10	0	4.6	1.2	1.6	6.2
3	5	1.2	5.6	3.2	2.7	8.2
4	10	1.2	3.9	1.4	1.7	5.9
5	5	3.5	1.9	0.3	0.9	4.2
6	10	3.5	3.1	0.6	0.6	3.5
7	5	5	1.1	0.9	1	1.4
8	10	5	1.2	- 0.2	0.4	2.1
		平均	3.3	1.3	1.4	4.8

5. 実施工例

ここで、実際の高速道路（供用中）に施工された例を写真2に示す。防音壁全体の高さは約5 mで、施工区間は片側124 mである。実際の施工に関しては、従来の統一型防音壁とほとんど同等の施工性でもあることから、防音壁頂部の吸音笠木のみを全長124 m施工するのに要した時間は10時間弱であった。これより、単純な施工時間は1 m当たり約5分であり、従来品と比較しても施工時間の短縮が期待できる。

6. まとめ

今回、新しい吸音笠木の開発を行ったが、一連のフィールド実験及び実施工等で分かったことを以下にまとめる。

- (1) これまでの類似品に対して同レベルあるいはそれ以上の遮音性能を有することが実験的に確認できた。
- (2) 橋梁部等あらゆる道路建築限界にも対応できるコンパクトな吸音笠木である。
- (3) 従来の統一型防音壁と同等の施工性であり、パネル強度、加工性、メンテナンス性、経済性に優れる。

7. おわりに

技術評価制度に準拠した試験結果は、おおむねこれまでの既存類似品と比較して遮音性（挿入損失）に優れることが分かったが、その実際の道路での騒音低減効果と理論的なメカニズムの解明が、今後の課題である。

最後に、今回の共同開発にあたり御指導、御助力頂いた（株）イシクラ殿、神鋼建材工業（株）殿、（株）トクヤマ殿、日本軽金属（株）殿、各社（五十音順）の関係各位に深く感謝致します。



(a) 道路側



(b) 民地側

写真2 実施工例
Example of the construction

参考文献

- 1) 藤原恭司：吸音性円筒エッジをもつ防音壁の遮音性能について，日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集（1987）pp.257 - 260
- 2) 田矢晃一他：回折エッジに吸音材を取り付けた遮音壁の効果について，日本音響学会騒音研究会資料N88 - 07 - 03（1988）
- 3) 渡辺敏幸他：分岐型遮音壁の騒音低減メカニズム，日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集（1996）pp.171 - 174
- 4) 庄野豊他：遮音壁の形状と厚さについての境界要素法による減音効果の考察，騒音制御 Vol.22, No.5（1998）pp.288 - 298
- 5) 杉江聡他：表面保護をした多孔質繊維材の吸音特性，日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集（1995）pp.317 - 320