

道路用吸音パネル

Sound Absorption Panel for Roads

野川 宏彦^{*(1)}
Hirohiko NOGAWA

松本 守弘^{*(2)}
Morihiro
MATSUMOTO

抄 録

高架併設道路及び掘割道路などでは自動車騒音の反射が沿道の騒音レベルの上昇を招いていることがあり、遮音壁などの従来の対策だけでは十分な効果が得られない場合がある。そこで高架道路の裏面、掘割壁面などにおける反射音を軽減するためこれらの箇所に設置する吸音板の開発を行った。吸音機構は縦繊維ロックウール材の従来から知られている材料内部での摩擦損失に起因する吸音作用が主体となっている。騒音の入射方向に平行なロックウール繊維の集合体を100mm厚のコア材とし、表裏面の鋼板と連続ラインで張り合わされたサンドイッチ構造で高い強度を有し軽量で作業性良好なパネルである。

Abstract

Noise from automobile reflects the ceilings and walls in overpasses and canals, and may causes noise pollution in residential areas along the streets. As conventional measures, like sound insulation walls, do not work well in these areas, we started developing a new sound absorption board in order to reduce this noise pollution by them to the ceilings and walls of roads. The mechanism of the well-known sound absorbing characteristic of mineral wools is that it causes a loss of friction inside the material. The board which we developed is a kind of mineral wool sandwich panel with dual metal facings with a thickness of 100mm. The direction of mineral wool fiber is parallel to the direction of incoming sound. This material is affixed to both sides of the steel plates on a consecutive line using a sandwiching structure and while it is lightweight enough to allow easy installation, it is also has high strength.

1. 緒 言

道路用吸音パネルの開発について金属外皮のサンドイッチパネルをイメージし、次の項目を目標として開始した。施行イメージと吸音板の概念を図1、図2に示す。

(1)種々の道路箇所などにおいて、新技術を応用した吸音板を設置することにより反射音が沿道騒音に与える影響を大きく低減できる効果を有すること。具体的には平均斜入射吸音率0.9以上を目標とした。

- (2)適切な強度、安全性を有するとともに、設置により既存の構造に構造上の影響を著しく与えないこと。
- (3)景観的に良好であること。
- (4)設置作業及び維持管理が容易であること。
- (5)芯材の両面に金属板を接着剤で接着したサンドイッチ構造であること。
- (6)連続ラインで生産できること。

開発された吸音板は、吸音材として縦繊維ロックウールを使用し、表面板としてパンチングメタル及び背面板としてとして維持点

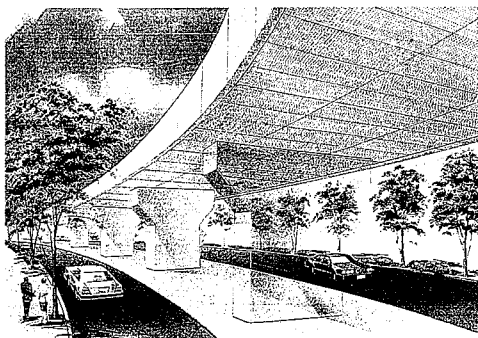


図1 施工イメージ

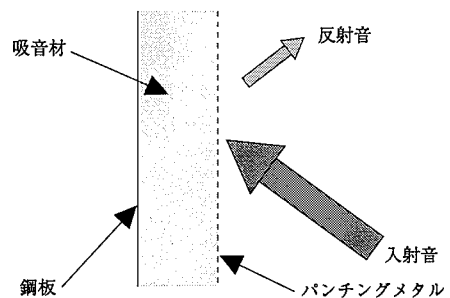


図2 吸音板の概念

*⁽¹⁾ 日東紡績(株) エンジニアリング事業部 音響システム部 係長
東京都中央区日本橋富沢町5-5 ☎103-0006 ☎(03)3660-8570

*⁽²⁾ 大同鋼板(株) 技術開発部 建材開発グループ 部長代理

検歩路を兼ねる遮音層により構成される。縦繊維ロックウールの吸音率が従来の横繊維方向の吸音材に比べて、各周波数帯域において数%の高い吸音性能が得られていることと、吸音材厚さ75~100mm付近に吸音率の最大値が存在する傾向を予備実験で確認し、またパネルの厚み方向に繊維方向をそろえるほうがパネル強度が上昇することを参考に開発を進めた。

2. 吸音性能評価

2.1 予備実験

ロックウールの密度、厚み、繊維方向の吸音率への影響及び表面材の吸音率への影響を調査した。試験片の大きさは100mm角で、音響管により垂直入射吸音率を測定し、それを平均斜入射吸音率に変換した(図3参照)。まず音響管を用いて2-microphone法でロックウール内の音の伝播定数、特性インピーダンスを測定する。測定された数値を用いて複素反射係数を求め、各角度における斜入射吸音率を予測した。

2.1.1 ロックウールの密度、厚さ、繊維方向について

ロックウールの密度、厚さ、繊維方向について吸音率への影響を調査した(表1参照)。

評価項目	評価結果
密度: 80~150kg/m ³	80~100 kg/m ³
厚さ: 50~150mm	75mm以上
繊維方向: 縦, 横	縦
表面材はなしで実験した	

2.1.2 表面材の影響

表面材の加工寸法、開口率の吸音率への影響を調査した(表2, 図4参照)。

評価項目	評価結果
開口率: 0.4~0.6	
孔径φ: 2~12mm	目立った影響なし
孔ピッチP: 3~15mm	

表1 ロックウールの斜入射吸音率への影響

試料厚み(mm)	50	75	100	125	150	175	200
横繊維密度	80kg/m ³	0.908	0.922	0.914	0.909	0.914	0.909
	100kg/m ³	0.900	0.872	0.863	0.864	0.866	0.866
	120kg/m ³	0.867	0.850	0.844	0.844	0.845	0.845
	150kg/m ³	0.793	0.786	0.786	0.787	0.786	0.786
縦繊維密度	80kg/m ³	0.867	0.933	0.938	0.932	0.929	0.928
	100kg/m ³	0.908	0.920	0.909	0.906	0.906	0.907
	120kg/m ³	0.883	0.886	0.883	0.881	0.881	0.881
	150kg/m ³	0.809	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791

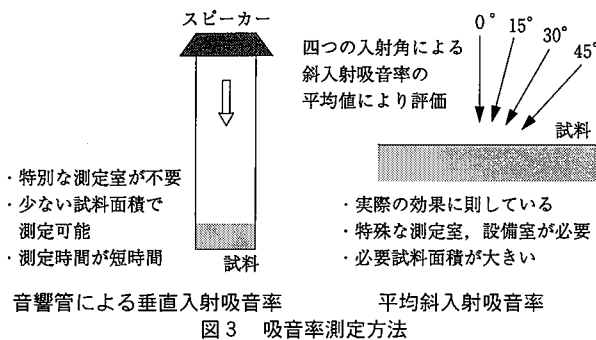


表2 表面材の斜入射吸音率への影響

表面材加工寸法(mm)	開口率	平均斜入射吸音率
表面材なし	1.0	0.892
2φ×3P	0.402	0.885
3φ×4P	0.509	0.891
6φ×9P	0.402	0.891
7φ×10P	0.444	0.898
8φ×10P	0.579	0.895
9φ×12P	0.509	0.900
10φ×13P	0.536	0.897
10φ×15P	0.402	0.904
12φ×15P	0.579	0.893

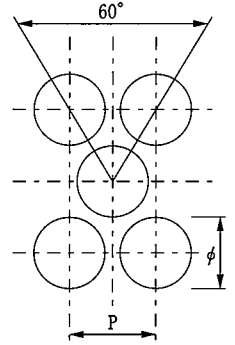


図4 パンチング加工寸法

表3 ライン試作パネルによる斜入射吸音率測定結果

No.	ロックウール密度(kg/m ³)	パネル厚(mm)	孔寸法(mm)	開孔率(%)	平均斜入射吸音率
1	80	100	9φ×12P	50.9	0.90
2	100	75	9φ×12P	50.9	0.87

使用したロックウール

密度: 100kg/m³, 厚み: 100mm, 繊維: 縦

2.2 パネルによる斜入射吸音率測定

上記予備試験のデータを参考に2種類のパネルをラインで試作し、斜入射吸音率を測定した。

2.2.1 試験方法

- ・試験室: 半無響室(7×8×6(m))
- ・試験体: 床面に設置(20m²以上)
- ・音の入射角度を0°, 15°, 30°, 45°の4種類とし、各々の条件で反射音を測定する。(測定周波数範囲: 400~4 000Hz)

2.2.2 試験結果

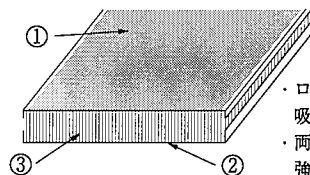
表3に示すようにNo.1のパネルが目標の平均斜入射吸音率0.9以上を達成した。

3. パネル仕様

2.2のパネルによる斜入射吸音率の測定結果から、平均斜入射吸音率0.9のもので基本的なパネル仕様を考えた(表4, 図5参照)。

表4 構成材料

No.	品名	材質	規格	特記事項
①	パンチングメタル	SUS304 ふっ素樹脂塗装	厚さ: 0.4mm	パンチング 9φ×12P(mm)
②	遮音板	着色亜鉛めっき鋼板	厚さ: 0.5mm	
③	吸音材	縦繊維 ロックウール	密度: 80kg/m ³	
参考	パネル重量(100×1 000×長さ(mm))			単重: 16kg/m ²



- ・ロックウールの繊維は厚み方向に配置し、吸音率及びパネル強度をアップする。
- ・両面の外皮はロックウールと接着させ、強度及びフラット性を良くする。

図5 パネル見取り図

4. パネル性能

3章のパネル仕様に基づき各種性能を確認した。

4.1 吸音性能

平均斜入射吸音率は0.9であるが、1000Hzを境に高周波側のほうが吸音率が少し高く、低周波側では若干低くなる傾向がある(図6参照)。

4.2 パネル強度

単純曲げ試験により許容曲げ応力度を算出し、単位面積当たりの許容風圧荷重を求めた。試験方法はJIS A 1414-1994の中の単純曲げ試験に準じて行った。試験結果を表5、図7に示す。

4.3 耐久性

4.3.1 塩水噴霧試験

塩水噴霧試験により、主としてパネル表面材の耐食性及び外皮と吸音材との接着性の変化を評価した(表6参照)。

・試験方法：JIS Z 2371

試験片寸法：100厚×70×150(mm)

パンチング面に塩水が当たるように試験した。

・試験結果：2000時間で異常なし。

4.3.2 紫外線蛍光ランプ試験

紫外線蛍光ランプ試験により、吸音材の劣化による吸音性能の変

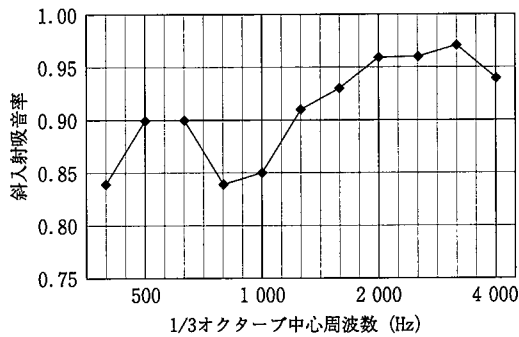


図6 斜入射吸音率

表5 許容曲げ応力度

支点間距離 L(mm)	載荷面	たわみ δ_{max} (mm)	荷重 F(kgf)	許容曲げ応力度 σ_{max} (kgf/cm ²)
2200	遮音側	12.9	325	199
許容曲げ応力度： $\sigma = (FL/8Z)$				
断面係数： $Z = I/e$ (cm ³)				45.0
I：断面二次モーメント(cm ⁴)				225.2
e：中立面と表面材間距離(cm)				5.0

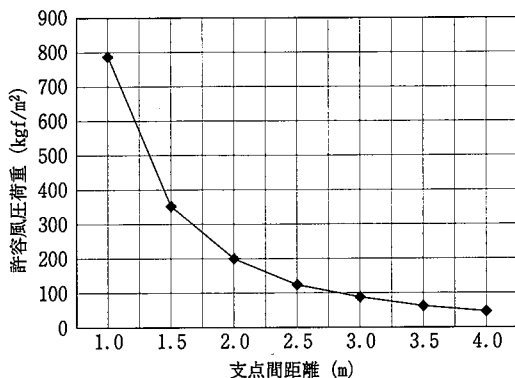


図7 支点間距離と許容風圧荷重の関係

表6 塩水噴霧試験結果

試験時間(h)	500	1000	1500	2000
レイティングナンバ 法による採点結果	10	10	10	10

表7 紫外線蛍光ランプ試験後の垂直入射吸音率

試験時間(h)	0	1000	1500	1750	2000
平均吸音率	0.58	0.56	0.59	0.58	0.60

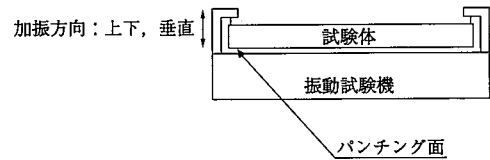


図8 振動試験

化及び外皮と吸音材の接着性の変化を評価した(表7参照)。

・試験方法：JIS K 7350-3

(プラスチック実験室光源による暴露試験方法第3部紫外線蛍光ランプ)

・試験片寸法：25mm厚×30mmφ, 25mm厚×100mmφ

・パンチング面を試験面とし、暴露試験後音響管による垂直入射吸音率を測定し、吸音率の経時変化を確認した。

・試験結果：2000時間では吸音効果の低下は見られなかった。

また外皮と吸音材との接着性も異常はなかった。

4.3.3 振動試験

高架道路の天井に取り付けられることを考慮し、道路の振動による吸音材の分離及び外皮の剥離など、長期間の振動によるパネルの異状発生の有無を評価した(図8参照)。

・試験方法：JIS Z 0232(パネルの周囲にアルミ枠を取り付け、試験天面の両端部(取付部4箇所)を治具で上方向から固定(宙吊り)した状態で試験を行った。)

・試験体寸法：105mm厚×1000mm幅×1445mm長

・総重量：28.5kg

・試験条件

振動数：4 Hz

加速度：2.9m/s²(0.3G)

加振方向：上下，垂直

加振時間：72h

・試験結果：異常なし

5. 試験結果について

吸音材としてのロックウールをパネルの芯材としたが、繊維を音の入射方向と平行に配置することにより、斜入射吸音率に対してまたパネルの強度に対しても良い方向となった。ロックウールの密度が低くなればパネル強度も低下することは従来から分かっていることであり、吸音性能試験時のロックウールの密度は80kg/m³を下限とした。結果として密度80kg/m³のものの吸音性能が最も良く、厚みについては75~100mm付近に吸音率の最大値が存在する傾向が見られた。

パンチング加工寸法に関しては、実験で確認したように開口率が0.4以上であれば孔の径及びピッチは吸音率に影響しない。ある程度の開口率があれば吸音効果は変わらないと考える。

パンチング外皮の耐食性、耐候性を考慮して、原板にSUS304を用い、塗装材にはふっ素樹脂を使用した。着色亜鉛めっき鋼板などを用いると、塩水噴霧試験500時間でエッジクリーブが発生するため建物の内側にしか使用できない。

紫外線によるロックウールの劣化及び接着剤の劣化を紫外線蛍光ランプ試験で評価した。吸音率については経時で若干良くなっている傾向があり、ロックウール表面のバインダーが紫外線により分解され、それに従って吸音率が良くなったと考える。ただし、吸音率の変化を見ればバインダーの分解は表層部のみと思われる。接着性に関しては変化は確認できず、接着層には紫外線が当たらないと思われる。

6. 結 言

高架道路の天井での音の反射による騒音公害を防止することを主な目的として吸音パネルの開発を始めた。このため、平均斜入射吸音率0.9以上と最もグレードの高い吸音性能を目標としたので、パネル厚み100mmと厚いものになった。パネルの形状は直方体(図5参照)と単純なものにして、使用される部位により補助金具を装着し、使用部位に取り付けるようにした。写真1は天井吸音用パネルの例である。

壁用など要求される吸音レベルが低いものについても、既に開発を開始しており、厚みも薄く、用途によってはパネル自体にジョイ

ント部を持たせたものも、ライン試作を終了している。

パネル性能の確認試験により判明したように、軽量で強度があり、吸音性能が高く、耐久性の良いパネルを連続生産で得られるようになった。ダブルコンベアによる連続生産のため吸音材(芯材)と外皮材(パンチング面含む)が接着剤で接着され、従来にない高い強度と平坦性が得られる。

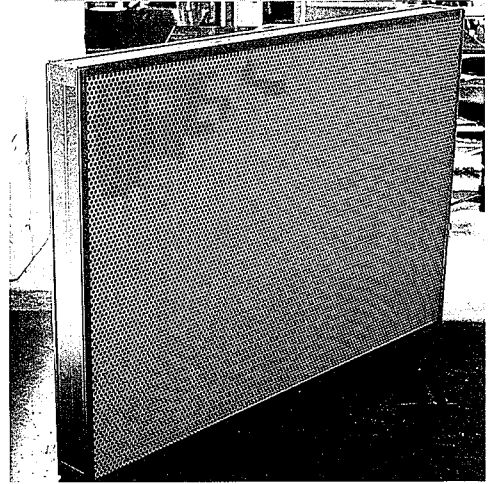


写真1 天井吸音パネル