

明 細 書

発明の名称：透光性吸音パネル

技術分野

[0001] 本発明は、透光性および透視性を有し、道路、鉄道、工場等より発生する騒音を低減させる透光性吸音パネルに関する。

背景技術

[0002] 透光性および透視性を有し、道路、鉄道、工場等より発生する騒音を低減させる透光性吸音板として、特許文献1には、多数の孔を設けた膜状材料である透光性吸音材と透光性遮音板とを空気層を介して対向させた透光性防音板が開示されている。また、特許文献2には、透明樹脂薄膜をアルミニウム製エキスパンドメタルと透明穴明樹脂板とで挟持した透光型膜振動吸音板が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2002-146727号公報
特許文献2：日本国特開2007-303080号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1の透光性防音板では、膜状材料である透光性吸音材の面剛性が低いために、入射する音波に対して透光性吸音材が振動することで、孔部を通過する音波の孔部に対する相対速度が低下し、吸音性能が劣化する。そこで、透光性吸音材をエキスパンドメタル等で補強することが考えられるが、補強材の追加により透光性および透視性が低下する。

[0005] また、特許文献2の透光型膜振動吸音板では、透明樹脂薄膜を挟持するアルミニウム製エキスパンドメタルが透光性および透視性を低下させている。

[0006] アルミニウムなどの金属材料は、例えば0.1mm厚の多孔箔にして内部吸音材として使用すれば、面剛性が高いために振動し難く、吸音性能を発揮

する。しかし、金属材料を使用すれば、吸音性の向上と引き換えに透光性および透視性が低下する。逆に、金属材料の使用を控えれば、透光性および透視性の向上と引き換えに吸音性が低下する。このように、吸音性と透光性および透視性とをそれぞれ向上させるのは困難である。

[0007] 本発明の目的は、吸音性を向上させ、且つ、透光性および透視性を向上させることが可能な透光性吸音パネルを提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明は、以下の透光性吸音パネルを提供する。

(1) 音源に面しており、透光性および透視性を有する材料を含み、多数の貫通孔を備えた表面多孔板と、

前記音源に対して前記表面多孔板の背後に配置され、透光性および透視性を有する材料からなる背面遮音板と、

前記表面多孔板と前記背面遮音板との間の空間を複数の空間に分離するように前記表面多孔板と前記背面遮音板との間に配置され、透光性および透視性を有する材料からなり、多数の貫通孔を備えた内部多孔板と、を有し、

前記内部多孔板の板厚が0.2 mm以上1.5 mm以下であることを特徴とする透光性吸音パネル。

[0009] 上記の構成によれば、内部多孔板の板厚が0.2 mm未満であると、内部多孔板の面剛性が低くなって内部多孔板が振動することで、貫通孔を通過する音波の貫通孔に対する相対速度が低下し、吸音性能が劣化する現象が起こる。また、内部多孔板の板厚が1.5 mmよりも厚いと、低コストで穿孔できる貫通孔の孔径が大きくなり、吸音率が低下する。そこで、内部多孔板の板厚を0.2 mm以上1.5 mm以下にする。すると、内部多孔板の面剛性が向上して振動し難くなるとともに、低コストで穿孔できる貫通孔の孔径が小さくなるので、吸音率が向上する。そして、補強のための金属材料を用いていないので、透光性および透視性が向上する。よって、吸音性を向上させ、且つ、透光性および透視性を向上させることができる。

[0010] (2) 前記内部多孔板の開口率を α 、前記内部多孔板の板厚を t 、前記内

部多孔板の前記貫通孔の孔径を d 、前記内部多孔板の板部分の密度を ρ 、空気密度を ρ_0 としたときに、前記内部多孔板の前記板部分の面密度を前記内部多孔板の前記貫通孔部の空気の面密度で除した値であって以下の式で表わされる面密度比 η が 1.0 以上であることを特徴とする (1) に記載の透光性吸音パネル。

$$\eta = \rho \cdot t \cdot (1 - \alpha) / (\rho_0 \cdot (t + 0.8 \cdot d) / \alpha)$$

[0011] 上記の構成によれば、面密度比 η が 1.0 よりも小さい、即ち、貫通孔における空気の質量と比較して内部多孔板の板部分の質量が相対的に小さい場合、板部分が振動し易くなり、板部分の振動速度が大きくなるため、貫通孔を通過する空気の振動速度と板部分の振動速度との相対速度が低下し、粘性減衰による吸音効果が効率良く発揮され難くなる。そこで、面密度比 η を 1.0 以上にする、即ち、貫通孔における空気の質量と比較して内部多孔板の板部分の質量を相対的に大きくすると、板部分が振動し難くなり、板部分の振動速度が小さくなるため、貫通孔を通過する空気の振動速度と板部分の振動速度との相対速度が大きくなる。これにより、粘性減衰による吸音効果を効率良く発揮させることができる。

[0012] (3) 前記内部多孔板の材料が樹脂であることを特徴とする (1) 又は (2) に記載の透光性吸音パネル。

上記の構成によれば、樹脂製の内部多孔板とすることで、コストを抑えることができるとともに、多数の貫通孔を穿孔し易くすることができる。

[0013] (4) 前記内部多孔板が複数設けられて、互いに離隔されていることを特徴とする (1) ~ (3) のいずれか 1 つに記載の透光性吸音パネル。

上記の構成によれば、内部多孔板を複数設けることで、音波が複数層の貫通孔を通過するようになるので、吸音性能を向上させることができる。

[0014] (5) 前記複数の空間の各々に設けられ、透光性および透視性を有する材料を含む仕切り板を更に有し、

前記内部多孔板は、2 枚以上の前記仕切り板により挟持されていることを特徴とする (1) ~ (4) のいずれか 1 つに記載の透光性吸音パネル。

上記の構成によれば、内部多孔板を2枚以上の仕切り板で挟持して、内部多孔板の振動を抑制することで、吸音性能を向上させることができる。そして、仕切り板が透光性および透視性を有しているので、金属材料で内部多孔板を挟持するのに比べて透光性および透視性の低下を抑えることができる。

- [0015] (6) 複数の前記仕切り板が、前記表面多孔板から前記背面遮音板にかけて前記内部多孔板を挟みながら一直線に整列されていることを特徴とする(5)に記載の透光性吸音パネル。

上記の構成によれば、複数の仕切り板を一直線に整列させることで、表面多孔板が受けた風荷重を複数の仕切り板と背面遮音板とで受け止めることができる。よって、パネル全体の強度を向上させることができる。

- [0016] (7) 前記表面多孔板の板厚が2 mm以上3 mm以下であることを特徴とする(1)～(6)のいずれか1つに記載の透光性吸音パネル。

上記の構成によれば、表面多孔板の板厚が2 mm未満であると、表面多孔板が強度不足となり、例えば、道路における風荷重の基準値である300 kg/m²を満足できなくなる。また、表面多孔板の板厚が3 mmよりも厚いと、コストが高くなるとともに、多数の貫通孔を穿孔するのが難しくなる。そこで、表面多孔板の板厚を2 mm以上3 mm以下、好ましくは2 mmにする。これにより、表面多孔板の強度が向上するので、道路における風荷重の基準値である300 kg/m²を満足することができる。また、コストを抑えることができるとともに、多数の貫通孔を穿孔し易くすることができる。

- [0017] (8) 前記表面多孔板の材料が樹脂であることを特徴とする(1)～(7)のいずれか1つに記載の透光性吸音パネル。

上記の構成によれば、樹脂製の表面多孔板とすることで、コストを抑えることができるとともに、多数の貫通孔を穿孔し易くすることができる。

- [0018] (9) 前記背面遮音板の板厚が5 mm以上16 mm以下であることを特徴とする(1)～(8)のいずれか1つに記載の透光性吸音パネル。

上記の構成によれば、背面遮音板の板厚が5 mm未満であると、パネル全体が強度不足になるとともに、背面遮音板の遮音性能が低下することでパネ

ルの音響透過損失が、例えば道路における基準を下回る。また、背面遮音板の板厚が16mmよりも厚いと、コストが高くなる。そこで、背面遮音板の板厚を5mm以上16mm以下、好ましくは8mmにする。これにより、パネル全体の強度を十分に確保することができるとともに、背面遮音板の遮音性能が向上することでパネルの音響透過損失を道路における基準値以上に向上させることができる。また、コストを抑えることができる。

[0019] (10) 前記背面遮音板の材料が樹脂であることを特徴とする(1)～(9)のいずれか1つに記載の透光性吸音パネル。

上記の構成によれば、樹脂製の背面遮音板とすることで、コストを抑えることができる。

[0020] (11) 前記表面多孔板の一部の領域に多数の前記貫通孔が密集して設けられていることを特徴とする(1)～(10)のいずれか1つに記載の透光性吸音パネル。

上記の構成によれば、表面多孔板の一部の領域に多数の貫通孔を密集して設けた場合、表面多孔板における貫通孔の数や開口径、開口率が同じであるという条件下であれば、多数の貫通孔を分散させて設けた場合に比べて、表面多孔板における穿孔されていない領域が広くなる。そのため、貫通孔を分散させて設けるのに比べて視認性を向上させることができる。

発明の効果

[0021] 本発明の透光性吸音パネルによると、内部多孔板の板厚を0.2mm以上1.5mm以下にすることで、内部多孔板の面剛性が向上して振動し難くなるとともに、低コストで穿孔できる貫通孔の孔径が小さくなるので、吸音率が向上する。そして、補強のための金属材料を用いていないので、透光性および透視性が向上する。よって、吸音性を向上させ、且つ、透光性および透視性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]透光性吸音パネルの斜視図である。

[図2]透光性吸音パネルの断面図である。

[図3]仕切り板と枠部材とを示す斜視図である。

[図4]図4 (a) ~ (b) は、貫通孔を通過する音波の貫通孔に対する相対速度を示す図であり、図4 (a) は面密度比 η が1.0よりも小さい場合を示し、図4 (b) が面密度比 η が1.0以上の場合を示す。

[図5]表面多孔板を示す平面図である。

[図6]透光性吸音パネルの吸音率を示すグラフである。

[図7]透光性吸音パネルの吸音率を示すグラフである。

[図8]透光性吸音パネルの吸音率を示すグラフである。

[図9]面密度比と吸音率比との関係を示すグラフである。

[図10]面密度比と吸音率比との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。

[0024] (透光性吸音パネル)

本実施形態の透光性吸音パネル1は、斜視図である図1、および、図1のA-A断面図である図2に示すように、矩形で枠状の外枠7と、外枠7の一方の短辺の中央と他方の短辺の中央との間に設けられて外枠7の長辺に平行な中枠8と、を有している。

[0025] 外枠7は、長辺の長さが2mで短辺の長さが1mであり、4つの直線状の枠材7a~7dを矩形に組み合わせることで枠状に形成されている。この長辺の長さおよび短辺の長さは、これらに限定されず、適宜変更可能である。枠材7a~7dおよび中枠8は、アルミニウムからなる断面H字状の押出型材であり、アルマイト処理されることで、耐食性および耐摩耗性が向上されている。なお、枠材7a~7dおよび中枠8は、透光性や透視性を有する材料からなってもよい。

[0026] また、透光性吸音パネル1は、図示しない音源に面しており、多数の貫通孔11を備えた表面多孔板2と、音源に対して表面多孔板2の背後に配置された背面遮音板3と、表面多孔板2と背面遮音板3との間の空間を複数の空間9に分離するように表面多孔板2と背面遮音板3との間に配置され、多数

の貫通孔 14 (14 a, 14 b) を備えた 2 枚の内部多孔板 4 (4 a, 4 b) と、を有している。表面多孔板 2、背面遮音板 3、および、2 枚の内部多孔板 4 a, 4 b は、空間 9 を挟んで互いに離隔されている。なお、内部多孔板 4 の数は 3 以上であってもよいし、1 以下であってもよい。

[0027] 表面多孔板 2、背面遮音板 3、および、2 枚の内部多孔板 4 (4 a, 4 b) の各々は、外枠 7 および中枠 8 が形成する 2 つの枠 10 a, 10 b 内にそれぞれ収納されている。ここで、図 1 においては、奥行きや部材間の関係が分かりやすいように、図中右側の枠 10 b において、表面多孔板 2、背面遮音板 3、および、2 枚の内部多孔板 4 a, 4 b をそれぞれ一部のみ図示している。しかし、実際には、透光性吸音パネル 1 を表面側から背面側にかけて貫通するような開口は存在せず、表面多孔板 2、背面遮音板 3、および、2 枚の内部多孔板 4 (4 a, 4 b) の各々は、2 つの枠 10 a, 10 b 内にそれぞれ隙間なく収納されている。

[0028] 表面多孔板 2、背面遮音板 3、および、内部多孔板 4 は、透光性および透視性を有する材料からなっている。本実施形態において、表面多孔板 2、背面遮音板 3、および、内部多孔板 4 の材料はポリカーボネートである。なお、表面多孔板 2、背面遮音板 3、および、内部多孔板 4 の材料は、塩化ビニル、メタクリル樹脂、スチロール樹脂、ABS 樹脂、フッ化エチレン樹脂、アクリル樹脂などの合成樹脂やゴムであって透光性や透視性を有する材料や、透明または半透明のガラスなど透光性や透視性を有する材料であってもよい。表面多孔板 2、背面遮音板 3、および、内部多孔板 4 は、両面が耐候性処理されている。

[0029] このように、ポリカーボネート製の内部多孔板 4 とすることで、コストを抑えることができるとともに、多数の貫通孔 14 を穿孔し易くすることができる。また、ポリカーボネート製の表面多孔板 2 とすることで、コストを抑えることができるとともに、多数の貫通孔 11 を穿孔し易くすることができる。また、ポリカーボネート製の背面遮音板 3 とすることで、コストを抑えることができる。

- [0030] 表面多孔板 2 の貫通孔 1 1 は、この貫通孔 1 1 を通過する空気に対して粘性減衰作用を生じさせる。また、内部多孔板 4 (4 a, 4 b) の貫通孔 1 4 は、この貫通孔 1 4 を通過する空気に対して粘性減衰作用を生じさせる。貫通孔 1 1, 1 4 を通過する空気に粘性減衰作用が生じると、空気振動 (音) が熱エネルギーへと変換され、空気振動に減衰が生じるので、比較的広い周波数帯域で音波が吸音される。そして、内部多孔板 4 a, 4 b を複数設ければ、音波は複数層の貫通孔 1 4 を通過するようになるので、吸音性能を一層向上させることができる。
- [0031] また、表面多孔板 2、内部多孔板 4 a、および、内部多孔板 4 b の開口率は、音源から遠ざかるにつれて段階的に小さくなるように設定されている。本実施形態において、表面多孔板 2 の開口率は 10% 以下であり、内部多孔板 4 a の開口率は 1% 以下であり、内部多孔板 4 b の開口率は 0.5% 以下である。このように、音源から遠ざかるにつれて開口率が小さくなるように設定することで、音源からの音を段階的に低減することができ、その結果、広帯域の音を低減することができる。
- [0032] なお、内部多孔板 4 a, 4 b を複数設ければ、吸音性の向上と引き換えに透光性および透視性が低下する。そのため、吸音性よりも透光性および透視性を重視する場合には、内部多孔板 4 を 1 枚または 0 枚にしてもよい。
- [0033] ここで、表面多孔板 2 の貫通孔 1 1、および、内部多孔板 4 (4 a, 4 b) の貫通孔 1 4 (1 4 a, 1 4 b) は、それぞれパンチング加工により形成されている。このように、パンチング加工で貫通孔 1 1, 1 4 を形成することで、多数の貫通孔 1 1, 1 4 を低コストで穿孔することができる。なお、レーザーやドリルで貫通孔 1 1, 1 4 を穿孔した場合、樹脂製の表面多孔板 2 や内部多孔板 4 の孔部が白色化して視認性が低下するという問題があるが、パンチング加工の場合にはこのような問題が生じない。
- [0034] また、透光性吸音パネル 1 は、2 つの枠 1 0 a, 1 0 b 内の各々に、これら枠 1 0 a, 1 0 b の内周に沿った矩形で枠状の 3 つの枠部材 6 (6 a, 6 b, 6 c) を有している。枠部材 6 の各々は、塩化ビニールからなる。これ

ら枠部材 6 (6 a , 6 b , 6 c) は、図 2 に示すように、表面多孔板 2 と内部多孔板 4 a との間、内部多孔板 4 a と内部多孔板 4 b との間、および、内部多孔板 4 b と背面遮音板 3 との間にそれぞれ配置されることで、外枠 7 および中枠 8 に対して表面多孔板 2、背面遮音板 3、および、2 枚の内部多孔板 4 (4 a , 4 b) をそれぞれ位置決めする役割を果たしている。本実施形態において、各枠部材 6 (6 a , 6 b , 6 c) のパネル厚み方向 (図 2 の上下方向) の厚みは 25 mm であり、各枠部材 6 (6 a , 6 b , 6 c) のパネル平面方向 (図 2 の左右方向) の厚みは 20 mm である。これにより、表面多孔板 2 と内部多孔板 4 a との間隔、内部多孔板 4 a と内部多孔板 4 b との間隔、および、内部多孔板 4 b と背面遮音板 3 との間隔は、それぞれ 25 mm に設定されている。

[0035] また、透光性吸音パネル 1 は、複数の空間 9 の各々に設けられた仕切り板 5 (5 a , 5 b , 5 c) を有している。仕切り板 5 の各々は、透光性および透視性を有する材料からなる。本実施形態において、仕切り板 5 の材料はポリカーボネートである。なお、仕切り板 5 の材料は、塩化ビニル、メタクリル樹脂、スチロール樹脂、ABS 樹脂、フッ化エチレン樹脂、アクリル樹脂などの合成樹脂やゴムであって透光性や透視性を有する材料や、透明または半透明のガラスなど透光性や透視性を有する材料であってもよい。仕切り板 5 は、両面が耐候性処理されている。

[0036] 仕切り板 5 は、3 枚の仕切り板 5 a , 5 b , 5 c を 1 組としたときに、図 1 に示すように、枠 10 a および枠 10 b に 3 組ずつ、外枠 7 の短辺に平行に設けられている。そして、3 組の仕切り板 5 により、外枠 7 の長辺は 4 分割されている。なお、仕切り板 5 は、外枠 7 の長辺を 3 分割するように、枠 10 a および枠 10 b に 2 組ずつ設けられていてもよいし、外枠 7 の長辺を 5 分割するように、枠 10 a および枠 10 b に 4 組ずつ設けられていてもよい。

[0037] 仕切り板 5 (5 a , 5 b , 5 c) の各々は、枠部材 6 (6 a , 6 b , 6 c) により支持されている。具体的には、図 3 に示すように、3 枚の仕切り板

5 aの各々は、その長手方向の両端が、枠部材6 aの対向する2辺にそれぞれ設けられた切り込みにそれぞれ嵌め込まれることで、枠部材6 aにより支持されている。仕切り板5 b、仕切り板5 cについても同様にして枠部材6 b、枠部材6 cによりそれぞれ支持されている。

[0038] 内部多孔板4の各々は、図2に示すように、2枚の仕切り板5により挟持されている。また、各内部多孔板4 a、4 bの外周縁部は、2つの枠部材6により挟持されている。これにより、内部多孔板4の振動が抑制されている。そして、仕切り板5が透光性および透視性を有しているので、金属材料で内部多孔板4を挟持するのに比べて透光性および透視性の低下が抑えられる。

[0039] また、3枚の仕切り板5 a、5 b、5 cは、表面多孔板2から背面遮音板3にかけて、2枚の内部多孔板4 a、4 bを1枚ずつ挟みながら一直線に整列されている。各仕切り板5の整列方向に直交する方向（図2の左右方向）の厚みは、5 mm以上にされている。各仕切り板5の厚みが5 mmよりも薄い（例えば2 mm）と、表面多孔板2が受けた風荷重により各仕切り板5が倒れ、各仕切り板5の両端が枠部材6の切り込みから抜け出てしまう。しかし、各仕切り板5の厚みが5 mm以上であれば、表面多孔板2が受けた風荷重を複数の仕切り板5 a、5 b、5 cと背面遮音板3とで受け止めることができる。その結果、透光性吸音パネル1全体の強度が向上する。本実施形態において、各仕切り板5の整列方向に直交する方向の厚みは5 mmである。

[0040] このような構成において、内部多孔板4の板厚は、0.2 mm以上1.5 mm以下にされている。内部多孔板4の板厚が0.2 mm未満であると、内部多孔板4の面剛性が低くなって内部多孔板4が振動することで、貫通孔14を通過する音波の貫通孔14に対する相対速度が低下し、吸音性能が劣化する現象が起こる。また、内部多孔板4の板厚が1.5 mmよりも厚いと、低コストで穿孔できる貫通孔14の孔径が大きくなり、吸音率が低下する。その点、内部多孔板4の板厚を0.2 mm以上1.5 mm以下にすれば、内部多孔板4の面剛性が向上して振動し難くなるとともに、低コストで穿孔で

きる貫通孔 14 の孔径が小さくなるので、吸音率が向上する。貫通孔 14 の孔径は、内部多孔板 4 の板厚とほぼ同等である。本実施形態において、内部多孔板 4 a および内部多孔板 4 b の板厚はそれぞれ 0.3 mm で、貫通孔 14 a および貫通孔 14 b の孔径はそれぞれ 0.3 mm である。なお、内部多孔板 4 a の貫通孔 14 a の孔径と、内部多孔板 4 b の貫通孔 14 b の孔径とが異なってもよい。

[0041] また、内部多孔板 4 の板部分の面密度を内部多孔板 4 の貫通孔 14 部分の空気の面密度で除した値である面密度比 η は、1.0 以上にされている。ここで、内部多孔板 4 の開口率を α 、内部多孔板 4 の板厚を t [m]、内部多孔板 4 の貫通孔 14 の孔径を d [m]、内部多孔板 4 の板部分の密度を ρ [kg/m³]、空気密度を ρ_0 [kg/m³] としたときに、面密度比 η は以下の式 (1) で表わされる。なお、内部多孔板が複数ある場合 (例えば 4 a と 4 b)、それぞれの内部多孔板における面密度比 η が 1.0 以上となることを意味する。また、貫通孔 14 が複数ある場合、孔径 d は、その平均値を表す。

[0042] $\eta = \rho \cdot t \cdot (1 - \alpha) / (\rho_0 \cdot (t + 0.8 \cdot d) / \alpha) \cdots$ 式 (1)

[0043] 面密度比 η が 1.0 よりも小さい、即ち、貫通孔 14 における空気の質量と比較して内部多孔板 4 の板部分の質量が相対的に小さい場合、図 4 (a) に示すように、内部多孔板 4 の板部分が振動し易くなり、板部分の振動速度 b が大きくなるため、貫通孔 14 を通過する空気の振動速度 a と板部分の振動速度 b との相対速度 c が低下し、粘性減衰による吸音効果が効率良く発揮され難くなる。そこで、面密度比 η を 1.0 以上にする、即ち、貫通孔 14 における空気の質量と比較して内部多孔板 4 の板部分の質量を相対的に大きくすると、図 4 (b) に示すように、板部分が振動し難くなり、板部分の振動速度 b' が小さくなるため、貫通孔 14 を通過する空気の振動速度 a と板部分の振動速度 b' との相対速度 c' が大きくなる。これにより、粘性減衰による吸音効果が効率良く発揮される。

[0044] また、表面多孔板 2 の板厚は、2 mm 以上 3 mm 以下、好ましくは 2 mm にされている。表面多孔板 2 の板厚が 2 mm 未満であると、表面多孔板 2 が強度不足となり、例えば、道路における風荷重の基準値である 300 kg/m^2 を満足できなくなる。また、表面多孔板 2 の板厚が 3 mm よりも厚いと、コストが高くなるとともに、多数の貫通孔 11 を穿孔するのが難しくなる。その点、表面多孔板 2 の板厚を 2 mm 以上 3 mm 以下、好ましくは 2 mm にすれば、表面多孔板 2 の強度が向上するので、道路における風荷重の基準値である 300 kg/m^2 を満足することができる。また、コストを抑えることができるとともに、多数の貫通孔 11 を穿孔し易くすることができる。貫通孔 11 の孔径は、表面多孔板 2 の板厚とほぼ同等である。本実施形態において、表面多孔板 2 の板厚は 2 mm で、貫通孔 11 の孔径は 1.9 mm である。

[0045] また、背面遮音板 3 の板厚は、5 mm 以上 16 mm 以下、好ましくは 8 mm にされている。背面遮音板 3 の板厚が 5 mm 未満であると、透光性吸音パネル 1 全体が強度不足になるとともに、背面遮音板 3 の遮音性能が低下することで透光性吸音パネル 1 の音響透過損失が、例えば道路における基準を下回る。また、背面遮音板 3 の板厚が 16 mm よりも厚いと、コストが高くなる。その点、背面遮音板 3 の板厚を 5 mm 以上 16 mm 以下、好ましくは 8 mm にすれば、透光性吸音パネル 1 全体の強度を十分に確保することができるとともに、背面遮音板 3 の遮音性能が向上することで透光性吸音パネル 1 の音響透過損失を道路における基準値以上に向上させることができる。また、コストを抑えることができる。本実施形態において、背面遮音板 3 の板厚は 8 mm である。

[0046] そして、透光性吸音パネル 1 には、多孔板表面自体を補強するような金属材料が一切用いられていないので、補強用に金属材料を使用するのに比べて、透光性および透視性が向上する。

[0047] また、図 5 に示すように、表面多孔板 2 の多数の貫通孔 11 は、表面多孔板 2 の一部の領域に密集して設けられていてもよい。このように、表面多孔

板 2 の一部の領域に多数の貫通孔 1 1 を密集して設けた場合、表面多孔板 2 における貫通孔 1 1 の数や開口径、開口率が同じであるという条件下であれば、多数の貫通孔 1 1 を分散させて設けた場合に比べて、表面多孔板 2 における穿孔されていない領域が広くなる。そのため、貫通孔 1 1 を分散させて設けるのに比べて視認性を向上させることができる。

[0048] (吸音率の測定)

次に、透光性吸音パネルの吸音率を測定した。まず、表面多孔板 2 の板厚を 3 mm、2 枚の内部多孔板 4 a, 4 b の各々の板厚を 0.075 mm とした場合の透光性吸音パネルの吸音率を図 6 に示す。図 6 の縦軸は吸音率であり、横軸は 1 / 3 オクターブ中心周波数 (Hz) である。なお、背面遮音板 3 の板厚は 8 mm 相当である。ここで、2 枚の内部多孔板 4 a, 4 b の各々の板厚である 0.075 mm は、アルミニウムなどの金属材料で内部多孔板を構成した場合に吸音性能を発揮する厚みである。板振動の影響が無いとした場合の吸音率 (計算値) に対して、実測値では、板振動の影響により 500 Hz ~ 1250 Hz の間で吸音率が低下している。

[0049] 次に、2 枚の内部多孔板 4 a, 4 b の各々の板厚を異ならせて、0.075 mm、0.1 mm、0.2 mm、0.25 mm、および、0.3 mm とした場合の透光性吸音パネルの吸音率 (実測値) の測定結果を図 7 に示す。図 7 の縦軸は吸音率であり、横軸は 1 / 3 オクターブ中心周波数 (Hz) である。ここで、表面多孔板 2 の板厚は 3 mm であり、背面遮音板 3 の板厚は 8 mm 相当である。2 枚の内部多孔板 4 a, 4 b の各々の板厚が 0.2 mm 未満である透光性吸音パネルよりも、2 枚の内部多孔板 4 a, 4 b の各々の板厚が 0.2 mm 以上である本実施形態の透光性吸音パネル 1 の方が、吸音率が高くなっている。これは、内部多孔板 4 a, 4 b の板厚を厚くすることで、内部多孔板 4 a, 4 b の面剛性が向上して板振動が小さくなり、その結果、貫通孔 1 4 を通過する音波の貫通孔 1 4 に対する相対速度が大きくなり、貫通孔 1 4 を通過する空気に粘性減衰作用が生じることで吸音効果が発揮されたためである。

[0050] 次に、2枚の内部多孔板4の各々の板厚を異ならせて、0.5mm、1mm、1.5mm、および、2mmとした場合の透光性吸音パネルの吸音率（計算値）を図8に示す。図8の縦軸は吸音率であり、横軸は1/3オクターブ中心周波数（Hz）である。ここで、表面多孔板2の板厚は3mmであり、背面遮音板3の板厚は8mm相当である。内部多孔板4a、4bの板厚が大きくなるほど吸音率が低下して行くことがわかる。これは、内部多孔板4a、4bの板厚が大きくなるほど、加工の制約上、貫通孔14の孔径が大きくなり、その結果、粘性減衰作用による減衰効果が小さくなって吸音率が低くなるためである。400Hzの帯域で0.7程度、1000Hzの帯域で0.8程度の吸音率を実現するためには、内部多孔板4a、4bの板厚をそれぞれ1.5mm以下とすることが望ましい。

[0051] 以上により、2枚の内部多孔板4a、4bの各々の板厚は0.2mm以上1.5mm以下であることが望ましい。

[0052] （面密度比と吸音率比との関係）

次に、面密度比 η と吸音率比との関係を計算により求めた。多孔板1枚と空気層とで吸音構造を構成し、多孔板の材質をポリカーボネートとし、多孔板の開口率を0.20%、貫通孔の孔径を0.3mm、多孔板の背後の空気層の層厚を20mmとして、多孔板の板厚を変えることで、式（1）で示される面密度比 η を変化させた場合の吸音構造の吸音性能を図9に示す。図9の縦軸は吸音率比であり、横軸は面密度比 η である。ここで、吸音率比は、多数の貫通孔による吸音に板振動を考慮した場合の最大吸音率を、多数の貫通孔による吸音のみを考慮した場合の最大吸音率で割ったものである。よって、吸音率比は、多数の貫通孔による吸音に対する板振動の影響を表わすものであり、吸音率比が1未満の場合には板振動の影響で吸音率が低下することを表わしている。計算の結果、吸音率比が0.7以上となるのは、面密度比 η が0.6以上の場合である。多孔板の板厚が大きくなるほど面密度比 η が大きくなるので、多孔板の板厚が大きいほど吸音性能が良くなることがわかる。

[0053] 次に、多孔板 1 枚と空気層とで吸音構造を構成し、多孔板の材質をアルミニウムとし、多孔板の開口率を 0.20%、貫通孔の孔径を 0.1mm、多孔板の背後の空気層の層厚を 40mm として、多孔板の板厚を変えることで、式 (1) で示される面密度比 η を変化させた場合の吸音構造の吸音性能を図 10 に示す。計算の結果、吸音率比が 0.7 以上となるのは、面密度比 η が 1.0 以上の場合である。

[0054] 以上から、面密度比 η が 1.0 以上となるように、内部多孔板 4 の板厚を設定することが望ましい。なお、図 9、図 10 に示した計算結果は、多孔板が 1 枚の場合であるが、多孔板を複数枚組み合わせた場合も同様に、面密度比 η が大きい方が吸音性能が高くなる。そして、面密度比 η が 1.0 以上になる範囲で吸音性能が良くなる。

[0055] (全光線透過率の測定)

次に、透光性吸音パネルの全光線透過率を測定した。本実施形態の透光性吸音パネル 1 の全光線透過率が 60% であったのに対し、透光性樹脂膜をエキスパンドメタルで補強した構造の透光性吸音パネルの全光線透過率は 24% であった。このことから、補強のための金属材料を一切用いなければ透光性および透視性が向上することがわかる。

[0056] (効果)

以上に述べたように、本実施形態に係る透光性吸音パネル 1 によると、内部多孔板 4 の板厚が 0.2mm 以上 1.5mm 以下にされている。内部多孔板 4 の板厚が 0.2mm 未満であると、内部多孔板 4 の面剛性が低くなって内部多孔板 4 が振動することで、貫通孔 14 を通過する音波の貫通孔 14 に対する相対速度が低下し、吸音性能が劣化する現象が起こる。また、内部多孔板 4 の板厚が 1.5mm よりも厚いと、低コストで穿孔できる貫通孔 14 の孔径が大きくなり、吸音率が低下する。そこで、内部多孔板 4 の板厚を 0.2mm 以上 1.5mm 以下にする。すると、内部多孔板 4 の面剛性が向上して振動し難くなるとともに、低コストで穿孔できる貫通孔 14 の孔径が小さくなるので、吸音率が向上する。そして、補強のための金属材料を用いて

いないので、透光性および透視性が向上する。よって、吸音性を向上させ、且つ、透光性および透視性を向上させることができる。

[0057] また、面密度比 η が1.0よりも小さい、即ち、貫通孔における空気の質量と比較して内部多孔板の板部分の質量が相対的に小さい場合、板部分が振動し易くなり、板部分の振動速度が大きくなるため、貫通孔を通過する空気の振動速度と板部分の振動速度との相対速度が低下し、粘性減衰による吸音効果が効率良く発揮され難くなる。そこで、面密度比 η を1.0以上にする、即ち、貫通孔における空気の質量と比較して内部多孔板の板部分の質量を相対的に大きくすると、板部分が振動し難くなり、板部分の振動速度が小さくなるため、貫通孔を通過する空気の振動速度と板部分の振動速度との相対速度が大きくなる。これにより、粘性減衰による吸音効果を効率良く発揮させることができる。

[0058] また、樹脂（例えば、ポリカーボネート）製の内部多孔板4とすることで、コストを抑えることができるとともに、多数の貫通孔14を穿孔し易くすることができる。

[0059] また、内部多孔板4を複数設けることで、音波が複数層の貫通孔14を通過するようになるので、吸音性能を向上させることができる。

[0060] また、内部多孔板4を2枚以上の仕切り板5で挟持して、内部多孔板4の振動を抑制することで、吸音性能を向上させることができる。そして、仕切り板5が透光性および透視性を有しているので、金属材料で内部多孔板4を挟持するのに比べて透光性および透視性の低下を抑えることができる。

[0061] また、複数の仕切り板5を一直線に整列させることで、表面多孔板2が受けた風荷重を複数の仕切り板5と背面遮音板3とで受け止めることができる。よって、透光性吸音パネル1全体の強度を向上させることができる。

[0062] また、表面多孔板2の板厚が2 mm以上3 mm以下、好ましくは2 mmにされている。表面多孔板2の板厚が2 mm未満であると、表面多孔板2が強度不足となり、例えば、道路における風荷重の基準値である300 kg/m²を満足できなくなる。また、表面多孔板2の板厚が3 mmよりも厚いと、コ

ストが高くなるとともに、多数の貫通孔 11 を穿孔するのが難しくなる。そこで、表面多孔板 2 の板厚を 2 mm 以上 3 mm 以下、好ましくは 2 mm にする。これにより、表面多孔板 2 の強度が向上するので、道路における風荷重の基準値である 300 kg/m^2 を満足することができる。また、コストを抑えることができるとともに、多数の貫通孔 11 を穿孔し易くすることができる。

[0063] また、樹脂（例えば、ポリカーボネート）製の表面多孔板 2 とすることで、コストを抑えることができるとともに、多数の貫通孔 11 を穿孔し易くすることができる。

[0064] また、背面遮音板 3 の板厚が 5 mm 以上 16 mm 以下、好ましくは 8 mm にされている。背面遮音板 3 の板厚が 5 mm 未満であると、透光性吸音パネル 1 全体が強度不足になるとともに、背面遮音板 3 の遮音性能が低下することで透光性吸音パネル 1 の音響透過損失が、例えば道路における基準を下回る。また、背面遮音板 3 の板厚が 16 mm よりも厚いと、コストが高くなる。そこで、背面遮音板 3 の板厚を 5 mm 以上 16 mm 以下、好ましくは 8 mm にする。これにより、透光性吸音パネル 1 全体の強度を十分に確保することができるとともに、背面遮音板 3 の遮音性能が向上することでパネルの音響透過損失を道路における基準値以上に向上させることができる。また、コストを抑えることができる。

[0065] また、樹脂（例えば、ポリカーボネート）製の背面遮音板 3 とすることで、コストを抑えることができる。

[0066] また、表面多孔板 2 の一部の領域に多数の貫通孔 11 が密集して設けられている。表面多孔板 2 の一部の領域に多数の貫通孔 11 を密集して設けた場合、表面多孔板 2 における貫通孔 11 の数や開口径、開口率が同じであるという条件下であれば、多数の貫通孔 11 を分散させて設けた場合に比べて、表面多孔板 2 における穿孔されていない領域が広がる。そのため、貫通孔 11 を分散させて設けるのに比べて視認性を向上させることができる。

[0067] （本実施形態の変形例）

以上、本発明の実施形態を説明したが、具体例を例示したに過ぎず、特に本発明を限定するものではなく、具体的構成などは、適宜設計変更可能である。また、発明の実施の形態に記載された、作用及び効果は、本発明から生じる最も好適な作用及び効果を列挙したに過ぎず、本発明による作用及び効果は、本発明の実施の形態に記載されたものに限定されるものではない。

[0068] 例えば、本実施形態においては、図2に示すように、表面多孔板2と内部多孔板4aとの間隔、内部多孔板4aと内部多孔板4bとの間隔、および、内部多孔板4bと背面遮音板3との間隔が、それぞれ25mmに設定されているが、このような構成に限定されず、それぞれの間隔が異なってもよい。

[0069] また、本実施形態において、表面多孔板2、内部多孔板4a、および、内部多孔板4bの開口率は、音源から遠ざかるにつれて段階的に小さくなるように設定されているが、これに限定されず、表面多孔板2の開口率と内部多孔板4aの開口率とが同じであってもよいし、内部多孔板4aの開口率と内部多孔板4bの開口率とが同じであってもよいし、表面多孔板2、内部多孔板4a、および、内部多孔板4bの開口率が全て同じであってもよい。

[0070] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施の形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいて様々に変更して実施することが可能なものである。

本出願は、2011年10月14日出願の日本特許出願（特願2011-226316）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0071] 本発明の透光性吸音パネルによると、内部多孔板の板厚を0.2mm以上1.5mm以下にすることで、内部多孔板の面剛性が向上して振動し難くなるとともに、低コストで穿孔できる貫通孔の孔径が小さくなるので、吸音率が向上する。そして、補強のための金属材料を用いていないので、透光性および透視性が向上する。よって、吸音性を向上させ、且つ、透光性および透視性を向上させることができる。

符号の説明

- [0072] 1 透光性吸音パネル
- 2 表面多孔板
- 3 背面遮音板
- 4 a, 4 b 内部多孔板
- 5 a, 5 b, 5 c 仕切り板
- 6 a, 6 b, 6 c 枠部材
- 7 外枠
- 8 中枠
- 9 空間
- 10 a, 10 b 枠
- 11, 14 貫通孔

請求の範囲

[請求項1] 音源に面しており、透光性および透視性を有する材料を含み、多数

の貫通孔を備えた表面多孔板と、

前記音源に対して前記表面多孔板の背後に配置され、透光性および

透視性を有する材料からなる背面遮音板と、

前記表面多孔板と前記背面遮音板との間の空間を複数の空間に分離

するように前記表面多孔板と前記背面遮音板との間に配置され、透光

性および透視性を有する材料からなり、多数の貫通孔を備えた内部多

孔板と、を有し、

前記内部多孔板の板厚が0.2 m以上1.5 m以下であること

を特徴とする透光性吸音パネル。

[請求項2]

前記内部多孔板の開口率を α 、前記内部多孔板の板厚を t 、前記内

部多孔板の前記貫通孔の孔径を d 、前記内部多孔板の板部分の密度を

ρ 、空気密度を ρ_0 としたときに、前記内部多孔板の前記板部分の面

密度を前記内部多孔板の前記貫通孔部の空気の面密度で除した値であ

って以下の式で表わされる面密度比 η が1.0以上であることを特徴

とする請求項1に記載の透光性吸音パネル。

$$\eta = \rho \cdot t \cdot (1 - \alpha) / (\rho_0 \cdot (t + 0.8 \cdot d) / \alpha)$$

[請求項3]

前記内部多孔板の材料が樹脂であることを特徴とする請求項1に記

載の透光性吸音パネル。

[請求項4]

前記内部多孔板が複数設けられて、互いに離隔されていることを特

徴とする請求項1に記載の透光性吸音パネル。

[請求項5]

前記複数の空間の各々に設けられ、透光性および透視性を有する材

料を含む仕切り板を更に有し、

前記内部多孔板は、2枚以上の前記仕切り板により挟持されている

ことを特徴とする請求項1に記載の透光性吸音パネル。

[請求項6]

複数の前記仕切り板が、前記表面多孔板から前記背面遮音板にかけ

て前記内部多孔板を挟みながら一直線に整列されていることを特徴と

する請求項5に記載の透光性吸音パネル。

[請求項7] 前記表面多孔板の板厚が2 mm以上3 mm以下であることを特徴とする請求項1に記載の透光性吸音パネル。

[請求項8] 前記表面多孔板の材料が樹脂であることを特徴とする請求項1に記載の透光性吸音パネル。

[請求項9] 前記背面遮音板の板厚が5 mm以上16 mm以下であることを特徴とする請求項1に記載の透光性吸音パネル。

[請求項10] 前記背面遮音板の材料が樹脂であることを特徴とする請求項1に記載の透光性吸音パネル。

[請求項11] 前記表面多孔板の一部の領域に多数の前記貫通孔が密集して設けられていることを特徴とする請求項1に記載の透光性吸音パネル。