

遮音における抵抗要素の役割

群馬大学

山口 蒼夫

最も減音効果が多く期待できる対策法として、遮音は防音設計の中で重要な役割を担っている。しかし、遮音性能の基本特性が質量で決まってしまうことを示す質量則 (Mass Law) があまりにも有名であり、性能が不足している場合に、単純に壁の重量を増す対策が取られるケースも少なくない。重量を増す対策は、特に自動車、航空機、鉄道車両などの輸送機械では輸送のエネルギー効率を犠牲にすることになる。このような場合には質量を増す対策は許容し難く、質量一定を制約条件に課した遮音対策法が望まれる。

壁を構成する材料の種類を変化させたり、壁を組み合わせて多重壁とすることで、遮音特性は質量則からずれる。質量則は先にも述べたが壁の質量のみを考慮した理論に基づいている。壁を弾性板とすれば、壁のばね特性を考慮しなければならない条件が存在する。壁を粘弾性板とすれば、弾性板の時と比べ、抵抗として壁の振動減衰特性を考慮する必要がある。壁を柔軟な多孔質材とした場合には、流れ抵抗 (内部空気の減衰) を考慮する必要がある。内部空気中の音波の伝搬特性、多孔質材表面での音波の反射や屈折、内部空気のばね特性も遮音性能に影響する。近年、粘弾性材と多孔質材の両方の特性を兼ね持つ弾性多孔質材が着目されている。弾性多孔質材では、内部空気を伝搬する音波だけでなく、多孔体を形成する骨格 (弾性材または粘弾性材) を伝搬する波が存在する。また内部空気と骨格は連成して運動しエネルギー交換が可能であり、その遮音特性は複雑になりうる。

これらの材料を組み合わせて多重壁とすると、壁間の振動や音波の連成効果が現れ、さらに遮音性能は質量則からずれる。

本稿では、各種材料で構成される壁およびそれらの壁を組み合わせた多重壁の遮音の基本特性を概説する。[1]ではまず、遮音を表す量を説明する。[2]では各種材料で構成される単層の壁の基本的な遮音特性を示す。[3]では多孔質材の遮音特性を示す。[4]では多重壁とした場合の遮音特性を示す。[5]では応用例を示す。説明にあたって、特に遮音における抵抗要素の役割に着目していく。

**[1] 遮音を表す量** 図1のような音源室と受音室の間に壁面 (遮音構造) を設置する。壁面へ入射する音の強さ  $I_i$  と、壁面を通り抜ける音の強さ  $I_t$  との比は透過率  $\tau$  と呼ばれ次式で示される。

$$\tau = I_t / I_i \quad (1)$$

透過率  $\tau$  と入射音  $p_i$  と透過音  $p_t$  の関係は次式 (2) となる。

$$\tau = |p_t / p_i|^2 \quad (2)$$

音響透過損失  $TL$  (dB) は透過率  $\tau$  の逆数を対数表示したパラメータで次式となる。

$$TL = 10 \log_{10}(1/\tau) \quad (3)$$

式 (1)~式 (3) より、透過率  $\tau$  が小さく音響透過損失  $TL$  が大きいほど、壁面を通り抜ける音が小さく遮音性能が良いことになる。

入射する音波  $p_i$  の方向が、壁面に対して垂直のみの場合 (図1中で入射角度  $\theta=0$  に相当) の  $TL$  を垂直入射音響透過損失  $TL_0$  と呼ぶ。遮音設計で通常用いられるパラメータは、音波の入射方向がランダムな場合であり、ランダム入射音響透過損失  $TL_r$  と呼ばれる。この場合の透過率  $\tau$  は各入射角度  $\theta$  に応じた透過率  $\tau_\theta$  を、入射および透過の有効面積を考慮して平均化して求める。具体的には、次式のように入射角度  $\theta=0 \sim \pi/2$  の範囲で半球積分を入射側 (式 (4) の分母、図2参照) と透過側 (式 (4) の分子、図3参照) で実施し求める [5], [6]。

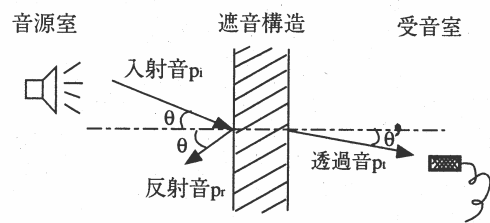


図1 遮音構造の模式図

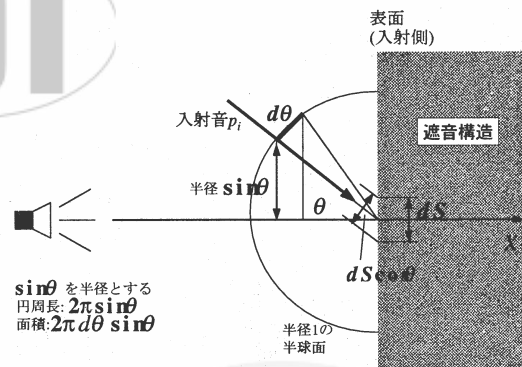


図2 半球積分 (入射側)

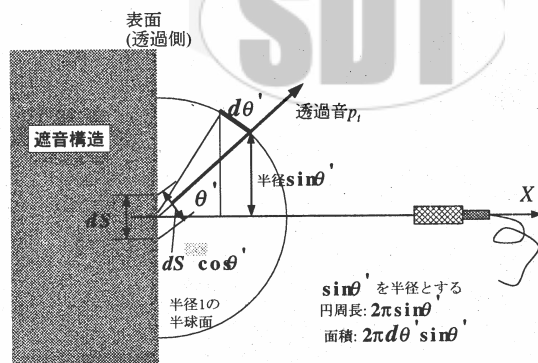


図3 半球積分 (透過側)