

アイアン・ウッドパネル（鉄木合板）の1次モード板振動による吸音可能性

表題について、一応の見当をつけるための計算を行う。

IW パネルは鉄板のせいで木質系の遮音パネルに比べ格段に板の剛性が上がると考えられるので、それがどの程度かを知る必要がある。

「周辺固定」の場合、板の固有振動数は次の通り（「音響材料の特性と選定」（日本建築学会）p.156）：

$$fr = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho c^2}{mL} + \frac{\pi^2}{m} \left\{ \left(\frac{p}{a}\right)^2 + \left(\frac{q}{b}\right)^2 \right\} \frac{Eh^3}{12(1-\sigma^2)}}$$

ここで、

p、q は振動モードを示す整数、1次モードの計算なので p=q= 1

a、b は板材の縦横寸法 [m]

ρ、c はそれぞれ空気の密度、音速で、ρ = 1.2kg/m<sup>3</sup>、c = 340m/s

m は板材の面密度 [kg/m<sup>2</sup>]、ここでは 24kg/m<sup>2</sup>とする

h は板材の厚さ、ここでは 0.015m (15mm) とする

L は背後空気層の厚さ、0.03m (30mm) とする

E は板材のヤング率、鉄のヤング率は 2.1×10<sup>10</sup> kgf/m<sup>2</sup>、ベニヤは 10<sup>9</sup> kgf/m<sup>2</sup>なので間をとって 10<sup>10</sup> kgf/m<sup>2</sup>とする

σ はポアソン比、鉄のポアソン比は 0.3、ベニヤは 0.45 程度なので、間をとって 0.4 とする（板面の垂直方向を重視）

これらの定数を基本式に代入し、IW パネルの縦横寸法のみ変数とすれば、下記の式となる

$$fr = \sqrt{4881 + 1.55 \times 10^5 \left\{ \left(\frac{1}{a}\right)^2 + \left(\frac{1}{b}\right)^2 \right\}}$$

この式が持つ意味を多少明確にするために、2、3の例を計算する。

a=b=0.5m の場合 :

$$f_r = \text{SQRT}(4881 + 1.55 \times 10^{**5} \times 64) = 3150\text{Hz}$$

a=b=1.0m の場合 :

$$f_r = \text{SQRT}(4881 + 1.55 \times 10^{**5} \times 4) = 790\text{Hz}$$

a=b=2.0m の場合 :

$$f_r = \text{SQRT}(4881 + 1.55 \times 10^{**5} \times 9,25) = 209\text{Hz}$$

以上の結果から、鉄木合板の固有振動数について次のようにまとめられる。

- 1 鉄板のヤング率が木材のそれより高い事の影響が大きい。すなわち IW パネルの場合には木質系の遮音パネルに比べて固有振動数が高くなる。
  - 2 背後空気層の厚さによる影響は上記式中の「4881」の変化として  $f_r$  に反映されるが、たとえ空気層の厚さが3倍 (=90mm) になったとしてもパネルの固有振動数の低下は少ない。式中の第2項「 $1.55 \times 10^{**5} \times \dots$ 」の影響が相対的に大きいからである。
  - 3 総じて鉄木合板の場合、板振動による低域周波数の吸収は期待出来ない。
- \* 上記計算例で、209Hz→790Hz→3150Hz という変化は概ね4オクターブとなっている。

なお、参考までに木質系遮音パネルについての計算資料を次ページに添付する。

木質系遮音パネルの場合は、IW 遮音パネルと違い、低域周波数帯の板振動による吸収が期待出来る。

以上

バンド練習室の遮音壁チューニング用参考資料

本参考資料は、「遮音壁の振動を拘束する」という手法で遮音壁の任意の部位の固有振動数を現状から「高い方向」へ調整する場合の参考データである。

注) 振動の拘束に関しては後述する「1/10 ルール」を参考にすればよい。

1 四周を拘束された板材の固有振動の計算式

(出典は「音響材料の特性と選定」(日本建築学会) P.156)

$$f(\text{Hz}) = (1/2 \pi) \text{SQRT}(\rho c^{**2}/mL + (\pi^{**4}/m)((p/a)^{**2} + (q/b)^{**2})^{**2}) \\ (Eh^{**2}/(12(1 - \sigma^{**2})))$$

ただし、SQRTは「ルート」、\*\*は「べき乗」

2 バンド練習室遮音壁の場合の定数

$\rho$ :	空気密度	→1.2kg/m <sup>3</sup>
$c$ :	音速	→340m/s
$m$ :	板材の面密度	→24kg/m <sup>2</sup>
$L$ :	背後空気層の厚さ	→0.1m
$h$ :	板厚	→0.03m
$E$ :	板材のヤング率 (合板の数値)	→8×10 <sup>**8</sup> kg/m <sup>2</sup>
$\sigma$ :	板材のポアソン比	→0.3

また、板材の振動モード(p, q)については p=1、q=1 とする。

3 実際に使う計算式

上記の定数を計算式に代入すると次の計算式となる

$$f(\text{Hz}) = (1/2 \pi) \text{SQRT}(57800 + 8030((1/a)^{**2} + (1/b)^{**2})^{**2})$$

なお、a、b は板材の縦横のサイズ (単位は m) である。

## 4 計算結果 (=参考データ)

遮音壁の振動を  $45 \times 45\text{mm}$  の横棧などにより段階的に拘束してゆく場合を想定。

$$(1) a \text{ (幅)} = 1.7\text{m}, b \text{ (縦)} = 2.0\text{m} \quad \rightarrow \quad f = 39\text{Hz}$$

$$(2) a \text{ (幅)} = 0.8\text{m}, b \text{ (縦)} = 2.0\text{m} \quad \rightarrow \quad f = 46\text{Hz}$$

$$(3) a \text{ (幅)} = 0.8\text{m}, b \text{ (縦)} = 0.8\text{m} \quad \rightarrow \quad f = 59\text{Hz}$$

$$(4) a \text{ (幅)} = 0.5\text{m}, b \text{ (縦)} = 0.5\text{m} \quad \rightarrow \quad f = 120\text{Hz}$$

$$(5) a \text{ (幅)} = 0.3\text{m}, b \text{ (縦)} = 0.3\text{m} \quad \rightarrow \quad f = 319\text{Hz}$$

## 5 床の場合

なお、床板 (約  $3 \times 4\text{m}$ ) については、背後空気層が  $0.1\text{m}$  ではなく  $0.03\text{m}$  なので、 $f=70\text{Hz}$  となる。

また、もし床板の背後空気層が  $0.03\text{m}$  ではなく  $0.3\text{m}$  なら  $f=22\text{Hz}$ 。

付記) 「1/10 ルール」とは世の中で一般的な用語ではないが、スパン (差し渡し) に対して 1/10 の厚みがあれば、それは板材でも角材でも「十分に固い」という目安。

以上