

質問

音響インピーダンス境界条件について

回答

空気や水に接する面に空気や水の抵抗を表す、音響インピーダンスの境界条件を設定して解析することで音波が反射せず空気や水がそのまま続く状態を表すことができます。（次スライドを参照）

- 空気や水に接する面に空気や水の抵抗を表す、音響インピーダンスの境界条件を設定して解析することで空気や水の抵抗を考慮した解析が可能です。音響インピーダンス Z は音波の通りにくさを示し、音圧 P を体積速度 Sv で割った値として定義されます。

$$Z = P/Sv \left[\frac{Pa}{m^2 \cdot \frac{m}{s}} \right] = P/Sv \left[\frac{Pa \cdot s}{m^3} \right] \quad (1)$$

境界条件として与える音響インピーダンスは単位面積当たりの量として以下の式で与えます。

$$Z = P/v \left[\frac{Pa}{\frac{m}{s}} \right] = P/v \left[\frac{Pa \cdot s}{m} \right] \quad (2)$$

として与えます。一方、 p と v は運動方程式でつながっており、 ρ を密度、 c を媒質の音速とすると、調和音波の場合以下の関係がある。

$$Z = \rho c \left[\frac{kg}{m^3} \cdot \frac{m}{s} \right] = \rho c \left[\frac{kg}{m^2 \cdot s} \right] = \rho c \left[\frac{N \cdot s^2}{m} \cdot \frac{1}{m^2 \cdot s} \right] = \rho c \left[\frac{Pa \cdot s}{m} \right] \quad (3)$$

(2)式と(3)式の単位が一致することでも(2)が(3)で表わせることが分かる。参考として以下に空気と水の音響インピーダンスを示す。

(例) 空気の音響インピーダンス

$$Z = 1.205[kg/m^3] \cdot 340[m/s] = 409.7[kg/(m^2 \cdot s)] = 409.7 [N \cdot s/m^3]$$

※ SI単位系の場合

1.0[N]=1.0[kg · m/s²]の関係がある。
(3)式の変形で利用した。

(例) 水の音響インピーダンス

$$Z = 997[kg/m^3] \cdot 1500[m/s] = 1.496e6[kg/(m^2 \cdot s)] = 1.496e6[N \cdot s/m^3]$$