

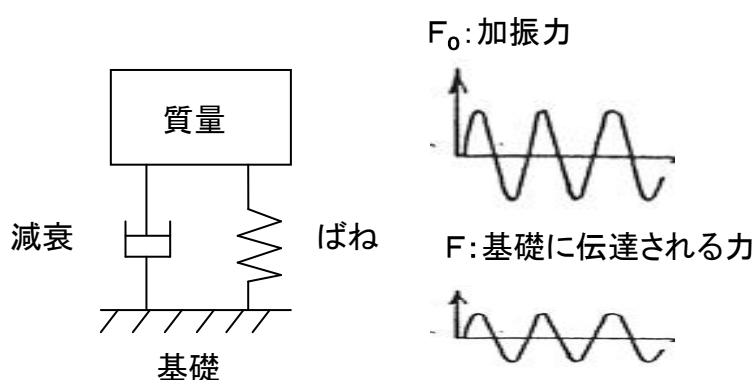
## 分野: 振動解析

### テーマ: 防振効果の計算

防振ゴム等を使用して、機械設備の振動低減を図ることが多い。この場合、どの程度の防振効果が得られるのか？ 計算式と手順をまとめた。

#### 【1】 計算の方法の概略と手順

① 振動系は、基本となる1自由度系とする。



② 振動伝達率の計算

- ・  $u$ : 振動数比 = 加振周波数( $f$ )/系の固有周波数( $f_n$ )
- ・  $\zeta$ : 減衰比
- ・  $TR$ : 振動伝達率 =  $F/F_0$   
 $F_0$ : 加振力  
 $F$ : 基礎に伝達される力

とすると、振動伝達率 $TR$ は以下で計算することが出来る<sup>1), 2), 3)</sup>。

$$TR = \frac{\sqrt{1 + (2\zeta u)^2}}{\sqrt{\{1 - u^2\}^2 + (2\zeta u)^2}} \quad \dots \text{式(1)}$$

簡便のため、系の減衰を無視( $\zeta = 0$ )とすると、式(1)は以下になる。

$$TR = \frac{1}{1 - u^2} \quad \dots \text{式(2)}$$

ただし、 $u$ (振動数比)が大きくなると $TR$ が負になるため、絶対値をとる。

振動数比と伝達率(引用文献(下図)では「伝導率」)の関係を図で表すと以下になる<sup>3)</sup>。

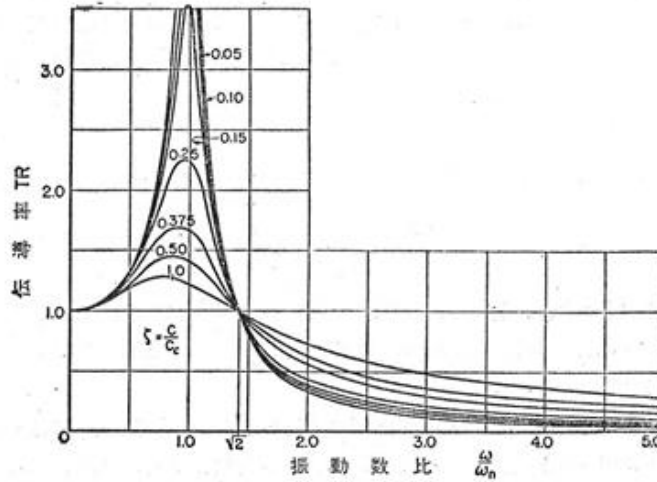


図 79. 伝達率は振動数比が  $\omega/\omega_n > \sqrt{2}$  なるときは 1.0 より小になる

### ③ 振動数比と防振効果の関係(上図参照)

- ・ 振動数比  $u=0 \rightarrow TR=1$ 、 $F=F_0$  で防振効果無し
- ・ 振動数比  $u=1 \rightarrow TR=\infty$ 、共振
- ・ 振動数比  $u=\sqrt{2} \rightarrow TR=1$ 、 $F=F_0$  で防振効果無し
- ・ 振動数比  $u > \sqrt{2} \rightarrow TR < 1$ 、 $F < F_0$  で防振効果有り

## 【2】系の固有振動数(単位はHz)の計算

減衰が無い場合の固有振動数は以下で計算できる。<sup>1)</sup>

$$\begin{aligned}
 fn &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{W/g}} = \frac{1}{2\pi} \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{W/k}} = \frac{1}{2\pi} \frac{\sqrt{980}}{\sqrt{\delta}} \\
 &= \frac{4.982}{\sqrt{\delta}} \cong \frac{5}{\sqrt{\delta}} \quad \dots \text{式(3)}
 \end{aligned}$$

$\delta$ : たわみ (cm)  $\rightarrow$  **単位に注意**

$\rightarrow$  重量物(質量)をばねに乗せた場合のたわみ量 ( $W/k$ )

$g$ : 重力加速度 ( $980 \text{ cm/s}^2$  とした)

\* たわみの単位を mm にした場合は、 $fn = \frac{15.756}{\sqrt{\delta}}$   $\dots$ 式(4)

### 【3】 加振周波数について

- ① 通常の回転体の場合(アンバランスが主たる加振要因)は、回転数から加振周波数を求めれば良い。

例えば、3,000(rpm)で回転する場合は、 $3,000/60=50$ (Hz)

- ② エンジンの場合は、爆発に起因する周波数を求める必要がある。

例えば、4気筒エンジンの場合は、1回転に2回爆発するので、3,000(rpm)で回転する場合は、 $(3,000/60)*2=100$ (Hz)

- ③ その他、歯車の場合は「歯数」を、ファンの場合は「羽根枚数」を、といったように使用する機械、機械要素により、加振周波数が異なるので注意が必要である。

### 【4】 防振ゴムを使用する場合の留意点

ばねの代わりに(防振)ゴムを使用する場合、ばね定数には「動的ばね定数」を使用する。動的ばね定数と静的ばね定数の比(動的ばね定数/静的ばね定数)を動的倍率あるいは静動比という。

動的ばね定数は、ゴムの種類、硬さ等により異なり、さらに、使用する振幅・振動数、温度等により異なるので、動的倍率もこれらの条件で異なる。

しかし、使用するゴム毎に、動的倍率を測定しなければならないとしたら、防振効果を推定出来ないことになるので、**動的倍率の概略値**が必要になる。

一般的な防振ゴム材料の場合は、ゴム硬さで動的倍率が決まる様である。

防振ゴムメーカーのホームページで公開されている動的倍率の概略値は以下である。以下以外のメーカーのホームページでも公開されていると思うが、以下を使用すれば可と考える。

昭和電線デバイステクノロジー(株)のHPより	
ゴムかたさ Hs(JIS A)	動的倍率 Kd/Ks
42前後	約1.1
54前後	約1.3
63前後	約1.6

Ks: 静ばね定数

Kd: 動ばね定数

倉敷化工(株)のHPより	
ゴム材料、硬さ	静動比
天然ゴム45	1.2
天然ゴム50	1.3
天然ゴム55	1.35
天然ゴム60	1.4
天然ゴム65	1.5

静動比 = 動的ばね定数 / 静的ばね定数

## 【5】 計算手順のまとめと計算例

計算例に使用する諸元は以下とする。

- ・ 質量(重) = 700N (約70Kgf)
- ・ 防振ゴムの静的ばね定数 = 390N/mm
- ・ 静動比 = 1.4 (天然ゴム、硬さ60)
- ・ 加振周波数(f) = 25Hz

① 重量とばね定数から静的たわみを求める。

$$\text{たわみ} = \text{重量(質量)} / \text{ばね定数}$$

防振ゴムを使用する場合は、動的ばね定数を使用する。

$$\text{たわみ } \delta = 700 / (390 * 1.4) = 1.282 \text{ mm}$$

② 式(3)あるいは式(4)から固有振動数を求める。

$$\text{固有振動数 } f_n = \frac{15.756}{\sqrt{1.282}} = 13.9 \text{ (Hz)}$$

③ 加振周波数と共振周波数から振動数比を求める。

$$u = 25 / 13.9 = 1.80$$

④ 式(2)から振動伝達率を求める。

$$TR = | 1 / (1 - 1.8^2) | = 0.446$$

よって、防振効果は

$$1 - 0.446 = 0.554 \rightarrow 55.5(\%) \text{ が期待出来ることになる。}$$

\* 引用、参考文献

1. 鈴木 浩平: 振動の工学(平成18年3月5日第2版)、丸善、P24、61
2. 日本機械学会: JSME テキストシリーズ 振動学(2006年8月25日、初版第2刷)、丸善、P28
3. W.T.THOMSON 著、小堀与一訳: 機械振動入門(平成3年7月15日第6版第16刷)、丸善、P68~71

\*\*\*\*\*問題解決のお手伝いをします\*\*\*\*\*

(有)スコーレ・ティール・エー・リサーチ