

I-360

## TMDに関する考察とアクティブダンパー

石川島播磨重工業株式会社 正員 宇野名右衛門  
 新井征夫  
 牟田口勝生

## 1. まえがき

構造物の長大化、高層化に伴い、風及び地震による振動を抑制する必要が生じている。この為に各種の制振装置が開発され、実用に供されようとしているが、その能力に関し、一般的に比較する基準はまだ一般化されていない様に思われる。本報は、制振装置の能力を比較する単位を提案するとともに、円弧レールを用いた振子型のバネ系を用いた、アクティブダンパーの研究成果を報告する。居住性あるいは、作業性を重視する場合、加速度を20gal以下に抑えるには、TMD重錘の動きをアクティブコントロールすることが必要と考えている。

## 2. TMDの理論

TMDの基本方程式は、次式で与えられる。（図-1 構造系モデル図参照）

$$MX + CX + KX + m(X+x) = P(t) = P \cos \omega t \quad \text{主振動系} \quad (1)$$

$$m(X+x) + 2mh\omega x + kx = P(t) \quad \text{副振動系 (TMD)} \quad (2)$$

パッシブ型のTMDの場合は、制御力P(t)が零となる。

主振動系の運動が、 $X = A \sin(\omega t)$ で表され、副振動系の運動が相対的に90°位相差をもった $x = -B \cos(\omega t)$ で表されるものとすれば、外力P(t)の主振動系に対する付加工エネルギー $E_1$ 、主振動系から副振動系に付加されるエネルギー $E_2$ （副振動系が主振動系から奪うエネルギー）、副振動系の消費するエネルギー $E_3$ は、次式で表される。

$$E_1 = PA\pi \quad (3), \quad E_2 = mAB\omega^2\pi \quad (4), \quad E_3 = pB\pi + 2mhB^2\omega^2 \quad (5)$$

振動が安定した状態では、3つのエネルギーは等しいので、次のことが言える。但し、主振動系の減衰は強制力P(t)に比べて小さい為、無視できるものとした。 $E_1 = E_2$ とおくことにより、制振装置の能力に関する次式が導かれる。 $mB = P/\omega^2$  質量mの変りに重さWを使えば、次式の様になる。

$wB = P \cdot g / \omega^2$  この式の単位t・mになり、制振装置の形式を問わずなり立つので、制振装置の能力を表すのに適当である。この場合、BはTMD重錘の変位能を表すことになる。パッシブ型のTMDの場合には、 $E_2 = E_3$ とおくことにより、主振動体と副振動体の振巾比が求まる。 $B/A = 1/2h$  この減衰定数hは、Den-Hartogの求めた、最適減衰率  $h = (3\mu/8(1+\mu)^3)^{1/2}$  より大きくなければならない。制振装置が有效地に働く為には振巾がBまで成長する必要があるが、固有の摩擦による抵抗は避けられず、静摩擦が2%とすれば、本体の振動が20gal以上にならなければ動き出さないことになり、この場合摩擦を非常に小さくするか、アクティブコントロールすることが必要となる。

## 3. アクティブダンパー (AMD) 及び同調型アクティブダンパー (ATMD) の制御力

制振装置重錘を動かす力は(2)式で与えられている。主振動系に対し、副振動系の重錘を90°位相差で動かすとすれば、(2)式は次の様に書き直すことができる。

$$P(t) = -m\omega^2(A - 2hb) \sin \omega t - B(m\omega^2 - k) \cos \omega t$$

制御力Pを小さくする為には、第1項及び第2項の( )内をできるだけ小さくすることが必要である。第2項の( )内は、制振装置の固有振動数が主振動系の振動数と異なる場合に大きくなる。最大制御力と固有振動数のずれを計算すると図-2が得られる。

#### 4. A TMDの模型実験と制御

図-3に示す制振装置を製作実験した。実験結果については、別報告に示す。

A MD及びATMDの最大問題は、本体の振動に対して、位相を90°遅れて動かすことである。制御方法としては、主振動系の振動速度の位相と副振動系の変位の位相が、逆位相になることを利用した。主振動系の振動を加速度計で検出し、これを積分して速度信号に変換し、係数をかけて副振動系の変位指令値とした。又最適制御を行う為に、他の要因である主振動系の加速度及び変位、副振動系の速度と変位信号に対しても、制御信号として考慮できる様にしている。制御演算器のブロック図を図-4に示す。副振動系重錘の位置がずれてきた場合には、加速度計の信号に、補正值を加える製作を継続的に行うことと、補正する。

#### 5. むすび

ATMDは、小さい制御力で重錘を主振動系の振巾の大きさに関係なしに動かすことができるので、制振装置としての能力をフルに発揮できる。又、制御力に余裕をとることにより、TMDの固有振動数が本体の固有振動数と差違がある場合にも、90°位相差で動かすことができるので本体の振動数の変位に自動的に追随できる。本装置の実験結果については、次報で報告する。

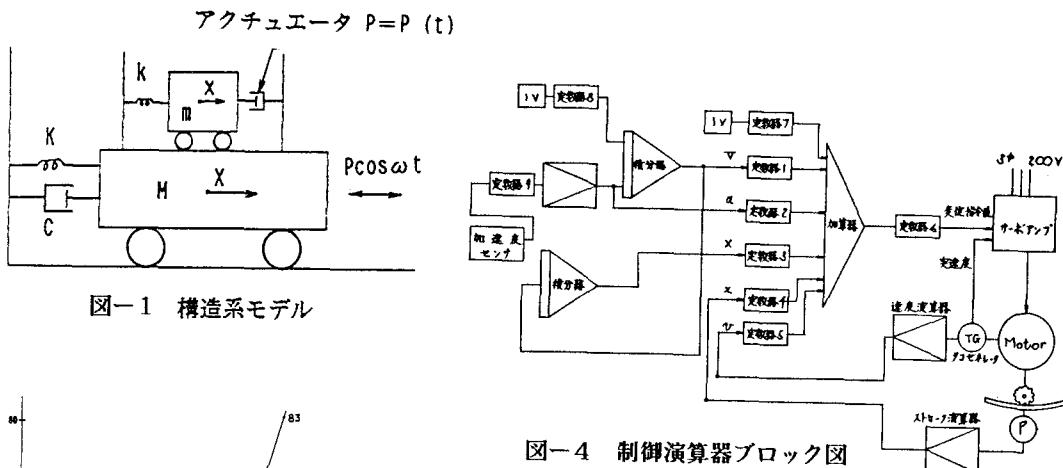


図-2 最大制御力と固有振動数のずれ

図-3 制振装置実験模型