

## ケーブル・マスダンパーによる塔状構造物の振動台実験

崇城大学工学部 正員 片山拓朗, 高野涼平  
 熊本大学工学部 正員 山尾敏孝

### 1. はじめに

筆者らはケーブルと運動体で構成する塔状構造物のケーブル・マスダンパーを提案している. 風による渦励振やギャロッピングを想定した模型振動実験により, 質量比 1%(ダンパー質量/構造物質量)のダンパーを用いると, 無次元振幅 1/100 (構造物振幅/構造物高さ)の振動を 1/1000 に低減できることを確認した<sup>1)</sup>. ここでは, 縮尺 1/30 の塔状構造物模型を用いた振動台実験により明らかになった提案ダンパーの制震効果について報告する.

### 2. ケーブル・マスダンパーの概要

図 1 に提案のケーブル・マスダンパーの基本配置を示す. このダンパーは, 構造物の上部に設置した運動体を, 初期張力を導入したケーブルを用いて, 構造物基部に連結して構成した振動体である. 図 2 に運動体の基本構造を示す. 運動体はスライディングマスとコロおよびレールで構成し, コロはシャフトとフレームで一体化したものである. スライディングマスと構造物基部をケーブルで連結する.

ダンパー単体の固有振動数  $f_d$  は(1)式で推定できる<sup>1)</sup>.  $P_0$  と  $l_0$  はそれぞれケーブルの初期張力とケーブル長である.  $\bar{m}_d$  はダンパーの換算質量で(2)式で計算する. ここに,  $m_d$  はスライディングマスの質量,  $m_r$  はコロ・フレーム・シャフトの合計質量,  $j_r$  はコロの極慣性モーメントである. また, コロの直径を  $\phi_r$  とする. ダンパーの固有振動数を構造物のそれと同調させることにより構造物の振動を小さくできる.

$$f_d = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{P_0}{l_0 \bar{m}_d}} \quad (1)$$

$$\bar{m}_d = m_d + \frac{m_r}{4} + \frac{j_r}{\phi_r^2} \quad (2)$$

### 3. 振動台実験の方法

図 3 に実験に用いた構造物模型の一般図を示す. S 造建築物の振動特性の実績を参考にして<sup>2)</sup>, 実構造物の高さ, 1 次モードの固有振動数, 減衰定数をそれぞれ  $h=45\text{m}$ ,  $f_1=1.0\text{Hz}$ ,  $\zeta_1=0.02$  と仮定して, 空間の縮尺を 1/30, 時間の縮尺を 1 とて模型を設計・製作した. 模型の高さと質量はそれぞれ  $h=1.55\text{m}$  と  $m=50\text{kg}$  である. 模型の構造形式は主部材に 2 本のみがき平鋼 38×8(SS400)を使用した片持ち梁とした. 主部材は M8 のボルトと鋼板 100×16×250(SS400)で連結した. 鋼板は模型の質量を兼ねた

ものである.

写真 1 は運動体模型の外観である. スライディングマスにはみがき平鋼 50×6(S45C)を使用し, レールにはみがき平鋼 50×9(S45C)を使用した. コロの直径は  $\phi_r=20\text{mm}$  で, 横方向の移動制限用のフランジを付けた. コロの材質は S45C である. コロはフレーム(A5052)と鋼製軸受けおよび直径 6mm のシャフト(S45C)で一体化した. ケーブルにはピアノ線 0.9mm(SWP-A)を使用した. スライディングマスとコロ・フレーム・シャフトの質量はそれぞれ  $m_d=0.4\text{kg}$  と  $m_r=0.4\text{kg}$  である. 実験には熊本大学の動電式振動発生機を使用した.

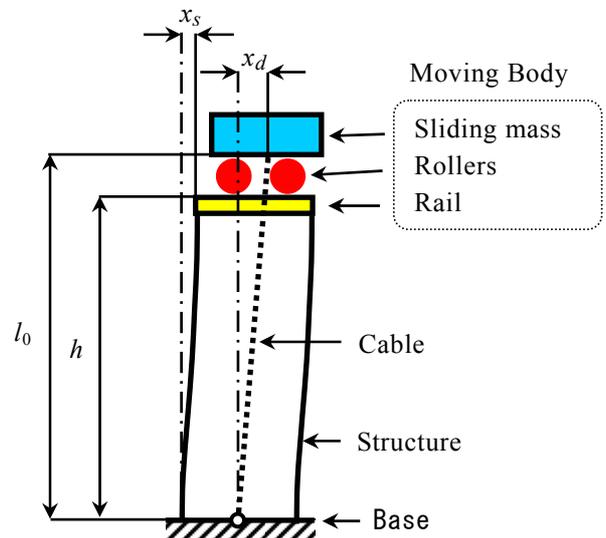


図 1 ダンパーの基本配置

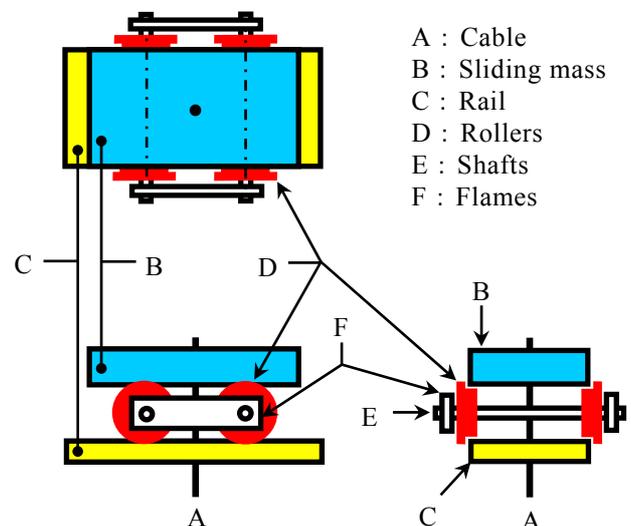


図 2 運動体の基本構造

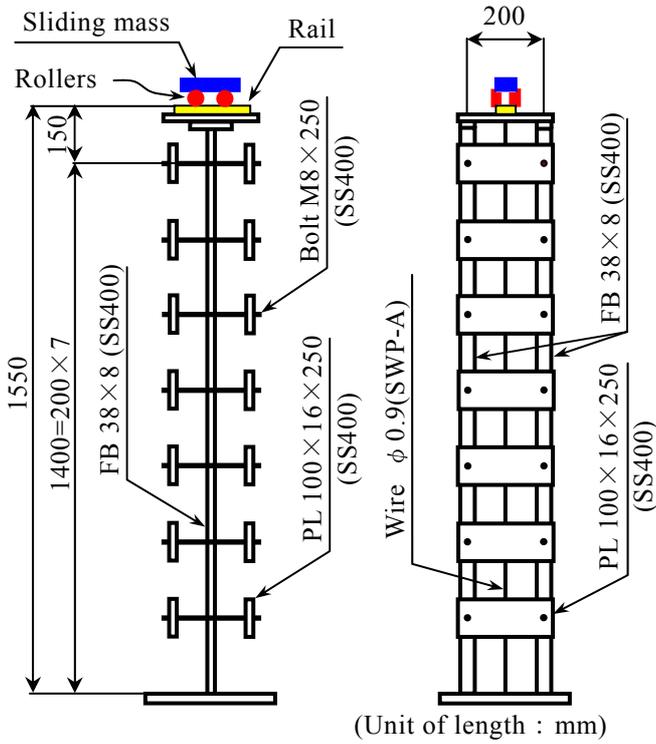


図3 構造物模型の一般図



写真1 運動体模型の外観

### 3. 実験結果

提案のダンパーの制震効果を検証するために、正弦波入力による共振曲線の変化と地震波入力による応答値の変化を振動台実験で調べた。

図4は構造物最上部の変位共振曲線をダンパー設置前と設置後で比較したものである。振動台の加速度振幅は $0.016\text{m/s}^2$ とした。振幅は無次元振幅( $x_s/h$ )としている。ダンパー設置前の共振曲線のピークは構造物の固有振動数 $1.0\text{Hz}$ で出現し、その振幅は約 $1/100$ であった。ダンパー設置後は二つの共振点が現れ、共振点のずれはそれぞれ約 $0.2\text{Hz}$ であった。振幅は $2/1000$ 程度に減少した。この共振点におけるスライディングマスの振幅は約 $1/100$ であった。

図5と図6は宮城県沖地震(1978年, M7.4)の加速度記録を入力波としたときの変位応答と加速度応答の比較である。入力波の最大加速度は $0.11\text{m/s}^2$ に調整した。これは実構造物における最大加速度 $0.34\text{G}$

の地震波に相当する。図5からダンパー設置により変位における1次モードの振動成分は大幅にカットされていることが分かる。図6からは最大加速度が約30%減少していることが分かる。

詳細については発表当日に説明する。

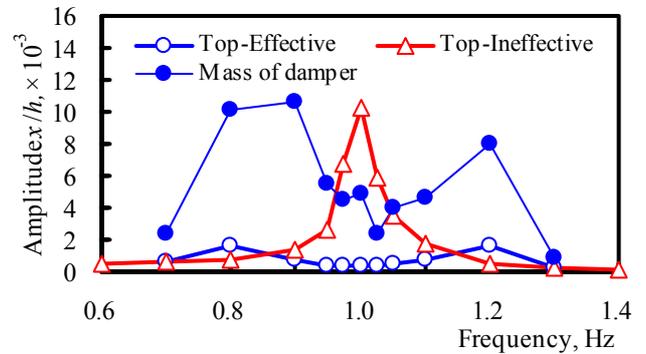


図4 構造物上部の変位共振曲線

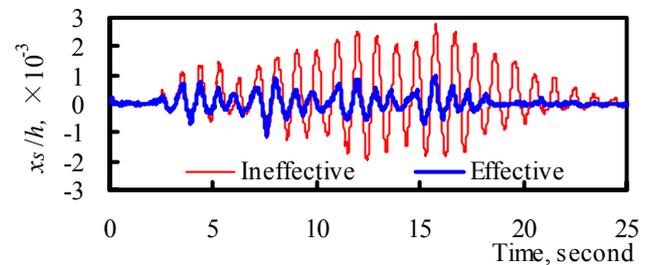
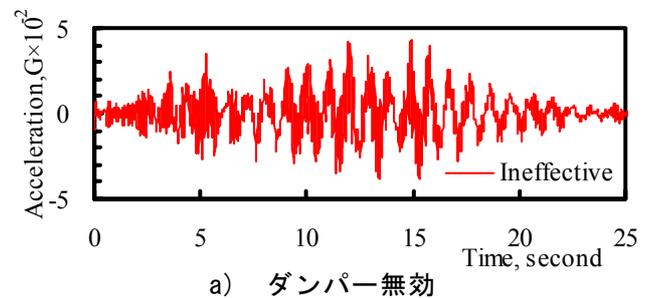
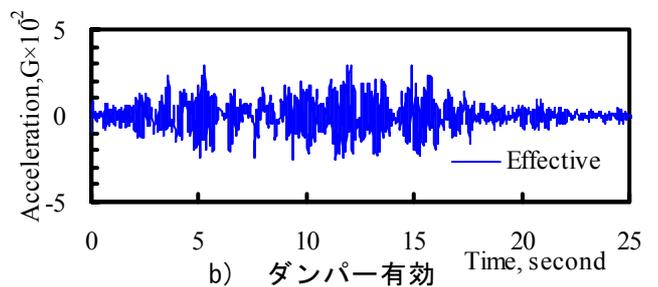


図5 構造物上部の変位応答の一例



a) ダンパー無効



b) ダンパー有効

図6 構造物上部の加速度応答の一例

### 参考文献

- 1) 片山拓朗, 山尾敏孝, 高野涼平, 塔状構造物の逆振り子ダンパーに関する実験的研究, 鋼構造年次論文報告集, 第13巻, 日本鋼構造協会, 2005年11月, pp.25-32.
- 2) 日本建築学会, 建築物の減衰, 日本建築学会, 2000年, pp.126-137.