

中規模独立塔状構造物の制振対策

中央大学 学生員 高橋 多佳子
 中央大学 正会員 平野 廣和
 中央大学 正会員 佐藤 尚次

1.はじめに

煙突や架設時の吊り橋主塔、風力発電装置(風車)などは、独立塔状構造物であると考えられている。このような鈍い断面形状をした塔状構造物では、周期的に放出されるカルマン渦列による渦励振や、風の息継ぎに代表されるガスト応答による振動などが生じ、その諸元決定に大きな影響を与えている。これらの振動を制御する方法として、パッシブ型のダンパーが広く用いられており、その代表としては TMD(Tuned Mass Damper)や TLD(Tuned Liquid Damper)等があげられる。しかしながら比較的小型の塔状構造部に採用する場合には、設置場所の広さの問題や機器本体のコストの問題等、解決すべき点が多く、なかなか採用に至っていないのが現状である。そこで本研究では、島崎らの提案している低コストでかつ設置場所が少なくすむ回転式制振装置¹⁾(Tuned Rotary-Mass Damper: 以下、TRMD)に着目し、比較的中規模な独立塔状構造物の制振を確かめることを目的とする。

2.TRMDの特徴

TRMD の概念図を図-2 に示す。TRMD はその構造上の性質から 容易に振動数を変えられること、従来の振動装置よりも特殊な機械的な部分がないので、コンパクトでなおかつ安価に作られる、構造物と同調しやすい。などの特徴があり、特に の理由からこの装置を選出した。

表-1 鋼製煙突諸元

質量 m_1	51400 kg
剛性 k_1	995104 kg/s ²
減衰係数 c_1	0.005 kg s/cm

3.独立塔状構造物

TRMD と TMD の比較を行うために、対象とする独立塔状構造物として図-1 に示す大型自立型鋼製煙突の諸元(表-1)²⁾を使用する。この構造物には制振対策として4機の TMD が掲載された。本研究では、これを基に TRMD の設計を行い数値解析で検討を行った。



図-1 鋼製煙突²⁾

4.TRMDの設計

TRMDのようなパッシブタイプの制振装置は構造物の振動エネルギーを消散させることが基本である。消散するエネルギーを大きくするためには、構造物の振動に伴う制振装置の振動応答を大きくすることが必要であり、それには構造物の振動と共振するように制振装置の固有振動数を設計することである。ゆえに、構造物の最大振動である共振時で、消散エネルギーを最大にするには、装置の固有振動数と対象の固有振動数を一致させるよう設計することが必要である。

TRMDは図-2 に示す様に回転する回転子と(回転子)とそれを受ける円弧の容器(外殻)から構成されたもので、回転子が外殻の円弧に沿って振動し構造物の揺れと同調して制振効果をもたらす。これらの構造から装置の固有振動数は が微小であると考え、 $f_1=(2g/3l)^{1/2}/2$ で求められる。なお、 g は重力加速度、 l は TRMD の有効半径で、 $l=(D-d_0)/2$ である。これと、独立塔状構造物の固有振動数 $f=(k_1/m_1)^{1/2}/2$ より l が求まる。

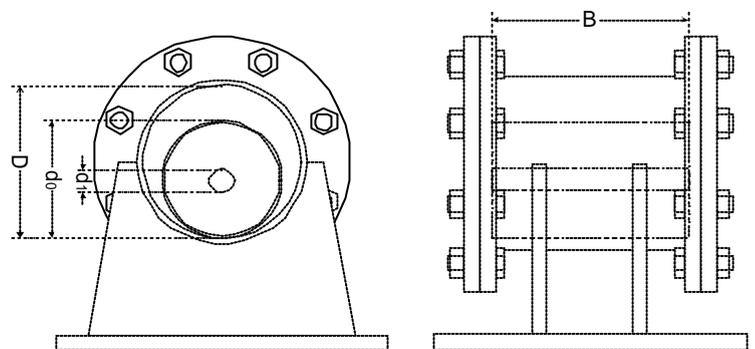


図-2 TRMD

回転子の質量は、構造物との質量比5%³⁾を採用

Key Words : 独立塔状構造物, 制振装置, 回転式制振装置(TRMD), 振動制御

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

し、これより求めた。転動子の主成分は鋼（ $\rho = 7.86 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$ ）であると想定する。装置は設置場所の狭さからコンパクトさを重視した。また、TMD との比較のために一方向に 2 機設置することとする。結果、出来る限り省スペースをめざし、 $B=500\text{mm}$ 、 $D=1320\text{mm}$ とした。表-2 に示す諸元で数値解析による検討を行う。

5. 振動解析

数値解析のモデルは図-3 に示すような 1 自由度系せん断型ラーメン構造とした。解析には 4 次のルンゲ・クッタ法を用い、時間間隔は 0.005 sec とし、加振力として正弦波を与えた。

このモデルは渦励振、ガスト応答などによる周期的な振動を正弦波として与える。外力と独立塔状構造物が共振を起こす付近での制振状態を見るため、共振点である周波数 $f_0=0.72 \text{ Hz}$ 付近の外力による独立塔状構造物の振動の最大変位を、TRMD 作動時と非作動時において比較検討することとした。結果を図-4 示す。

図-4 より、構造物と外力の共振時には TRMD を付けたことにより 1/12 まで変位は減少していることがわかる。また、パッシブ型の制振装置特有の現象で、エネルギーが消散されたことにより他の周波数での外力で、非作動時より振動する点があることがわかる。それでも構造物の共振時と比較すれば 1/4 以下になっていることから、TRMD をこの自立型煙突の制振対策として、TMD の代わりに設置することは可能であると言える。

また、TMD の設置スペースは、 $L1680 \times W494 \times H800\text{mm}$ が 2 方向に 2 機ずつ、合わせて 4 機より、約 3.32m^2 であるのに対し、TRMD は約 2.64m^2 になる。すなわち、20% の設置面積の削減が可能となった。

6. おわりに

本研究で制振装置に最も求めることは、独立塔状構造物を制震することと、設置スペースの狭さから出来るだけコンパクトにすることである。

実験結果より、制震制御、設置スペースの 20% 削減が可能ながわかった。また、制作費は特殊な機械部分がないので、ほぼ鋼材価格+若干の加工費で製作ができる。よって、本研究の目的において、TRMD は大変有効であると言える。なお、今回の結果は数値解析のみに頼ったものとなったので、今後はさらなる立証のため実験結果との比較検討等も行う予定である。

最後に、東海大学工学部島崎洋治教授ならびに研究室の方々から貴重な助言を頂いた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 佐伯秀, 島崎洋治: 転動型制振装置をつけた 1 自由度ラーメン構造模型の正弦波外力応答に関する実験とその解析, 東海大学紀要工学部 Vol.39, No1, 1999, pp.143-146
- 2) 三井造船技報, 平成 11 年 2 月, 第 166 号, p.44
- 3) 尾畑守夫, 森尻渉, 島崎洋治: 転動型制振装置の自由振動における制振効果, 構造工学論文集 Vol.47A, 2001/3

表-2 数値解析諸元

質量 m_1	51400 kg
TRMD 質量 m_2	1285 kg \times 2 機
剛性 k_1	995104 kg/s ²
B	50 cm
D	132 cm
d0	64.5 cm
d1	0 cm
減衰係数 c_1	0.005 kg s/cm
c_2	0.005 kg s/cm

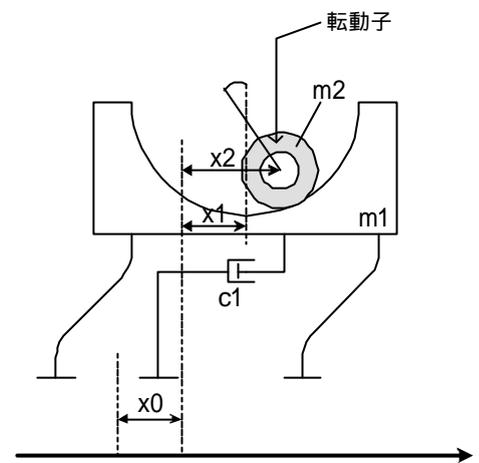


図-3 TRMD + 構造物

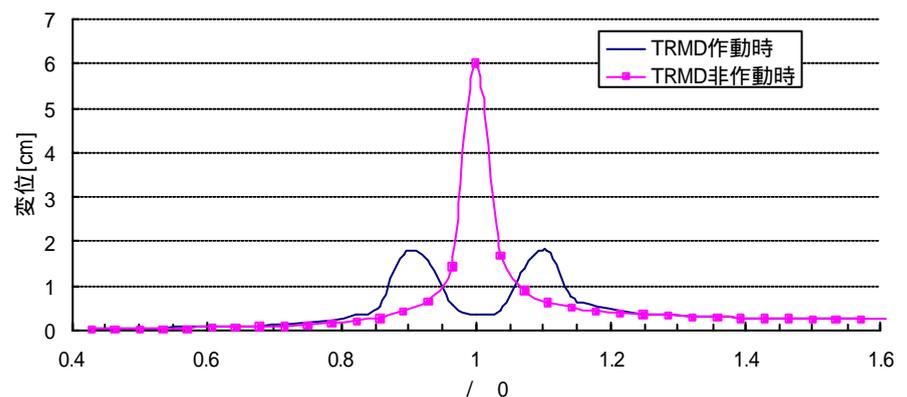


図-4 共振時付近の外力での最大変位