

住友重機械工業 正員 小西拓洋 住友重機械工業 正員 中村 幸
 住友重機械工業 畑山貴善 住友重機械工業 有壁剛生
 住友重機械工業 江原信夫

長大橋の主塔では架設途中や塔の独立状態において比較的低風速の風で振動が発生する。この場合の制振対策としてTMD（Tuned Mass Damper）を主塔に設置することにより、構造物の振動を抑える例が近年増加している。しかし、架設の進捗によって構造物の固有振動数が変化する場合などにはTMDの調整が必要になるなどの問題点がある。このようなパッシブ型のTMDの欠点を補い、より確実な制振を行うために、モーター、アクチュエータ等により、TMDの重錘の動きを能動的（アクティブ）に制御するアクティブ型のTMDが開発され、実橋にも適用されている。本研究では1軸型と2軸型のアクティブ型のTMD（ATMD）の模型を製作し、いくつかの制御方法による制振効果の確認実験を行ったので、装置の概要と制振効果について報告する。

2. 装置の概要

（1）1軸型ATMD

1軸型のATMDは転動振子型のTMDをモーターを用いてアクティブ化したものである。図に示す振子部分の質量を、台車と共に水平移動する部分（図中の④）と、振子として回転運動する部分（図中の③）とに分けられる構造とし、この回転運動する部分の質量を変化させて装置の振動数を調整することができる。

下図に装置の概念図と実機を想定した場合の振動数の調整範囲を示す。

（2）2軸型ATMD

2軸型のATMDは重錘を4本のワイヤーで吊った振子型のTMDを2本の油圧シリンダによって制御力を加えることができる構造としたものである。この装置は油圧シリンダを斜めに取り付けることを特徴としている。斜めに取り付けることにより油圧シリンダ同士が互いに干渉しない仕組みになっている。このような特徴により制御コントローラの設計が2軸型にもかかわらず非常に簡単なものとなる。

下図に装置の概念図を示す。

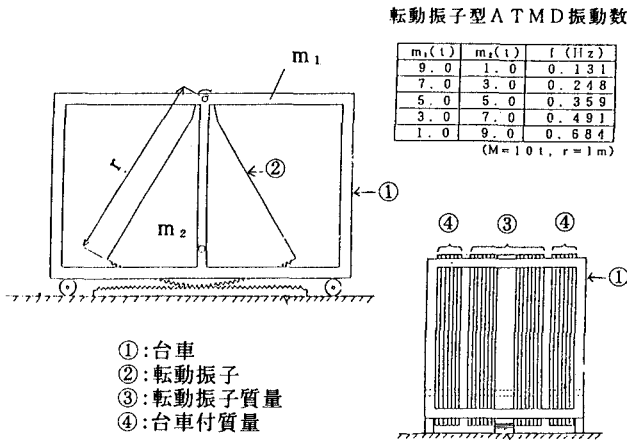


図-1 1軸転動振子型ATMD概念図

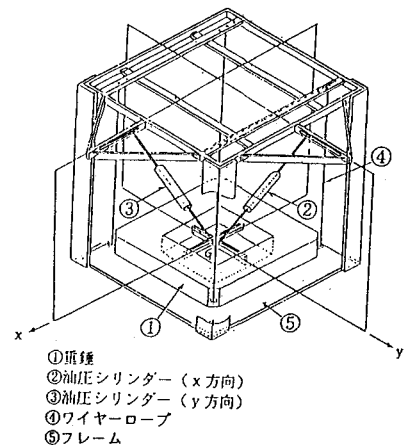


図-2 2軸対応型ATMD概念図

3. 振動実験

（1） 供試体

供試体は重錘を4本の腕で吊った振子であり、1自由度の振子運動をする。腕の長さは1m、重錘質量は2tであり、全尺寸法はH1384×W4204×D1535mmである。供試体の振動数はバネを取り付けることにより調整することが可能である。バネ無し時において0.5Hz、バネ取付時において0.76Hzとなる。

（2） 制御手法

鶴見航路橋の主塔の制振に用いたATMDには最適レギュレータによるフィードバック制御を採用し、優れた制振効果が見られることを確認した。しかしながら、最適レギュレータでは摩擦力のような非線形力により制振性能が劣化する場合があった。そこで今回は直接速度フィードバック（Direct Velocity Feedback：DVFB）による制御方法について実験を行った。以下に比較を行った制御方法を示す。

- | | |
|---------------|---------------|
| ① 最適レギュレータ制御 | ② DVFB制御 |
| ③ リミッタ付DVFB制御 | ④ 可変ゲインDVFB制御 |

（3） 実験結果

下図に非制振時の供試体の変位と、1軸型ATMDを動作させた場合の供試体の変位、ATMDの重錘の変位、制御指令電圧を示す。比較の結果以下の知見が得られた。

- ・ DVFB制御は最適レギュレータ制御に比べ、同程度の制振効果が得られた
- ・ DVFB制御では供試体振幅とATMD振幅は比例関係にあるため、供試体振幅が小さいときにはATMD振幅も小さくなり、ATMDの能力には余裕があるものの、制振効果は小さくなってしまふ
- ・ リミッタ付DVFB制御はリミッタを用いないDVFBに比べ、制振効果は大幅に向上するが、ATMDの破損やスピルオーバーの危険性が懸念された
- ・ 可変ゲインDVFB制御はリミッタ付DVFB制御と同程度の制振効果があり、スピルオーバーの危険性もない

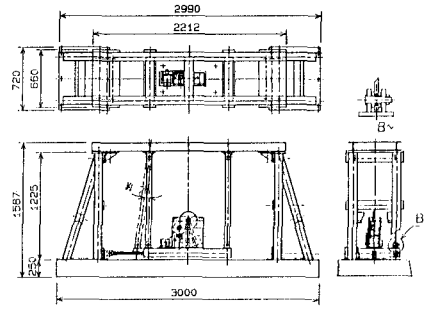
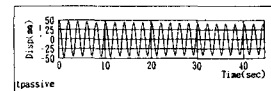
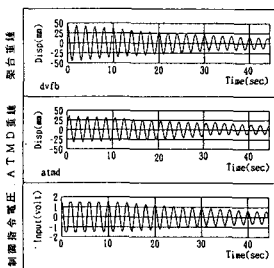


図-3 供試体概要図

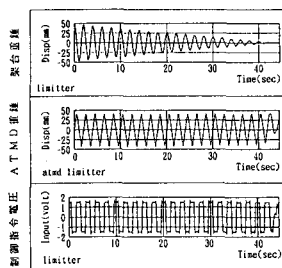
〈非制振〉



〈DVFB制御〉



〈リミッタ付DVFB制御〉



〈可変ゲインDVFB制御〉

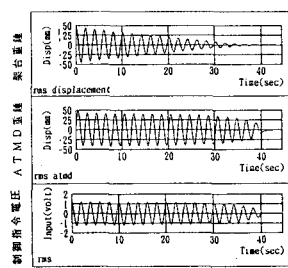


図-4 制振効果の比較（1軸型ATMD）

4. まとめ

実験で用いた制振装置の模型は1軸型、2軸型とも、ほぼ計算どおりの制振効果を得ることができた。制御手法についても可変ゲインDVFB制御が優れた制振効果を発揮することが確認できた。今後は、実機レベルまでスケールアップした場合においても安定した制振効果が確保できるかどうかについて検討を進める予定である。

参考文献 森河・市川・小西・有壁：鶴見航路橋架設時主塔制振装置の開発，第12回風工学シンポジウム，1992