

I-362

長大構造物用能動型制振装置の開発

石川島播磨重工業(株)	正員	谷田 宏次	同左	小池 裕二
石川島播磨重工業(株)	正員	宇野 名右衛門	同左	牟田口 勝生
石川島播磨重工業(株)		新井 征夫	同左	中川 栄一

1. 緒言 独立状態の長大橋主塔の空力振動を抑えるための制振装置として、ケーブルや地上の減衰装置を設置することが困難な場合には、従来より、主塔頂上に動吸振器を取り付ける方式が採られている。この種の受動型制振装置は、パラメータの調整条件が存在するため、主振動系の固有振動数に変化が生じる場合は、その制振効果が大きく低下することや、副振動系と主振動系の質量比が小さいと大きな制振効果が得にくい等の欠点がある。このような受動型の欠点を改良する目的で、外部よりエネルギーを加えて制御を行う能動型制振装置が注目され、塔状構造物に対してもアクティブ・マス・ダンパ(以降A.M.D.と呼ぶ)に関する研究が盛んになってきた。A.M.D.を主塔のような長大構造物に適用する場合、アクチュエータのパワーが小さく、機構が簡単であることが望まれる。このような観点から当社では、振子機構を利用した同調型アクティブ・マス・ダンパ(以降A.T.M.D.と呼ぶ)を開発し良好な制振性能が得られることを実証したので報告する。

2. 実験装置 実験は、A.M.D.とA.T.M.D.の二方式について行った。ここでのA.M.D.とはA.T.M.D.と比較するための復元力機構をもたないものである。図1に実験装置を示す。制振対象である振動体は、コイルばね支持の一自由系であり、制振装置はACサーボモータ、補助質量および制御装置から構成される。A.T.M.D.は(a)に示すように、内接歯車の取り付けられた円弧上の質量を小歯車を介してモータ駆動する方式であるが、この場合、補助質量は振子機構を持つ振動系であり、固有振動数は振動体に一致させている。一方、A.M.D.は(b)に示すように、ボールネジ機構により補助質量を駆動する。振動試験は、油圧加振台を用いて振動体を水平方向に加振した。表1に実験装置の諸元を示し、図2に制御ブロック図を示す。振動体の変位、速度、加速度および補助質量の振動体に対する相対変位、相対速度の各信号をフィードバック信号としてパーソナルコンピュータに入力し、それぞれにゲインをかけ加算した量を補助質量の変位命令信号として与えた。

3. 実験結果 本実験では、自由減衰特性、周波数応答特性、定常時刻歴応答特性について行った。図3に自由減衰させた時の波形を示す。(a)、(b)の制振装置作動、不作動時の比較から、作動させることにより振動が十分に減衰していることがわかる。このときの振動体の付加減衰は約5 [%]に相当する。図4に周波数応答特性を示す。制振装置を作動させることにより、共振ピークは不作動時の約1/15に抑えられ、A.T.M.D.はA.M.D.とはほぼ同程度の制振効果が得られた。図5は、振動体の共振振動数において制振装置を作動させない状態で加振し、約360秒後に作動させた場合の振動体、補助質量の振幅変化を示したものである。A.T.M.D.とA.M.D.の違いを明確にするため、同一制振条件に対する振動体、補助質量変位、モータトルクの計測を行った結果を図6に示す。A.T.M.D.方式では、振子機構による復元力が作用しているため、A.M.D.方式に比べ、約1/5程度のモータトルクで同程度の制振効果が得られた。これらの実験結果は、制御側およびモータのサーボ系応答特性を考慮した理論計算値と良く一致した(図6(C))。また、理論計算により、従来のパッシブ方式に比べて、制振効果、パラメータ変動に対する安定性、および速応性などの面で優れた性能の得られることを確認した。

4. 結論 振子機構を組み合わせた同調型アクティブ・マス・ダンパを開発し、模型実験により十分な制振効果の得られることを検証した。本方式は、同じ質量比のアクティブ・マス・ダンパに比べてアクチュエータの容量が約1/5に削減でき、機構が簡単でコンパクトな構成で、停電時には、パッシブ方式としても作動できるなどの利点を有していることを明らかにした。今後、実機に適用していく予定である。最後に、本研究に関して真摯な御指導を頂いた、元石川島播磨重工業技監(現明星大学教授)国枝正春博士に深く感謝致します。

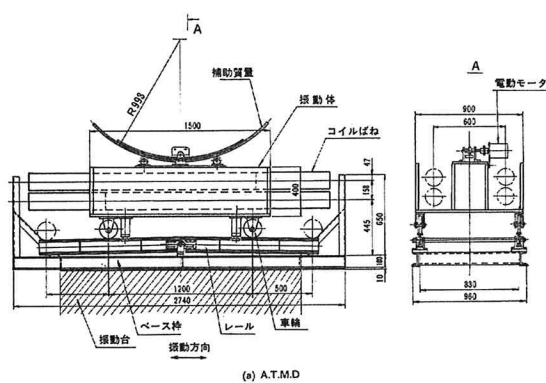
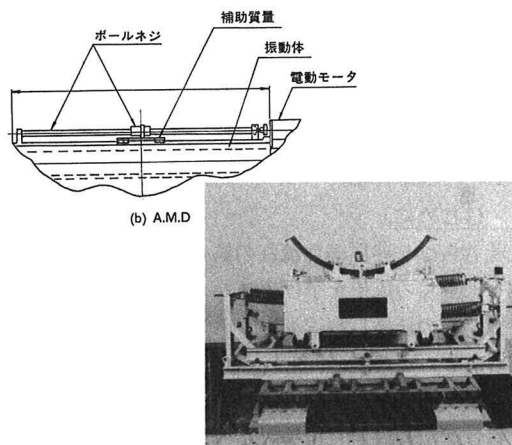


図 1 実験装置



(C) 外觀 (A, T, M, D)

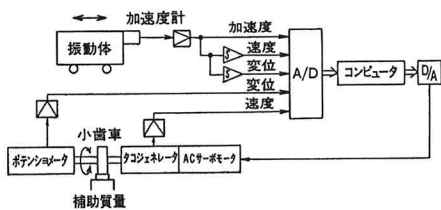
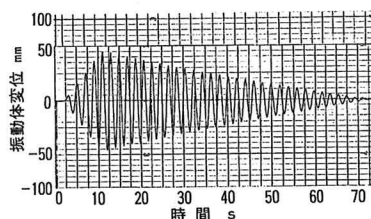


図2 ブロック図



(a) 装置を作動しない場合

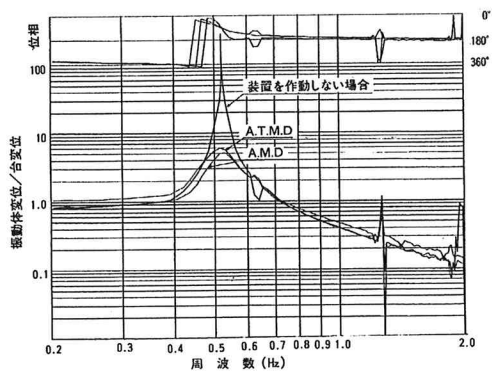
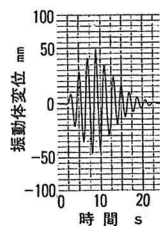


図4 定常周波数応答による制振効果の比較

	固有振動数 Hz	重量 kgf
振 動 体	0.515	850
A.T.M.D	0.515	15
A.M.D	—	15



(b) 装置を作動した場合

図3 自由減衰による制御効果

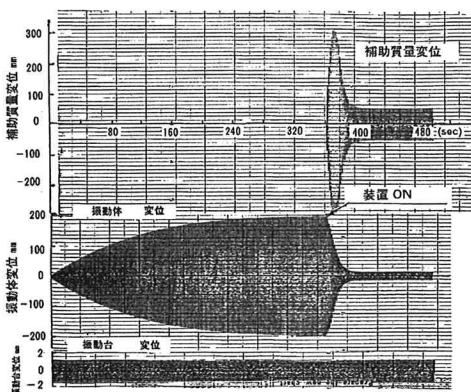


圖 5 時刻歷波形

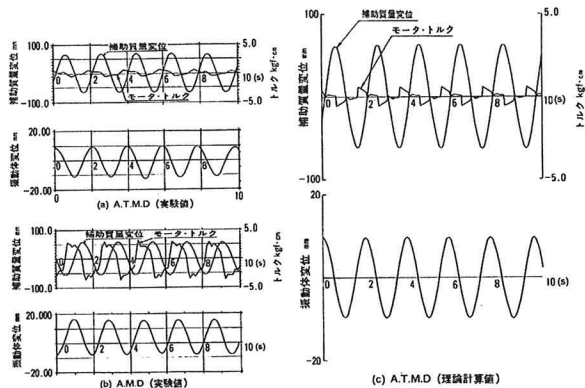


図6 A.T.M.DとA.M.Dのモータのトルクの比較