

原子力機器用制振装置の開発

磁気ばね・ダンパ制振装置による2次元振動の抑制

Development of a Dynamic Damper for Nuclear Components

Two-dimensional Vibration Reduction Using a Magnetic Dynamic Damper

(電力技術研究所 原子力G)

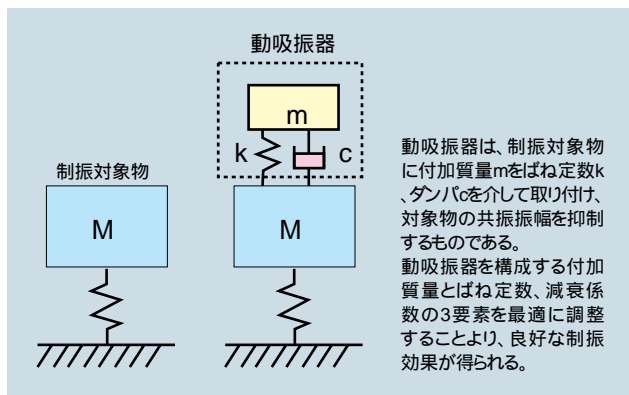
一つの制振装置で2方向同時に制振効果が得られるように設計・製作した磁気ばね・ダンパ制振装置を直交する2方向に異なる固有振動数を持つ弁-配管系を模擬した試験体に取り付けて振動試験した。その結果、この制振装置一つで、2方向同時に制振効果が得られることを確認するとともに、その設計手法を確立することができた。

(Nuclear Power Group, Electric Power Research & Development Center)

A magnetic dynamic damper, designed and manufactured so as to obtain a sufficient damping effect concurrently in two different directions vibration with a single damper, was installed in a valve-pipe system having the natural frequency of vibrations in two rectangular directions and subjected to a vibration test. As a result, we confirmed that this single damper could attain sufficient damping effect concurrently in two different directions, and thereby we established the design method for such a damper.

1 磁気ばね・ダンパ制振装置

動吸振器は、第1図に示すように小さな質量のおもりとそれを支持するばね・ダンパを新たに追加し、この付加系の固有振動数を制振対象物の固有振動数と一致させることで制振対象物の振動を小さくする装置であり、従来、機械的なばね・ダンパが用いられていた。

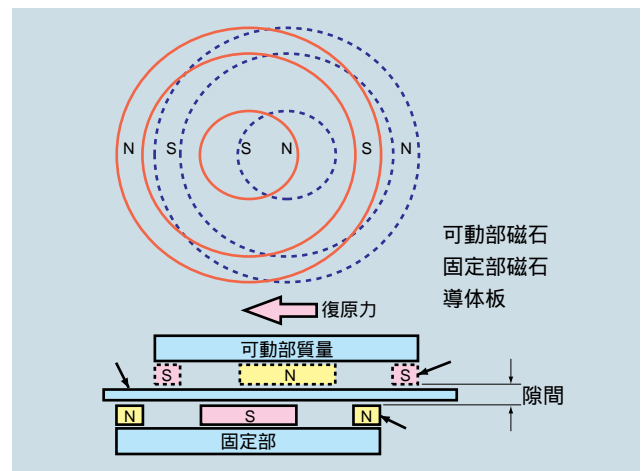


第1図 動吸振器の原理

近年、永久磁石と導体板を用いた単純な構造の磁気ばね・ダンパ制振装置が開発され、動吸振器の大幅な小型化が達成されている。この磁気ばね・ダンパ制振装置の基本構成を第2図に示す。復原力を得るために、内側と外側の磁極が互いに異磁極となるように磁石を動吸振器の可動部質量と制振対象物に、一定の間隔を保ちながら磁極が対向するように配置し、可動磁石の水平移動に伴い、磁束のせん断方向に働く磁気吸引力及び磁気反発力をばね要素として用いている。さらに、対向磁石間に非接触の導体板を設置することで導体板を横切る磁束の移動に伴い渦電流が発生し、これが磁束と作用することにより運動方向と逆向きに働く抵抗力(フレミング左手の法則)を減衰要素として利用している。

この制振装置は、外部からのエネルギー供給を必要としない静的機器であることから機械的な接触がほと

んどなくメンテナンスフリーとなっている。また、制振対象物と一体化できるため、耐震構造を簡素化することが可能であるといった特徴を有している。

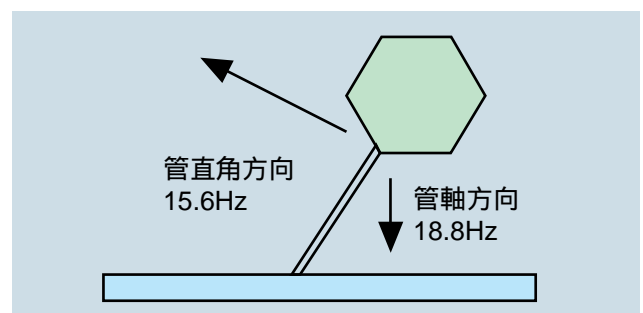


第2図 磁気ばね・ダンパ制振装置の基本構成

2 研究概要

第3図に示す駆動弁のように、弁頂部に重量体が付加されている片持ち構造の機器が配管に取り付けられている弁-配管系について振動特性を検討した結果、直交する2方向(管直角方向: 15.6Hz、管軸方向: 18.8Hz)に異なる振動モードが卓越し、弁頂部の応答加速度に影響することが分かった。

本研究では、このような弁-配管系の振動特性を模擬した試験体に対して、制振効果を得ることができる



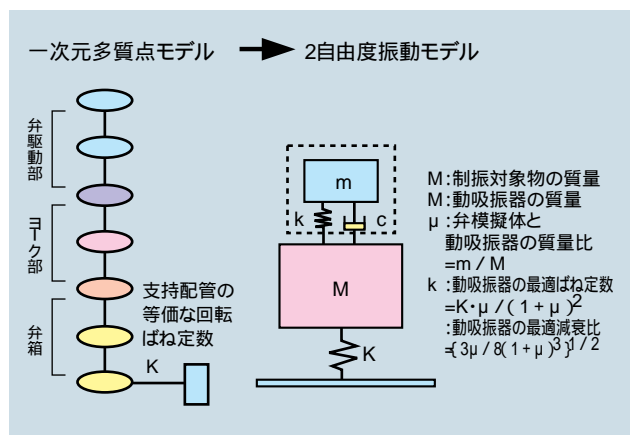
第3図 弁-配管系の振動特性

これまでにない磁気ばね・ダンパ制振装置を設計・製作し、これを模擬試験体に適用した場合の制振効果を加振台による振動試験により確認した。

3 研究成果

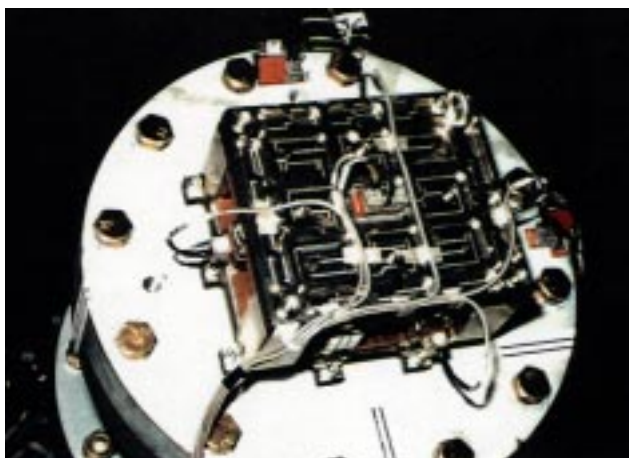
(1) 磁気ばね・ダンパ制振装置の設計・製作

模擬試験体に有効な制振装置を設計・製作するにあたり、動吸振器として必要な緒元（可動部質量、最適ばね定数、最適減衰係数）を算出するために、1次元多質点モデルを作成した。このモデルの下部を一つの等価な回転ばね定数として置き換え、これが各方向の固有振動数と一致するように等価質量、等価な回転ばね定数を求めた。さらに、模擬試験体と制振装置からなる2自由度振動モデルを作成し、動吸振器の可動部質量に応じた最適ばね定数、最適減衰比を計算した。模擬試験体の解析モデルを第4図に示す。



第4図 模擬試験体の解析モデル

この計算結果に基づき磁場解析を行い、2方向の異なる振動数に対応できるような動吸振器の最適ばね定数を実現するための磁石の寸法と配列、磁石間隔を求めた。また、必要な磁気減衰を得るための銅板の厚さも決定した。このようにして設計・製作した磁気ばね・ダンパ制振装置を第5図に示す。



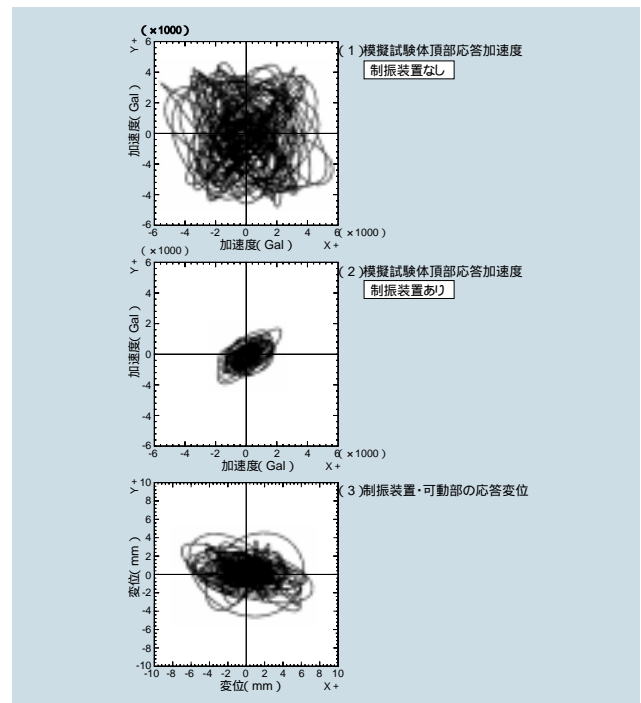
第5図 磁気ばね・ダンパ制振装置の写真

(2) 振動試験

設計・製作した磁気ばね・ダンパ制振装置を模擬試験体に適用した場合の制振効果について、模擬試験体単独と模擬試験体に制振装置を取り付けた状態で、加振台を用いた振動試験により確認した。加振方法は正弦波による掃引試験及びランダム波（10Hz～25Hzのピンクノイズ）による加振で、加振方向は管直角方向、管軸方向、上下方向の単独加振及び管直角方向と上下方向の同時加振とした。

第6図は、ランダム波加振試験において、模擬試験体を管直角方向と上下方向に同時加振した場合の模擬試験体頂部の応答加速度のリサージュを、制振装置がある場合とない場合について、また、この時の制振装置可動部の応答変位を示したものである。この図から、同時加振により模擬試験体頂部が2次元振動している状態で、一つの制振装置可動部がやはり2次元に追従して動くことにより、2次元方向同時に振動を低減している様子が良く確認できる。

このことから、弁・配管系のように直交する2方向に振動モードが卓越する機器に対して、磁気ばね・ダンパ制振装置一つで、2方向同時に制振効果が得られることが確認できるとともに、この制振装置の設計手法を確立することができた。



第6図 ランダム波加振試験による模擬試験体頂部応答加速度（リサージュによる比較）

4 今後

今後は、非線形振動機器に対する磁気ばね・ダンパ制振装置の適用性についても検討する予定である。