

I - 277

流体式制振装置の開発・実用化

三菱重工業 正員 ○ 上田 浩之 吉村 光弘
三菱重工業 藤田 一誠 日比 輝美

1. まえがき

橋梁、中高層ビルなどの風、交通、地震などによる振動を低減し、快適な作業環境、居住環境を確保することはますます重要な課題となっており、多くの実用化研究がなされている。このような振動低減装置の一つとして液体の動揺を応用した流体式制振装置がある。本稿では、この数年にわたって開発実用化した流体式制振装置の開発経緯とその特徴・原理について紹介する。

2. 開発経緯

1) 船用防振タンク 大型船舶の上部構造の前後振動の低減を対象に、船舶の分野では古くから使われている減揺水槽の技術を基に開発したものである。装置の両側のタンク上部に空気室を設けて空気バネを利用し、高い振動数に調整できる防振タンク型（図1参照）と、これを船舶の航行状態に応じて振動数を自動的に追従させるセミアクティブ型の2種を実用化している。¹⁾ 本装置は、プロペラ回転上昇中において上部構造の水平振動応答を計測した結果、応答が最大 約1/4に低減されるなど実船において充分な効果を挙げている。（図2参照）

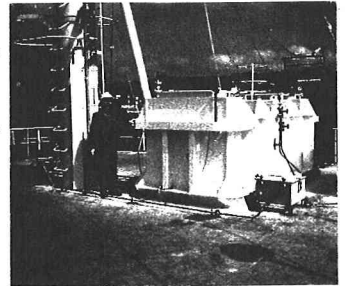


図1. 大型船舶用防振タンク

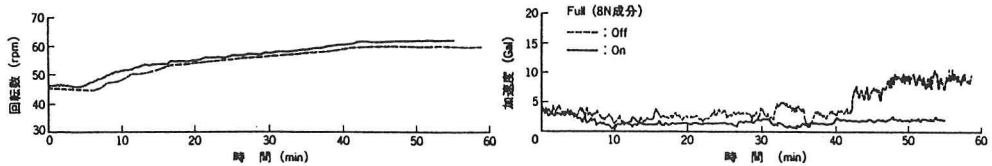


図2. 回転上昇中における上部構造水平振動低減効果

2) 建物用流体式一方向制振装置 船舶における実績を基に、空気室を大きくとり建物用に低い周期を持つ流体式制振装置（図3参照）を開発実用化した。上記1)、2)の技術は空気室の圧力を調整することにより振動数を比較的容易に調整可能である。^{1)~3)} 本装置を中層オフィスビルに搭載しチューニングの後、風、交通などの外乱による常時微動を計測した（図4参照）。その結果、建物の応答が 約1/5に低減できた。また、人力加振実験の結果、加振後の減衰が非常に早いことを確認した。

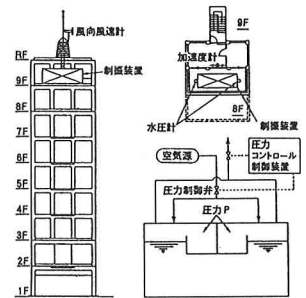


図3. 建物用流体式一方向制振装置

3) 流体式二方向制振装置

① 特徴 図5に示すように、従来のTLDに比べて広い振動数調整が可能な方式として新しく水ピストンを付加した機構を考案した。水ピストン機構はU字管、フラップ、外部バネ、振り子によって構成され、水ピストン機構とタンク本体は空気連通管で連結される。

装置の固有振動数は外部バネ剛性、振り子の長さ、質量をチューニングパラメータとして容易に調整が可能である。また、U字形の水タンクを直角に組み合わせることによって水平部分を共有し、コンパクトな構造であらゆる方向の水平振動に対応できる特徴を有す。⁴⁾

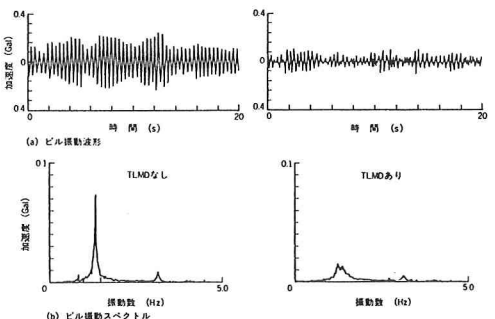


図4. 常時微振動計測結果

② 原理 本装置の概念図を図6に示す。建物が振動すると水タンクおよび水ピストン内の水は空気室と空気連通管の空気バネ効果によって二自由度系の振動体として振動する。このために、外部バネ剛性および振り子の長さや質量によって水ピストン機構の振動数さらに装置全体の振動数の調整が可能である。

③ 低減効果 建物を多質点マスーバネモデルに置換し、風、地震入力に対する低減効果を時刻歴応答解析（ニューマークβ法）によりシミュレーション計算した。その結果、建物の応答が1/2～1/3に低減されることを確認した。

④ 加振実験 装置の作動原理・性能を確認し、装置の振動特性を把握するために実機による加振実験を実施予定である。本実験で使用する流体式二方向制振装置（図7参照2.5×2.5×1.7m）は、大阪市内の中層ビルに搭載予定である。

3. まとめ

水と空気圧力を利用した新しい流体式制振装置を開発し、新しく水ピストン機構の開発、二方向性への拡張を図ってきた。その結果、次に示す結論を得た。

1) 流体式制振装置はU字形タンク内の流体を利用しているため応答性が良く、空気圧調整などによってスムーズに振動数調整が行えるなど優れた特徴を有している。

2) 船舶や建築物に実機搭載した振動低減効果の測定結果より装置の有効性とその実用性を実証した。

さらに、橋梁の主塔や塔状構造物などの土木構造物に対してもその適用が可能である。

3) 流体式二方向制振装置の振動特性を求める理論式を導出し、あらゆる方向の水平振動に対応できること、水ピストン機構を付加することによって振動数の調整が容易で、振動数調整範囲が広いことを理論的に確認した。

今後、流体式二方向制振装置の加振実験を行い装置の作動性能、理論式の妥当性を確認し、また、建物に搭載後の振動低減効果を計測する予定である。さらには、水ピストン機構にアクチュエーターを取り付け、建物の揺れに応じて装置の振動数を能動的に制御するアクティブ方式への展開を図り装置の性能向上を図りたい。

〔参考文献〕

- 1) 香川、藤田、「流体式制振装置の開発実用化」構造工学論文集 vol39B, 1993. 3
- 2) 香川、藤田、日比、藤井、「船舶用流体式制振装置の開発と建築物への応用」日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）、1989. 10
- 3) 綾部、菅、香川、藤田、日比、「流体式制振装置を設置した中高層建築物の制振」日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）、1990. 10
- 4) 藤田、香川、清水、寺村、日比、「流体式二方向制振装置の振動実験」、日本建築学会大会学術講演梗概集、1993. 9

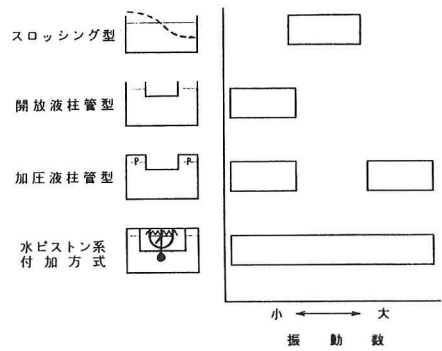


図5. TLDの振動数調整範囲

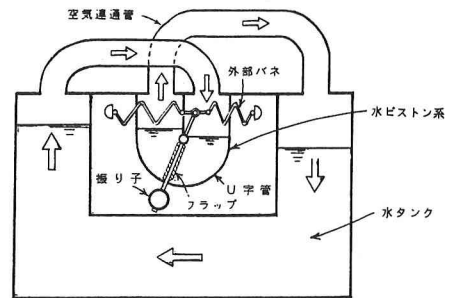


図6. 水ピストン機構付加方式概念図



図7. 流体式二方向制振装置