

I - 612

可動オリフィスをもつ液柱管ダンパーの特性と
数値流体シミュレーション

東京大学大学院 学生員 角 雄一郎

日本大学理工学部 正員 野村 卓史

東京大学工学部 正員 藤野 陽三

1 はじめに

制振装置の一種であるTLCD（液柱管ダンパー）¹⁾の減衰効果は液柱管内に設けられたオリフィスによって得られ、オリフィスの開口率を変えると液柱管運動の減衰特性が変化する。通常のTLCDはオリフィスが固定されているため開口率が一定であるが、この場合液柱管の振動振幅に比例して減衰定数が変化することが知られている。そのため任意の振幅を想定した構造物振動を効率良く制振できないという問題点がある。そこで、オリフィスを可動にすることにより液柱管振動時の減衰が振幅によっても変化しない減衰性能を持たせることが可能かどうかを模型実験と数値流体シミュレーションによって検討した。

2 検討した可動オリフィスの考え方

固定オリフィスの減衰 H_f は式(1)のように液柱速度 $\dot{h}$ の2次式で表される。

$$H_f = \zeta \frac{\dot{h}^2}{2g} \quad (1)$$

したがってこの場合の液柱運動の方程式は非線形になる。式(1)で ζ は損失係数であり、開口率の増加に伴いその値が減少する性質がある。この特性をうまく利用することにより減衰 H_f を速度 $\dot{h}$ に比例する線形なものにすることが本研究のねらいである。

これを実現するため本研究で考案した可動オリフィスは次のようなものである。

- (1) オリフィス板と液柱管壁面との接続部をヒンジ構造とする（図1参照）。そのため管内に流れが生じると流れの及ぼす力積によりオリフィス板が下流方向へと傾き、開口率が変化するのと同じ効果が期待される。
- (2) オリフィス板の回転運動の復元力として重力を利用した、パッシブ制振装置とする。

3 実験

図2に示す寸法のアクリル製液柱管を用いて液柱の自由振動実験を行った。液柱上部に圧力差を与えることにより2本の液柱の水位に差を与え、圧力を解放した後の液柱運動を波高計によって測定した。図2中に示すようにオリフィス板の大きさや材質を変えている。実験結果の一部を図3、4に示す。

図3によれば、固定オリフィスから求まる減衰定数は、すでに知られているように¹⁾液柱運動の振幅が大きくなるとともに大きくなっている。これに対し、可動オリフィスの場合は振幅の大きい範囲（2cm以上）では減衰

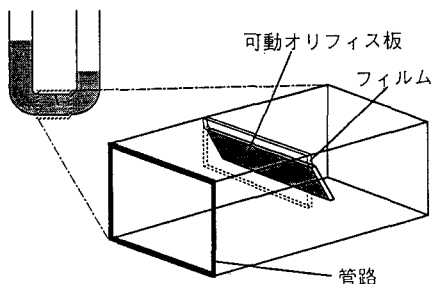


図1 可動オリフィス模型概念図

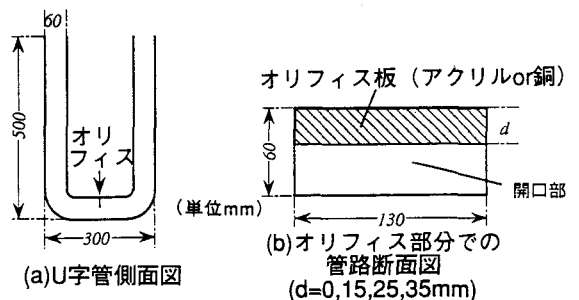


図2 液柱管ダンパー模型の寸法

定数があまり変化せず、可動オリフィスが減衰の線形性を実現し得ることが示された。ただし、振幅が小さい振幅域では、オリフィスの開口面積があまり変化しないため、固定オリフィスと同様の減衰定数となっている。

図4は同じ開口率のオリフィス板の材質を変えて、極慣性モーメントの異なる可動オリフィスの結果を示したものである。オリフィスの極慣性モーメントを大きくすると、減衰定数が振幅に依存しなくなる振幅域での減衰定数の値が大きくなる結果となっている。

4 数値流体シミュレーション

図5に示すように可動オリフィスを含む管路に定常流を流すという設定で数値流体解析を行い、固定および可動オリフィスの減衰を管内流における運動量の法則を用いた上流から下流に至るまでの流体の運動量欠損として求め評価した。

解析手法としては、流体運動および構造（オリフィス板）振動の連成運動を対象とするALE有限要素法を用いた²⁾。図6に用いたメッシュの例を示す。数値解析の結果は図7の通りで、定性的にはあるが、固定および可動オリフィスによる流体の運動量欠損について次のような性質が示された。

- 流速が低い場合固定オリフィスと可動オリフィスとの運動量欠損値が一致する。これは上記実験結果に対応している。
- 流速を上げていくと、可動オリフィスの回転変位 θ が大きくなり、固定オリフィスに較べ可動オリフィスの運動量欠損値が低下した。

謝辞

なお、今回の実験に際し、川崎重工（株）の坂井、玉木両氏のご厚意により実験機器を使用させて頂きました。

参考文献

- 坂井 藤一、高枝新伍、玉木 利裕：液柱管ダンパー (Tuned Liquid Column Damper) の提案 - 液柱管の振動特性 -、構造工学論文集 Vol.35A, 土木学会, pp.543-552, 1989.
- 野村卓史：ALE有限要素法による流れ・構造連成解析への予測子・修正子法の適用と計算過程に関する技法、土木学会論文集 No.455/I-21, 土木学会, pp.55-63, 1992.

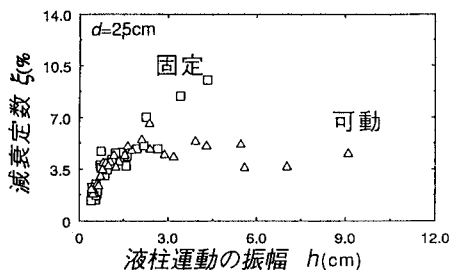


図3 固定オリフィスと可動オリフィスとの比較

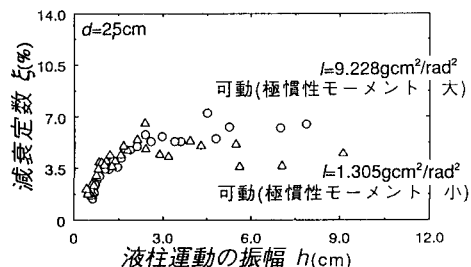


図4 可動オリフィスどうしの比較

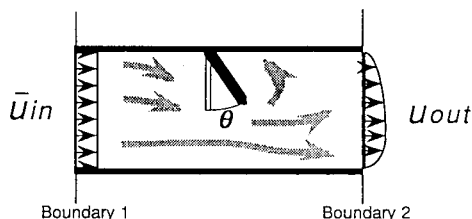


図5 解析対象モデル

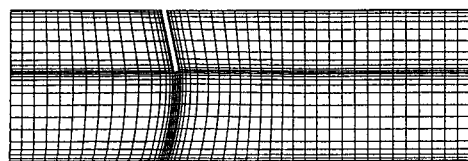


図6 有限要素メッシュ

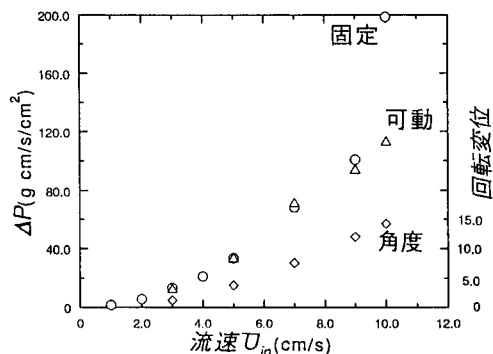


図7 運動量欠損 ΔP の流速による変化