

I-343

液柱管ダンパー（TLCD）の管形状，オリフィス形状に関する検討

川崎重工業 正員 ○ 赤尾 宏，坂井藤一
高枝新伍，玉木利裕

1. はじめに 筆者らは同調式制振装置の新しい方式として液柱管ダンパー（Tuned Liquid Column Damper）を提案して来ている*1-2）。一般に同調式制振装置では，所要の制振効果を得るために，対象とする構造物の振動特性に応じて，固有振動数・減衰を適切に調整する必要がある。液柱管ダンパー方式では，固有振動数は液柱長により，減衰はオリフィスにより，容易かつ厳密に調整できることは，先の報告で示した。ここでは液柱管ダンパーの管形状や，オリフィス形状をいろいろに変化させた場合，その影響がどのように現れるかを実験結果から検討することにする。

2. 液柱管ダンパーの実験 図1および図2に示すように，管形状とオリフィス形状を変化させ，表1および表2に示すようなパラメータの組み合わせにより，自由振動実験と正弦波加振実験を実施した。

表1 自由振動実験ケース

Container type	Orifice type	Length of liquid L (mm)		Initial amplitude (mm)
LL	OO*	3200	2600	100
LR	WF, WM	4000	3400	300
SL	MF, MM	4800	4200	500
SR	NF, NM			
	RF, RM	2685	2085	
		3485	2885	
		4285	3685	
	* no orifice			

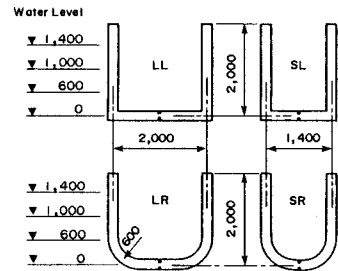
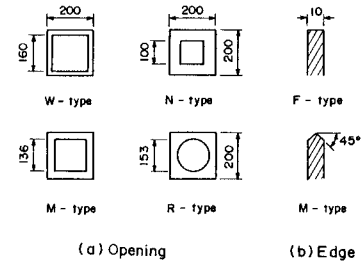


図1 液柱管実験試験体

表2 正弦波加振振動実験ケース

Container type	Orifice type	Length of liquid L (mm)		Input amplitude (mm)
LR	WF		SL 3400	15
SL	MF		4200	30
SR	NF			45
	RF	2685	2085	60
		3485	2885	
		4285	3685	
	* no orifice			



(a) Opening (b) Edge

図2 オリフィス試験体

3. 液柱管ダンパーの減衰特性

液柱管ダンパーの基本方程式は次の通りである。

$$\rho A L \ddot{x} + \rho A K |\dot{x}| \dot{x} / 2 + 2 \rho A g x = -\rho A B \ddot{u} \quad (1)$$

ここで， ρ ：液体密度， A ：管断面積， L ：液体長さ， g ：重力加速度，

B ：液柱立上り幅， x ：液体振幅， $\ddot{u}$ ：入力加速度 である。

減衰を支配する係数 K は，オリフィスによる圧力損失係数を主に考えればよいが，形状や管壁摩擦の影響も考慮して，ここでは次のように与えることにする。

$$K = K_o + K_f + K_b \quad (2)$$

ここで， K_o ：オリフィスによる圧力損失係数（図3），

K_f ：管壁摩擦圧力損失係数（Darcy-Weisbach式），

K_b ：曲り部の圧力損失係数。

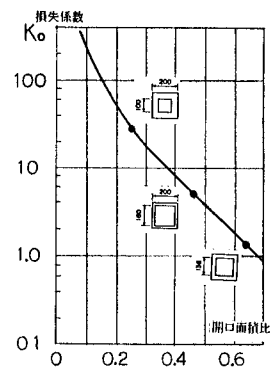


図3 開口率と損失係数

これらの圧力損失係数は、いずれも管路の定常流に対するものであるが、液柱管内の非定常往復流でも適当なReynolds数の範囲では適用できる（安川*3）。

実験に用いた液柱管の場合にこれらの係数を評価すると、それぞれ表3のようになる。

表 3 圧力損失係数

Ko (開口率)	Kf	Kb
0.0 (100%)	0.0826L	0.403(ベンド)
1.43 (64%)	(L=2.085	
5.21 (46%)	- 4.8m)	
30.10 (25%)		2.258(エルボ)

これを見ると、次のことが分かる。

- 1) オリフィスの絞りを高めるとオリフィス損失係数が支配的になる。
- 2) 管壁摩擦の影響は小さい。
- 3) 曲り部の影響はベンドの場合の方が、エルボの場合よりずっと小さい。

なお、調和振動を仮定すると、方程式（1）から等価減衰比 h_{eq} が次式で導かれることはすでに、与えている。

$$h_{eq} = 2KX_0 / 3\pi L \quad (3)$$

ただし、 X_0 は振幅を表す。

4. 実験結果

代表的ケースにおける振幅と減衰比の関係を検討した例を図4、5に示す。これらを見ると次の様なことが分かる。

- 1) 定常・非定常にかかわらず、減衰特性は等価線型減衰係数比 h_{eq} で評価できる。
- 2) 液柱管の減衰に対し、オリフィスの効果が支配的であるが、オリフィス開口率が大きいときには曲り部、管壁摩擦の効果が相対的に大きくなる。
- 3) ベンドの場合の方がエルボの場合より、実験値と推定値の一致が良い。これは、エルボの場合に流れの乱れがやや乱されることに原因がある。

5. 結び 液柱管ダンパーを設計する場合、管壁摩擦はほぼ無視してよい。ベンドの影響もほぼ無視できるが、エルボを用いる場合には若干その影響を考慮した方がよい場合もあるものと思われる。また、よりの確かな減衰特性を得るためには、オリフィスの先端形状をシャープエッジにするよりも平坦にする方がよい。

【参考文献】

- 1) 佐岡, 坂井, 高枝, 玉木, 「Tuned Liquid Column Damper(液柱管ダンパー)の制振効果について」, 第43回土木学会年次講演会
- 2) 坂井, 高枝, 玉木, 「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(1989).
- 3) 安川 浩, 「管内非圧縮性流体振動に関する基礎的研究」, 学位論文(1982).

damping ratio (%)

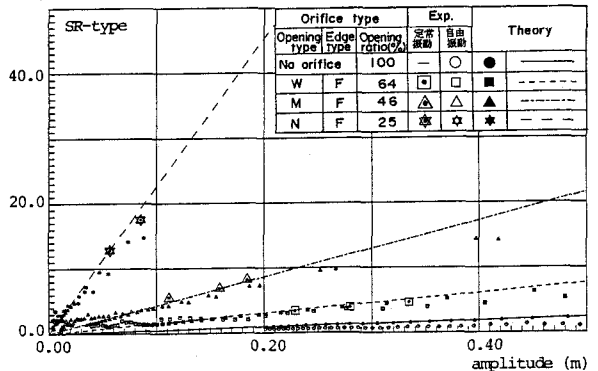


図 4 振幅と減衰比の関係 (bend)

damping ratio (%)

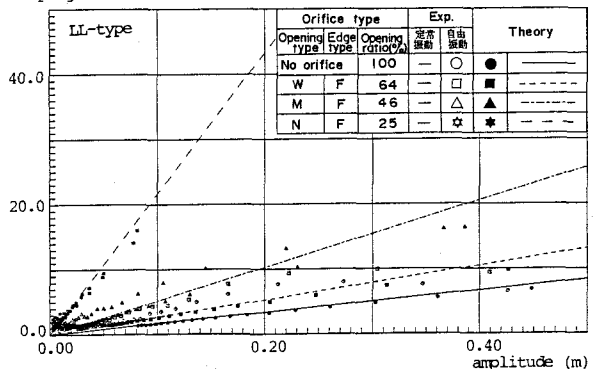


図 5 振幅と減衰比の関係 (elbow)