

I-339 液体振動を利用した回転方向振動の制振に関する基礎的研究

九州工業大学・工学部 正 員 久保喜延
 (株) 熊 谷 組〇正 員 大原英史
 九州工業大学・工学部 学生員 金尾 稔
 九州工業大学・工学部 学生員 吉村克則

1. まえがき これからの構造物は軽量化、構造減衰の低下や可撓性が進むと考えられ、風や地震等による影響が問題となってきた。これらに対し免振法、制振法として種々の方法が考案され一部実用化されている。取扱いの簡便さなどから水などの液体を使った液体ダンパーの研究も行われるようになってきた。我々は昨年度円筒水槽を鉛直方向に振動させて、その減衰効果を見た。その結果、鉛直方向においての性質は①スロッシングは発生しにくい②スロッシングが発生すると大きな減衰効果を得られる一である。もつと揺れ易い振動方向を考えれば減衰効果は期待できることになる。そこで本研究は、図1のようなシーソー型のモデルを用い、回転の往復振動をどのように抑制するかについて検討したものである。

2. 実験方法 回転方向の液体ダンパーの有効性を知る目的で、1自由度振動系(図1)に長方形水槽を設置し、その基本的特性を自由振動から把握した。回転ばねとして十字ばねを用いた。梁の変位(回転角 θ)は十字ばねに取り付けた歪ゲージから動歪計(DRA-10A)を介して求めた。本研究では往復回転運動について見たので、従来質量比として扱ってきたパラメータを質量慣性モーメント比 κ として用い、下記のパラメータに着目して実験を行った。

〇液体動揺の一次固有振動数 f_w と振動系の固有振動数 f_s との比 $\gamma = f_w / f_s$ 。

〇液体の質量慣性モーメント I_w と振動系の質量慣性モーメント I_s との比 $\kappa = I_w / I_s$ 。

また、実験結果より得られた値を用いて、振動振幅のシミュレーションを行った。なお、長方形水槽中の液面動揺の固有振動数 f は式(1)で与えられ、実験値とよく合うことが知られている(図2)。

$$f_w = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi g}{L} \tanh\left(\frac{\pi H}{L}\right)} \quad (1)$$

ただし、 H/L : 水深比。L: 波の進行方向の長さ。
 g : 重力加速度である。

3. 実験結果 振動系に回転変位を与え、水槽を載せたときの自由振動の構造減衰率(δ_w)から載せないときの(δ_s)を差し引き、付加減衰率($\Delta\delta = \delta_w - \delta_s$)を求めて性能の指標とした。

1) 振動数比の影響(水深比で換算する) 水深 H を変化させたとき、すなわち振動数比 γ を変えたときの付加減衰率 $\Delta\delta$ と水深 H との関係を考える。それぞれの振動数には式(1)により示される最適の水深が存在する。設定の水深をこの

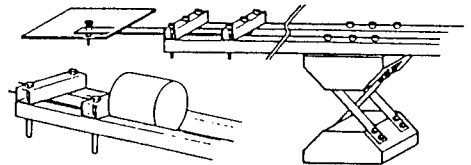


図1 実験装置

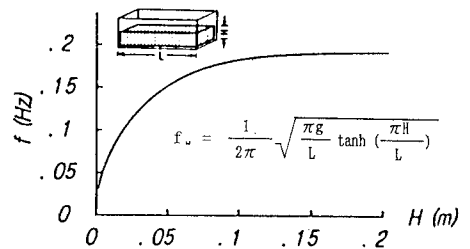


図2 水深と固有振動数

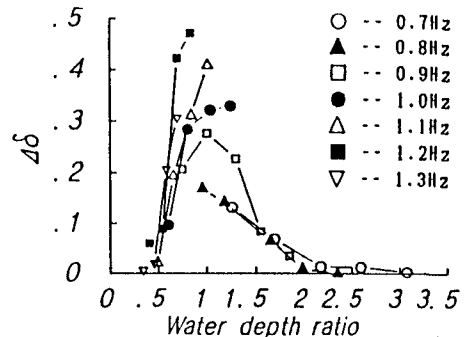


図3 水深比と付加減衰率

最適水深で除した値を水深比とすると、これが1.0になる値を中心としたピークがあり、これを大きく外れると減衰効果は期待できない(図3)。従って、ある程度の同調は必要であることがわかる。

2) 質量慣性モーメント比による効果 図4は液体の質量慣性モーメント比と付加減衰率の関係を振動数比約1.0の場合において見たものである。質量慣性モーメント比が0.15~0.18%とかなり小さくても減衰率は0.14~0.16程度の値を示すことがわかる。

3) 振幅と減衰効果 図5は回転振幅と $\Delta\delta$ の関係をみたものである。水深比(h/h_0)が1.0に近いときに大きな減衰効果を示しており、さらに小振幅で良く効く減衰特性を持っていることがわかる。

4) 流体力の大きさと位相差 構造物の運動に伴いスロッピングする砕波が、ある位相差で水槽壁に当たり、この力が構造物を減衰させる原因と考えることができる。そこで流体力(4ゲージ法で回転慣性を差し引いたもの)の大きさとその位相差を測定し、同時に測った回転変位と重ねて図6に示す。変位と流体力の位相は小振幅になるにつれてずれていき、位相差が約 180° —つまり反転した—ところで安定することがわかる。このようすを振幅-流体力、振幅-位相差について見てみると図7,8のようになる。振幅の小さいところでは流体力こそ小さいが、位相差が大きな値をとるために大きな減衰効果を与えていると考えることができる。したがって、小振幅で減衰効果が大きいのはこれが原因といえる。

4. まとめ 回転方向の一自由度振動系で液体ダンパーを設置した自由振動実験のまとめを以下に示す。

- 1) 回転方向の液体ダンパーは、小振幅で非常に高い付加減衰率を与える。これは鉛直方向に振動する液体ダンパーには見られない性質である。
- 2) 振動系と水槽内液体のもつ固有振動数比は、1.0に近い方が効果を期待できる。
- 3) 質量慣性モーメント比は小さくてもある程度効果は期待できる。

参考文献

- 1) 藤野陽三他：同調液体ダンパー(TLD)の基礎特性に関する実験的検討—円筒容器の場合— 構造工学論文集 vol.134A(1988年3月)
- 2) 宮田利雄他：塔状構造物制振用水槽ダンパーの開発(同上)
- 3) Abramson, H.N. 他：trans., ASME, Ser. E, 33-4(1966年), 777
- 4) 久保、大原他：土木学会第34回年講概要集(1988年10月)

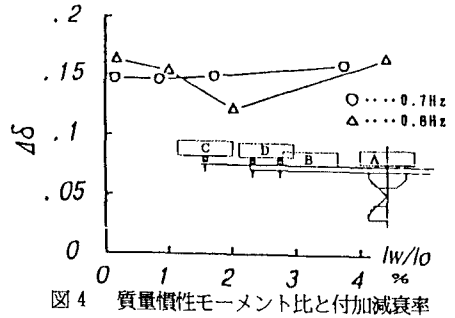


図4 質量慣性モーメント比と付加減衰率

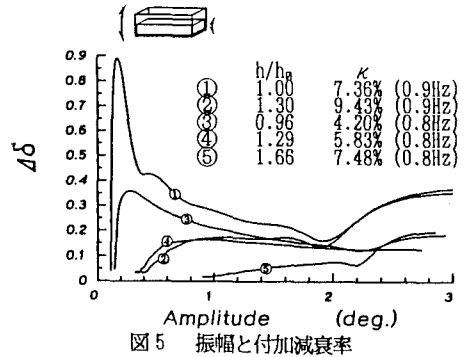


図5 振幅と付加減衰率

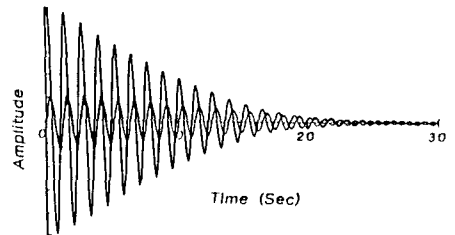


図6 変位と流体力の時系列

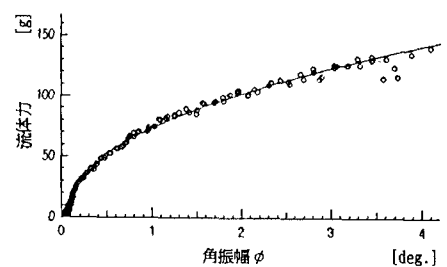


図7 振幅—流体力

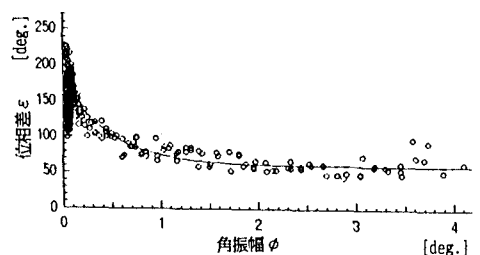


図8 振幅—位相差