

液体振動を利用した ダンパーに関する基礎的研究

九州工業大学・工学部 正 員 久保 喜延、正 員 加藤九州男
学生員○大原 英史、学生員 吉村 克則

1. まえがき 材料の高強度化、接合方法等の向上により、構造物の軽量化、構造減衰の低下や、可撓性が今後進むと考えられ、風や地震等による影響が問題となってきた。これに対し免振、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。最近では、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がなされるようになってきた。水平振動および鉛直振動に対する液体ダンパーの挙動については、種々の研究結果が報告されている¹⁾²⁾³⁾。本報告は、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ことができるのかについて検討したものである。

2. 実験方法 液体ダンパーの有効性を知る目的で、シーソー型の1自由度振動系に水槽を設置し、その基本的特性を自由振動実験から把握することにする。回転ばねとして、十字ばねを用いて実験を行った。変位は十字ばねに取りつけた歪ゲージから、動歪計(DRA-10A)を介し、変位を算出する。尚、本研究では往復回転運動を中心に扱っているので、従来質量比として考えてきたパラメーターを、質量慣性モーメントの比 κ として用いている。液体ダンパーの性能を評価するに当たり、次のパラメータに着目して、その影響をみた。
①振動系の回転振動振幅 θ 、②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 $\gamma = f_w / f_s$ 、
③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 $\kappa = I_w / I_s$ 。尚、液体動揺の固有振動数は、浅水波の第一次固有振動数を考えることにより

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

によって与えられる²⁾(図2)。 H/L は水深比。 L は波の進行方向の長さ。 g は重力加速度である。

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往復回転自由振動時の対数減衰率 δ_w を求め、水槽を載せないときの構造減衰率 δ_s を差し引き、減衰率の増分(付加減衰率) $\Delta\delta = \delta_w - \delta_s$ を求め、性能の指標とした(図3)。減衰率は、波形のピークを拾った点をスプライン関数で補間し、このときの微係数を求めて、減衰率を算出する方法(A)と、最初の振幅から半分の振幅になるまでの波形から減衰率を算出した方法(B)の2通りである。

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4)。従って、ある程度の同調は必要であるこ

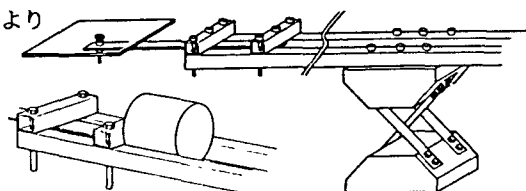


図1 実験装置

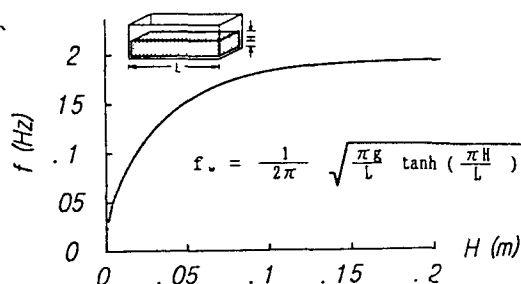


図2 水深と一次固有振動数

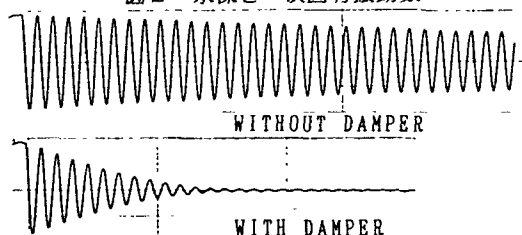


図3 構造物の変位過程

とがわかる。

2) 質量慣性モーメント比による効果

図5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の場合において行ったものである。水槽の設置箇所は図6のA,B,Cである。矢印はそれぞれの容器の振動方向を示す。ここで特筆すべき点は、質量慣性モーメント比が、0.15~0.18%程度でも、減衰率は0.14~0.16程度の値を示すということである。

3) 鉛直方向振動との比較

筆者らが円筒容器を鉛直方向に振動させた実験⁴⁾では、容器がある程度振動して、比較的大きな振幅になると、液体のスロッシングが生じ、これにより減衰効果が発生した。つまり、スロッシングが生じて減衰効果を出すためには、ある程度の振幅が必要であった。そこで回転ばねを用いた場合において、回転振幅の違いによる波の発達過程が減衰効果に影響があるか否かをみた。図7に示したのは、初期回転変位をそれぞれ0.9, 1.8, 5.4deg.として、自由振動をおこさせたときの減衰率である。とくに小振幅で大きな $\Delta\delta$ が得られることを示している。図8に示したのは、上と同じ条件で、初期回転変位5.4deg.の場合の各振幅における減衰率を微係数を求めることにより求めたものである。ここにおいても図7と同様、小振幅において高い付加減衰率が期待できることが明らかになった。これは、振動を抑制するという同一の目的の上ではかなり有利な要素となるであろう。

4. まとめ 長方形容器に部分的に水を入れた簡単な液体ダンパーの基本的性質を知る上で、回転ばねと見立てた十字ばねの1自由度系に、この液体ダンパーを設置して実験を行った。自由振動実験結果を以下にまとめる。(1) 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有利な性質である。(2) 系と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) 回転中心に近いところに水槽を設置した方が、質量慣性モーメント比は小さくてすむ。参考文献 1) 藤野陽三ほか 同調液体ダンパー(TLD)の基本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. 34A(1988年3月) 2) 宮田利雄ほか 塔状構造物制振用水槽ダンパーの開発(同上) 3) Abramson, H.N. ほか trans., ASME, Ser. E, 33-4(1966), 777 4) 久保、大原ほか 土木学会第43回年講概要集(昭和63年10月)

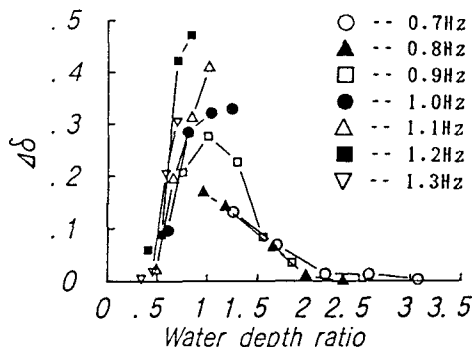


図4 水深比と付加減衰率

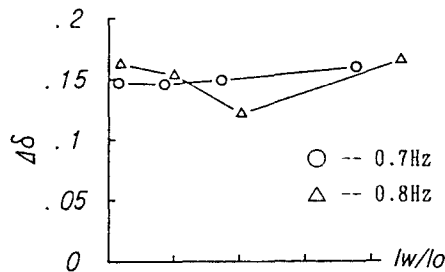


図5 質量慣性モーメント比と付加減衰率

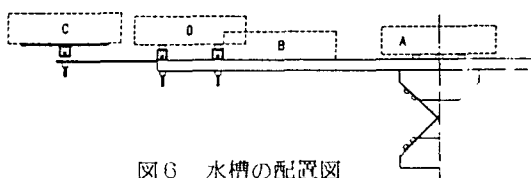


図6 水槽の配置図

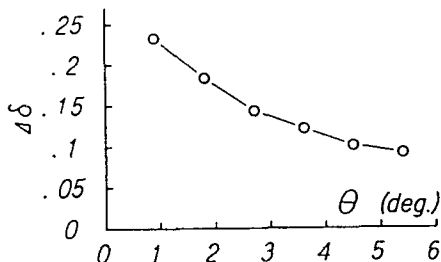


図7 初期振幅を異なる場合の付加減衰率

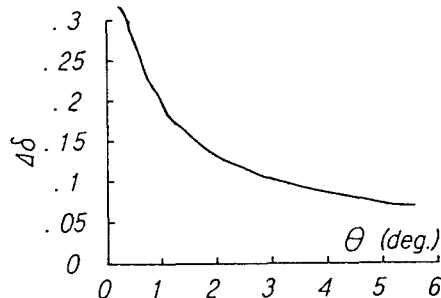


図8 振幅と付加減衰率