

I-611

容器内の液体動揺における中間壁の効果についての実験的研究

東京大学大学院
東京大学堀 城之
正会員 藤野陽三

1 はじめに 液体の動揺を利用するダンパーの代表的なものがFig.1に示すTLDであり、既に多くの研究がなされ(例えば文献1,2)、実用化されている。同種のダンパーとして、Fig.2に示すTLCDがある。TLCD³⁾はU字管内の液体の動きを利用したもので、橋梁主塔の制振に使われたこともある。TLDは、他の制御手段に比べて製作容易、廉価等の長所を有する。しかし、浅水液体のスロッシングを利用するため、碎波が生じ易いなど非線形性が強く、制振効果の見積りが困難という問題がある。他方、TLCDは水がU字管内で運動するので碎波は生じず非線形性が弱いという利点がある。しかし、U字状の容器を使う手間がかかること、TLDに比べ空間スペースをより多く占拠すること等の問題点がある。そこで、TLDに中間壁を所定深さまで挿入し、TLCD-の利点をなす単純な液体運動をさせることができないかと考えた。

一方、TLDのような制振装置とは全く異なるが、石油タンク内の液体が地震等によりスロッシングし、液体がタンク内壁を越流するという問題がある。中間壁をタンク内溶液の表面近くに設置することにより、スロッシング波高を低減することが期待される。

本研究はこのような着想のもとで、中間壁が液体運動にどのような影響を与えるのかを実験的に調べその特性を論じたものである。

2 実験概要 振動台の加速度振幅一定の下に強制正弦加振実験を行なった。実験装置の概要をFig.3に示す。容器は、Fig.4に示すように矩形容器に中間壁を設けたものである。中間壁は設置状態における振動方向中央に、鉛直方向に摺動可能なように設けられている。パラメータは、水深D、中間壁下端と容器底面との距離 H^* 及び振動台の加速度振幅Acc.とした。さらに実験では、ポリスチレン球を用いて、容器内部の流れについて可視化を行なった。

3 実験結果 共振周波数について 無次元化ベースシア（水質量及び加速度振幅で無次元化）と振動台周波数との関係についてFig.5に示す。同図を見ると1次共振周波数については入力加速度レベルに対して変化せず、線形性が高くなっている。ただし、中間壁を設けるとベースシアが低下している。液体動揺の減衰が増加しているものと思われる。

中間壁を有するTLDのダンパーとしての特性 TMDアナロジーを用いてTLDと等価な質量、減衰定数及び固有円振動数を実験結果から同定した。その結果の1例をFig.6及び同7に示す。Fig.6における□とFig.7における▽は実験値から求められた仮想質量と仮想ダッシュポットである。両図における実線は理論値を示す。各 H^* 毎に結果をまとめたものが表1である。中間壁を深く入れる程（ H^* が小さい程）、等価減衰係数 ξ_a が大きくなり、等価質量 m_a が減少することが表1から知得できる。

波高低減手段としての中間壁の効果 無次元化波高（水深により無次元化）と振動台周波数との関係をFig.8に示す。1次共振周波数における波高が最も大きい $H^*=22.5\text{cm}$ の場合でさえ、中間壁がない場合（ $H^*=\infty$ ）の波高に比べて1/5に低下している。

中間壁によって生ずる内部の流れについて ポリスチレン球による可視化により、中間壁により仕切られた容器の双方で循環する場合（MODEII）と、どちらか一方でのみ循環する場合（MODEIII）とが観察された。MODEIIを写真1に、MODEIIIを写真2に示す。振動台周波数、振動台の加速度振幅を細かく変化させ、それらの発生限界を実験的に明らかにした。その結果をFig.9に示す。

4 まとめ

(1) 中間壁を入れると1次共振周波数でソフトニングは見られなかった。1次共振周波数では、中間壁により非線形性の低減が達成できることがわかった。

(2) TMDアナロジーによると、等価質量は水的全質量(27kg)の10%程度であり、必ずしも大きくはない。このことは中間壁を用いることはTLDとしてはあまり効率が良くないことを示している。

(3) 越流防止手段としての中間壁の効果は大きく、水深の1/4程度入れるだけで、波高は1/5に低下することが判明した。

(4) 中間壁により仕切られた容器のどちらか一方でのみ循環する非線形現象が見られた。その発生限界及び仕切



Fig.1 TLD

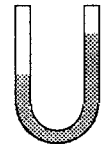


Fig.2 TLCD

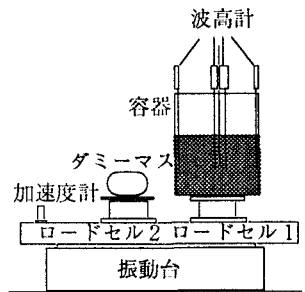


Fig.3 実験装置概略図

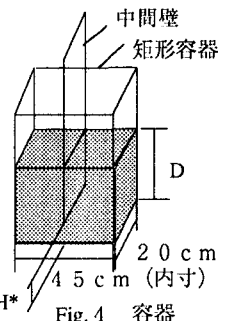


Fig.4 容器

られた容器の双方で循環する発生限界は、振動台周波数、振動台の加速度振幅との関係では概ね1次共振周波数に頂点が位置するV字形を描くことがわかった。

参考文献

- 1) 藤野、他 構造工学論文集(土木学会)、35A、1989年3月、pp.561-574
- 2) 藤野、他 構造工学論文集(土木学会)、36A、1990年3月、
- 3) 坂井、他 第43回土木学会概要集、I-PS515、30-31、1988

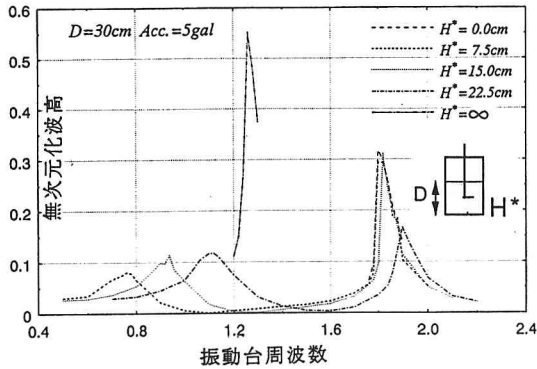


Fig. 5 無次元化ベースシア

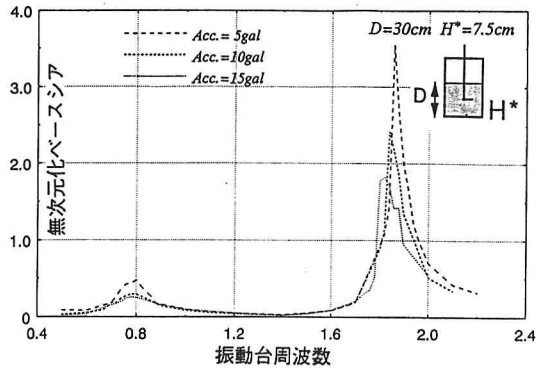


Fig. 8 無次元化波高

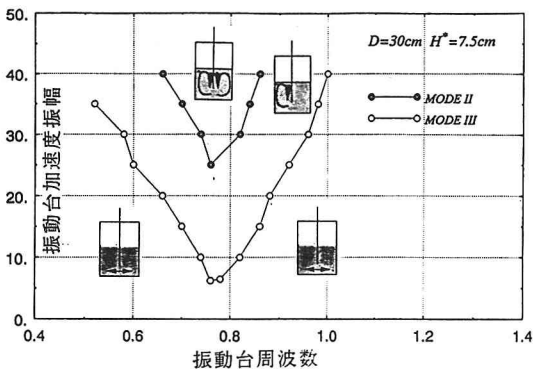
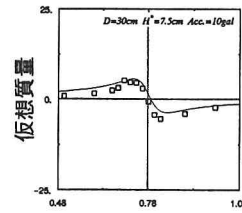
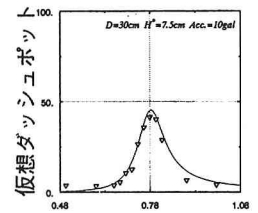


Fig. 9 MODEII及びMODEIIIの発生限界



振動台周波数
Fig. 6 仮想質量



振動台周波数
Fig. 7 仮想ダッシュポット

表1 同定された結果の例

Acc.=10gal D=30.0cm				
H*	ma	ca	ka	ξ_a
∞	3.9	0.8	521.3	0.009
7.5	1.3	0.9	31.2	0.071
15.0	1.5	0.9	52.3	0.051
22.5	2.0	1.0	99.0	0.036

m_a : 等価質量 c_a : 等価減衰定数
 k_a : 等価ばね係数 ξ_a : 等価減衰係数

写真1

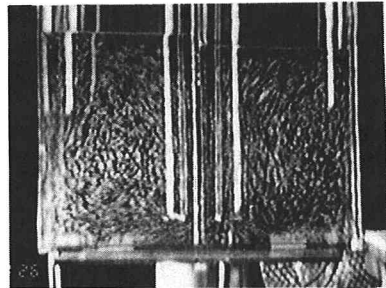


写真2

