

I-PS 14

マルチプルTLDの制振効果

東京大学 正員 孫 利民
 東京大学 正員 藤野陽三
 建設省 正員 伊藤 高

1 はじめに

容器内液体動揺を利用した同調液体ダンパー (TLD) には、種々の利点があり、適用例もいくつか見られる。TLDの問題としては、水の比重が1.0と低いので、質量比を満たすためには容器が少なくとも数個、場合によっては数百個以上なこと、水深を少し深くすると液面動揺の減衰が小さくなり、減衰をコントロールするための工夫が必要になることなどがある。

一方、構造物の固有振動数の周辺に固有振動数を分布した、多数個のTMDよりなるマルチプル同調質量ダンパー (MTMD) が最近、提案、研究されている¹⁻⁶⁾。これは、TMDの設計の際、重要なパラメーターである同調比や減衰定数などの最適化を実質的に不要にするものである。これは前述のTLDのもつ問題点からするとTLDにとって極めて都合のよい考えである。このマルチプルの考えをTLDに応用し、その制振特性優位性がシミュレーションにより明らかにされてきた。ここではそれを実験的に立証する。

以下、水深一定で単一の固有振動数を持つものをSTLD、数種のSTLDを組み合わせて固有振動数を振り分けたものをMTLDと呼ぶ。

2 振動台を用いた強制変位加振実験

振動台上で強制加振を加えた場合のMTLDとSTLDの挙動の違いを調べる。実験に用いたTLD液体容器を図1に示す。容器の寸法は奥行き(b)=10cm×5層、加振方向長さ(2a)=40cm、高さ30cmであり、透明アクリル製である。STLDは同じサイズの容器で同じ水深になるように仕切り板に穴をあけたものを用いた。

MTLDにおいては、各層ごとに水深 h_1, h_2, \dots, h_n を変えることで、固有振動数を調整する。各層の液面動揺1次固有振動数を f_1, f_2, \dots, f_n ($f_1 < f_2 < \dots < f_n$) とし、無次元化固有振動数比幅 ΔR 、無次元化固有振動数間隔 β を

$$\Delta R = (f_n - f_1) / f_0, \quad \beta = \Delta R / (n-1) \quad (n \text{ は TLD の 個 数 })$$

と定義する。前述のような設定のもと、振動台振幅 (A_0) 一定による正弦波強制加振を行う。実験中のTLD内液体の挙動を写真1 (ただし、これは15層のMTLDの例) に示す。MTLDではそれぞれのTLDの水深が異なるため、位相のずれた挙動を示す。

図2に小振幅0.1cmのときの1同期あたりの無次元エネルギーロスを示すものである。STLDでは、ある帯域のみでピークをとるのに対し、MTLDでは、それが各TLDで順次起こる形で分散され、全体的な変化がかなり平滑化されていることがわかる。

3 MTLD-構造物系の相互作用実験

構造物の固有振動数は $f_0 = 0.770 \text{ Hz}$ 、質量771 Kg、対数減衰率0.02とした。

実験は同じく図3のTLD容器を用いた。STLDにおいては水深4.0cmとし、MTLDにおいては、 $h_3 = 4.0 \text{ cm}$ とし、 $\Delta R = 0.16$ ($\beta = 0.04$) とした。質量比はいずれも1%である。

加振器による正弦波強制加振で加振力一定のもと行った。結果を図3に示す。図3 a)は同調させたとき、b)は構造物とTLDの固有振動数を比で5%ずらした。すなわちミスチューニングさせた場合である。

いずれの場合もMTLDの方がSTLDより優れていることが図3よりわかる。とくにミスチューニングに対し

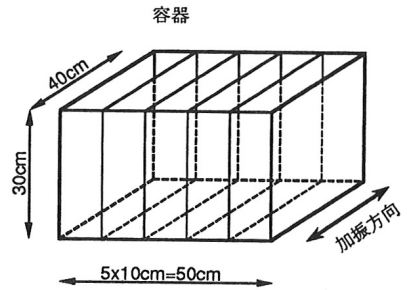


図1 実験に用いたTLD容器

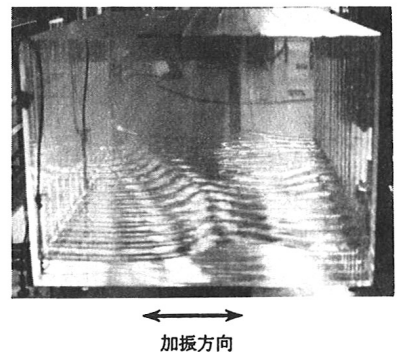


写真1 MTLDによる液体の動き

MTLDは優れていることがわかる。なお、加振力が大きいときはMTLD、STLDともに碎波のために液体動揺の減衰が増し、性能はほぼ同レベルかむしろSTLDの方が若干よかったことをつけ加えておく。

図4は構造物の自由振動変位応答波形である。STLDの方はビートを起こすのに対し、MTLDではビートせず、速く減衰していく様子がわかる。

4 おわりに

構造物の固有振動数は、いろいろな要因で変動し、したがってその正確な予測は難しい。また、TLDの問題点の一つとして、それ自身の減衰が小さく、そのため、同調振動数比など諸パラメーターの影響が大きかった点が挙げられる。それゆえに本論で示したMTLDの優位性はTLDの実用段階において重要な意味を持つ。実際のTLDの施工例をみると、100~1000個またはそれ以上の小型容器で用いられており、水深を変えるだけで済むMTLDの実用性はかなり高いと考えている。

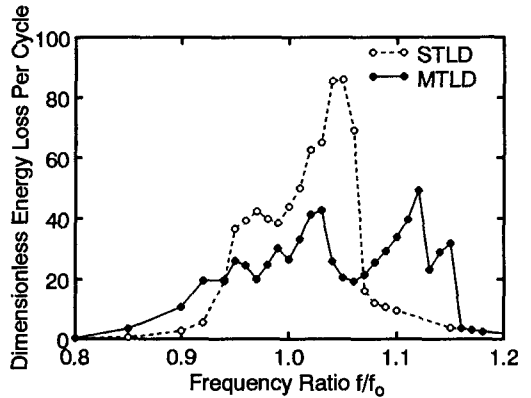


図2 エネルギーロス

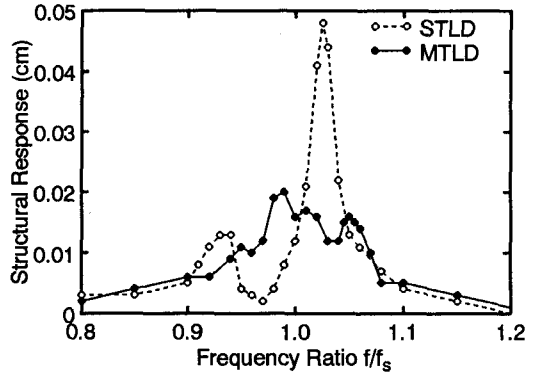
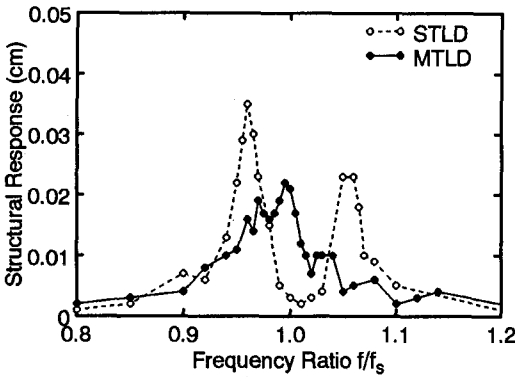


図3 M T L D—構造物系相互作用の強制振動実験

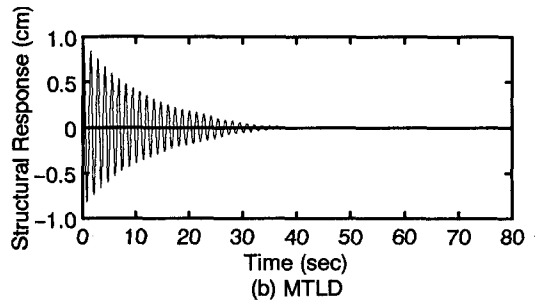
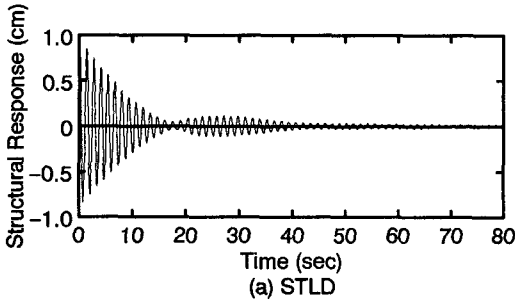


図4 M T L D—構造物系相互作用の自由振動実験

参考文献

1) Igusa, T. 他: Int. Conf. Stocha. Str. Dyn., 1990. 2) Igusa, T. 他: AIAA Str. Dyn. and Mat. Conf., 1991. 3) Igusa, T. 他: STR. DYN., Elsevier, 1991. 4) Yamaguchi 他: EESD投稿中. 5,6) 阿部・藤野: 土木学会論文集 (MTMDに関する論文2編) 投稿中, 1992. 7) 藤野・孫・山口: マルティプルTMD・TLDの特性の把握、構造工学論文集、38A,1992.