

I-345

スロッシングを利用した制振装置の研究(その5) 制振効果の特性

三井造船(株) 正員 萩生田弘
同上 正員 佐藤哲也

三井建設(株) 正員 野路利幸
同上 正員 立見栄司

1. はじめに 水のスロッシングを利用した制振装置は、構造が簡単な反面、水槽形状・振幅などに依存する複雑な特性を有している。本報では、水槽形状比(水槽長/水深)・減衰ネット配置をパラメータとした模型水槽強制振動実験で求めた非線形流体力¹⁾を使用して非線形周波数応答解析を行い、各種パラメータが制振効果に与える影響を明らかにした。

2. 非線形周波数応答解析および構造モデル 解析は吊橋主塔の独立状態を想定して、モード質量1600t、固有周波数0.311 Hz、対数減衰率0.01(減衰定数0.00159)の低減衰構造物を構造モデルに採用した。周波数応答解析で使用した制振装置の流体力は模型実験で求めた無次元流体力をフルードの相似則で実機換算し、水槽形状の影響は形状比間の補間から求めた。本装置による制振効果は、流体力の非線形性を考慮した非線形周波数応答解析手法で解析した。2)

3. 減衰ネットの影響 水槽長5.0m、水深1.048m、固有周波数0.300 Hzに調整した水槽の中央に減衰ネットを1枚と3枚設置したときの周波数応答解析例を図-1、2に示す。両図とも水の質量比は1%(16t)である。低減衰構造物では、ネット枚数を増加すると制振装置が過減衰になるため制振効果は低下する。本装置の減衰は振幅に依存するため、TMDと同様に構造物の減衰、質量比のほか、さらに応答振幅の大きさによって減衰ネットで減衰調整する必要がある。

4. 水槽長の影響 装置の減衰が振幅に依存するため、同一の質量比でも水槽長によって違った制振効果が得られる。そこで、構造物の制振前応答振幅と水槽長の比を装置の減衰パラメータとして、制振効果に与える水槽長の影響を解析より明らかにした。解析では、中央に減衰ネットを1枚配置した水槽長、3.0m、4.0mと5.0mの制振装置で、質量比を1%と2%にしたとき水質量一定条件で得られる最大制振効果を求めた。図-3に質量比1%を、図-4に質量比2%の解析結果を示すが、両図とも横軸は構造物の制振前応答振幅と水槽長の比で、縦軸は制振効果として制振前後の構造物応答振幅の比および応答倍率で示した。両図からは振幅の大きさにより最適水槽長が存在することがわかる。質量比の増加により制振効果が40%程度高くなるだけでなく、大振幅領域で高い制振効果を発揮し、しかも広い振幅領域で安定した制振効果を得られることがわかる。この現象は、質量比の増加に伴って応答振幅が低く押えられるため、大きな振幅でも極度の過減衰にならずに安定した制振効果が得られることによる。また各質量比で水槽長による制振効果の違いが見られるが、これらの現象は、構造物の固有周波数に制振装置の周波数を同調させるため、水槽の形状比(水槽長/水深)が異なる事による。形状比の影響は質量比ほど大きくないが、制振効果のうえからは低減衰構造物では、水槽が長く、水深の大きな水槽が若干有利なことを示している。

5. 周波数比の影響 図-3、4で最大制振効果の得られた U_b/L_p 付近の振幅について、周波数比が制振効果に与える影響を図-5、6に示した。図-5は質量比1%、 $U_b/L_p=0.16$ 、図-6は質量比2%、 $U_b/L_p=0.32$ の解析例である。両図とも横軸は制振装置と構造物の固有周波数比を、縦軸は制振前後の振幅比と応答倍率で制振効果を示した。最大制振効果の得られる最適周波数比は0.90~0.97とスロッシング周波数を相当低めに調整する必要がある、形状比の大きな水槽では特に低めの調整を必要とする。質量比の増加は最適周波数比を若干低下させるほか、周波数比の影響を小さくするなど、TMDと同様の傾向が見られる。

6. むすび 以上の検討から本装置の制振効果の特性として以下のことが明らかになった。

①高い制振効果を得るためには、構造物の減衰、振幅および質量比に合った水槽長・減衰ネット・周波数比の選択が重要である。

②質量比の増加に伴い、制振効果に与える本装置の非線形性の影響はかなり小さくなる。

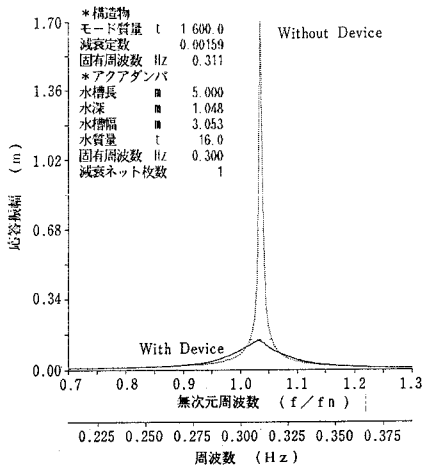


図-1 周波数応答解析（減衰ネット1枚、水槽長 5.0 m、質量比 1%）

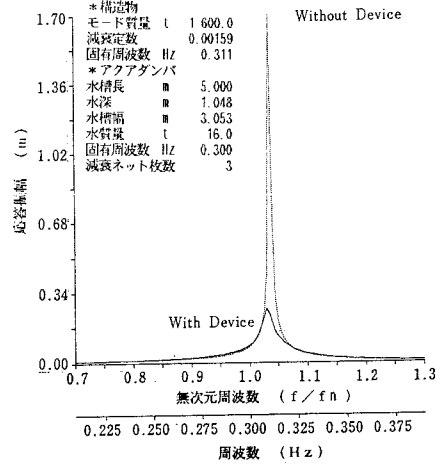


図-2 周波数応答解析（減衰ネット3枚、水槽長 5.0 m、質量比 1%）

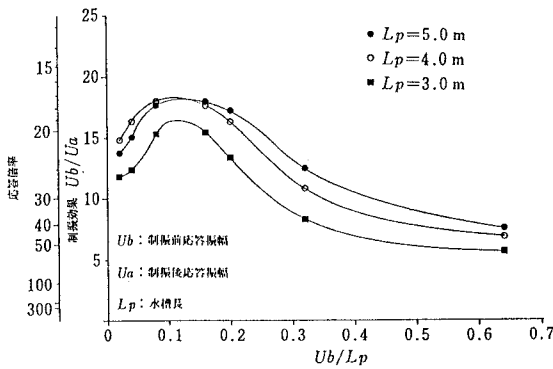


図-3 振幅/水槽長と制振効果の関係（減衰ネット1枚、質量比 1%）

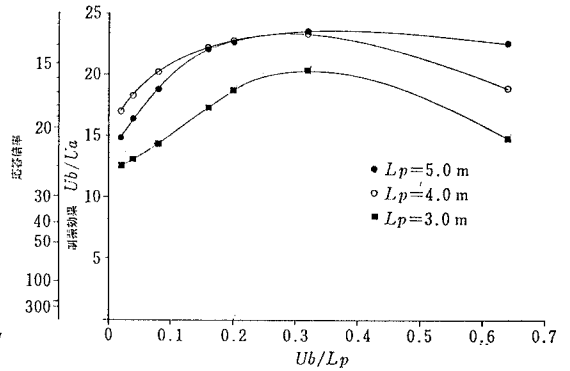


図-4 振幅/水槽長と制振効果の関係（減衰ネット1枚、質量比 2%）

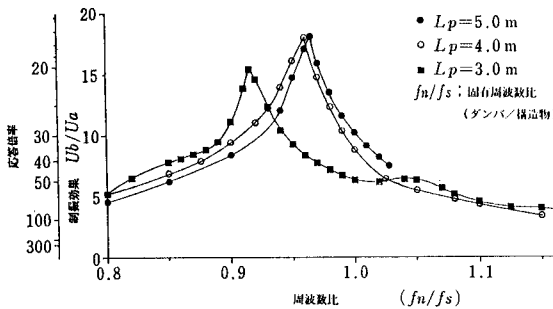


図-5 周波数比と制振効果の関係（減衰ネット1枚、質量比 1%）

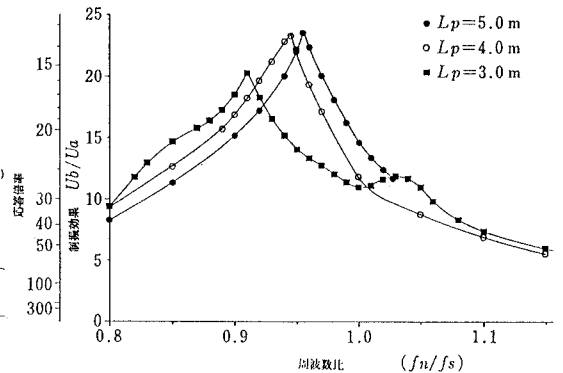


図-6 周波数比と制振効果の関係（減衰ネット1枚、質量比 2%）

<参考文献>

- 1) 野路他：スロッシングを利用した制振装置の研究（その4）、土木学会年次講演会講演概要集、1989
- 2) 萩生田他：スロッシングを利用した制振装置の研究（その2）、土木学会年次講演会講演概要集、1988