

I-311 スロッシングを利用した制振装置の研究（その1）装置の模型振動実験

三井建設 正員 小坂英之 同 正員 野路利幸
同 吉田英敏 同 正員 立見栄司

1. はじめに 構造物が長大化するのに伴って、風や地震に対する構造物の応答を制御する制振構造が脚光をあび、各種の方式が提案されている。本報は、超高層建築物、高層タワーや橋梁主塔などの長周期の構造物を対象に、強風時の揺れを液体のスロッシングを利用して低減する制振機構の研究結果を報告するもので、（その1）では装置の概要と模型水槽による振動実験結果について述べる。

2. 制振装置の概要 制振機構は、構造物の上部に設置した水槽の中の液体（水）のスロッシング周期を構造物の基本周期に同調させ、この時水槽側壁に働く流体力によって制振効果を得ようとするものである。装置は、図-1に示すような直方体の水槽で、水槽内には水の流れに直交して減衰ネットと呼んでいる金網が設置されている。このネットは、水の運動に減衰性を持たせるためのもので、同調質量ダンパーの減衰器に相当する。本装置の特徴は、以下の点にある。①機械的摩擦がないため微振動から効果を発揮する。②構造が簡単で故障がない。③周期の調節が容易で種々の構造物に適用できる。

3. 実験概要 装置開発にあたり、第1ステップとして装置の基礎的性状の把握を目的として小水槽、大水槽、装置-構造物連成の各振動実験を、第2ステップとして装置定数の定量的把握および大振巾時の性状の把握を目的として実大水槽、縮小模型の各振動実験を行った。本稿では第2ステップの実験結果を報告する。なお、第1ステップの実験結果については参考文献1)を参照されたい。

図-2に試験体形状を示す。実大水槽および縮小模型は、（その3）で報告する高層タワー用の装置の実大および1/2.5を想定したもので、スロッシング振動数はそれぞれ0.448、0.709Hzである。実験は、水平一方向のスライドテーブルとアクチュエータを用い、加振振巾一定の強制振動試験を行った。加振振巾は、実大水槽で1～200 mm、縮小模型では振巾拡大装置を用いて1～500 mmである。スロッシング波高は容量式波高計により、また、水槽にかかる流体力は加振点に設置したロードセルにより測定した。

4. 実験結果 図-3に実大水槽の波高の周波数応答倍率を示す。加振振巾が大きくなると応答倍率は低くなり、装置の減衰性が大きくなることに特徴がある。図-4は、波高の応答倍率曲線から $1/\sqrt{2}$ 法によって算定した等価減衰定数 h_{eq} と加振振巾の関係を示したものである。減衰定数は、加振振巾の増加すなわち水の流速の増加に伴って大きくなる傾向を示し、両対数でほぼ直線関係にある。また、等価減衰定数は減衰ネットの開口率に依存しており、開口率が小さくなる程大きくなる傾向を示している。

図-5に縮小模型の流体力の周波数応答を実大スケールに換算して示す。ここで、流体力については、実験装置の摩擦力測定試験を別途に行い、これを複素演算で除去することにより純粹の流体力とその位相を求めた。加振振巾の増加に伴って流体力のピークはなだらかになるとともに、共振点付近での位相の変化も緩やかになり、減衰性が大きくなっていることを示している。また、図-6は、加振振巾と共振時流体力の関係を示したものである。実大水槽と模型水槽の実大換算はほぼ一致しており、相似則が成り立つことがわかる。なお、加振振巾が100 mm程度までは振巾が大きくなるに従って両対数で直線的に増加するが、碎波が発生する100 mm以上では、流体力は次第に水全体を固定水とした値に収束する傾向となる。

5. むすび 以上の結果、本装置の特性として以下のことが明らかになった。①装置の減衰特性は、加振振巾が大きくなると増加する振巾依存性を示す。ただし、この変化は連続的で、大振巾に至っても安定した性状を示す。②装置の減衰性能は、減衰ネットの開口率、枚数を調節することにより、構造物の特性に応じて最適に制御できる。③装置模型はフルードの相似則が成り立つ。

謝辞 本研究にあたり、神奈川大学大熊武司教授、三井造船船鉄構土木事業本部佐藤、萩生田、平野氏、三井造船船島研究所平野、小林氏から多くのご助言とご援助を賜りました。ここに深く謝意を表します。

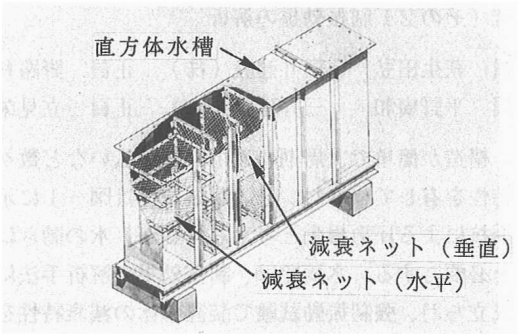


写真-1 装置概要

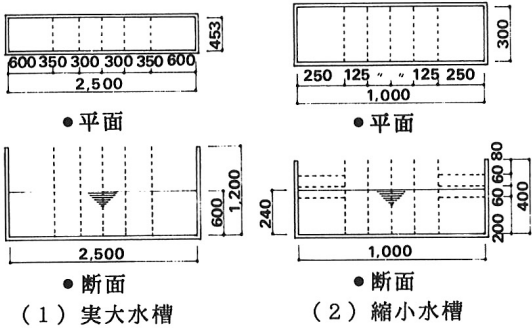


図-2 試験体

表-1 減衰ネットの諸元

項目 \ タイプ	1	2	3	4	5
網目 (mm)	1.70	2.36	2.80	2.38	3.36
素線径 (mm)	0.84	1.03	1.11	0.80	0.87
開口率 (%)	44.8	48.5	51.3	56.0	63.1

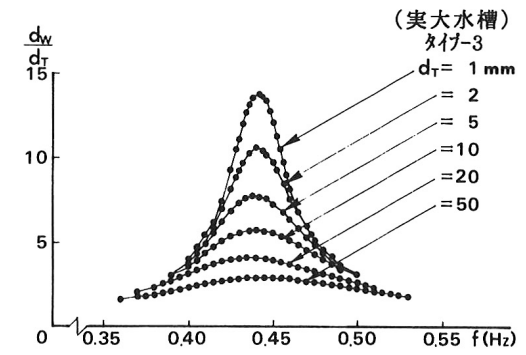


図-3 波高の周波数応答倍率

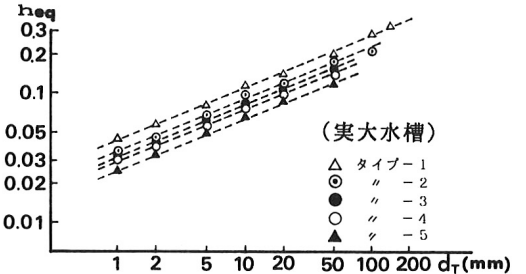
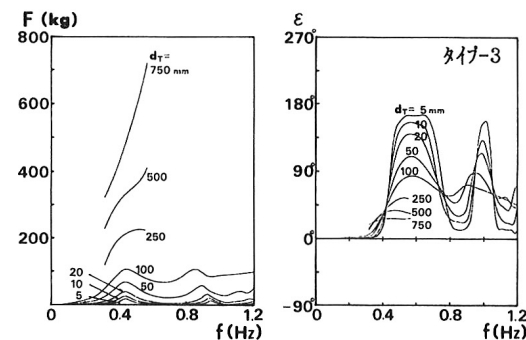


図-4 加振振巾と等価減衰定数の関係



(1) 絶対値 (2) 位相

図-5 流体力の周波数応答

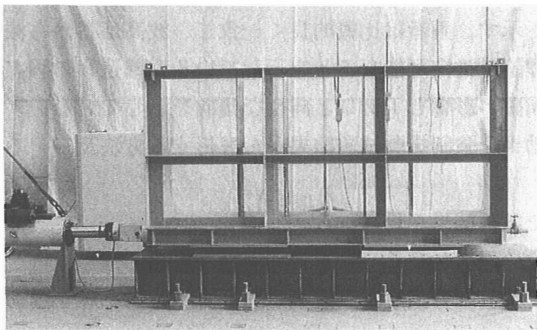


写真-1 実大水槽実験風景

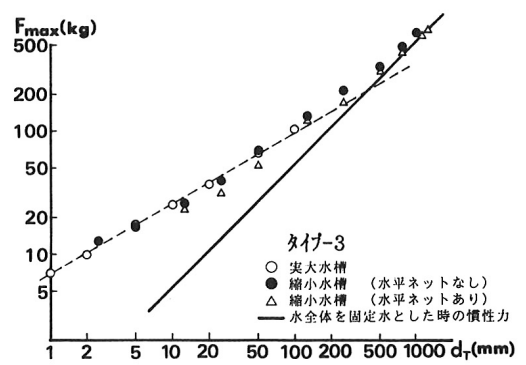


図-6 加振振巾と共振時流体力の関係

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1）～（その3）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987