

## I-312

## スロッシングを利用した制振装置の研究(その2) 制振効果の解析

三井造船(株) 正員 萩生田弘 三井建設(株) 正員 野路利幸  
三井造船(株) 正員 平野廣和 三井建設(株) 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、構造が簡単で、周期の適用範囲が広いなど数々の利点がある反面、水槽形状・振幅依存性など複雑な減衰特性を有している<sup>1)</sup>。その制振原理は図-1に示すように、主として水槽の側壁の圧力変動と減衰ネットの抵抗による圧力損失と考えられるが、水の動きは複雑で、減衰特性の定量的理論説明は多くの実験的裏付けを必要とする。本稿では、制振効果の解析手法について述べる。水槽内の流体力はフルードの相似則がほぼ成立<sup>2)</sup>、強制振動試験で装置単体の減衰特性を定量的に測定すれば、形状比の同一な水槽による制振効果の評価は、本解析手法により容易に可能となる。

2. 流体を利用した制振の振動方程式 本解析は図-2に示すTMDの2自由度振動方程式を2種の力が作用する1自由度系に置換して解析する手法である。TMDの振動方程式は(1)(2)式で表わせる。

$$M1 \cdot \ddot{U}_1 + C1 \cdot \dot{U}_1 + K1 \cdot U_1 + C2 \cdot (\dot{U}_1 - \dot{U}_2) + K2 \cdot (U_1 - U_2) = F \quad \text{..... (1)}$$

$$M2 \cdot \ddot{U}_2 + C2 \cdot (\dot{U}_2 - \dot{U}_1) + K2 \cdot (U_2 - U_1) = 0 \quad \text{..... (2)}$$

(1)式の第4、5項は重錘から振動体に働く力を表しており、この種の制振装置では流体力に相当する。流体力を振動体の応答振幅の関数 $f(U_1)$ とすると、(1)式は(3)式のように表わせる。

$$M1 \cdot \ddot{U}_1 + C1 \cdot \dot{U}_1 + K1 \cdot U_1 + f(U_1) = F \quad \text{..... (3)}$$

また、(3)式は変位に対する流体力の位相差 $\epsilon$ を考慮すると(4)式で表わせる。

$$M1 \cdot \ddot{U}_1 + \{C1 - \bar{f} \cdot \sin \epsilon / (\bar{U}_1 \cdot \omega)\} \dot{U}_1 + \{K1 + \bar{f} \cdot \cos \epsilon / \bar{U}_1\} U_1 = F \quad \text{..... (4)}$$

水槽に振幅・周波数を変えて動的強制変位を与えた時の流体力と位相差の測定結果を利用し、 $U_1$ について収斂計算することで(4)式は解析可能であり、制振装置の非線形性も同時に考慮される。

3. 制振効果の解析結果 長さ2.5m、幅0.45m、水深0.60mの水槽(固有周波数0.446Hz 水重量680kg)単体の強制振動試験結果<sup>2)</sup>を利用し、水槽設置個数・構造物の固有減衰・周期調整などが制振効果へ与える影響を(4)式を用いて解析した。構造物のモード重量は700t、固有周波数は水槽と同じ0.446Hzとした。

構造減衰定数を0.5%、水槽設置個数を16とした制振効果を図-3に示す。縦軸は制振前最大振幅で無次元化した制振効率を、横軸は水槽固有周波数による無次元周波数で示す。ダンバの特性が線形であれば、起振力によらず制振効率は一定であるが、図は明らかな振幅依存性を示している。水槽設置個数の制振効果への影響を図-4に示す。小振幅の振動では、大振幅の振動と異なり水槽の個数を極端に増やしても制振効率は向上しない。同様に、構造減衰定数を1%とした解析例を図-5、6に示す。減衰定数0.5%の解析結果と比較すると、制振効率は低下し、水槽設置個数による制振効率の向上の度合いも低く、TMDと同様な傾向を示す。そこで、波高応答曲線から求めた減衰定数とハウスナーによる自由水重量<sup>3)</sup>を重錘とするTMDの制振効率と本手法による解析結果を図-7に比較して示す。両者は比較的良く一致し、波高応答から減衰が求められる砕波のない領域では、制振効果はTMD理論で推定可能なことを示している。構造物の固有周波数を±5%ずらした解析例を図-8に示すが、周期調整の影響もTMDと同様な傾向を示している。

4. むすび スロッシングを利用した制振装置の制振効果を強制振動試験結果から解析する方法及びその解析結果について検討した結果、以下の結論を得た。

- ①本解析手法により、流体力の非線形性を十分反映した解析結果が得られる。
- ②スロッシングを利用した制振装置の制振効果はTMDの理論と良く一致する。

最後に、試験・解析方法について、ご指導いただいた(株)三井造船昭島研究所の平野雅祥、小林正典の両氏に感謝の意を表す次第である。

<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1～3)、建築学会大会学術講演梗概集、1987
- 2)野路他：スロッシングを利用した制振装置の研究(その1)、土木学会年次講演会講演概要集、1988
- 3)U.S. Atomic Energy Commission: TID-7024 NUCLEAR REACTORS and EARTHQUAKES: Chapter 6, P187, 1963

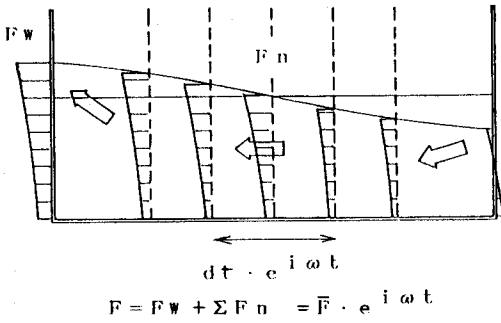


図-1 減衰のメカニズム

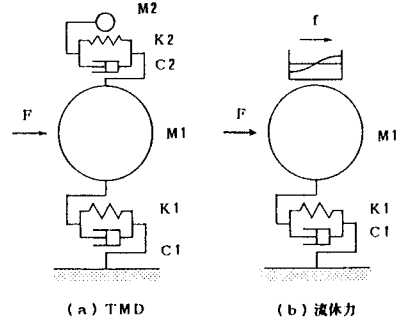


図-2 解析モデル

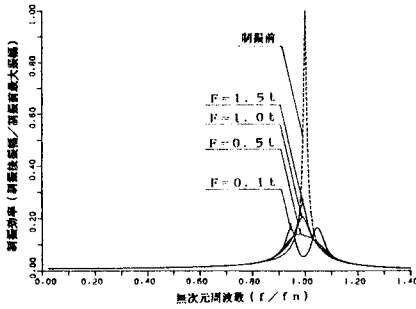


図-3 制振効果（構造減衰0.5 %水槽16個）

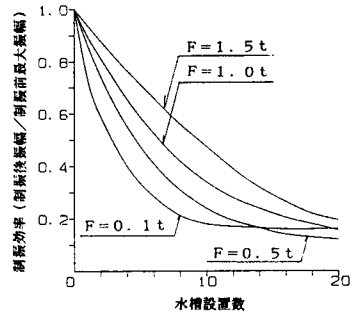


図-4 水槽設置個数の制振効果への影響（構造減衰0.5 %）

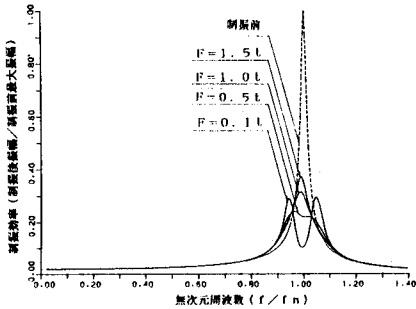


図-5 制振効果（構造減衰1 %水槽16個）

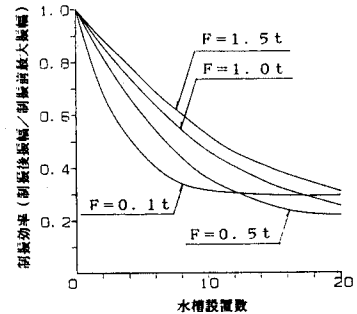


図-6 水槽設置個数の制振効果への影響（構造減衰1 %）

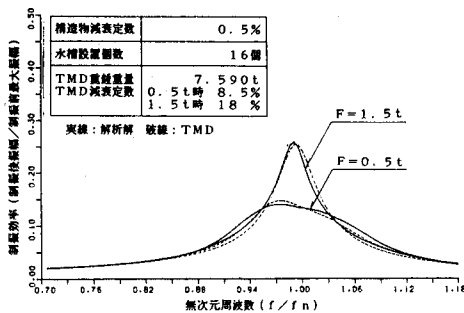


図-7 TMD置換モデルとの制振効果比較

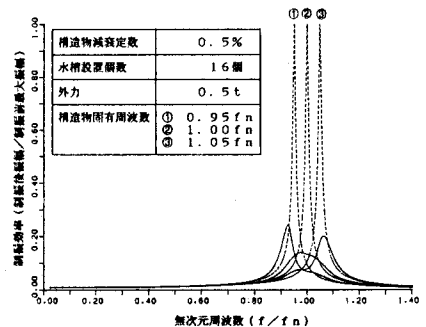


図-8 周波数調整誤差のある場合の制振効果