

水中動吸振器の最適設計条件

10 - 30 鈴木 洋太 10 - 38 正木 寿幸 指導教官 小林義和

1 . 緒言

海洋開発の進展とともに水中振動物体の振動制御の要求が高まってきている。機械は動的な動きをするため、機械構造物は多かれ少なかれ振動を受けるが、振動が極めて大きいと中には機械部品が破壊されたり、精度が狂ってしまったりし、機械そのものが正確に機能しなくなるという支障をきたしてしまう。このようなことを避けるため振動を最小化しなければならない。そのため、本研究においては水中の振動物体を動吸振器によって抑制するときの最適設計条件を求めることにした。

2 . 研究内容

図1のような2自由度系水中振動システムについて運動方程式をたてると次式のようなになる。

$$\begin{aligned} \bar{m}_1 \ddot{x}_1 + g_1 (\dot{x}_1 - \dot{x}_0) + k_1 (x_1 - x_0) + g_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_2 (x_2 - x_1) + F_2(t) &= 0 \\ \bar{m}_2 \ddot{x}_2 + g_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_2 (x_2 - x_1) + F_2(t) &= 0 \end{aligned}$$

これに流体力や等価粘性減衰係数等を考慮し無次元化を行った結果、水中動吸振器の最適設計に必要なパラメータは以下の6つであることがわかった。

$$\gamma = \frac{k_2}{k_1}, \quad \delta = \frac{g_2}{g_1}, \quad \bar{G} = \frac{g_1}{\sqrt{m_1 k_1}}, \quad \mu = \frac{m_2}{m_1}, \quad \bar{S} = \frac{C_{D2} S_2}{C_{D1} S_1}, \quad C_0 = \frac{4\rho C_{D1} S_1 a_1}{3\pi m_1}$$

この6つのパラメータを様々な値に変えて計算することによって主振動系の振幅の最小化をする。なお本研究の最適化プログラムでは、DFP法、数値微分、ペナルティ法を使用している。

3 . 結果

計算結果は図2のようになった。この図から \bar{S} の値はくり返し数とともに単調減少し、約10回程度で収束していることがわかる。他のパラメータも同様10回程度を過ぎたあたりから大きな変化は見られない。計算結果と動吸振器無しの振動数応答曲線を描くと図3のようになる。最適化により \bar{S} を大幅に低減出来たことがわかる。

また、 $\delta, \bar{G}, \bar{S}, C_0$ が大きいほど振幅が低減できることがわかった。そこで、この4つのうち \bar{S} に影響を及ぼすパラメータの優先順位を調べたところ、 $C_0, \bar{G}, \delta, \bar{S}$ の順で影響が大きいということがわかった。

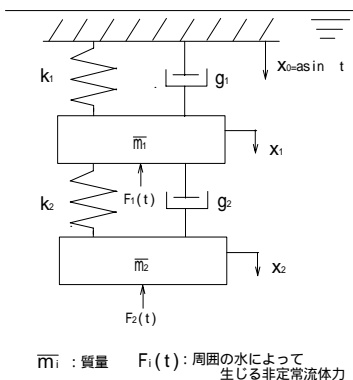


図1 対象モデル図

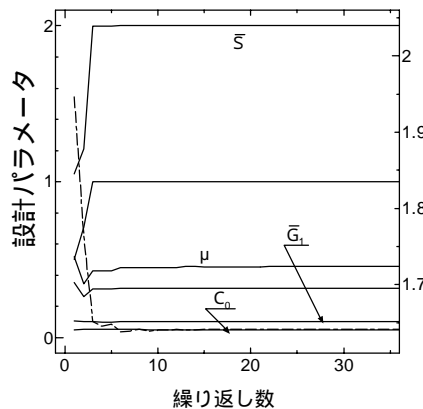


図2 目的関数と設計変数の探索履歴

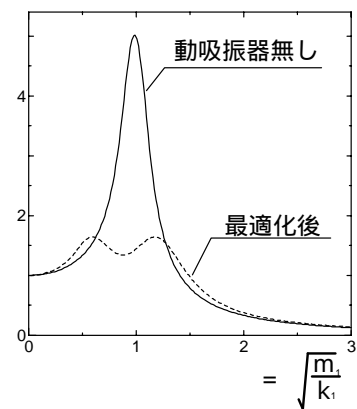


図3 振動数応答曲線