

(Ⅱ - 42) 波動場中における直円柱の渦励振動に対する振り子式動吸振器の制振効果について

防衛大学校土木工学教室 正 員○林建二郎

〃 〃 藤田 悟

〃 〃 正 員 藤間功司

〃 〃 正 員 重村利幸

1. はじめに

本研究は、波動場に鉛直設置された円柱（直円柱）の渦励振動制御法の一つとして利用される振り子式動吸振器の制振効果について検討したものである。

2. 実験装置および方法

実験は、長さ40m、幅0.8m、高さ1mの吸収式造波装置付き2次元造波水槽を用いて行った。使用した円柱体の概略を図-1に示す。円柱体は直径1cm、長さ112.5cmの心軸円柱と試験円柱とから構成されている。試験円柱には外径 $D=1.905\text{cm}$ 、長さ98.5cmのステンレスパイプを用いた。試験円柱の上部は、水槽方向と直角な両方向に引張りバネを用いて弾性的に支持され、その下端は、長さ20cm、幅5cm、厚さ0.2cmの円柱支持板に接続されている。

支持板の水路方向両端は、水槽床部にピボット設置されているので試験円柱は、揚力方向にのみロッキング振動する。円柱振動量はバネの伸縮量に比例する力を歪ゲージを用いて電圧変換し計測した。静水表面位置における円柱振動量を代表振動量 y_h とする。

使用した振り子式動吸振器は、円柱体の上端より水路方向に水平設置された支柱の端にアルミ板製（長さ15cm、幅4cm、厚さ0.3cm）の物理振り子を設置したものである。振り子の固有振動数 f_{np} が試験円柱の水中固有振動数 f_{nw} とほぼ一致するように振り子板の支点と重心の距離（ $C=2.54\text{cm}$ ）を調整した。

実験は静水深 $d=80\text{cm}$ を有する規則波を用いて行った。静水表面位置におけるKeulegan-Carpenter数（=CKC数）を約10に固定し、動吸振器を設置した場合としない場合のそれぞれにおける渦励振動量の周波数比 f_w/f_{nw} （ f_w =作用波周波数）に対する変化特性を調べた。また、振動外力となる試験円柱に作用する揚力モーメントを推定するために、振動ないように設置した同試験円柱（固定円柱）のピボット点まわりの揚力モーメント F_{ML} をも測定した。

3 結果および考察

振り子式動吸振器を設置した試験円柱の振動モデルと座標系を図-2に示す。このモデルにおいて線形近似された試験円柱体および振り子の振動方程式は(1)式、(2)式でそれぞれ示される¹⁾。(1)式は、ピボット支点におけるモーメントの釣合条件を、(2)式は振り子の支点におけるモーメントの釣合条件をそれぞれ満たす。

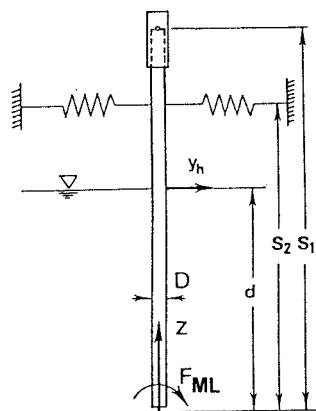


図-1 試験円柱の概略

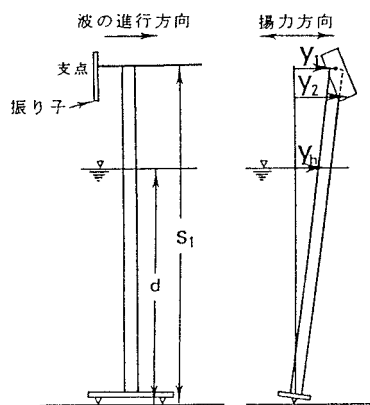


図-2 振動モデルと座標系

$$M_{nt} \cdot \ddot{y}_h + C_{nt} \cdot \dot{y}_h + K_{nt} \cdot y_h = F_{ML} + K_p / c \cdot s_1 (y_2 - y_h \cdot s_1 / d) + C_p (\dot{y}_2 - \dot{y}_h \cdot s_1 / d) \quad \text{---(1)}$$

$$M_p \cdot \ddot{y}_2 + C_p (\dot{y}_2 - \dot{y}_h \cdot s_1 / d) + K_p (y_2 - y_h \cdot s_1 / d) = 0 \quad \text{---(2)}$$

式中の M_{nt} 、 C_{nt} 、 K_{nt} は、試験円柱体の換算質量、換算減衰係数、換算バネ係数である。 M_0 、 C_0 、 K_0 は振り子の換算質量、換算減衰係数、換算バネ定数である。本試験円柱および振り子のこれら諸量の値を表-1に示す。 y_h 、 $\dot{y}_h$ 、 $\ddot{y}_h$ は試験円柱の振動変位、振動速度、振動加速度である。 y_2 、 $\dot{y}_2$ 、 $\ddot{y}_2$ は、振り子下端部の振動変位、振動速度、振動加速度である。 C は振り子の重心と支点の距離である。

固定設置時の本試験円柱に作用する揚力モーメント F_{NL} の各周波数比 f_w/f_{nw} における値を図-3に示す。図中、+印は F_{NL} の最大片幅振幅値を、□印は実効値（二乗平均平方根）を示す。

静水中における減衰自由振動記録より、減衰する円柱体の振動量 y_h の各半振幅 Y_h に対する減衰定数 h_{tw} を対数減衰法を用いて算定した。 h_{tw} と Y_h/D の関係を図-4に示す。振動量が大きくなると（ $Y_h/D > 0.4$ ）、 h_{tw} は Y_h/D の増加にともな大きくすることが認められる。表-1に示す減衰係数 C_{nt} は、減衰定数 h_{tw} の代表値として0.005を用いた場合の値である（ $C_{nt} = 2(M_{nt} \cdot K_{nt})^{1/2}$ ）。

図-5に振り子を設置した場合としない場合の円柱振動量 y_h の最大片幅振幅値 Y_{hmax} と f_w/f_{nw} の関係を示す。CKC=10の場合、作用揚力においては作用波周波数 f_w の2倍周波数成分が卓越するため、動吸振器不設置の円柱は $f_w/f_{nw}=0.5$ 付近で大きな共振振動現象が生じている。振動円柱と流れとの相互作用効果の結果生じる非線形振動のため共振領域が $0.5 < f_w/f_{nw} < 0.54$ と拡大している。一方、動吸振器を設置した場合には、 $0.47 < f_w/f_{nw} < 0.52$ で振動量は減少し顕著な制振効果が得られている。しかし、 $f_w/f_{nw}=0.48$ および0.52付近では新たな振動が生じている。

図中に示す計算値は、表-1に示す諸量と揚力モーメント F_{NL} を(1)、(2)式に代入したものである。動吸振器不設置時の計算値は右辺の第2項以下を取り除いた(1)式による値である。動吸振器

設置時の計算値は、(1)、(2)式を連立させたものである。式中の F_{NL} 値の大きさは図-3より500gf・cmとした。動吸振器による制振効果は評価されているが、実験値との対応は不十分である。これは、振り子部の減衰係数の評価精度や、流れと振動円柱との相互作用効果による非線形な振動特性によるものと推測される。

＜参考文献＞ 1) 林等、波動場における直円柱渦励振動特性及びその制振に関する基礎的研究について、海岸工学論文集、39巻、pp.736-740、1992。

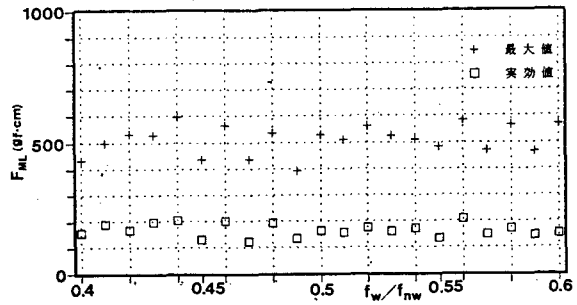


図-3 揚力モーメントの周波数比変化

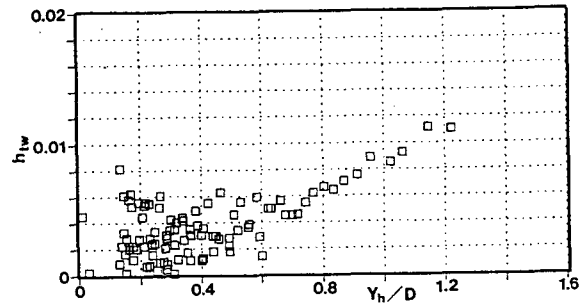


図-4 試験円柱の減衰定数

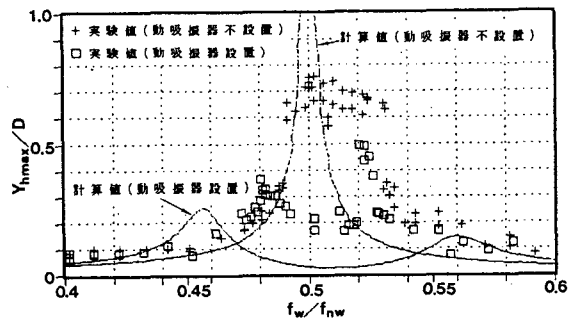


図-5 振り子式動吸振器による制振

表-1 振動諸元

$M_{nt}=202.9\text{gf}\cdot\text{s}^2$	$C_{nt}=15.38\text{gf}\cdot\text{s}$	$K_{nt}=18218.3\text{gf}$
$M_0=0.13\text{gf}\cdot\text{s}^2$	$C_0=0.09\text{gf}\cdot\text{s}$	$K_0=12.2\text{gf}$
$S_1=112.5\text{cm}$	$S_2=103\text{cm}$	$d=80\text{cm}$
$f_{nw}=1.51\text{Hz}$	$f_{np}=1.54\text{Hz}$	