

東洋大学工学部 正員 本間 仁

同 正員 萩原 国宏

同 学生員 江森 坦也

1. はじめに

本実験で行った構造物は、図-1のように球形浮子をス本のアンカーロープで水中に固定した、アンカーロープにプレテンションのあるものである。この模型の下に出した柱に、円筒の重り、羽根等をつけた場合の影響を調べ、さらに各場合の質量係数、抗力係数の値を実験値から求めようとしたものである。

2. 実験及び実験値

模型の種類は、(1)球のみ、(2)、(3)円筒の重りをつけたもの(重量2種類)、(4)、(5)4枚の羽根をつけたもの、これは羽根の向きによって2種類(左図)の合計5種類の模型について行った。実験値の解析はストロブ撮映により、その写真より各方向の大きさを求めた。(写真1)

模型の運動は、球の下部、つまりアンカーロープの固定点での回転運動のみで、水平、鉛直方向の運動はみられなかった。

各模型の回転振幅は表-1にあるが、羽根をつけた模型2種類が安定であり、羽根が球の部分の回転を妨げる効果を上げているとかわかった。

3. 理論計算

運動方程式は次のごとくなる(回転の中心に於いての)

$$I\ddot{\theta} + R_0\dot{\theta} + (B \cdot r - W \cdot r_g)\theta = F_0 \quad \text{--- (1)}$$

ここで B : 浮力, r : 球の半径, W : 重量, r_g : 重心までの距離, F_0 : 外力

水中の物体に作用する水平波力は

$$F = C_m \rho \text{Vol} \frac{du}{dt} + C_D \rho/2 A |u| |u| \quad \text{--- (2)}$$

ここで C_m : 質量係数, C_D : 抗力係数, ρ : 流体の密度, Vol : 体積, A : 投影面積

波を浅水表面波(微小振幅波)とすると、

$$u = \frac{H}{2} mc \frac{\cosh m(l-h+z)}{\sinh mh} \sin m(x-ct), \quad \frac{du}{dt} = -\frac{H}{2} (mc)^2 \frac{\cosh m(l-h+z)}{\sinh mh} \cos m(x-ct) \quad \text{--- (3)}$$

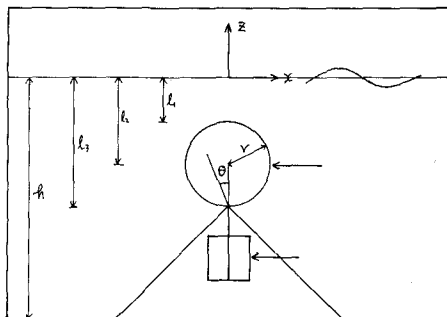
(2)式の $|u|$ に (3)式を代入してフーリエ展開すると(3項まで)

$$|u| = \left[\frac{H}{2} mc \frac{\cosh m(l-h+z)}{\sinh mh} \right]^2 \times \frac{8}{\pi} \times \left[\frac{1}{3} \sin m(x-ct) - \frac{1}{15} \sin 3m(x-ct) - \frac{1}{105} \sin 5m(x-ct) \right] \quad \text{--- (4)}$$

F_0 に (3), (4)を代入して、波力値を各部分にわたって求め、それを合成することによって外力を求めると、球のみの模型についての F_0 は

$$F_0 = C_m \rho \pi \left(-\frac{H}{2} \right)^2 \frac{\cosh^2 m(l-h+z)}{\sinh^2 mh} \times A_1 + C_D \frac{\rho \pi r^2}{2} \left(\frac{H}{2} \right)^2 \frac{\cosh^2 ms}{\sinh^2 mh} \times A_2 \quad \text{--- (5)}$$

図-1

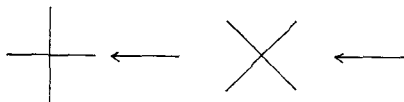


($h = 35.0 \text{ cm}$, $l, r = 5.0 \text{ cm}$)

模型(4)



模型(5)



$$\therefore A_1 = \int_{h_1}^{h_2} \left[-z^3 - (z_0^2 + l_3) z^2 + (r^2 - l_3^2 + z l_3 l_3) z + (r^2 - l_3^2) l_3 \right] \cosh m(h+z) dz$$

$$A_2 = \frac{8}{\pi} \times \left[\frac{1}{3} \sin \omega t - \frac{1}{15} \sin 3\omega t - \frac{1}{105} \sin 5\omega t \right] \quad \therefore S: \text{水底から球の中心までの距離}$$

15) 式の C_M と C_D の項の大きさを実験の値を代入して求めると、はるかに C_M の項が卓越しているで、15) 式の C_D の項を無視して、11) 式に代入して、その解に実験値を代入し、球のみの C_M を求め、他の場合の重り、羽根の C_M の値を実験値から求めたものが表-1である。

表-1

波		模型(1) (球のみ)		模型(2) (円筒重り)		模型(4) (羽根)		模型(5) (羽根)	
周期(sec)	波高(mm)	回転振幅(rad)	C_M (球)	回転振幅(rad)	C_M (重り)	回転振幅(rad)	C_M (羽根)	回転振幅(rad)	C_M (羽根)
0.70	14.5	0.1135	2.67	0.1134	2.71	0.1222	119.34	0.0872	155.14
	44.1	0.4276	3.30	0.4451	✓	0.3403	128.83	0.2618	157.00
	61.8	0.5333	2.94	0.5236	14.57	0.4625	131.90	0.5149	97.88
	67.4	0.7418	3.75	0.5411	18.17	0.4276	141.83	0.5061	118.17
	74.0	0.7418	3.42	0.5585	38.40	0.4538	154.46	0.5934	105.61
		C_M の平均値 3.22							
1.10	12.1	0.0611	2.95	0.0349	97.61	0.0524	122.28	0.0349	193.44
	26.3	0.2618	5.18	0.1400	52.96	0.1222	115.86	0.1396	121.66
	44.8	0.4712	6.14	0.2443	50.55	0.2705	86.94	0.2705	100.00
	65.0	0.6458	5.86	0.4800	15.14	0.3927	86.88	0.3752	107.89
	88.0	0.6545	4.34	0.5585	34.17	0.5441	83.92	0.4451	129.06
		C_M の平均値 5.00							
1.65	12.8	0.0524	3.72	0.0524	5.03	0.0349	65.30	0.0436	55.76
	20.5	0.1221	5.41	0.0785	11.35	0.0349	96.05	0.0873	20.94
	36.2	0.1400	4.60	0.1221	22.21	0.0785	82.11	0.0873	96.44
	50.1	0.1833	2.67	0.1833	15.43	0.1396	63.46	0.1745	52.61
		C_M の平均値 4.10							

表-2

模型の寸法			
模型	寸法, 重量		重心の位置(-z)
球のみ(1)	直径 5.0cm	重量 73g	13.1cm
円筒重り(2)	直径 3.0cm 高 22.4cm	重量 50g	14.9cm
羽根(4)(5)	高 25.0cm 巾 6.0cm 厚 2.0cm	重量 24g	13.0cm

4. まとめ

回転振幅が小の模型(4)(5)の羽根の C_M の値は表-1 より明らかに他の C_M より大である。これは羽根に大きな力がかかり球の回転を妨げて、回転振幅が小となり、回転振幅の結果とも一致する。

このような模型においては、この羽根のような抵抗板の効果も十分あることがわかった。

なおこの実験のアナローロップの位置が変く、回転が大であるので、アナローロップが球の中心を通るものを考えている。

写真 1

