

1. まえがき

海底に設置された構造物が波動によってどのような影響を受けるか

といった問題は学問的にも、実際的にも興味のあることである。

例えば、球形の構造物を海底に設置する場合に安全で合理的な設計をするためには波動によって起る構造物の振動の現象や、或は外力などのように考えるかと言ったことなどを考慮する必要がある。本文はこのような問題について考察するものであり、図-1に示すように造波水路(巾60cm, 長さ12m)底に球の振子を取りつけ表面波を与えた場合の振子の振巾等を測定し、同時に波高も測定して波と振子の振動の関係を実験的に明らかにし、また波の進行方向の振動について理論的な考察を行なったものである。

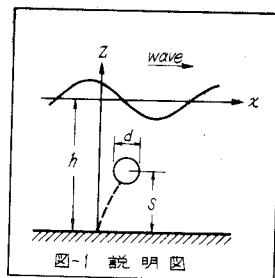


表-1

No	振子の種類				波の特性				摘要		
	球径 d (cm)	板はね 数: K (1/cm)	板はね 長さ: L (mm)	球の質量 m (g)	減衰係数 C (g/sec)	周期 T (sec)	波高 H (cm)	H/L			
1	3.75	154	16	28.2	0.2	2.47	50.7	0.68~2.2	2.8~14.5	0.008~0.12	25
2	3.75	219	16	6.67	0.2	2.44	75.8	0.64~1.7	2.5~8.4	0.007~0.11	30
3	5.84	6.67	24	1	0.5	72.5	203	0.63~1.8	0.7~10.2	0.003~0.1	30
4	5.84	0.66	15	5	0.4	17.53	117	0.65~2.3	1.2~8	0.003~0.07	30
5	5.84	0.66	15	5	0.4	17.53	119	0.61~1.75	2.7~14	0.013~0.13	40

2. 実験概要

球に焼青銅の板はねを取りつけ図-1に示すように水路底に固定し同時に表面波を与えた時の球の振動を観測する。振動は波の進行方向と、波の進行に直角かつ水平方向の振動振巾をストレインゲージによって測定しビジュアルに記録させる。同時に抵抗線式波高計によって波高を測定するようになっている。実験に用いた振子の種類と波の特性を表-1に示す。

3. 理論的考察

粘性抵抗をもつ振動系に外力が作用する場合の振動方程式は(3.1)式で与えられる。

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega^2 x = \frac{1}{m+m'} \{P(t) + F(t)\} \quad (3.1)$$

(3.1)式で、 m : 球の質量、 m' : 付加質量、 2β : $\frac{C}{m+m'}$ 、 C : 減衰係数、 ω : はねの固有角振動数、 $\dot{x}$, $\ddot{x}$: 時間についての微分、 $P(t)$: 構造物に作用する外力で波の進行方向の成分、 $F(t)$: 流体抵抗を示す。さて外力として波動による水面変動を考えした場合球の位置 ($Z = -(h-s)$) の水圧を球の全表面積について積分した値が球に作用する外力と仮定すると $P(t)$ は、(3.2)式になる。

$$P(t) = \rho \int \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \phi}{\partial t} \right) dS = \frac{1}{3} \cdot \pi r^2 \cdot \rho \cdot d^2 \cdot \frac{H}{T^2} \frac{\cosh \frac{2\pi}{L}(h+Z)}{\sinh \frac{2\pi}{L} h} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (3.2)$$

(3.2)式で、 ϕ : 速度ポテンシャル、 S : 球の表面積、 ρ : 水の密度、 ω : 波の角振動数、 L : 波長、 h : 水路水深である。次に(3.1)式の右辺第2項については、速度成分として振子の振動と波の水分子速度の相対速度を考えると $F(t)$ は(3.3)式になる。

$$F(t) = \pm C_0 \cdot \rho \cdot d^2 \cdot \pi \left\{ \dot{x} + \frac{H\omega}{2} \frac{\cosh \frac{2\pi}{L}(h+Z)}{\sinh \frac{2\pi}{L} h} \right\}^2 \quad (3.3)$$

(3.3)式で C_0 は抗力係数である。

4. 実験結果について

4-1. 波の進行方向の振動について

(2.2)式によって球に作用する外力の振巾を無次元表示したものが図-2である。又(2.3)式の C_D と 0 および 0.5 と仮定した時の(1)式の解と実験結果と比較したものが図-3である。図-2 図-3により波の進行方向の運動については実験値と計算値は比較的一致している。なお、図-3でたて軸の $\Sigma \max$ は(3.1)の解による球の変位の振巾を無次元表示したものである。

4-2 波の進行と直角かつ水平方向の振動

波の進行に直角方向の振動については理論的な結論にまでいたらなかったが、実験結果について取纏のものとして図-4、

図-5に示した。図-4は実験結果の一例(表-1のNo. 4)を示すものである。図によると外力は流れ方向の約 $\frac{1}{10}$ の order のものが作用していることがわかる。次に図-5は球の変位について無次元表示したものである。図-4、図-5で黒の記号は振子の振動数が外力の振動数の2倍になるものを示す。図-5によれば、 $\frac{\omega}{\omega_0}$ がほぼ0.4になると振子の振動数が波の振動数と同一になる場合と波の振動数の2倍の大きさになる場合が共存していることがわかる。

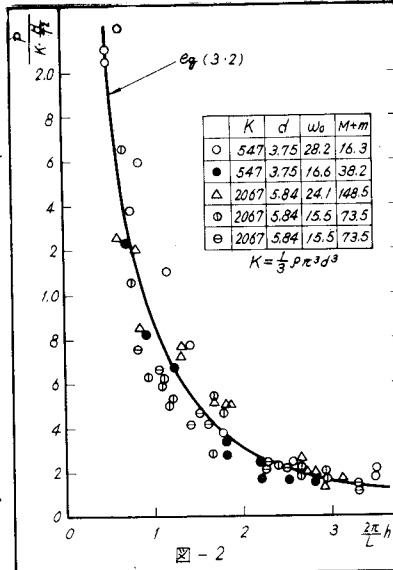


図-2

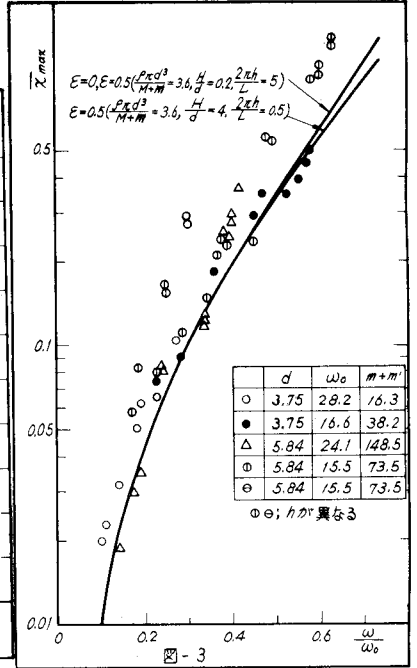


図-3

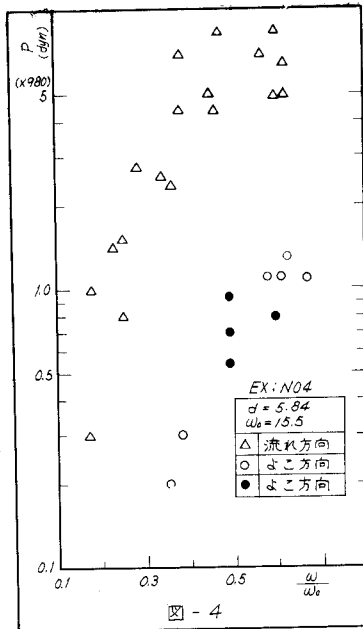


図-4

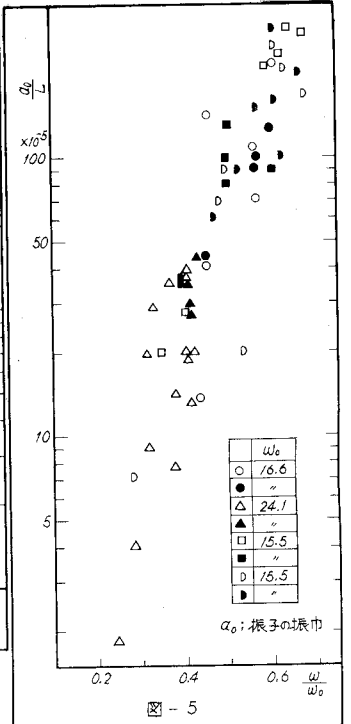


図-5