



Title	波浪中における養殖施設の運動に関する基礎的研究： . 円筒型浮体の運動について
Author(s)	小林, 敏規; 小林, 二治男; 佐藤, 修
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 25(2), 114-121
Issue Date	1974-10
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/23517">http://hdl.handle.net/2115/23517</a>
Type	bulletin (article)
File Information	25(2)_P114-121.pdf



[Instructions for use](#)

波浪中における養殖施設の運動に関する基礎的研究

I. 円筒型浮体の運動について

小林 敏規\*・小林 二治男\*・佐藤 修\*

Fundamental Studies on the Motion of Marine Culture Equipments in Ocean Waves

I. On the motion of a cylindrical float

Toshinori KOBAYASHI,\* Fujio KOBAYASHI\* and Osamu SATO\*

Abstract

It is an important problem to protect the marine culture equipments from strong waves, so that the motion of equipments in ocean waves may be solved. The purpose of this study is to solve the heaving motion of a cylindrical float in order to apply it to the motion of culture equipments. According to the answer of differential equation, the distance from the still water level to a fixed point of the cylindrical float was solved as a function of the proper period of the cylindrical float, the wave height and the wave period.

We used a vinyl chloride tube instead of the cylindrical float, and measured the distance in the experimental wave tank by the method of an 8 mm cinecamera.

Comparing the calculated value of the differential equation with the experimental value, the results did not show good agreement except for a part.

緒 言

近年、沿岸増養殖事業が進み、養殖施設は平穏な海面から波の荒い外洋へと発展している。したがって、波浪中での養殖施設の運動を解明することは、保全施設の開発の点から、また、波浪が養殖施設内の生物におよぼす影響を知る上にも大切である<sup>1)</sup>。本論文では施設などの運動の基礎資料をうるために、まず喫水変化にともなう浮力変化が一次式で考えられる円筒型浮体を用い、実験波浪水槽内で浮体の上下運動にともなう喫水面からの移動距離を測定し理論式との比較を行った。

理 論

一般に深海波の波形を近似的には

$$y = \frac{H_0}{2} \sin \omega t \quad (1)$$

とおける<sup>2)</sup>。ここで  $H_0$ : 波高,  $\omega$ : 角速度,  $t$ : 経過時間である。深海波における円筒型浮体の運動方程式は、粘性抵抗, 形状抵抗を無視し, また波の波長に対して円筒型浮体の直径を無視すると, 次の

\* 北海道大学水産学部漁具設計学講座  
(Laboratory of Fishing Gear Design, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

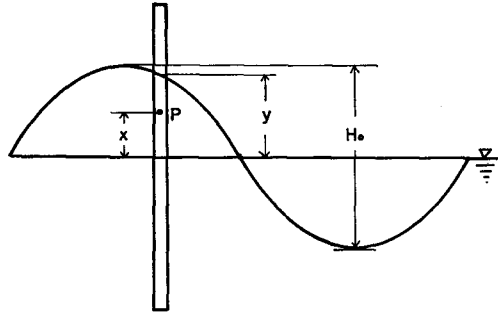


Fig. 1. Explanatory figure of the relation between the wave and the cylindrical float.  
 P: fixed point at the still water level  
 x: distance from the still water level to the P point  
 y: distance from the still water level to the face of the wave  
 $H_0$ : wave height

方程式が成りたつ (図1 参照)。

$$m \frac{d^2 X}{dt^2} + Ag\rho X = \frac{H_0}{2} Ag\rho \sin \omega t \quad (2)$$

左辺の第一項は慣性力, 第二項は復元力, 右辺は波による強制外力である。ここで,  $m$ : 浮体の質量,  $X$ : 静水面からの浮体の変位,  $A$ : 断面積,  $\rho$ : 海水の密度,  $H_0$ : 波高,  $\omega$ : 波の角速度である。

(2) 式を変形すると

$$\frac{d^2 X}{dt^2} = \frac{Ag\rho}{m} \left( \frac{H_0}{2} \sin \omega t - X \right) \quad (3)$$

となる。ここで  $\rho=1$ ,  $\sqrt{Ag\rho/m} = B$  とおくと

$$\frac{d^2 X}{dt^2} = B^2 \left( \frac{H_0}{2} \sin \omega t - X \right) \quad (4)$$

(4) 式を  $X$  について解き, 初期条件として  $t=0$  の時,  $X=0$ ,  $dX/dt=0$  とすると

$$X = \frac{1}{B} \left\{ \sin Bt \cdot B^2 \cdot \frac{H_0}{2} \left( -\frac{\cos(\omega-B)t}{2(\omega-B)} - \frac{\cos(\omega+B)t}{2(\omega+B)} \right) - \cos Bt \cdot B^2 \cdot \frac{H_0}{2} \left( \frac{\sin(\omega-B)t}{2(\omega-B)} - \frac{\sin(\omega+B)t}{2(\omega+B)} \right) \right\} \quad (5)$$

となる。円筒型浮体の固有周期  $P$  は一般に  $2\pi\sqrt{m/Ag\rho}$  であらわされるから,  $B=2\pi/P$  であり, 波の周期を  $T$  とすると,  $\omega=2\pi/T$  であるから, 静水面から浮体の固定点までの変位  $X$  は浮体の固有周期  $P$ , 波高  $H_0$ , 周期  $T$  の関数となる。実験ではこれらを変化させて  $X$  を測定し, 理論式の検討を行った。

#### 実験方法

円筒型浮体として塩化ビニール管3本を用いた。規格を表1に示す。No. 2, No. 3の浮体は, 実験水槽の水深の制限から断面積を一定にして固有周期を変えるためには, 浮力の増加が必要であったの

Table 1. Properties of the cylindrical float.

number of cylindrical float	outside diameter $d$ (cm)	inside diameter (cm)	cross-sectional area $A$ (cm <sup>2</sup> )	weight $W$ (g)
No. 1	2.10	1.88	13.82	614
No. 2	2.10	1.88	13.82	1130
No. 3	2.10	1.88	13.82	1470

number of cylindrical float	length of cylindrical float (cm)	natural period (measured) $P_1, P_2, P_3$ (sec)	natural period (calculated) $P_1', P_2', P_3'$ (sec)
No. 1	60	$P_1=1.40$	$P_1'=1.37$
No. 2	66	$P_2=2.01$	$P_2'=1.83$
No. 3	60	$P_3=2.49$	$P_3'=2.07$

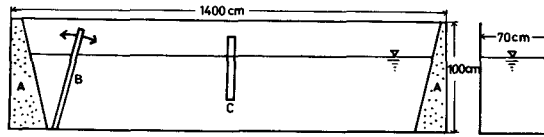


Fig. 2. Schematic figure of the wave generator.  
A: absorber B: flapper C: cylindrical float

で、円筒の下部をふくらませて体積増加を行った。なお、浮体の上下運動については、上昇時に浮体のふくらみ部分が水面上に出なく、下降時に浮体の上面が水没しない範囲で実験をした。実験に用いた波浪水槽は幅 70 cm、長さ 1400 cm、深さ 100 cm で図 2 に示すフラッター型のものである。浮体の静水面からの変位 ( $X$ ) と波面の静水面からの変位 ( $y$ ) は 8 mm 撮影機 (8 コマ/sec) で撮影したのちスクリーンに投影して読み取った。

結果と考察

各浮体の固有周期 ( $P_1, P_2, P_3$ ) と波の周期 ( $T$ ) との大小関係から  $P_1, P_2, P_3 < T$  の場合の運動を図 3 ~ 図 8 に、 $P_1, P_2, P_3 \approx T$  の場合を図 9 ~ 図 11 に、 $P_1, P_2 > T$  の場合を図 12, 図 13 にそれぞれ示す。

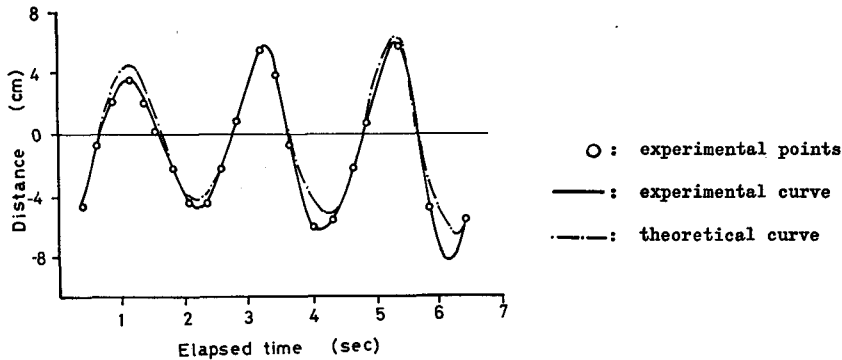


Fig. 3. Comparison of experimental results with theory.  
 $P=1.40$  sec  $T=2.60$  sec  $H_0=10$  cm  $T/P=1.86$

す。図中の横軸は経過時間、縦軸は浮体の静水面からの変位を表わした。これらの図から明らかなように  $P_1 < T$  の場合には、実験した全ての周期について実験値と(5)式による計算値とは良い一致をみた。すなわちここでは粘性抵抗、形状抵抗が無視できると考えられる。その他の場合には、理論値と実験値ではあまり良い一致をみない。この点をさらに詳しく見ると、波の周期と固有周期との比 ( $T/P$ ) が1よりかなり大きい場合には(5)式は実験と良い一致を示すが、 $T/P$  が1に近づくと浮体

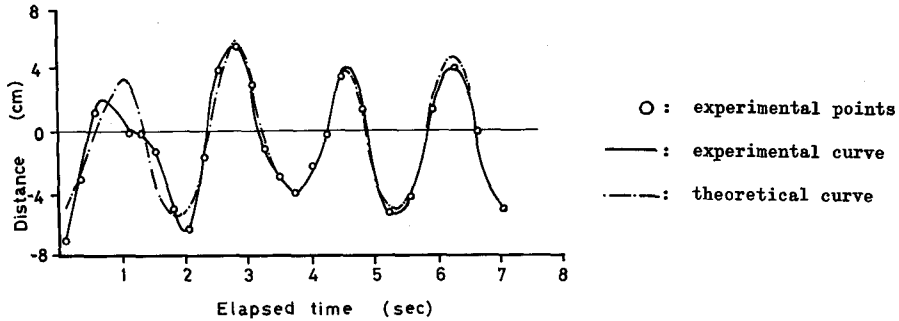


Fig. 4. Comparison of experimental results with theory.  
 $P=1.40$  sec  $T=2.31$  sec  $H_0=8$  cm  $T/P=1.65$

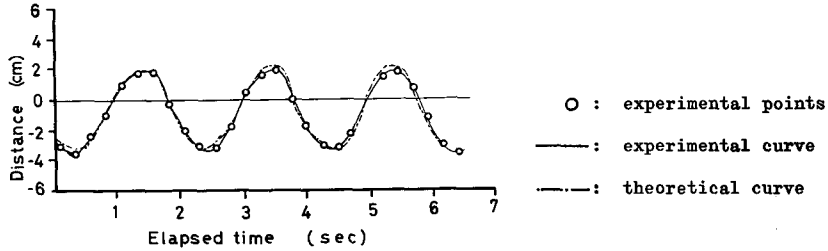


Fig. 5. Comparison of experimental results with theory.  
 $P=1.40$  sec  $T=2.31$  sec  $H_0=5$  cm  $T/P=1.65$

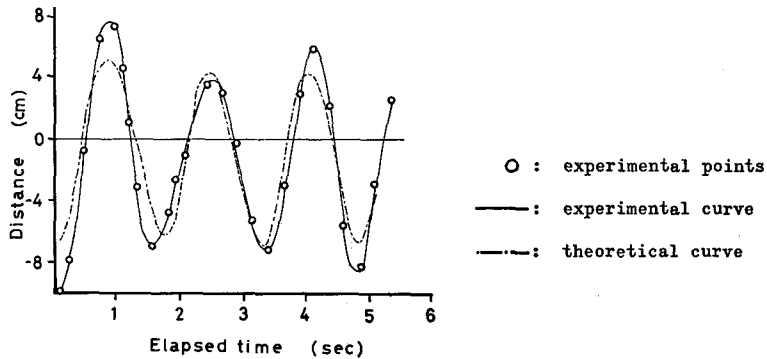


Fig. 6. Comparison of experimental results with theory.  
 $P=1.40$  sec  $T=2.01$  sec  $H_0=12$  cm  $T/P=1.43$

は共振現象を起こし、位相が若干遅れて上下の振幅は理論解よりはるかに大きくなる (図 9, 図 10, 図 11)。しかし、 $T/P$  が 1 よりかなり小さくなった図 12, 図 13 では粘性抵抗の影響が無視できなくなり、浮体の上下動は位相が遅れ (5) 式で求めた値よりも小さい値となっていることがわかる。また水槽の特性として水の質量輸送があり、浮体が波の進行方向に移動したことで、 $T/P$  が小さい場合には浮体が正しく垂直に立たなかったための影響があらわれ、図 12, 図 13 での実験点が若干歪んだ曲線となったものと思われる。今後 (2) 式に粘性項を入れた理論式を作り  $T/P$  の更に広い範囲について良い一致を見るものとしたい。

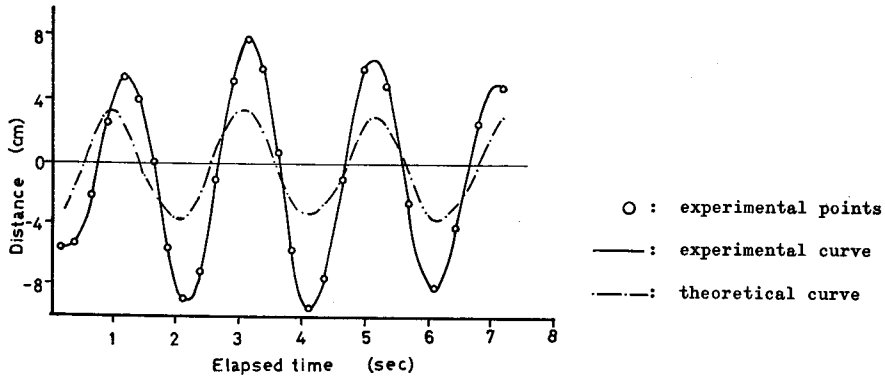


Fig. 7. Comparison of experimental results with theory.  
 $P=2.01$  sec  $T=2.31$  sec  $H_0=5$  cm  $T/P=1.15$

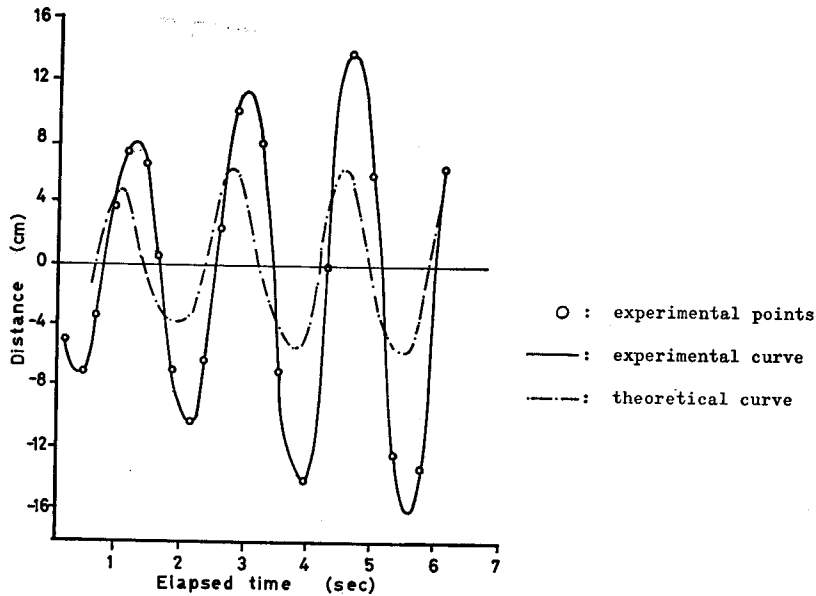


Fig. 8. Comparison of experimental results with theory.  
 $P=2.49$  sec  $T=2.60$  sec  $H_0=10$  cm  $T/P=1.04$

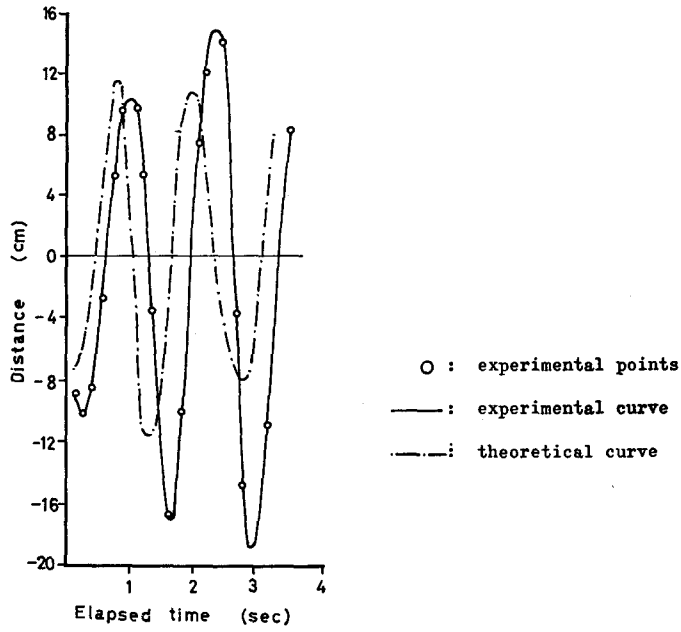


Fig. 9. Comparison of experimental results with theory.  
 $P=1.40$  sec  $T=1.41$  sec  $H_0=18$  cm  $T/P=1.01$

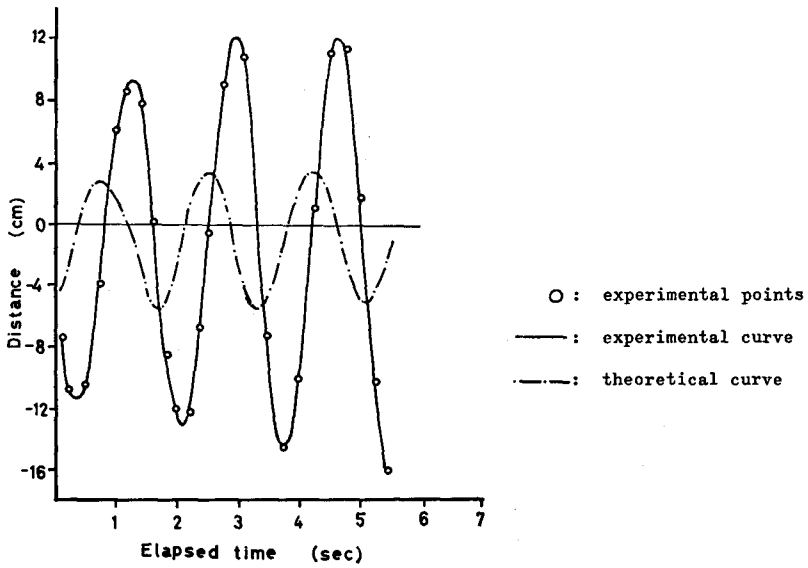


Fig. 10. Comparison of experimental results with theory.  
 $P=2.01$  sec  $T=2.01$  sec  $H_0=7.5$  cm  $T/P=1.00$

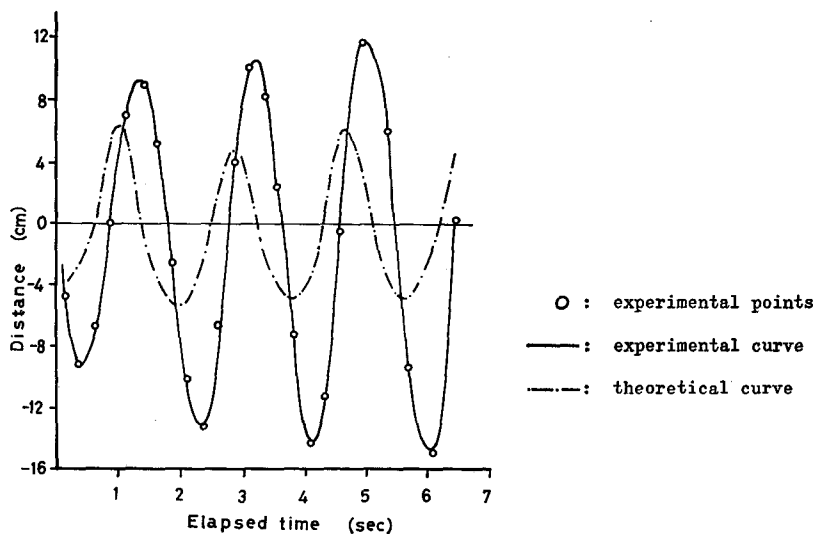


Fig. 11. Comparison of experimental results with theory.  
 $P=2.49$  sec  $T=2.31$  sec  $H_0=8$  cm  $T/P=0.93$

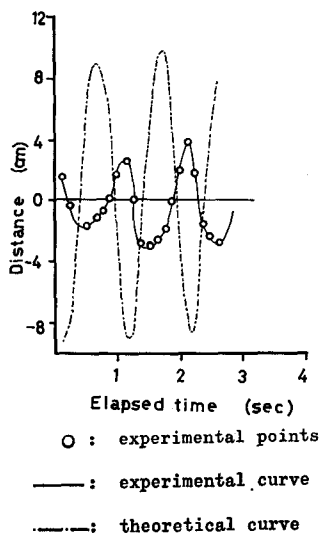


Fig. 12. Comparison of experimental results with theory.  
 $P=1.40$  sec  $T=1.10$  sec  
 $H_0=15.5$  cm  $T/P=0.78$

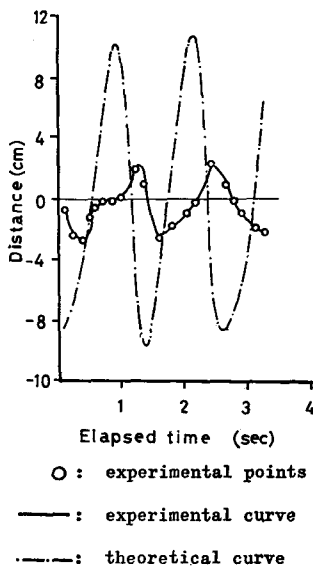


Fig. 13. Comparison of experimental results with theory.  
 $P=2.01$  sec  $T=1.41$  sec  
 $H_0=18$  cm  $T/P=0.70$



小枚ら： 波浪中の養殖施設の運動

本論文作成に当り種々御協力をいただいた北海道大学水産学部 梨本勝昭助教授，山本勝太郎助手に深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) 佐藤 修 (1973). 増養殖施設設置に関する若干の問題. 水産土木 **10**, 17-24.
- 2) 沼知福三郎・本間 仁 (1967). 水工学便覧. 1246 p. 森北出版, 東京.