

II-30 大型ポニツーンの運動に関する研究

東洋大学 正員 本間 仁

○ 東洋大学 正員 荻原国宏

[1] はじめに 本実験で考えたポニツーンの形状は図-1に示した様に円筒状の浮子の相互間を剛な構造をもち板で結合したものである。したがってここで考えているポニツーンの運動は剛体運動である。模型の各ディメンションは表-1のようになっておりモデルは3種類考えている。模型の運動を追跡するために、板の両端より水系で、やわらぐに板バネに結びつけ、ポニツーンの運動を板バネの変位により記録させる事にした。又横方向の変位も同一点より水平方向に糸で板バネ（これはかなり硬い）に支持させ、その変位より運動を追跡することにした。それぞれの出力及び波高計（入射波測定用）の出力を合わせてペン書きレコーダーに記録させる方法をとった。

[2] ポニツーンの固有振動 このポニツーンの振動系としては鉛直、回転、水平の3方向を考える。ゆいれもあるがここでは他に比して微小であるので考えない。この場合のバネに相当するものとしては、支持している板バネ（理地ではアンカー用ワイヤー）と浮体の浮沈に伴う浮力の増減によるバネとが考えられる。板バネの長は浮力のそれに比して小さいとすると、鉛直及び回転の固有振動周期 T は(1)式のごとなる。

$$T_y = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{4wA_0}{M}}} \quad , \quad T_\theta = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{4wA_0l_0(I_0 - a)}{I}}} \quad (1)$$

ここで、 M は付加質量をも含めたポニツーンの質量、 w は水の単位重量、 I は θ 軸のまわりの慣性モーメント、 V は水中体積（ $=4A_0l_0$ ）、 a は浮心と重心の距離、 A_0 は円筒の断面積、 l_0 は円筒の水中部の長さを示す。これらに模型の各ディメンションを入れて計算した値と、模型を実際に振動させて実験した D_a より求めた値を表-1に記してある。なお同表中には模型実験での固有振動の減衰比 β の値も書いてある。 w の実験と計算での違いの主たる

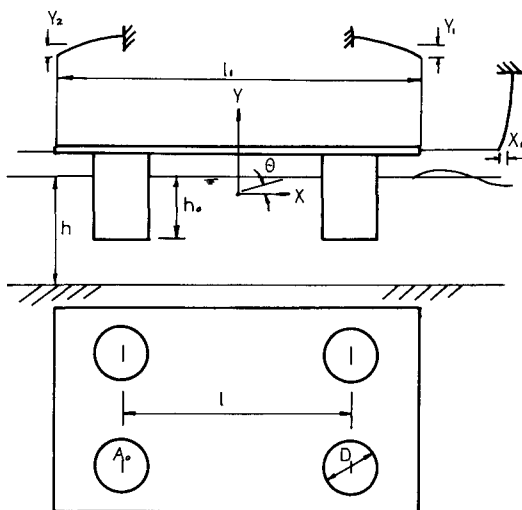


Fig. 1

	1	2	3
D cm	8	10	14
M g	5280	5030	5170
A_0 cm ²	50.27	78.53	153.94
l_0 cm	60		
l cm	80		
h_0 cm	26.26	16.01	8.39
w_y 計	6.11	7.82	10.81
w_θ 計	6.28	7.80	10.71
w_y 実	5.43	6.97	14.09
w_θ 実	5.53	6.25	15.63
β	0.0079	0.0063	0.0032

Tab. 1

原因は付加質量の点と板バネのバネ定数の把握が明確でない事に起因している。

[3] 波によるポンツーン運動

実験に使用した波は表-2の4種で、それぞれ波高を3種づつ変えている。これらの波が構造物に作用した場合の y_1 , y_2 , θ の各変位と時間の関係を、一周期についてとりだ

して整理(具体的には3~5波の合成)してみた内の代表的なものが図-2の3枚のものである。図2-1と2-3のものは y_1 と y_2 がほぼ同じ動きをしており、図2-2のものは y_1 と y_2 がそれぞれ異なる動きをしている。図2-3のみ y_2 の軸が逆になっている。これらの結果よりポンツーンの重心の鉛直方向の運動と、ポンツーンの回転運動になおす事を考える。図-1からも判るごとく、

$$y = \frac{y_1 + y_2}{2} \quad (2)$$

$$\theta \doteq \frac{y_1 - y_2}{L_1}$$

で与えられる。但し θ は小さいとしている。このようにして、ポンツーンの重心の鉛直運動及び回転を、図-2

のD点よりおめて整理すれば図-3のごとくなる。この図をみれば判るごとく、図3-1、図3-3では θ の値が小さく、 y の値が大きく表はれてい

	A	C	E	G
T sec	0.57	0.85	1.33	2.10
L cm	55	103	182	316
w	11.02	7.39	4.72	2.99

Tab. 2

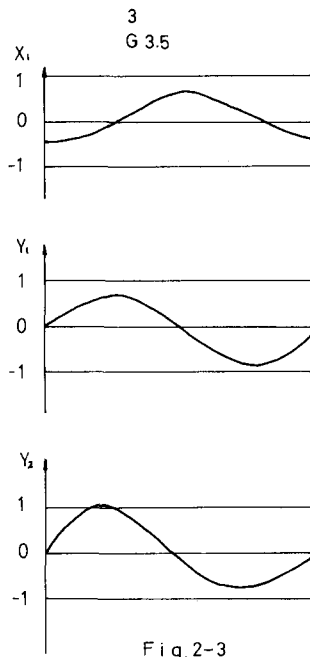


Fig. 2-3

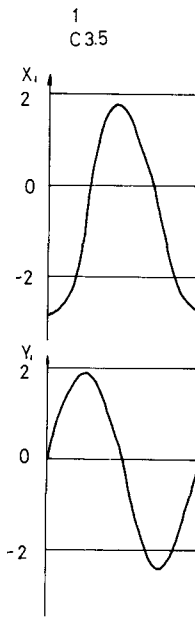


Fig. 2-2

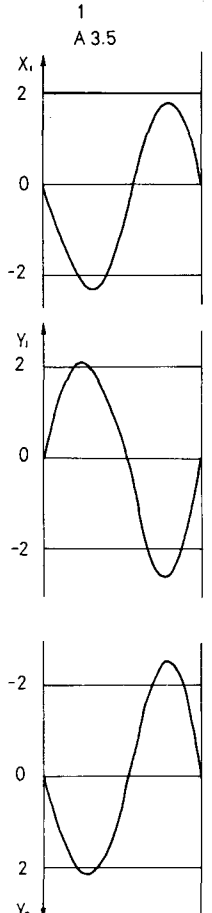


Fig. 2-1

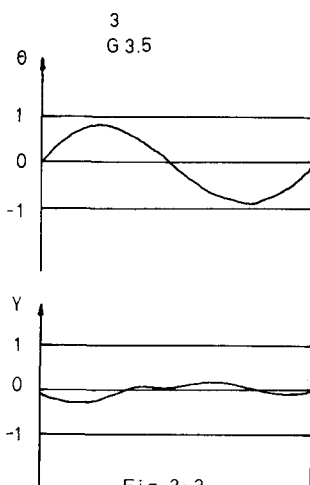


Fig. 3-3

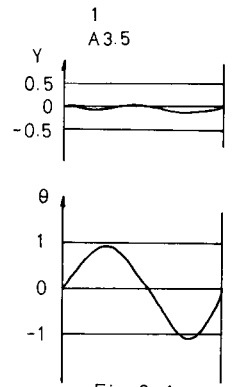
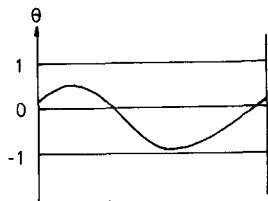


Fig. 3-1

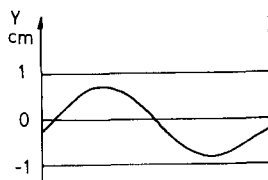
る。図3-2では θ も y も共にかなりの値を示している。このような関係がでてくるのは板長 L と板厚 h との関係で違ってくる。図3-1では $L \approx h$ であり、図3-3では $L \gg h$ である。このポイント上の理論解析^①によると、 y と θ の互い違いとの関係は次式のようになる事が判っている。

$$y \propto \cos \frac{\pi L}{L}, \quad \theta \propto \frac{1}{L} \sin \frac{\pi L}{L} \quad (3)$$



1
C 3.5
Fig 3-2

すなわち図3-1では $L \approx h$ のために $\sin \frac{\pi L}{L} \approx 0$ となり、 $\cos \frac{\pi L}{L} \approx 1$ となる事を示している。又図3-3では $L \approx 5h$ であって $1/L$ の項がきいて $\theta \approx 0$ となる事が判る。 $\cos \frac{\pi L}{L} \approx 0$ となるcaseは図3-2であるが、この場合 $L/h = 0.583$ であって完全にこの条件を満しているないので、 y, θ も残っている。しかしそのような傾向がある事は判る。



このようなファクターの他に、この運動を最も直接的に支配するものは波高 H であると考えられる。そこで波高 H と鉛直運動の振幅 y 、その関係及び、波形勾配 H/L と θ との関係をプロットしたのが図4である。この両図とも振動系の応答としての修正はしていないので $H \sim y, \theta \sim H/L$ との間に強い相関係はみられない。しかしながら模型の浮子の直径の大小による相違は出ていていると思われる。模型質量はほぼ

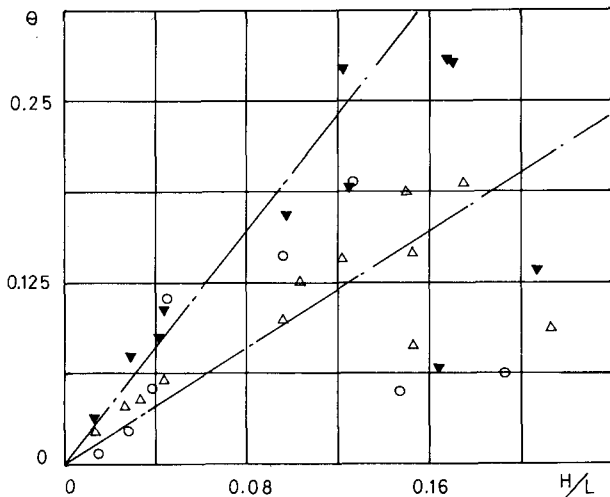


Fig 4-2

同じように作られているので、太いものは浅く、細いものは深く沈み込んで浮いているわけである。したがって太いものほど水面波高の影響を受けている事が考えられる。事実、図4-1、4-2で三角印の黒点は他のものに対して上の方に集まっている。しかしかなりの散ばりのあるのは、波の周期の異なるcaseも含めて、一緒に書いたために、このポイント上の固有振動系と波との共振関係につ

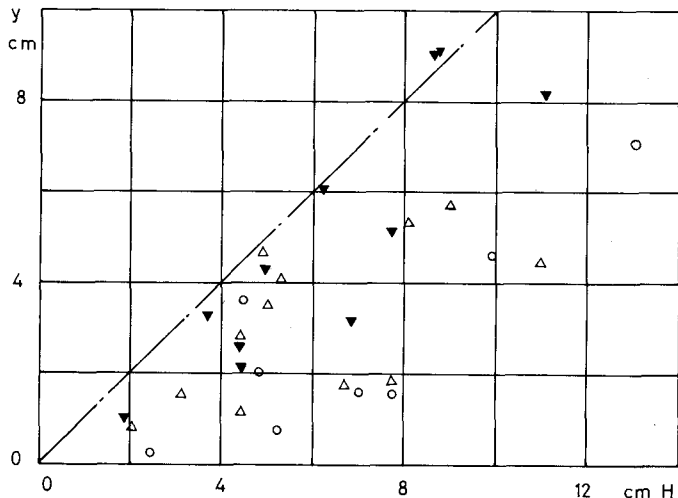


Fig 4-1

いでの影響が無視されているためと $\frac{y}{H} \cos \frac{\pi t}{2}$ 考えられる。

[4] ポンツーンの振動系の応答について。実験の波の周期 T とポンツーンの固有振動系の固有周期 T_0 との関係で、いわゆる一般の振動応答系の問題と考える事ができる。そこで $T/T_0 = \omega/\omega_0$ とし、 θ との関係を求めてみる。ただこの場合に、前にも記したごとく、波長 λ と板長 L との間には(3)式のような関係があるので、純粋に T/T_0 との関係を考えるためには、 $\frac{y}{H} \cos \frac{\pi t}{2}$, $\frac{\theta}{\sin \frac{\pi t}{2}}$

の形にした方がよいと考えられる。そこで実験値より、これらの各値を計算し、 T/T_0 との関係でプロットしたのが図5である。いわゆるこれが共振曲線を示している事になるが、図からも明らかなように黒点の示す太い模型のものは他の二つより大きな値をとっている。この事は着-2の減衰比 β の値が他の模型に比して約 $1/2$ になっている事からも

理解できる。

[5] まとめ 円筒形浮子をもつポンツーンの波に対する応答を測る実験をして、おおむね次のような事が判った。①同一質量をもつ構造では浮子の直径が小さく、深い所まで入っている場合の方が太くて浅い場合より波の応答は悪く、したがって運動も小さくなる可能性がある。②板長 L と波長 λ との関係で、上下運動ばかり卓越する場合と回転ばかり卓越する場合が生じてくる。一般には L/λ に比して大きい場合をのぞいては、それぞれが相対する関係にある。③模型実験では偶然が、鉛直運動の固有周期と回転運動の固有周期がほぼ近い値を示していたが、いづれの場合も、図5に示されるごとく $T/T_0 = 1$ で共振になる可能性を示している。④本レポートでは水平方向の運動又は他に比して小さいため解析を示さなかったが、この値もかなり興味があるので今後つづけて解析をする予定である。⑤今後の問題としては計算値の T_0 と模型実験の T_0 との差、何れも質量の大きさを説明する事と、この運動に関しての理論解析を行ない実験値と比較して、このような条件にはどのような外力(波力)が支配的なかを求めなければいけないと考えている。

なお本レポートに使用した実験データは昭和45年度海洋工学卒業生、青柳 進 (菊池建設、小笠原) 君の卒業研究のものを使用しました。

① 理論解析は本年度の海洋工学講演会に発表予定である。

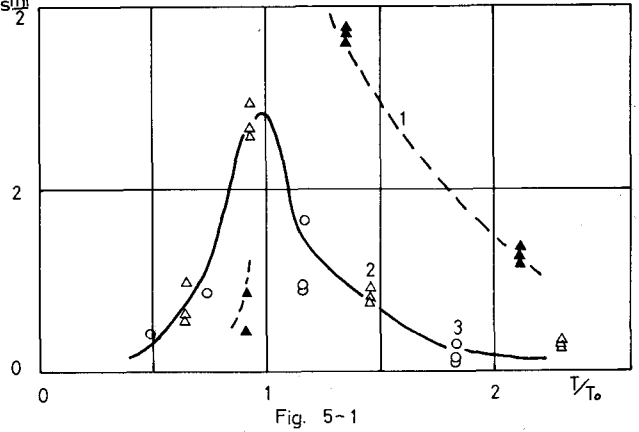


Fig. 5-1

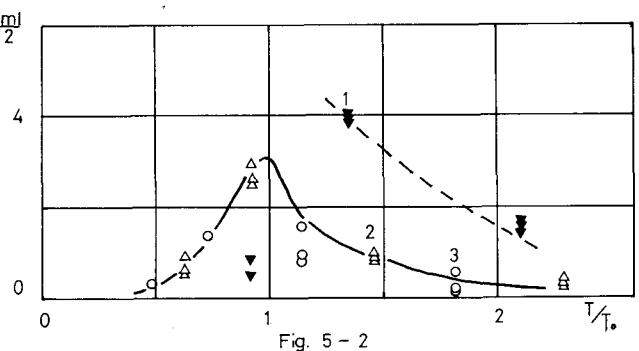


Fig. 5-2