

大成建設株式会社 正会員 ○勝 井 秀 博

" " 花 村 哲 也

" " 小 林 理 市

1. はじめに

海上の浮遊構造物の波による動的応答に関する研究は、理論および実験の両面から数多くなされている。浮遊構造物には、その目的に従って様々な形式が考えられるが、海上人工地盤や海上空港などのように、波長に比べて十分大きい構造物に対しては、その運動特性のみならず、底面の波圧分布も重要な設計条件となる。このような平面的に広がりを持つ浮体の波圧分布に関する報告例は少ない。本研究は、吃水の浅い偏平な浮体に規則波を当てて、その運動および底面の波圧分布を測定し、既存の理論と比較、検討を加えたものである。

2. 実験方法および実験装置

実験は、図-1に示すような50m×30mの平面水槽に仮底を設けて水深を40cmとし、浅海域を想定して行なった。使用した模型は、直径 $D=338.5\text{ cm}$ 、高さ30cmの円形の鋼製浮体である。浮体の内部に重錘を適当に配置することによって、吃水、重心の位置、慣性モーメントの調整をすることができる。本実験における模型の諸元を以下に示す。

直径 $D=338.5\text{ cm}$

吃水 d	重量 W	慣性モーメント I
9 cm	810 kg	$5.632 \times 10^6 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$
12	1,080	6.903
15	1,350	8.144

重心の位置 Z_0 は、吃水によらず、ほぼ静水面上($Z_0 \approx 0$)にくるよう配慮した。

運動は、写真-1に示すように、曳航電車の底部に懸架した6成分運動量測定装置によって、Heaving, Pitching, Surging, Driftingを測定した。水圧は、模型の底面中央1直線上に9個の水圧計を取付けて測定した。運動量および水圧の記録は、アンブを通して、データーレコーダーとペン書きオシログラフに同時記録した。

波高は $H=4, 7, 10\text{ cm}$ の3種類、波長は $L=100, 150, 200, 250, 300\text{ cm}$ の5種類について実験した。

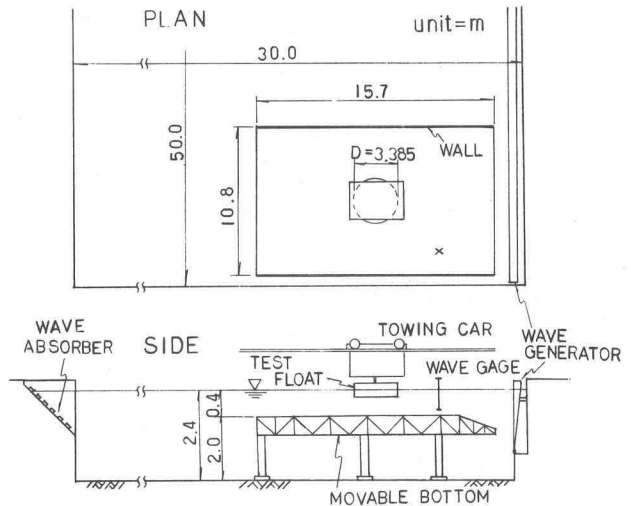


図-1 実験装置図

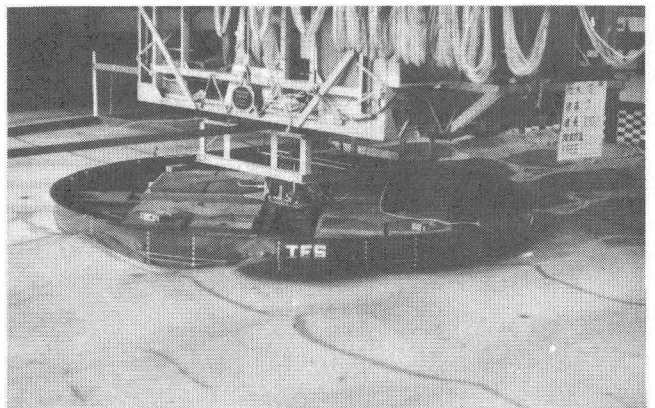


写真-1 円形浮体

3. 理論およびデータの整理方法

波と浮体との相互作用を取り扱った理論は多くあるが、任意形状の3次元浮体に適用できる理論はstrip method 以外知られていない。本研究では、浮体を円筒形に限り、堀川・渡辺⁽¹⁾の理論を適用する。底面の水圧分布の計算式は、文献(1)の記号を使うと次のようになる。

$$A_p e^{i\beta_p} = \frac{p}{\rho g \zeta_0 e^{-i\sigma t}} = \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon_m J_m(\mathbf{k}a) \cos m\theta \left\{ \frac{D_{0m}}{A_m} R_a^m + \sum_{l=1}^{\infty} \frac{D_{lm}}{A_m} \frac{I_m(\kappa_l r)}{I_m(\kappa_l a)} \right\} + A_z e^{i\beta_z} \left\{ u (\bar{Q}_{ha}^2 - \frac{1}{2} R_a^2) - 1 \right\} + A_\delta e^{i\beta_\delta} \left\{ u (\bar{Q}_{ha}^2 - \frac{1}{4} R_a^2) - 1 \right\} R_a \cos \theta$$

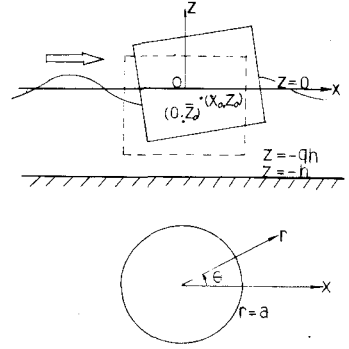


図-2 円筒形浮体の運動

..... (1)

ただし、 $R_a = r/a$, $\bar{Q}_{ha} = \bar{q}h/a$, $u = (\sigma^2 h / g) / (2\bar{q}h/a \cdot h/a)$ とおく。また、 ζ_0 は入射波の振幅、 A_x, A_z, A_δ は、 ζ_0 を用いて無次元化された Surging, Heaving, Pitching の振幅を意味する。実験により得られた結果はすべて、 A_x, A_z, A_δ, A_p の形に整理する。

4. 実験結果

4.1 運動特性

図-3 に浮体の運動特性を示す。図によれば、Heaving は理論と良い一致を示すが、Pitching と Surging は高周波領域で理論値より高く出る。特に、 $h = 240\text{cm}$ における Pitching の理論値と実験値との隔りは相当大きい。吃水による差異は、本実験に関する限りほとんど見られない。

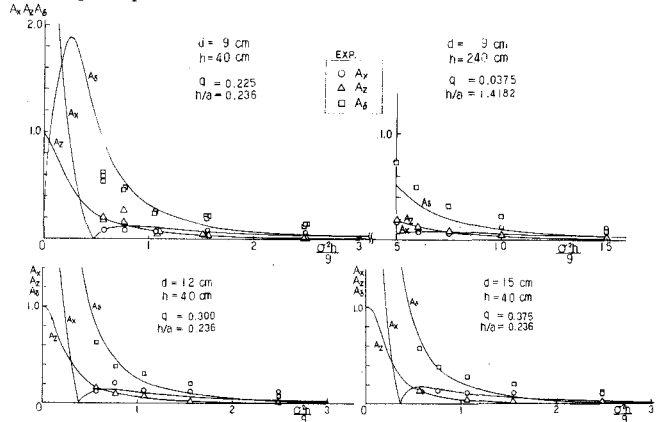


図-3 浮体の運動

4.2 水圧分布

図-4 に、底面の水圧分布を示す。 $r/a = 1.0$ は浮体の前縁(波の入射部), $r/a = -1.0$ は浮体の後縁を表わす。図の理論曲線によれば、 $h = 40\text{cm}$ では $r/a = 0.5$, $r/a \div -0.4$ の位置を節とする定常波圧モードが見られ、 $h = 240\text{cm}$ では、後方の節がやや後より $r/a \div -0.55$ の位置に移っていることがわかる。実験値は浮体の中心より前方 $r/a > 0$ の部分で、理論値と良い一致を示しているが、

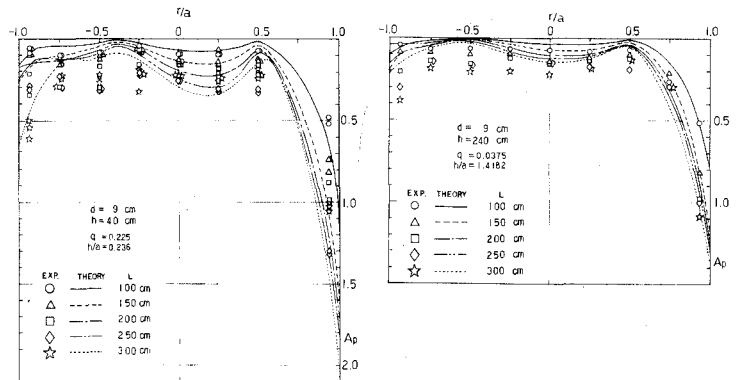


図-4 底面の水圧分布

浮体の後方では理論値より大きめの値を示している。注目すべきことは、上述した定常波圧のモードは、入射波の波長と吃水の変化によらずほぼ一定であって、水深の影響をわずかに受けるということである。ただし、図-3にも示すように、Pitchingのピークは $L > 300\text{cm}$ の領域で現われており、この領域でも同様の事が

言えるか否か確認する必要がある。

図-5に、円形と方形および入射波向が45°の方形浮体の3種類について、底面の水圧分布を比較している。方形に関しても、円形とほぼ同様の傾向にあることがわかる。

図-6では、円形浮体の各点における水圧の振幅と $\sigma^2 h/g$ との関係を示す。本実験のような低吃水の浮体では完全重複波は生じ得ないのであるが、浮体の運動が激しい周期では、radiation waveの発生も大きく、その結果、入射波高の2倍もの水頭圧を生じている。しかし、このピークと、図-3に示すPitchingのピークとは僅かにずれている。理論値と実験値との比較を $r/a = \pm 0.934$ および $r/a = 0$ の点で行なったが、比較的良好一致を示している。

4. 結 論

本実験の結果、次のことがわかった。

- 1) 浮体の運動について；Heavingは、理論と良く合うが、PitchingとSurgingは高周波領域で、実験値の方が大きい。
- 2) 水圧分布について；実験値と理論値はほぼ良好一致を示す。定常波圧のモードは波長、吃水の影響をほとんど受けない。

理論計算に先立って実験を行なったため、運動のピークを把握することができなかった。今後、更に長い波長のもとでの浮体の応答を調べると共に、水圧分布の時間的追跡を行なって、構造物に最大の波力とモーメントを与える要素を明らかにする予定である。

本研究にあたって、実験の計画段階から終始御指導を賜った東京大学工学部船舶工学科元良誠三教授および、比較参考の理論について細部にわたって御教示戴いた東京大学工学部土木工学科渡辺晃講師に深く感謝の意を表します。また、実験とデータの整理については、当社技術開発部野口憲一氏の協力を得たことを記します。

参 考 文 献

- 1) 堀川清司・渡辺晃；円筒形浮体と浅海波の相互作用，第19回海岸工学講演会論文集，1972
- 2) 小林理市・野口憲一・林俊雄・西川薫・高山正春；浮遊構造物の波圧に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演集，昭和49年10月

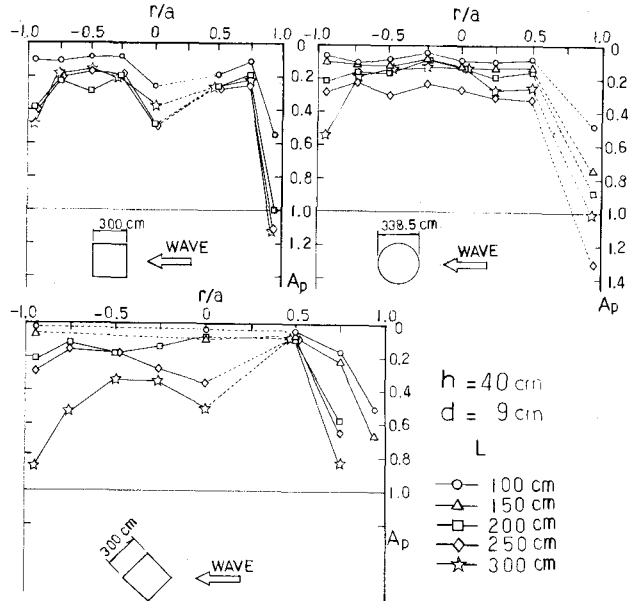


図-5 浮体の形状による水圧分布の違い

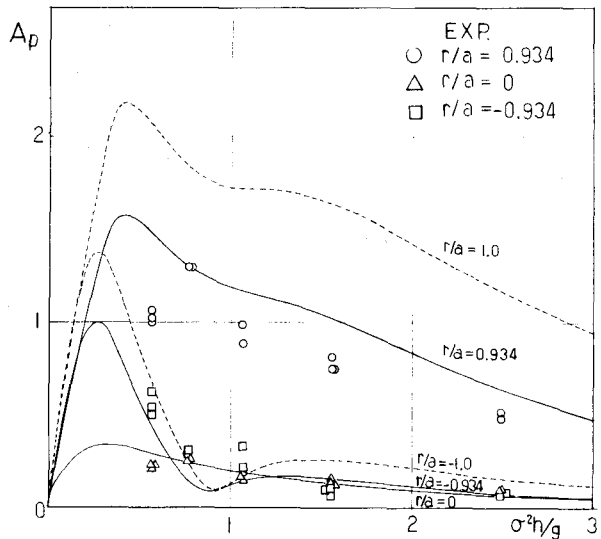


図-6 底面水圧と $\sigma^2 h/g$ の関係