

オフショアマリーナに作用する波漂流力と 運動特性に関する実験的研究

東海大学 海洋学部 学生員 ○ 上羽 譲司
東海大学 海洋学部 正 員 長崎 作治
(株) 田辺製作所 石川 和男

1. はじめに

近年、海洋性レクリエーションが盛んになってきている。その中でもスポーツ型のレクリエーションの発達には目を見張るものがある。このスポーツ型のレクリエーションの大きな受け皿となるのは、マリーナである。しかし、現在のマリーナは、必ずしも需要を満足させているとは言えず、現に各地で放置艇のトラブルは、大きな問題となってきている。そこで従来のように、気象・海象の安定した海岸・入江・港内にマリーナを建設するばかりではなく、沖合に多目的機能を備えた、オフショアマリーナを考案し、基礎的な実験による考察を行ったのでここに報告する。

2. オフショアマリーナの考え方

マリーナ構造体は水深 30m 以深のオフショアに位置し、図-1 に示すように波浪に対して十分に安定するよう円筒形とし、作用外力に対し下部に位置するシェル室へバラスト用の海水と砂の注・排水により、重心を低くし浮心・傾心を調整する一方、浮遊または海底面への着底を可能とした構造体である。この円筒構造体の後部に可動水門を設け、内部にヨット・クルーザー・ボート及び一般船舶を係留する海面域と、揚降クレーンにより海面上に持ち上げ保管する棚を 2 段設け、マリーナとしての機能をはたす。上部には 200 人用のホテル、また教育・研究・スポーツ・レジャー・サービス等の施設、例えば潜水訓練プール・公認スイミングプール・レストラン・展望台・深海潜水ダイバー支援施設等が設けられ、また海洋研究の分野における一拠点として利用できる。更に屋上には、ヘリポートが設けられ船舶以外の交通手段として使用できる。このように、一つの円筒状構造体の内・外部に各種施設を形成することにより、総合リゾートマリーナとしての役目も十分果たすことができる。

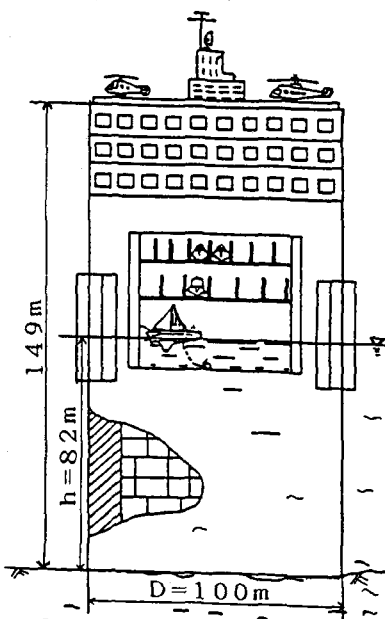


図-1 オフショアマリーナ

3. 実験

3.1 構造条件および波浪条件

構造体は、図-1 に示すように直径100m、高さ149m、水深82mの場合、軽量骨材コンクリートを用いると下向き荷重300,000t、バラスト重量327,500t、排水重量627,500tとなる。実験はこの条件で海底面上2m位置における浮遊状態、また可動水門は閉じた状態とした。重心・浮心・傾心は、構造体底面(キール)上35m・40m・48mである。また波浪条件は、波高を6.0, 6.7, 8.0m、周期を8, 10, 12, 14, 16, 18, 20secの21ケースとした。モデルの縮尺は1/100である。

3.2 実験方法

本実験は幅23.0m、長さ22.0mの水槽を、幅5.0m、長さ17.4mに仕切り、水路の中央部に構造体を設置し、三成分運動計測器をモデルの重心位置に固定し、モデルの三成分運動(ヒービング・サージング・ピッチング)を計測し、ヒービングとサージングの位相差を測定し各々の波浪条件下における構造体に作用する波漂流力 F_s を求めた。

4. 実験結果および考察

本実験は、三成分運動計測器でヒービングとサージングを測定し位相のずれを求め、波漂流力 F_s を計算する一方、固定された大口径円筒構造体に作用する波力を MacCamy と Fuchs¹⁾ の理論式から求め比較した。この理論による円筒の単位長さあたり水平方向の総作用力 dF を式(1)に示す。

$$dF = \frac{\rho g H L}{\pi} \frac{\cosh \{2\pi(\eta + h)/L\}}{\cosh (2\pi h/L)} f_A \cos \left(\frac{2\pi t}{T} - \alpha \right) \quad \text{----- (1)}$$

$$\tan \alpha = \frac{J_1'(\pi D/L)}{Y_1'(\pi D/L)} \quad \eta = -\frac{1}{2} H \sin 2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right)$$

$$f_A = 1 / \sqrt{[J_1'(\frac{\pi D}{L})]^2 + [Y_1'(\frac{\pi D}{L})]^2}$$

J_1' , Y_1' : 第1種 第2種 Bessel 函数の導関数

$\rho g = \omega$ 単位体積当りの水の重量 1 g/cm^3

H : 波高 cm L : 波長 cm D : 直径 cm

$\frac{2\pi t}{T} - \alpha$: 波の位相差 h : 水深 cm

式(1)を円筒の鉛直方向(z)について積分すると、総作用波力 F が求まる。

図-2~図-4は波高6.0, 6.7, 8.0cm (現場6.0, 6.78, 8.0m) 周期0.8~2.0sec (現場8sec~20sec)の波漂流力 F_s をプロットし、式(1)による総作用波力 F を実線で示したものである。各波高における最大波漂流力は、波高6cmの場合、周期1.8secで 379.73g (現場 379t) 設計波高6.7cmの場合、周期2.0secで 477.16g (477t) 波高8.0cmの場合、周期1.6secで 611.47g (611t) であった。実験値は各波高とも周期が大きくなるにつれ波漂流力 F_s も増加し、周期1.8sec付近、すなわち波長と直径の比 D/L が0.20~0.30付近で波漂流力が最大となる。これらは理論計算による総作用波力 F でも同様の傾向にある。

これらのことから、MacCamy と Fuchs らの理論はモデル実験の条件とは異なっているものの、構造体の吃水が深いいためか、実験値とかなり類似する傾向があり、ほぼ適用できるものと思われる。

以上の様に今回はオフショアマリーナ構造体に作用する波力について、基礎的な実験研究をおこなったがしかし水門が開いた状態での波の巻き込みや、構造体が運動した場合の内部の海面係留域におよぼす影響など、まだまだ数多くの解決すべき課題が残っているため今後一層の研究を進めることとしている。

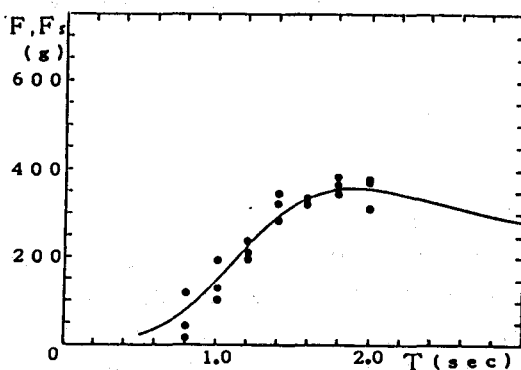


図-2 $H=6.0\text{cm}$ F, F_s と T の関係

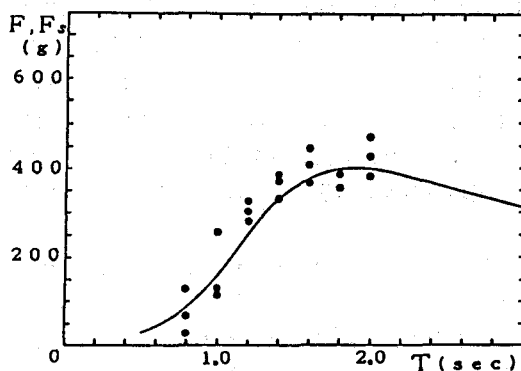


図-3 $H=6.7\text{cm}$ F, F_s と T の関係

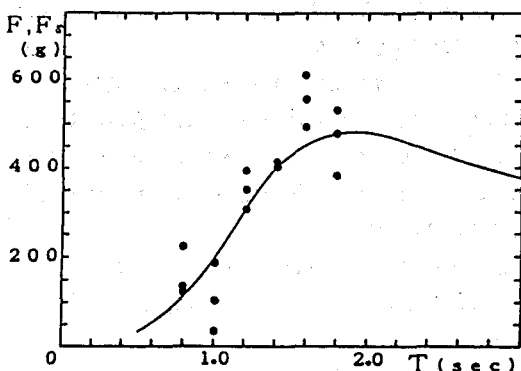


図-4 $H=8.0\text{cm}$ F, F_s と T の関係

[参考文献] ¹⁾ MacCamy, R.C. and R.A Fuchs: Wave Forces on Piles: A Diffraction Theory, Tech. Memo. No. 69., Beach Erosion Board, Corps of Eng., 1954

²⁾ 長崎作治; 海洋重力型コンクリート構造物の設計と施工 1977年 東海大学出版会