

パインコーン型ヨット保管構造物の構想と設計

東海大学 海洋学部 学生員 仲倉 道雄
 東海大学 海洋学部 正会員 長崎 作治
 ㈱田辺製作所 正会員 石川 和男

1. はじめに

我が国でも、週休2日制の普及、長期夏季休暇、有給休暇の増加、ゴールデンウィークなどによる連続休暇の増加、労働時間の短縮による余暇時間の増大など自由時間増大の方向が示されつつあり、余暇やレクリエーションに生活の重点を置く国民が増加している。昭和63年11月、日本海事広報協会発行“海洋レクリエーションの現状と展望”によると、余暇の過ごし方は、従来の観光地めぐりや温泉地における休養などの観光型のものから、スキー、モーターボート、ヨットなどのスポーツや森林浴、野鳥観察などによる自然との触れ合いを重視するなどの、余暇の目的を明確にした創造的な過ごし方が徐々に定着しつつあると述べている。そして、近年貿易摩擦回避のための内需拡大策と、リゾート法の成立により、地域活性化を目指したリゾート開発構想がいま全国各地でさかんである。そして我が国のマリンスポーツも、大きな流れとなって国民一般のレジャー活動に定着しようとしている。モーターボート、ヨットの保有隻数の推移は図-1のように、昭和45年に8万隻であったものが62年には25万隻になっている。海外での普及を1隻当たりの人口と比較すると、図-2に示すように北欧三国が著しいほか、イギリス、フランス、西ドイツはそれぞれ65人、93人、138人と我が国の554人に対して4～8倍の普及ぶりである。そして今後その需要は欧米諸国の水準に近づいていくことが予想される。こうした背景の中でマリンレジャーの受皿であるマリーナ開発への関心も大きな高まりを見せ、全国各地で公共、民間双方による開発構想が提出、あるいは検討されている。その内容としてレジャーブームの盛り上がりを受けて、マリーナを核にショッピング施設やホテル、商業地区など都市機能を備えたウォーターフロント都市に衣替えしようとしてきている。

2. 現在の状況と問題

通常、マリーナの建設には防波堤、埋立、道路といった基盤整備に巨額の投資を必要とする。ところが、我が国のマリーナの90%以上を占める民間マリーナは、国の助成措置から見離されている。したがって一部を除いて民間マリーナは小規模であり保管料金が高く、設備も不満足なものにならざるを得ない。一方、公共マリーナに対しては、料金は安い、サービスは一部を除き乏しいという現状が上げられる。すでに満足の行くサービスを持っているのは超ハイクラスのマリーナのみである。そして、問題点は民間、公共とも海域利用である。これまで、マリーナは入江や河川など波が静かで、防波堤を必要としない場所につくられてきた。ところが、これら静穏でマリーナに適した海域は、昔から漁業活動によって占有されており、海面利用の調整が困難で、漁業保証と引き換えに得られる利用水域も決して広くない。現状としてはマリーナとプレジャーボートは、漁業と共存しにくい環境にあり、本来、国民の共有であるべき水面を自由に使えない現状である。こんな厳しい背景が、ヨット・ボートの放置艇の増加につながっているという見方がある。

運輸省では放置艇について「全国で約11万隻が港湾、海岸、河川などに放置されたままとなっており、これによる沈船、廃船が目立ち、漁業者とのトラブルが各地で見受けられる」と指摘、さらに「現状の放置艇数からみ

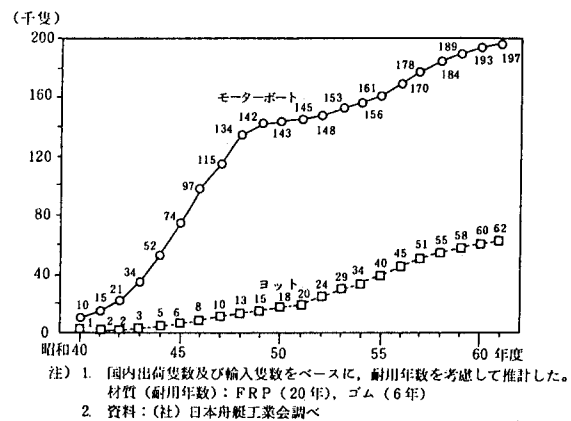


図-1 モーターボート、ヨット保有隻数の推移

世界各國のボート (除くローボート) 1隻当たりの人口 (1982年)

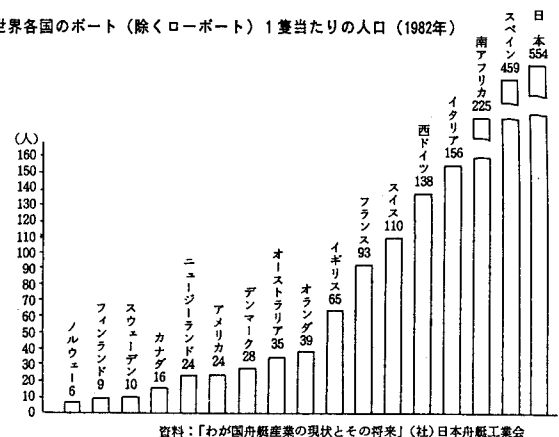


図-2 世界各國のボートの普及状況

て、平成10年までに保有船数がトレンド・ベースで37.5万隻なら放置艇は22万隻となる」と計算している。これを全部収容するとして単純計算で、収容規模1000隻のマリーナなら200、500隻規模なら400の新規マリーナが必要となり、早急に公共マリーナを中心としたマリーナ整備を必要としている。そこで我々は、海域高度利用構想としてパインコーン型ヨット保管構造物を考案したので以下に紹介する。

3. パインコーン型ヨット保管構造物

3.1 構造

図-3(1)に示すように、地盤に立設する支柱を中心とし、保管するヨットの全高の半分程度突出長さが短い円形の雛段状をなす複数段のヨット保管載置段を設けた構造と、図-3(2)のように各載置段間の高さをヨットのマストよりも十分に低くし、最下段を除く各載置段のヨット収納スペースの間にその下位の載置したヨットのマストが挿通する切り込みが放射方向に設けた2構造がある。両方とも最下段部には、ヨット接舷部を設け、干満に応じて乗員が上陸できる浮棧橋をもつ。ヨットはヨット収納スペースと海面との間を、円柱上部に設けた水平移動クレーンで吊揚げ、吊降ろし移送できる。これが、パインコーン型ヨット保管構造物であり、従来のように海面に平面的に保管するのに比べ、立体的に保管するので生物付着防止ができ、しかも多くの隻数を保管することが可能となる。またこの構造物は、ヨットを対象としたものだが、各載置段のヨット収容位置の内側の空間にマストを持たない船艇の収容場所とすることができる。この場合は支柱の周囲を回転するターンテーブルに船艇を設置することにより、出し入れを特定の場所で行なえるようになる。

3.2 寸法、保管隻数

図-3(1)の場合、2段の載置段で直径5mの中心支柱に海面上5m位置に外径5.5mの1段目スラブ、2段目をその6m上に外径3.2mを設けると、長さ10.5m・幅3.5m・高さ5m・吃水深1.6m・マスト高15mのヨットを隙間なく載置すると、1段目に最大34隻、2段目に最大14隻、合計48隻を保管できる。

また図-3(2)のように載置段を4段持つとすると、上記と同じ条件で1段目の円形スラブを海面上5mの位置に半径方向に長さ27.5mを設け、2段目のスラブを1段目の6m上に半径方向に2.2mとし、3段目のスラブをその6m上に半径方向に16.5mとし、さらに4段目のスラブをその6m上に半径方向に11mの規模とした場合、これら載置段に前述のヨットを隙間なく載置すると、1段目24隻、2段目16隻、3段目8隻、4段目8隻、合計56隻程度保管することが出来る。

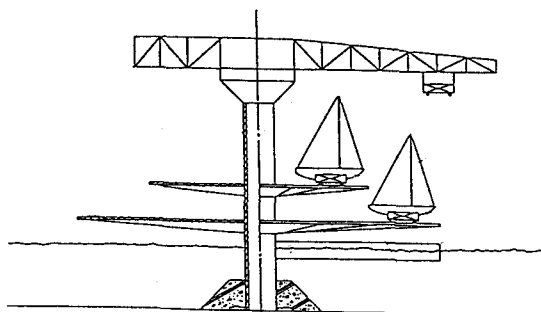


図-3(1) パインコーン型ヨット保管構造物
(雛段状)

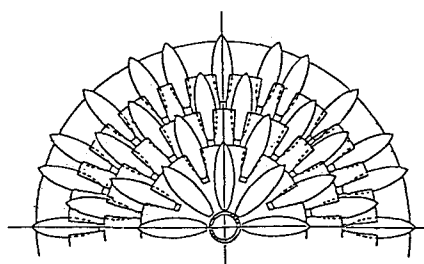
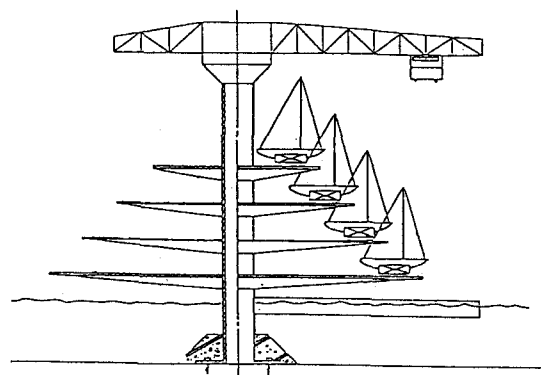


図-3(2) パインコーン型ヨット保管構造物
(切込み、櫛歯状)

3. 3 将来構想

図-3(3)のようにパインコーン型ヨット保管構造物を複数個間隔を置いて近接配置し、この保管構造物間を結ぶ付帯構造物を架設した場合、この付帯構造物は、ホテル、レストラン、展望台、渡り廊下、あるいは潜水訓練用の施設としても利用できる。またこの保管構造物と、付帯構造物で囲まれた区域では網などを利用し、魚礁やダイバーの訓練域として利用することが可能である。以上のように、この構造物は総合リゾートマリーナとしての役目を果たせる。

4. 設計例

- ・設置場所 O県O市O海岸沖
- ・設置水深 $h=8.7\text{m}+\text{潮位}2.0\text{m}=10.7\text{m}$
- ・地盤 砂質泥岩
- ・設計波浪
 - a 沖波波高 $H_o=7.2\text{m}$
 - b 沖波周期 $T_o=14\text{sec}$
- ・下向き荷重
 - a ヨット、ボート 69隻 824.0t
 - b クレーン重量 175.0t
 - c 船台重量 69隻分 20.7t
- ・パインコーン構造体寸法
 - a 脚柱 直径 $D=5\text{m}$, 肉厚 $t=60\sim 16\text{mm}$
 - b 1段目スラブ 地盤上高さ 16m, 直径 55m
 - c 2段目スラブ 地盤上高さ 22m, 直径 32m
 - d クレーン下端 地盤上高さ 42m, 直径 10m

5. 水槽実験

我が国は台風の常襲地帯であるために、暴風、高潮、津波、風浪、地震等自然外力が来襲する厳しい環境にさらされている。そのため本構造物の設計にあたり波力、風力、地震力が大きな問題となる。今回は波力に重点を置き水槽実験を行なった。実験では円柱の直径 $D=9\text{cm}$ を用いたので、縮尺を $1/56$ として、2次元水槽 ($38\text{m}\times 1\text{m}\times 0.6\text{m}$) により、まず表-1に示す条件により海底こう配0の状態についての作用波力、そして次に同一波浪条件で $1:30$ の海底こう配をもうけ砕波点での作用波力を測定し、Morison, O'Brien の円形柱体波圧理論による C_D , C_M 値の検討を行なった。

5. 1 海底こう配 0 (非砕波)

本構造物の脚柱直径 D は、5m程度であるので単位高さ dz に作用する波力 dF は、Morison らによって提案された式 (1. 1) を用いることにした。

$$dF = \frac{w_o}{2g} C_D D u^2 dz + \frac{w_o}{g} C_M \frac{\pi D^2}{4} \frac{\partial u}{\partial t} dz \quad (1. 1)$$

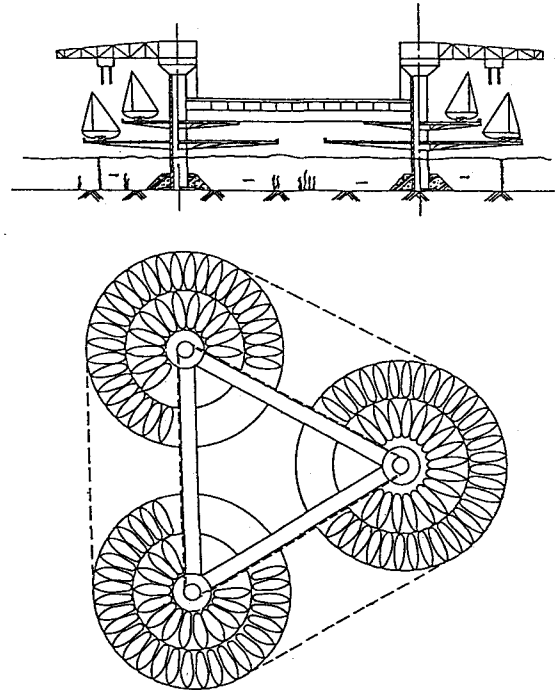


図-3(3) パインコーン型ヨット保管構造物 (複数体)

表-1 実験波浪条件 (縮尺1/56)

現 場			実 験		
水深 h (m)	波高 H (m)	周期 T (sec)	水深 h (cm)	波高 H (cm)	周期 T (sec)
20	7.2	7.5	36	13	1.0
		9.0			1.2
		10.5			1.4
		12.0			1.6
		13.5			1.8
	5.0	15.0		9	2.0
		7.5			1.0
		9.0			1.2
		10.5			1.4
		12.0			1.6
		13.5			1.8
		15.0			2.0

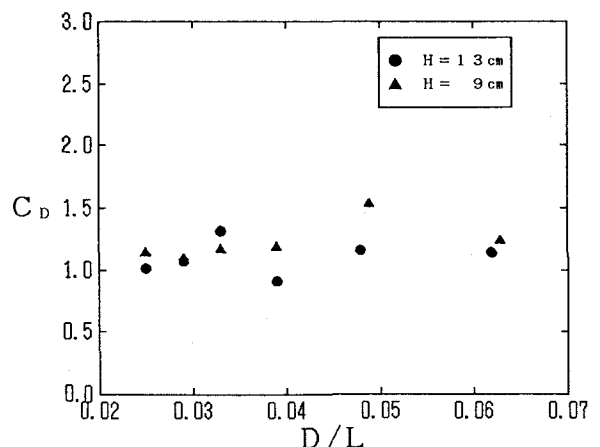


図-4(1) D/L と C_D の関係 (海底こう配0)

$$u = \frac{\pi H \cosh k(h+z)}{T \sinh kh} \cos(kx - \omega t)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \omega^2 \frac{\cosh \{k(z+h)\}}{\sinh kh} \sin(kx - \omega t)$$

dF : 部材の単位長さ当たりの波力

h : 設置水深

w₀ : 海水の単位体積重量

C_D : 抗力係数

C_M : 質量係数

a : 振幅

k = 2π/L : 波数

ω = 2π/T : 角振動数

式(1.1)より、抗力F_Dは波頂が円柱に作用した時に最大となり、そのとき質量力F_M = 0になるので、波頂が円柱に作用したときの波力を測定すればF_Dが求まり、同時にそのときの水粒子の水平速度uより抗力係数C_Dを求めることができる。また質量力F_Mは波形が円柱の場所で静水面にあるとき最大になり、そのときF_D = 0になるからそのときの波力を測定し、同様に加速度∂u/∂tより質量係数C_Mが求まる。直径Dと波長Lの比D/LとC_D・C_Mの結果は図-4(1)と図-4(2)に示すとおりである。

5.2 海底こう配 1:30 (砕波)

構造物が最悪条件の砕波を受けたと仮定し実験を行った。砕波地点における波の運動は振動と解すべきではなく、波の峰よりその海底面に至る各水粒子の流れとみ、その運動速度は孤立波理論の砕波限界における水粒子速度分布を用いた。そして加速度については、非常に小さいので無視する。よって砕波点における作用波力は次式で求められる。

$$dF = \frac{w_0}{2g} C_D D u^2 dz \quad (2.1)$$

なお砕波水深h_b、砕波波高H_bはアイバーセンの波形勾配H₀/L₀との関係図より求め、砕波の水平粒子速度Cは砕波点における波形が、そのまま構造物に作用するとして、孤立波理論による水粒子速度と同一とみなして次式を用いた。

$$C = \sqrt{g h_b \left(1 + \frac{H_b}{h_b}\right)} \quad (2.2)$$

また、各水深の求める水粒子速度uは、マックコーワンの波直下の水平速度分布図と、式(2.2)を用いて求めた。そして各点における波力dF(式2.1)を求めて総計し、作用総波力Fを求め、抗力係数C_Dを算出した。以上の結果を図-5に示す。

5.3 実験考察

抗力係数C_Dは一般的にレイノルズ数の増大とともに減少し、質量係数C_Mはレイノルズ数の変化に影響を受けないと報告されている。本実験の海底勾配0の状態(非砕波)でのレイノルズ数Rは3×10⁴程度である。本実験結果から抗力係数C_Dは図-4(1)に示されるように0.9~1.5を示し、質量係数C_Mは図-4(2)に示されるように1.7~2.1を示し、このことは一般的な値を示していると思われる。

次に海底勾配1:30(砕波)の場合、Rは1×10⁵程度であり、図-5に示されるようにRに対し抗力係数は大きく、1.0~1.5の範囲となった。この原因として、波浪が構造物に衝突する時の跳波の作用によると一部考えられる。円柱に作用する跳波力は明らかにされていないが、設計時には考慮しなければならないし、

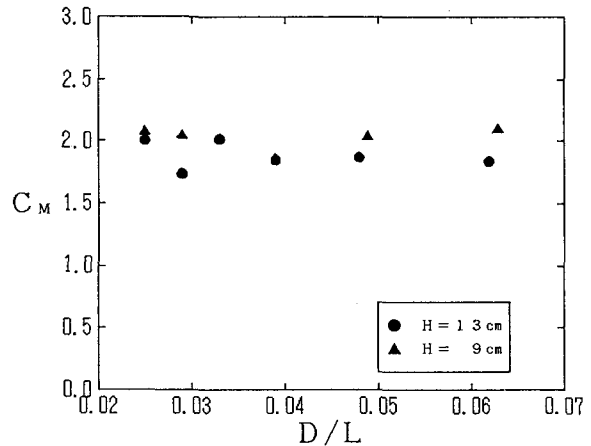


図-4(2) D/L と C_M の関係 (海底こう配 0)

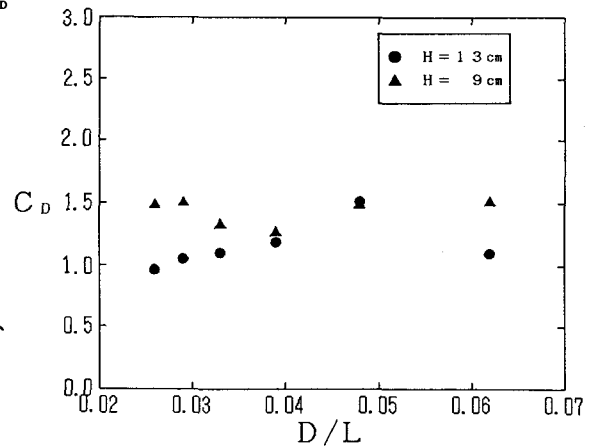


図-5 D/L と C_D の関係 (海底こう配 1:30)

抗力係数 C_D 値についてはさらには生物付着による直径、表面粗度の増加の検討が必要である。

6. おわりに

今日の社会ニーズでは海洋レジャーへの関心を抱いているのに、一部の人々はお金持ちのあそび、若者の道楽と従来の考えをもっている。余暇を持ち、コストが下がれば海洋レジャーを楽しみたいと考えている潜在需要は各調査によって多いことがわかっている。パインコーン型ヨット保管構造物は従来の平面的なマリナーでなく、立体的に効率よく海域を利用し、より多くのヨットが収容できるので管理コストも低くなり、なおかつマリナーを中心に総合マリリゾートに成り得る可能性を持っている。漁業、地域住民と海洋性レクリエーションの関係は、

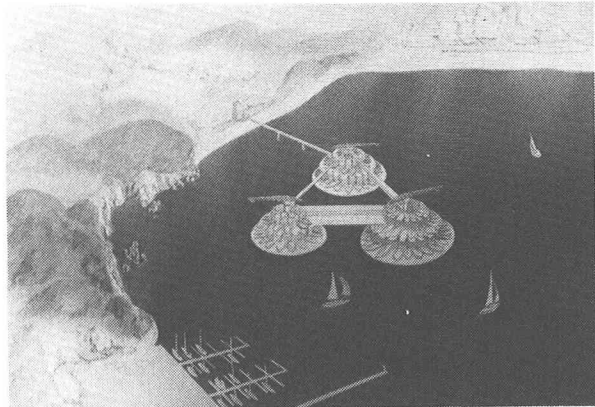


写真-1 パインコーン型ヨット保管構造物の構想図

改善しつつあるものの決して良好なものではない。そのため海洋レクリエーションが発展するには、漁業協同組合との調整、漁業とマリンスポーツとの結びつきを考慮して、漁業協同組合、地域関係者、民間を中心とした結合をはかり、文化的なまちづくりを行なわなければならない。また海洋性レクリエーション基地の建設には、きれいな海が必要である。そのために自然景観を損なわない、また根本的な海洋汚染防止の対策をよりいっそうしなければならない。これからの余暇の過ごしかたは休暇の増加にともない長期滞在型にますますなると思われ、広域的、総合的観点からの立地選定と、都市計画等との調整を十分配慮する必要がある。

今後の課題としてクレーン、またヨット保管載置段とうに対する風圧による影響を検討する一方、ヨットの吊揚げ、吊降ろしを容易に行なうための手段の検討も必要である。

〔参考文献〕

- 1) 運輸省運輸政策海洋・海事課；海洋性レクリエーションの現状と展望（マリンレジャー白書'88），財団法人日本海事広報協会発行，1988年11月
- 2) 長崎作治；ヨットに関するオフショアマリーナと立体的保管（駐艇）施設に対する考察，Marine，創日刊海事通信社発行，pp. 85-95，1988年11月
- 3) 日本テトラポッド（株） マリンレクリエーション研究会；ザ・マリーナ&ビーチ（マリン・レクリエーション施設のデザイン），創丘書房発行，1989年 3月
- 4) 角野 隆・関野高志・大松重雄；海洋構造物に作用する波力の実海域実験，第12回海洋開発シンポジウム論文集，pp. 83-88，1987年 6月
- 5) 長崎作治；海洋構造物の設計と施行，森北出版発行，1970年 4月
- 6) MacCamy, R. C. and R. A. Fuchs: Wave Forces on Piles: A Diffraction Theory, Tech. Memo. No. 69., B. E. B Corps of Eng., 1954.
- 7) Morison, J. R., J. W. Johnson and M. P. O'Brien: Experimental Studies of Force on Piles, Proc. 4th Conf. on Coastal Eng., 1953
- 8) Reid, R. O. and C. L. Bretschneider: The Design Wave in Deep Water or Shallow Water, Storm-Tide, and Forces on Vertical Piling and Large Submerged Objects, Agricultural and Mechanical College of Texas, Dept. of Oceanography, Tech. Rept. on Contract NO₇-27474, DA-49-005-erg 18, and N 7 onr-48704, Feb. 1954 (Unpublished).