

主要ヨットハーバーにおける浮棧橋の工法に関する比較研究

Comparison of Pontoon Bridges in Principal Yacht Basins in Japan

後藤恵之輔^{*}・吉田勝利^{**}・黒田 智^{**}・野村孝一^{***}

Keinosuke Gotoh, Katsutoshi Yoshida, Satoshi Kuroda and Kouichi Nomura

ABSTRACT: Recently, the water front development grows remarkably and ocean leisure becomes popular. A yacht basin and marina are typical facilities for that purposes. For mooring yachts in the basin, the arrangement such as breakwaters, mooring spaces and pontoon bridges are needed. Among of them the arrangement of pontoon bridge is the most important. This paper reports the comparison results of the pontoon bridge structure inspection which were carried out in four principal yacht basins in Okayama, Osaka and Kanagawa Prefecture, with emphasis on their safety, durability, utility, cost and sight aspects.

Keywords: ocean leisure, yacht basin, pontoon bridge, inspection.

1. はじめに

近年、ウオーターフロント開発の機運の高まりとともに、海洋レジャーが盛んになってきている。その一つにプレジャーボートやヨットを楽しむスポーツレジャーがあるが、施設としてヨットハーバー（マリーナを含む）が必要である。ヨットハーバーでは、プレジャーボートやヨットに係留・保管するために、防波堤、泊地、棧橋、ボートヤード等の諸施設が必要とされる。なかでも、棧橋は舟を漂流させず傷つけずに係留・保管し、かつユーザーが安全に乗り降りできるように、なっていなければならない。これらを達成するには、棧橋の構造をどのようにすればよいか重要であるが、本研究では海洋立県である長崎でこれを検討し、長崎発の棧橋構造をつくることを目的として、全国の主要ヨットハーバーを視察し、棧橋のあり方について検討を行った。

2. ヨットハーバーの係留施設

舟の水面保管用の係留施設としては、棧橋形式が一般的である。棧橋には、構造的に固定棧橋と浮棧橋があるが、後者は干満差が大きな海や比較的波高の大きい所でも波と同調するなど、舟の係留に利点が多いことから、係留施設の主流として伸長してきている¹⁾。

浮棧橋は一般に、メイン棧橋であるウオークウェイに、小型の、フィンガーと呼ばれるサブ棧橋を連結した櫛形棧橋が、多く利用されている。それぞれの棧橋は、海底に打込まれた杭によって設置されており、また岸壁から棧橋への移動は、ギャングウェイと呼ばれる渡り橋によって行なう。その他の付帯設備として、ヨットに必要な給水、給電、照明等が棧橋には設置される。

3. 調査場所

全国主要ヨットハーバーとして、次の4箇所を選出し視察を行った。

- ① A ヨットハーバー （岡山県）
- ② B ヨットハーバー （大阪府）
- ③ C マリーナ （神奈川県）
- ④ D ヨットハーバー （神奈川県）

これらヨットハーバーを以下A、B、C、Dと略称する。

表-1に各ヨットハーバーの運営管理主体、施設内容、施設利用状況等の調査結果を示す。A、B、Dはヨットハーバーで、Cのみが一般にマリーナと称されるものにあたり、ヨットの係留保管を主な目的とするヨットハーバーとは少し異なり、海洋性レクリエーションに必要な各種サービスを提供する目的も含まれる¹⁾。

* 正会員 長崎大学工学部社会開発工学科（〒852 長崎市文教町1-14）

** 学生会員 長崎大学大学院工学研究科

*** 正会員 菱光コンクリート工業（株）

4. 調査内容

調査内容としては、まず立地状況（交通の便利等）、施設内容、施設利用状況を調査した後、本題である浮桟橋の構造を、ユーザーの乗り降りの安全性、ウォークウェイ、フィンガー、ギャングウェイの形、材質、連結法および、浮桟橋を海底と結びつける杭の配置、海底への打込み方などの面から調査した。さらに、付帯設備として電気施設や水道の配管方法、取り出し方についても調査を行った。それぞれの項目について、浮桟橋の機能を果たすために適であるか不適であるかは、以下の5つの視点に着目した²⁾。

- ①安全性：構造的に安全かつ浮体として安定性が良いこと。
- ②耐久性：耐用年数が長く、苛酷な条件下においても機能を有すること。
- ③利用性：ユーザーが安全かつ安心して利用できること。
- ④経済性：浮体そのものの構造がシンプルで、メンテナンスが容易であること。
- ⑤景観性：周囲の景観と調和し、ユーザーに与える印象が良いこと。

さらに、視察期間（1990年10月11日～13日）の直前に、台風19号、20号、21号が相次いで襲来しており、これら3つの台風が与えた影響の面からも調査を行った。

なお、調査は、各ヨットハーバーのハーバースター等の施設管理者に直接インタビューし、ハーバーの諸施設を視察するとともに、関係資料を収集してまとめたものである。

5. 調査結果および考察

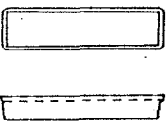
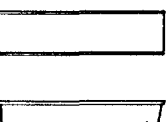
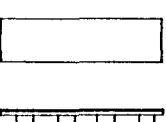
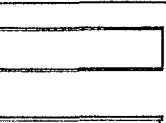
5.1 ポンツーン（フロート部）

ポンツーンは、基本的にはデッキ部分とフロート部分からなる。ポンツーンの形式は、表-2に示すように、①モノコック型、②FRPのフロート+木板デッキ型、③発泡スチロールのコンクリート巻+木板デッキ型の大きく3つに分けられる。デッキ部分はウォークウェイおよびフィンガーのところで述べることにして、ここではフロー

表-1 各ヨットハーバーの概要

		A	B	C	D
運営管理主体		岡山県	財団法人 大阪府マリナ協会	民間	神奈川県
施設内容	陸上ヨット置場	広い置場あり	あり（満杯）	あり（満杯）	あり（満杯）
	クラブハウス	あり	あり	あり	あり
	修理工場	あり	あり	あり	あり
	傾斜船台	あり	あり	あり	あり
	上下架装置	ウインチによる台車	台車およびリフト	台車およびクレーン	台車およびクレーン
	給水・給電施設	あり	あり	あり	あり
	マンション	なし	なし	あり	なし
	レストレン	なし	なし	あり	なし
施設利用状況		クルーザー・ヨットレース	モータースポーツ 大阪マリナフェスティバル 環太平洋ヨットレース ヨット体験試乗会	クルーザー・ディンギー・レース ヨットスクール ライセンススクール 帆船ファーク レストラン、ブーイングの利用	ヨットレース 各種イベント ヨットジューニア教室

表-2 ポンツーンの概略図および材質

	ポンツーンの形状	フロート材質	デッキ材質	備 考
A		FRP	FRP	フロート・デッキ 一体のモノコック型
B		FRP	人工木材	デッキは人工木材 にガラス粉入の塗装 をしたもの。
C		発泡スチロールの コンクリート巻	木 板	デッキは木板に溝 を切ったもの。
D		FRP	FRP	デッキは滑止めの 塗装をしてある。

ト部分について述べる。

(1) フロート本体の材質

現在、フロートの材質としては、FRP（繊維強化プラスチック）、軽量コンクリート、発泡スチロール、アルミなどが用いられている。表-2に各ボントーンの概略図を示す。今回調査したヨットハーバーにおいては、4箇所中A、B、Dの3箇所がFRP製であり、Cのみが発泡スチロールをコンクリートで覆ったフロートであった。

4箇所とも風、波等の気象条件が異なり、調査した限りでは、どのフロートが良いか優劣つけ難いが、Cにおける発泡スチロールをコンクリートで覆ったフロートが、吃水が5倍ほど大きく、歩くものにとっては、安定した感じを受ける。一般に、FRPは工場生産品で製品の精度が高く見た目も良く、軽くて丈夫である。しかし、全般的に水没の危険性があり、吃水が10cm程度と浅く、波風に対する抵抗が弱い。また、最大の欠点はコスト高であることである。一方、発泡スチロールをコンクリートで覆ったフロートは、Cマリーナで実証されているように、構造、強度ともに十分であり、安定性もあり、しかもFRPに比べ5割も安価であるため、今後の需要は伸びるものと思われる。

(2) フロート間の連結

ボントーンは、デッキとフロートを一体化したパーツを連結して連ねるユニット形式のものが多くを占める。パーツ自体が小型・軽量のため、運搬が容易であり、設置・撤去も簡単にでき、メンテナンスの面からも利点が多い¹⁾。しかし、フロート間の接続が、非常に重要になってくる。各ヨットハーバーにおけるフロート間の接続部を表-3に示す。

Aはフロート2箇所にもゴムシューを締め込んで留め、上下動に加え多少の左右方向の動きも可能で、シューが緩衝材としての役割を果たす特徴をもつ。ただし、このゴムシューは、杭の配置によっては、波が横方向からくると、ねじりがかかって、切断の恐れがあり、また、中空ゴムの耐久性に問題がある。一方、B、C、Dでは一般的なヒンジを用いている。ヒンジは上下動のみで、横方向の動きは拘束される。BおよびDでは、亜鉛メッキした鋼製ヒンジを、Cではゴムヒンジを用いていた。鋼製かゴムかの選択は優劣つけ難いが、ユーザーの印象からすると、桟橋の揺れに対して金属音のないゴムヒンジのほうが好ましい。また、フィンガーのないBでは、ヒンジにヒューズ的な考えを採用し、もし波により大きく揺れたら、ヒンジのボルトがとんで、パーツがばらばらになるような仕組みになっている。これは、水没の危険性のあるFRPなどには有効で、パーツ個々が浮くことにより全体的な水没は免れる。フロート間の連結においては、単にその強度を大きくすれば良いわけではなく、フレキシブルな連結方法が好ましい。

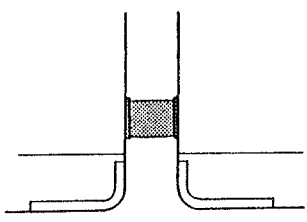
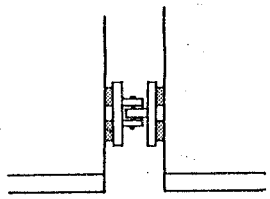
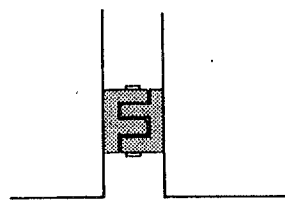
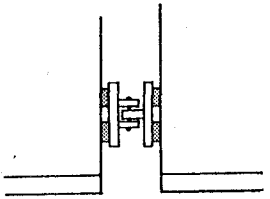
5.2 浮桟橋の設置

浮桟橋の設置方法として、ヨットハーバーでは鋼管杭、PC杭などを用いての杭による設置方法が、一般的に採用されている。視察した4箇所のメインとなる浮桟橋の設置はいずれも杭によるものであった。

(1) 杭の形状および寸法

いずれも、表面を白色エポキシ塗装した鋼管杭で、その径はA、B、C、Dの順に350mm、400mm、250mm、300mmである。杭の径は、細いと構造上不安があり、太いとそれだけ舟の停泊面積を狭め、舟の航行の妨げになる。調査結果から見て、径は300～350mm程度が望ましい。

表-3 フロート間の接続部

	フロート間の連結部	備 考
A		中空のゴムシュー-2箇所による連結。シューが緩衝材としての役割を果たす。
B		亜鉛メッキした鋼製ヒンジ2個による連結。
C		ゴムヒンジ2個による連結。
D		亜鉛メッキした鋼製ヒンジ2個による連結。騒音が大きい。

杭の高さは、その場所の干満の潮位差を基準に設定するが、台風等の高潮による海面上昇も考慮しなければならない。調査により、AとBの杭に海面上昇の跡を見ることができた。Aの杭においては、視察期間の直前に襲来した台風の高潮の跡が、杭の上から50cmのところまで、またBでは、満潮時の跡が杭の上から20cmの所まで確認された。Bでは、干満の差は大きいものの、防波堤や地理的条件に恵まれ、台風による高潮は起こっていない。杭の高さの設計に当たってはハーバー特有の条件を十分考慮し、景観を損ねないような配慮が必要である。

(2) 杭の打込み

杭の固定は、予め海底へ打ったコンクリート基礎への打込みが一般的である。Dでは、コンクリート基礎へ杭を直接埋め込む方法で固定する方法を、Cでは、コンクリート基礎と杭をジョイントを介しボルト締めで固定する方法を採用している。後者の場合、波の力で弛んでしまうボルトを、定期的に、直接ダイバーが潜って締め直すことが必要となり、メンテナンスの面で悪い。杭の固定は、シンプルにコンクリート基礎へ直接埋め込む方法で固定するのが良い。

(3) 杭の配置

浮桟橋を固定する杭の配置は、桟橋の安定性にかかわることは勿論のこと、泊地内の舟の航行や停泊面積、さらには景観との関わりがあり、重要な要因となる。表-4に各ヨットハーバーにおける、浮桟橋内の杭の配置図を示す。ウォークウェイにおける杭の配置は、①AやDに見られる左右互違いの配置のもの、②Bの門型形式のもの、③Cの左右いずれかの片側配置のものの3種に分けられる。

表-4 杭の配置

	杭の配置図	備考
A		左右互違い配置。 フィンガーの杭はフィンガー内に配置される。
B		左右対の杭を結んだ門型型式。
C		片側配置。
D		左右互違い配置。

表-5 杭と桟橋の接続装置

	接 続 装 置	
	ウォークウェイ	フィンガー
A	 硬質樹脂ロ-ジ-×4 ロ-ジ-長100mmと長い	 硬質樹脂ロ-ジ-×2 杭はフィンガー内の配置
B	 硬質樹脂ロ-ジ-×6	
C	 白色樹脂ロ-ジ-×4 ロ-ジ-位置の調整装置付	 硬質樹脂ロ-ジ-×4 ロ-ジ-位置の調整装置付
D	 J'AU-ジ-×3	 J'AU-ジ-×3 片当りが大きい

Bに見られる門型形式のものは、構造的に最も安定するが、ウオークウェイを歩くユーザーに威圧感を与え、景観も悪い。反対にCに見られる片側配置は、広々とした印象を与えるが、栈橋の揺れが大きいときには、歩行者は不安を憶える。ウオークウェイにおける杭の配置は、AやDに見られる左右互違いの形式のもので構造的に十分であり、バランスの良さは利用性、景観性に優れる。

(4) 杭と栈橋の接続装置

杭と栈橋の接続は、現在では接続ローラーとその支持金具によるものが多いが、騒音の防止、波によるショックの緩和などについて、各ヨットハーバーに適した独自の方法を考案して対応しているケースも多い。表-5に各ヨットハーバーにおける杭と栈橋の接続装置の比較図を示す。

構造的には、AやCに見られる4点支持のものが安定しており、他のものは片当りの状態であった。Aでは長さ100mmの大型の硬質樹脂ローラーを使用し、Cではローラー支持金具にローラー位置の調整装置を設け、これにより片当りを防止している。フィンガー接続の杭については、舟の航行の妨げにならないよう、Aのように杭をフィンガー内に配置したものや、ヨットを傷つけないよう、Dで見られた、支持金具に古タイヤを利用したカバーを付けるなどの工夫が見られる。杭と栈橋の接続装置は、栈橋の安定に直接関わるポイントであり、常に可動状態にあるので、構造的に丈夫でかつ適切な設計が必要となる。

5.3 ウォークウェイおよびフィンガー

表-6にウォークウェイ、フィンガーの諸寸法を示す。ウォークウェイは長さ10m、幅2m、フィンガーは長さ8m前後、幅1m程度が基本的な寸法となる。他のヨットハーバーと異なり、フィンガーが無く船首から乗り降りするBでは、浮体の乾舷を10cmほど高くし、ウォークウェイの幅も広くとってある。

表-6 ウォークウェイ、フィンガーの諸寸法

ウ ォ ー ク ウ ェ イ	長さ×幅×深さ(m)	A	B	C	D
		10×2.0×0.6	15×3.0×0.7	10×1.8×1.0	10×1.5×0.6
ウ ォ ー ク ウ ェ イ	吃 水 (m)	0.1	0.1	0.5	0.1
	乾 舷 (m)	0.5	0.6	0.5	0.5
フ ィ ン ガ ー	長さ×幅×深さ(m)	6×1.0×0.6	————	6×0.8×1.0	10×1.3×0.6
	吃 水 (m)	0.1	————	0.5	0.1
	乾 舷 (m)	0.5	————	0.5	0.5

甲板については、安全面に十分留意しなければならない。表-2に甲板の比較を示した。Cに見られる木甲板は、木目の美しさはあるが、木の腐食などの問題があり耐久性に欠ける。甲板はガラスの粉などの入った、滑り止め塗装を行ったFRPが好ましい。

5.4 ギャングウェイ(渡り橋)

ギャングウェイは、陸地より海上に設置している浮栈橋を連なぐ橋のことをいう。表-7に各ヨットハーバーにおけるギャングウェイの形状を示す。長さ10m、幅1～2m程度のトラップに、パイプ状の手すりをつけたものが使われている。甲板表面の滑り止めは、A、C、Dのようにアルミ角材を付けたものがシンプルで、その機能は高い。ただし、B

表-7 ギャングウェイの形状

	A	B	C	D
長さ×幅(m)	10×1.2	10×2.0	8×0.8	8×0.9
材 質	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ
甲 板	滑止めに角材	角材なし	滑止めに角材 およびシール	滑止めに角材

のように荷物運搬用のカートが通ることを考慮する場合、甲板表面の大きな凹凸は邪魔になり、他の方法が必要になる。ギャングウェイ本体は総アルミ製が好ましいが、かなり高価なものとなる。

5.5 付帯設備

栈橋内の電気、水道施設について、表-8に各ハーバーの比較を示した。電力および水の供給は、Aに備え付けられたような、電力・水の供給に照明を兼ね揃えた、一体型の動力供給塔がスマートであるが、BやCのように、電気と水道を別にしたほうがメンテナンスは容易である。取り出しは、ウォークウェイ歩行の際、邪魔にならないような設置が必要となる。配電および配管は、水中やウォークウェイ上を這わせるのではなく、ポンツーン内部を通すのが好ましい。

表－8 電気・水道施設の様子

		A	B	C	D
電気	配電方法	フロートに沿って水中	ポンツーン内部	ポンツーン内部	_____
	取り出し	ウォークウェイ上の供給塔	ウォークウェイ上の供給塔	ウォークウェイにスイッチボックス	_____
水道	配管方法	フロートに沿って水中	ポンツーン内部	ポンツーン内部	ウォークウェイ上を這わせる
	取り出し	ウォークウェイ上の供給塔	ウォークウェイ上の供給塔	デッキに埋込み式のジョック	デッキにむき出しのジョック

5.6 台風の被害

視察期間（1990年10月11日～13日）の直前に、3つの台風が相次いで襲来しており、特に19号は瞬間最大風速38m/sを記録する大型の台風であったが、浮桟橋への被害はいずれのヨットハーバーもなかった。施設としては、Cのみにおいて、台風19号の沖波が護岸の消波堤を越え、施設の窓ガラスやタイルに被害を与えている。防波堤、消波堤は、その建設には巨額の投資を必要とし、行政レベルの問題である。今回は幸いにもポンツーンへの被害はなかったが、Cなどの民間マリーナは、浮桟橋の構造以前の問題として、防波堤の整備に対して公共事業による助成策を講じる必要もある。

6. まとめ

調査結果より、浮桟橋に関し以下の結論を得た。

①フロート

フロート本体は、発泡スチロールのコンクリート巻きが経済的で、構造面でも安定性においても十分である。フロート間の連結はヒンジが良い。

②浮桟橋の設置

浮桟橋の設置は、海底に打込んだ鋼管杭で行う。杭の寸法設計に当たっては、干満差、高潮の影響などハーバー特有の条件を十分考慮する。

桟橋と杭の連結は、4点支持のローラーで行う。

ウォークウェイにおける杭の配置は、左右互違いの形式が良く、またフィンガー設置の杭は、泊地内の舟の航行の妨げにならないような工夫を要する。

③ウォークウェイおよびフィンガー

甲板は滑り止め塗装を行ったFRPが好ましい。

④ギャングウェイ

材質はアルミ製、甲板表面には滑り止めの対策を行う。

⑤付帯設備

配電および配管は、ポンツーン内部を通す。取り出しは、歩行の邪魔にならないような設置が必要である。

7. おわりに

今回はヨットハーバーで、最も中心となるべき桟橋の在り方について、主要ヨットハーバーの調査を基に検討を行った。海洋性レジャーの基礎的施設であるヨットハーバーは、日本ではまだ新しい分野である。日本でも今後、その建設をなお一層促進する必要があるが、その建設においてはまだ手探りの状態であるのが現状である。

今回調査を終えて感じたことは、ヨットハーバーの大衆化ということである。ひと昔前までは、ヨットは金持ちの男の限られた者のレジャーであった。これからは、高齢者、女性、子供、家族の進出を考えたヨットハーバーの計画が望まれる。

謝辞

関係資料を提供頂き、また貴重な示唆を受けた各ヨットハーバー関係者に、末筆ながら深謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 染谷・藤森・森繁：マリーナの計画，鹿島出版会，pp.115～121，1988。
- 2) 日本テトラポット(株) マリン・レクリエーション研究会：ザ・マリーナ&ビーチ，丘書房，pp.104～106，1989。