

瀬戸内海浮体式防災基地実現化に向けての技術的課題の検討

Technical Issues in Actualizing Floating Disaster Prevention Basis in Seto Inland Sea Area

古田大介*・出路康夫**

FURUTA Daisuke and IZURO Yasuo

* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部研究員

** 国土交通省中国地方整備局広島港湾空港技術調査事務所 前技術開発課長 (現宇野港湾事務所前任建設管理官)

A floating disaster prevention base is a marine structure used as a disaster prevention base by taking advantage of the merits as a floating structure: its earthquake resistance and mobility. This report presents an outline of the design condition and technical points of floating disaster prevention base for Seto Inland Sea referring existing bases.

Key Words : earthquake, floating base, disaster prevention, heliport, mooring, Seto Inland Sea

1. はじめに

平成7年阪神淡路大震災の救援・復旧活動を通し、災害発生直後から本格的復旧活動までの約2週間の初期段階での海上からの支援活動の重要性が再認識された。また、重大な被災を被った地域にあって、係留、停泊していた船舶はほとんど被害を受けず、物資の搬入や臨時的宿泊施設として船舶が果たした役割は極めて大きかった。このような背景の下、「移動可能で地震の影響を直接受けにくい」という浮体建造物の優れた特徴を積極的に防災に活用するため、東京湾、大阪湾、伊勢湾の三大湾に浮体式防災基地が整備された。

本報告は、三大湾に整備された浮体式防災基地の経験を踏まえて、瀬戸内海地域(岡山県、広島県、山口県の瀬戸内地区)における浮体式防災基地の必要性、計画条件、技術的課題等について整理・検討を行ったものである。

2. 災害時の実態と既存施設の整理

2.1 阪神淡路大震災における課題の整理^{1),2)}

阪神淡路大震災の救助活動や援助物資の搬入について、港湾の果たした役割・提起された課題をまとめる。

- ① 利用船舶：震災直後は海上保安庁、自衛隊等の小型船が主体。
- ② 荷役方法：大量荷役には荷役機械、オペレーターが常時必要。荷役装置を備えた船が有効。
- ③ 物資保管場所：雨に濡れない一時保管場所が必要。
- ④ ライフラインの確保：水の輸送には給水船が活躍。
- ⑤ 物資の輸送実績：当初の1週間はほとんどが食料品(飲料水含む)。その後の2週間は衣類、ストーブ、簡易トイレ、自転車、紙コップ等の日用品。重量では飲料水の占める割合が多い。船舶による輸送は被

災後1~2週間がピーク。

- ⑥ 被災直後の港の状況：市街地とのアクセスが可能で、かつ広場に近い係留浮体が必要。災害発生直後の浮体設置場所は水深の深いところが望ましい。
- ⑦ 人の輸送状況：人工島では海上輸送が重要。
- ⑧ その他：ヘリポート用スペースが必要。浮体の管理・荷役従事者の居住スペース等が必要。

2.2 既存浮体式防災基地の整理¹⁾

三大湾に整備されている浮体式防災基地は前節の課題を踏まえて整備されており、その基本的な機能は以下のように設定されている(基本諸元は表-1)。

- ① 1000DW級船舶の接岸が可能な係船機能を確認
- ② 25t吊トラッククレーンでの荷役作業が可能
- ③ 浮体の内部空間を利用した物資保管場所を確認
- ④ ヘリポートとして必要なスペースを確認
- ⑤ 脱着可能な係留構造

表-1 既存浮体式防災基地の基本諸元

諸元	東京湾	大阪湾	伊勢湾		
	鋼構造形式	PCハイブリッド形式	RCハイブリッド形式		
			A函	B函	
長さ (m)	80.0	80.0	40.0	40.0	
幅 (m)	25.0	40.0	40.0	20.0	
高さ (m)	4.0	4.0	3.8	3.8	
乾舷	通常時 (無載荷時)	3.3	1.0	1.5	1.1
	災害時 (満載時)	2.1	1.5	1.5	1.5
総排水量	通常時 (無載荷時)	1450	9840	3705	2212
	災害時 (満載時)	3910	8200	3705	1095
内部収納空間 (m ³)	2080	2300	1009	686	
曳船所要馬力 (hp)	3500	13000	10000	5000	
設計条件	設置場所	大黒埠頭	島屋入堀	A函金城埠頭	
	喫水 (m)	0.7	3.0	2.3	
	設置水深 (m)	-4.5~-12.0	-4.4	-3.5	
	波高: H _{1/3} (m)	0.25	1.0	0.5	
	周期: T _{1/3} (m)	6.0	8.0	3.0	
	波向(deg)	135	55	---	
	風速(m/s)	37.4	37.0	35.0	

(1) 既存の浮体式防災基地の特徴

①東京湾浮体式防災基地

- ・ 浮体両側面がダブルデッキとなっており、上側に大型船舶、下側に小型船舶が係留可能。
- ・ 浮体内部の物資保管スペースでフォークリフト(1t)が使用可能。
- ・ 連絡橋は落橋しても浮かぶ構造。
- ・ 浮体内に 1,000t の生活用水貯蔵用タンクを装備。

②大阪湾浮体式防災基地

- ・ 大型ヘリコプターの離発着が可能。
- ・ 2,000GT 程度の旅客船が係留可能。
- ・ 通常時は屋根を設置(災害時は屋根の撤去可能)
- ・ 通常時は旅客船棧橋として利用。

③伊勢湾浮体式防災基地

- ・ A函、B函をそれぞれ単独で使用可能。
- ・ スライドガイドで連結して一体としても利用可能(80m岸壁の確保可能)。
- ・ 通常時は官公庁船、遊覧船舶着場として利用。

(2) 通常時や実証実験によって明らかになった課題

- ① 役割分担や手続処理などの明確化(マニュアルの整備)
- ② 必要な施設に対する制限への対応
- ③ 大型の作業機械(起重機船等)の必要性
- ④ 艀装解除、係留索解除等に要する時間
- ⑤ 防災訓練の費用
- ⑥ 錆や牡蠣落とし等のメンテナンス

3. 瀬戸内海地域における現状と課題

3.1 瀬戸内海地域の特徴

瀬戸内海地域において浮体式防災基地を整備するにあたって考慮すべき自然条件及び社会条件をまとめる。

(1) 自然条件

- ① 東西方向に細長く広い海域
- ② 大小様々な島が点在する複雑な地形条件からの、潮流・潮位差等の厳しい海象条件

(2) 社会条件

- ① 島嶼部を含む沿岸部に人口が集中
- ② 重要港湾などの大規模な港から地方港湾や漁港などの小規模な港までの多数の港の散在
- ③ 多数開設されているフェリー航路の係留施設としての多くの浮棧橋
- ④ 貨物船からプレジャーボートまで多くの船舶が輻輳して航行する海域

3.2 地域防災計画と耐震強化岸壁

各自治体が策定した地域防災計画の災害予防計画で

は、耐震強化岸壁や避難緑地等の整備を順次進めることとされており、災害応急対策計画では、救援物資等の輸送拠点となる防災拠点港湾が位置付けられている。これによる対象地域の耐震強化岸壁の整備状況を図-1に示す。

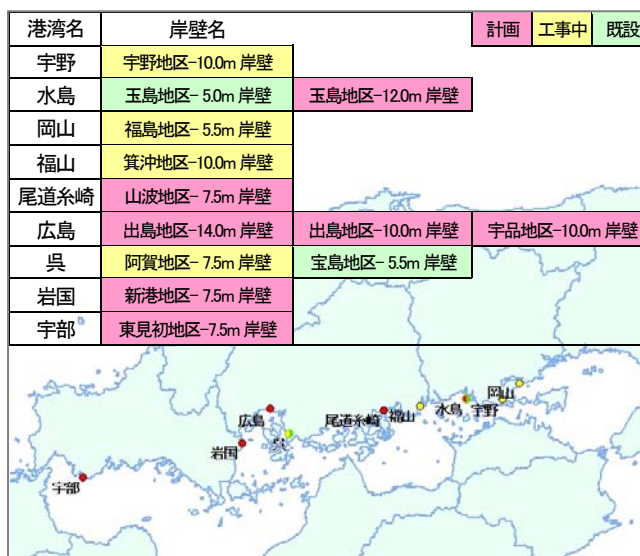


図-1 耐震強化岸壁の位置

4. 浮体式防災基地の必要性

4.1 想定地震

各県の地域防災計画で想定されている想定地震と、これによる罹災人口は以下のとおりである。

表-2 想定地震における罹災人口(人)

想定地震	岡山県	広島県	山口県
南海道地震	3,033	—	—
山崎断層系地震	8,760	—	—
中央構造線地震	78,485	667,751	—
安芸灘～伊予灘地震	—	214,880	—
己斐断層地震	—	268,881	2,873
小方～尾瀬断層地震	—	447,966	28,341
菊川断層地震	—	—	30,779
歴史地震	—	—	7,290

4.2 浮体式防災基地の派遣先の検討

多くの島々を抱える瀬戸内海にあっては、例え架橋により本土と結ばれているとしても、ポートアイランドの事例と同様に、陸上交通アクセスが分断されてしまう可能性がある。また、架橋で結ばれていない島嶼部や本土側でも、既存の港湾施設の大半は大規模地震を想定していない状況にあり、災害時に港湾の果たすべき機能を十分に発揮できない場合も想定される。その結果として、瀬戸内海地域では、沿岸部の多くの地区で孤立する状況が想定される。

本調査における『浮体式防災基地』は、災害発生時

における港湾施設被害を前提（リスクの保有）としつつも、被災した際の救援活動において港湾で担うべき機能の一部をいち早く発揮させようとするものであり、地震による影響を受けにくく移動が可能という浮体の特性を活かし、耐震強化岸壁の代替施設として活用し、迅速な災害復旧を推進していくことが必要である。

浮体式防災基地を派遣する港の選定は、以下を考慮した2ケースについて実施した。

- ① 耐震強化岸壁の有無：耐震強化岸壁を有する（既設及び工事中）港湾背後圏は派遣先候補地から除く。ただし、島嶼部の市町村では、陸上アクセスの断絶（落橋等）が考えられることから、派遣先候補地に加える。（ケース1，2）
- ② 対象地域：瀬戸内海沿岸部から10km以内とする。（ケース1，2）
- ③ 浮栈橋の有無：車両が乗入可能な浮栈橋を有するフェリー発着地から10km圏内の市町村は派遣先候補地から除く。このケースは地震により浮栈橋が整備されている護岸の耐震化を図ることを前提としている。（ケース2）

選定した派遣先港に集中する一日あたりの最大緊急物資輸送量は、地域防災計画で想定された罹災者人口に阪神淡路大震災から得られた原単位を用いて算出した。（表-2）

表-2 一日あたりの緊急物資輸送量 (ton/日)

港湾名	ケース1	ケース2	港湾名	ケース1	ケース2
水島港	48	48	東備港	1	1
笠岡港	10	3	広島港	329	-
尾道糸崎港	976	-	竹原港	147	-
巖島港	9	-	小用港	80	-
釣士田港	66	66	蒲刈港	15	-
瀬戸田港	41	-	中浜港	118	-
横田港	16	16	豊島漁港	49	-
沖浦漁港	65	-	徳山下松港	12	12
岩国港	544	4	三田尻中関港	10	10
宇部港	13	13	小野田港	25	25
柳井港	9	9	白木港	6	6
上関漁港	1	1			

既存の浮栈橋の護岸を耐震化した場合でも（ケース2）、浮体式防災基地を用いて海上から緊急物資輸送を行う必要がある港が存在する。

4.3 浮体式防災基地の通常時の利用

既存の浮体式防災基地の通常時の利用方法を参考に、瀬戸内海における浮体式防災基地の通常時の利用方法として考えられるものを以下に示す。ただし、あくまでも災害時の出動が最優先となるため、恒常的な利用とならないように留意する必要がある。

- ① 係留施設（官公庁船、曳船等の作業船、不定

期観光船、水上バス等）

- ② 代替施設（改良工事等で既設の公共ふ頭が閉鎖される際など）
- ③ イベント施設
- ④ 駐車場
- ⑤ 浮防波堤
- ⑥ 海釣り公園

浮防波堤として利用する場合、浮体喫水3m（幅15m）であれば対象地域のほとんどの防波堤計画地点で透過波高を0.5m以下とすることができる。その他の利用を図る場合においては、既定計画上の機能と整合を図る必要がある。また、通常時の設置箇所（基地港）は、「各曳航先への到着に要する時間が24時間以内の港」「曳船や起重機船などを容易に確保できる港」「浮体の有効活用が可能である港」である必要がある。

5. 実現化に向けての技術課題

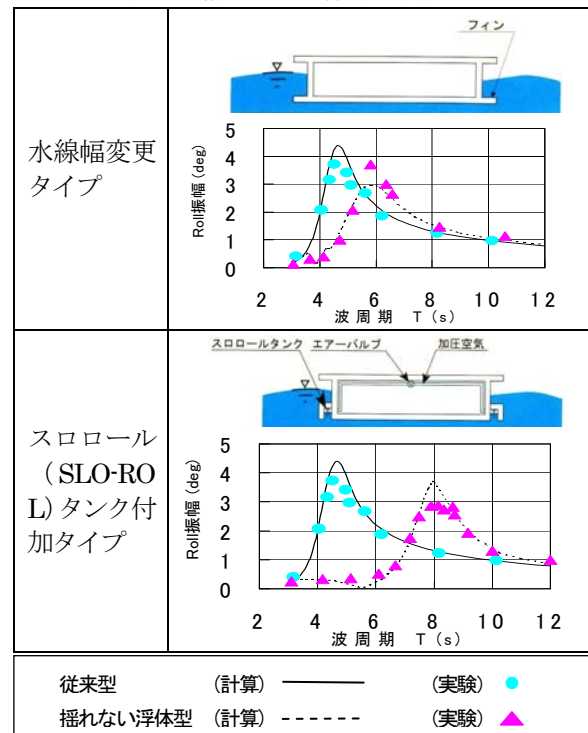
既存の浮体式防災基地の事例を踏まえて瀬戸内地区に浮体式防災基地を整備するにあたり、技術的課題を以下にまとめる。

5.1 浮体構造

①浮体係留時の安定性向上

災害時における浮体の設置箇所は、基本的に静穏な海域であることが望ましいが、止むを得ず湾外などに設置することが考えられる。また、浮体上における荷役作業などの作業性・安全性を向上させる面からも、浮体係留時の安定性の向上を図る必要がある。浮体係留時の安定向上策の一つとして、「揺れない浮体構造物」の適用が考えられる³⁾。

表-3 揺れない浮体構造物例³⁾



②浮体曳航時の抵抗軽減

瀬戸内海には、点在する島々に挟まれた狭隘な水路が各所にあり、潮の干満による潮流は極めて速い。このため、浮体構造は、浮体前後のカットオフや船形の採用を図り、曳航時の抵抗軽減や保針性向上を図るとともに、対象水域の広い瀬戸内海地域においては、曳航速度の向上も課題である。

③浮体の分割・結合

浮体の分割・結合も想定した構造とすることで、より柔軟な運用が可能となる。

5.2 係留装置

①潮位差への追従可能な簡易な係留方式

瀬戸内海の潮位差は大きく、かつ、地域間で大きさも異なる。また、係留装置の脱着時間の短縮が重要な課題でもある。このため、浮体の係留方式は、各曳航先における潮位差に追従可能なものとする必要がある。

脱着が簡易な係留装置の一つとしてヨーク係留装置がある(図-2)⁴⁾。

②砂浜への係留

小規模な港では、水深が浅く水域が狭いことから、浮体式防災基地の入港・接岸が不可能な場合が考えられる。このため、特に島嶼部において、背後に駐車場や道路が整備された人工海浜などの砂浜に係留することも想定する必要がある。

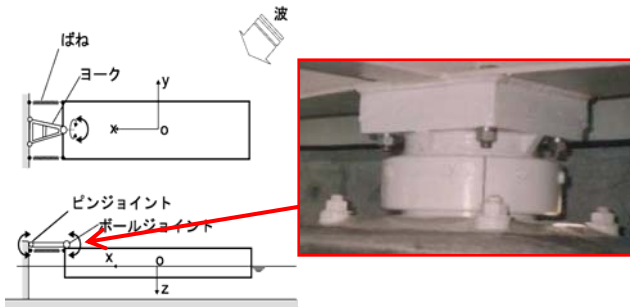


図-2 ヨーク係留装置

5.3 連絡橋

連絡橋の取り外しには時間がかかること、大型のクレーンが必要などの課題が多い。また、瀬戸内海の潮位差は大きく、浮体と陸地を結ぶ連絡橋は既存の浮体式防災基地よりも長大となる。このため連絡橋の取り付け、取り外しの簡便化を図る必要がある。対策としては以下の方策が考えられる(図-3)。

- ① 片吊り+レール方式：片側を吊り、反対側はレール上を滑らす方法
- ② 仮受台船併用方式：小型クレーンと仮受台船に装備したジャッキを用いて架設する方法
- ③ 連絡橋分割方式：連絡橋を小型クレーンで架設できるよう組み立て式とする方法
- ④ 連絡橋付き浮体方式：接岸側の連絡橋側に補

助浮体を設け、浮体と共に曳航できる構造。

ヨーク式係留装置と一体とすることで、係留装置の脱着時間も軽減が可能である。

いずれの方式を採用する場合においても、トラス構造や軽量材の採用により連絡橋を軽量化することが重要である。

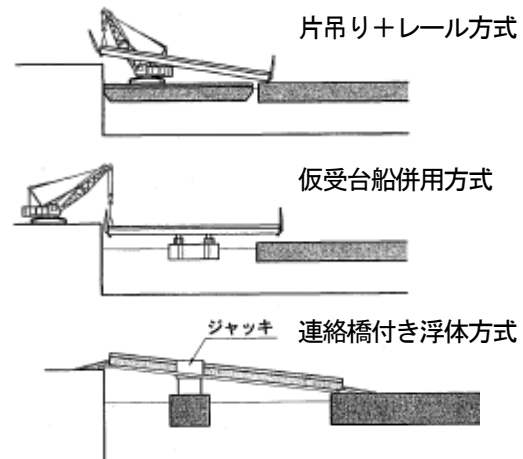


図-3 連絡橋構造(案)

5.4 その他

浮体式防災基地の整備と併せて、既設浮体橋の連絡橋橋台の補強・落橋防止対策、護岸の耐震強化等、既存施設を活用した防災対策を進める必要がある。また、既存施設の災害直後の状況を確認するための監視カメラの設置や、適切な初動活動を行うため、防災ステーションの整備も踏まえた、被害情報の一元管理も重要である。

6. まとめ

瀬戸内海における海上からの緊急物資搬入の必要性の確認と、瀬戸内海向け浮体式防災基地を実現するために必要な技術的課題の整理を行った。

今後、関係機関の防災への取り組み方針との整合も取りつつ、これらの技術課題を解決するための具体的な検討を進めていく所存である。

参考文献

- 1) 小沢大造他：浮体式防災基地の整備について、テクノ・オーシャン2000, pp. 626-626, 2000.
- 2) 高橋宏直他；兵庫県南部地震直後における各輸送モードの対応状況に関する分析, 第10回日本地震工学シンポジウム, pp. 3125-3230, 1998.
- 3) (財)沿岸開発技術研究センター：揺れない浮体構造物設計マニュアル, 2000.
- 4) (財)沿岸開発技術研究センター：超軽量コンクリートを使用したRCハイブリッド浮体構造物の設計・施工マニュアル, 2002.