

# 〔I〕 大型浮遊式海洋構造物の建設基礎技術に関する研究

## 概 要

安藤 定雄\*・高石 敬史\*・井上 肇\*\*

### 1. 緒言

新しい海洋法条約の時代を迎え、我が国の経済水域となる周辺の海域を有効に利用し、狭隘な国土から海洋へ活動をさらに指向させて行くことが21世紀においても活力ある国民生活を維持させるのに不可欠の要件であることは、既に多くの審議会答申などにも明示されているところである<sup>1)2)</sup>。

海洋の有効利用の形態は、現在既に生物資源、鉱物資源、エネルギー及び空間の総てにわたっているが、これらの利用の拡大を図るためには利用の拠点となる構造物を開発する必要がある。本研究の主題である海洋空間の利用のための浮遊式海洋構造物についても、沖合港湾、貯蔵基地、海上空港、海上リクリエーション基地等々が考えられ、これまでにそれぞれ構想が発表されており、具体的な計画や研究が実施されている<sup>3)~8)</sup>。

このような目的に使用される浮遊式海洋構造物の形態を考えると、海上空港のように面的拡がりを持ち単位面積当りの重量が比較的小さいもの、石油備蓄基地のように面的拡がりもあるが単位面積当りの重量が比較的大きいもの、沖合中継基地のようにこれらの中間的なものなど各種のものがある。

このような構造物ではその用途に従って浮体の形状も異なったものとなる。これまで行われた、海洋空間利用に関する浮遊式海洋構造物に関する開発研究を見ると、代表的なものとしては、浮体式海上空港に関する研究<sup>5)6)</sup>及び海上石油備蓄基地に関する研究<sup>7)</sup>などが挙げられる。これらはいずれも具体的なプロジェクトに関連して、それぞれ特定の海域に構造物を設置する場合の、自然条件の選定法、構造物に加わる各種外力の推定法、外力による浮体の応答や変形、強度解析、構造物の本来の機能のチェック、安全対策、係留システム設計等の項目を検討している。これらの研究で用い

られた研究手法及び研究の成果は、海洋空間利用のための各種構造物の設計技術として適用できるものが多い。

しかしながら、大型の浮遊式海洋構造物の建設基礎技術としてさらに研究すべき問題も多く残されている。また構造物の形態の多様化や沖合大水深海域への適用拡大に対応して新しく検討する必要がある問題も生じてきていると思われる。

そのような問題点を明らかにすると共に、その中から極力、共通技術であって基盤的なものを選び、それらの解明のための研究計画の設定を行うフィージビリティスタディが実施された<sup>10)</sup>。そして、次のような分野、

- (1) 海洋の自然条件を把握する技術
- (2) 大型浮遊式海洋構造物の建設技術
- (3) 波浪制御構造物の建設技術
- (4) 保守管理技術 (防食等による海洋構造物の耐久性向上技術)
- (5) 大波浪海域での着底式構造物の実海域実験

に研究項目が集約され、それぞれ技術のレビューと研究課題の検討がなされた。

本論では後述の個別の研究を実施する前提として、このフィージビリティスタディにおいて、大型浮遊式海洋構造物の建設基礎技術の研究課題がどのように設定されたかを先ず述べ、次いで個別の研究結果をとりまとめ記述して本研究プロジェクトを総括し、最後に今後の研究課題とその実施計画にも言及することとしたい。

### 2. 構造物の選定

#### 2.1 海洋空間の利用と海洋構造物

我が国における現在の海洋空間の利用の大部分は、沿岸漁業、港湾並びに船舶交通であり、海洋構造物による海域利用は極めて僅かである。その中でも現時点では沿岸浅海域での埋立式の人工島型式の利用が最も多く深い水深にも適用可能な浮遊式海洋構造物は2、3の実験的目的のものを除いては、静穏な海域での石油

\* 海洋開発工学部

\*\* 船体構造部

備蓄基地計画が唯一の例である。

しかしながら将来は国土利用の需要の拡大が予想され、或る試算では西暦2,000年においては現在より300万ヘクタール上回る需要があるといわれている。これは我が国の沿岸水域の水深20m以浅の全面積に匹敵する値である。これを全部海上でまかなうことは無理であるが、相当部分を海洋空間に依存せざるを得なくなるであろうし、また海洋に依らざるを得ない利用形態一例えば海上輸送の増大、海洋性リクリエーションの

発展、養増殖漁業の拡大等一が我が国の将来の国民生活に重要な役割をになうようになるであろうことも疑を入れないところである。その場合、表2.1<sup>1)</sup>にも示すように我が国の沿岸海域では水深20m以浅の海域の利用はほぼ飽和状態に達しており、今後はより水深の大きい海域へ利用を拡大することが必然の動向である。その場合、水深にあまり制約されず、かつ海洋の環境に対する影響も極めて少なくできる浮遊式海洋構造物の利用がますます需められるであろう。

表2.1 利用目的別の現在の海洋空間利用状況

水 深	0～20m	20～50m	50～100m
海 域 面 積	308.8 万ha	498.5 万ha	797.4 万ha
沿岸漁業（増養殖を含む）	54.1 万ha	22.2 万ha	21.5 万ha
港 湾 水 域	66.2 "		
漁 港 水 域	19.5 "		
航 路 水 域	1.99 "		
海洋性レクリエーション	2.82 "		
一 般 埋 立 地	8.1 "		
工業用地用埋立地	3.8 "		
廃 棄 物 処 理 場	0.37 "		
	156.88万ha	22.2 万ha	21.5 万ha
海 域 面 積 と の 比	50.80%	4.45%	2.69%

出典：海洋開発審議会第一次答申<sup>1)</sup>

構造物の利用目的としては過密化している陸上交通や内海航路の緩和のため物質、エネルギー源等の貯蔵や中継のための洋上ステーション、或はリクリエーション、漁礁、プラント、海域監視・救難など多くの機能も付加した多目的洋上ステーション等が考えられる。

本研究では、これまでの海上空港（浮体式）や海上石油備蓄基地などの研究を参考としながら、より大水深における大型浮遊式海洋構造物として多目的な沖合貯蔵・中継基地構想を立て、その建設技術に関連する基礎的研究を推進することとした。

## 2.2 沖合貯蔵・中継基地の概略設計

ここで取り上げた沖合貯蔵・中継基地の構造物は、実際にその機能・形態のものを建造することよりも、それをイメージとして、沖合大水深における大型浮遊式海洋構造物の建設に関する技術開発課題を明確化しようとする目的で構想されたものである。

その概要は次のようなものである。

- (1) 設置海域：水深が50～100m程度とする。但しより深い海域への拡張が可能な技術を目指とする。
- (2) 自然環境条件：とりあえず地形的に自然環境条件とくに波浪条件が適当な海域とし、条件によっては波浪制御構造物の併設も考慮する。
- (3) 使用目的：石炭、石油、液化ガス等のエネルギー源、コンテナ等の貨物の貯蔵と中継、電波の中継や海洋観測基地など多目的なステーションである。
- (4) 構造様式：フーティング型、ローワーハル型及びポンツーン型の浮体を組み合わせた浮体群で上部構造物を支持する。
- (5) 係留方式：複数の鎖係留ラインを構造物の四辺に分布させて位置保持する。
- (6) 建造方式：ドック内にて1ユニットを建造し、それを設置海域に曳航して洋上で接合組立を行う。このような大型浮遊式海洋構造物の要目は、表2.2に

示すようなものであるが、使用目的別にユニットの数、最大載貨重量或は甲板面積を示すと表2.3のようである。

表2.2 試設計大型浮遊式海洋構造物の主要目

上部構造物	全長	1,560 m
	全幅	650 m
	深さ	10 m
	甲板面積	1,014,000 m <sup>2</sup>
ユニット建造	長さ	260 m
	幅	65 m
	基数	60 m
支持浮体	高さ	12 m
	喫水	6.5 m
	エアーギャップ	5.5 m
	形状	フローティング型 } 組み合わせ ローハル型 } ポンツーン型 }
総排水量		約2,700,000 t
最大載貨重量		約1,063,200 t
施設・艀装・自重等		約1,640,000 t

表2.3 大型浮遊式海洋構造物の利用目的別配分

使用目的	支持浮体の形状	建造ユニットの基数	最大積載重量または専有面積
石炭・鉄鉱石貯蔵・中継基地	{ ポンツーン型 ローハル型	14	510,000 t
LPG 貯蔵・中継基地	{ ポンツーン型 ローハル型	16	656,000 kℓ
コンテナ 貯蔵・中継基地	ローハル型	16	17,280 個
気象・海象・海底観測基地	フーティング型	4	67,600 m <sup>2</sup>
電波中継・航行管制	フーティング型	3	50,700 m <sup>2</sup>
通路、管理棟、係船、居住等	フーティング型	7	118,300 m <sup>2</sup>

### 2.3 ユニット浮体構造物の試設計

大型浮遊式海洋構造物を構成する代表的ユニットとしてコンテナ用、液化ガス用及び石炭・鉄鉱石用の3種類を試設計した。試設計ユニットの形状等については次のような前提をおいた。

(1) 使用する構造材料としては鋼、コンクリートが考えられるが、工作、構造強度、重量等の点から鋼材を選んだ。

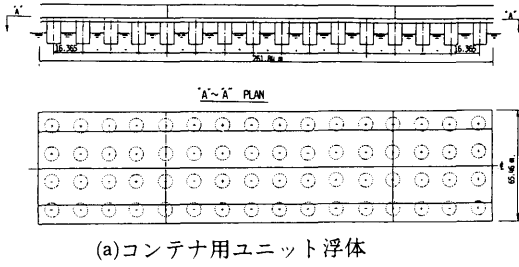
(2) 風荷重を小さくすることと、貨物の耐候性を考慮して、上部構造内部に貨物を収納する。上部構造の上甲板上の面積の利用の形態は当面は特定しない。

(3) 支持浮体としては浮体空港などで外力や構造面でかなり検討が進んでいる円筒型フーティング浮体を基本とする。

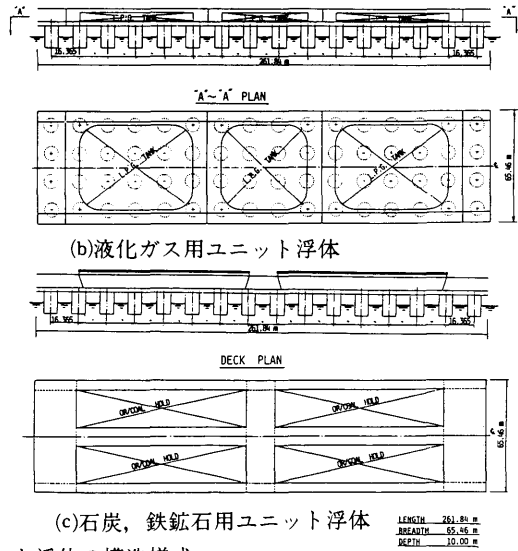
(4) 構造様式の検討は上部構造及びフーティングと

の結合部分に重点を置く。

このようにして設計された3種のユニット浮体の形状寸法を図2.1(a), (b)及び(c)に, また詳細構造の代表例をコンテナ用ユニット浮体について図2.2~図2.5にそれぞれ示す。コンテナ用ユニットでは上部構造物の床は二重底構造となっている。



(a)コンテナ用ユニット浮体



(b)液化ガス用ユニット浮体

(c)石炭, 鉄鉱石用ユニット浮体

図2.1(a)(b)(c) 各種ユニット浮体の構造様式

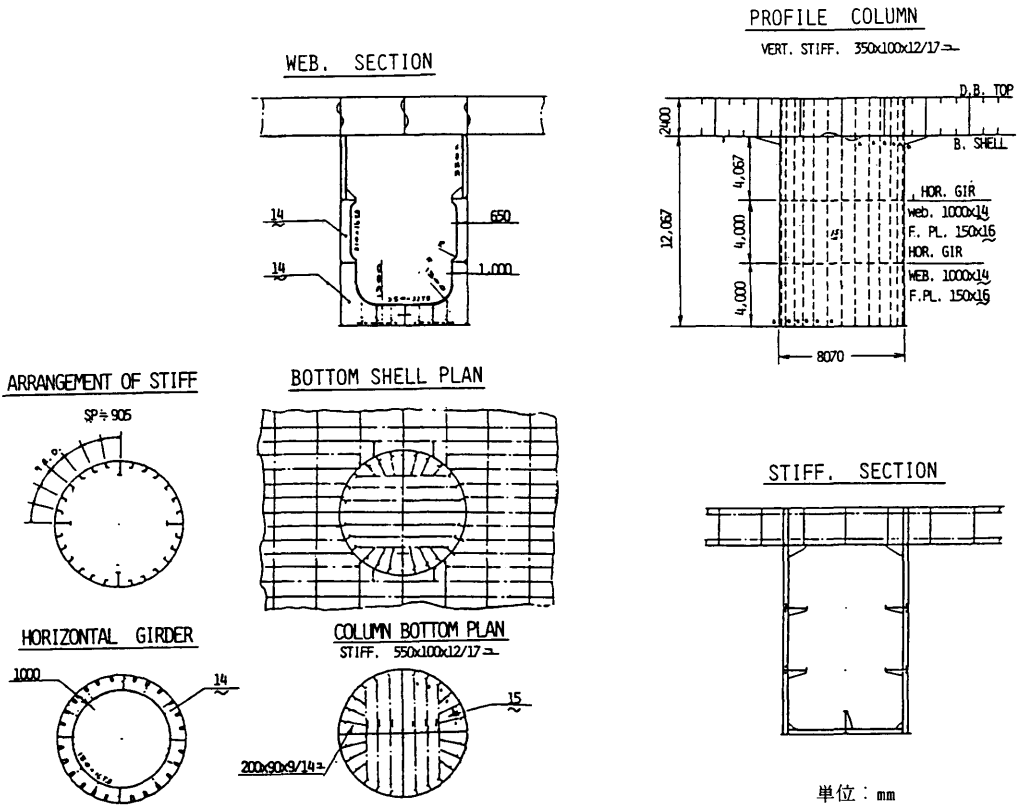
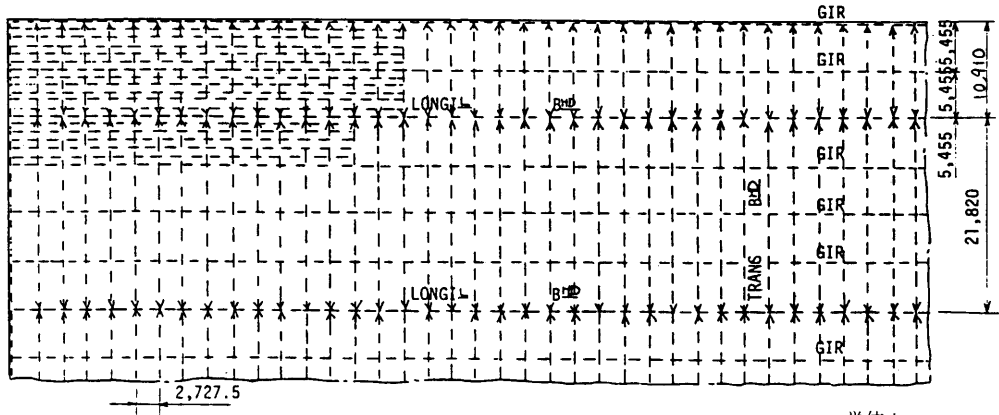


図2.2 支持浮体の構造及び浮体と上部構造物との結合構造等の概要図

UPPER DECK PLAN

DK PLATE 12  
 LONGI BM 200 x 90 x 9/14 ヌ

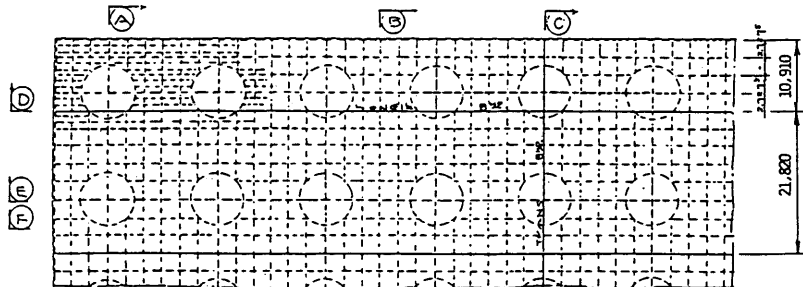


単位：mm

図2.3 コンテナ用ユニット浮体の上部甲板構造

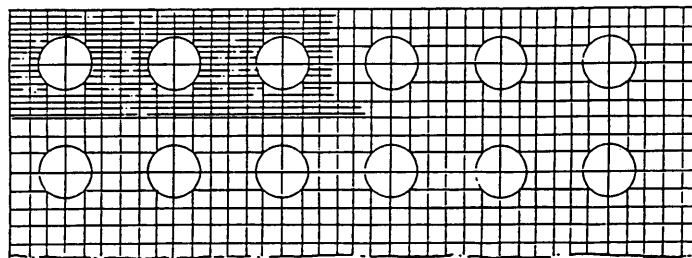
TANK TOP PLAN

TOP PLATE 12  
 LONGI BM 250 x 90 x 10/15 ヌ



TANK BOTTOM PLAN

BOTTOM PLATE 12  
 BOTTOM LONGI BM 250 x 90 x 10/15 ヌ



単位：mm

図2.4 コンテナ用ユニット浮体の上部構造物の下部甲板構造の概要図

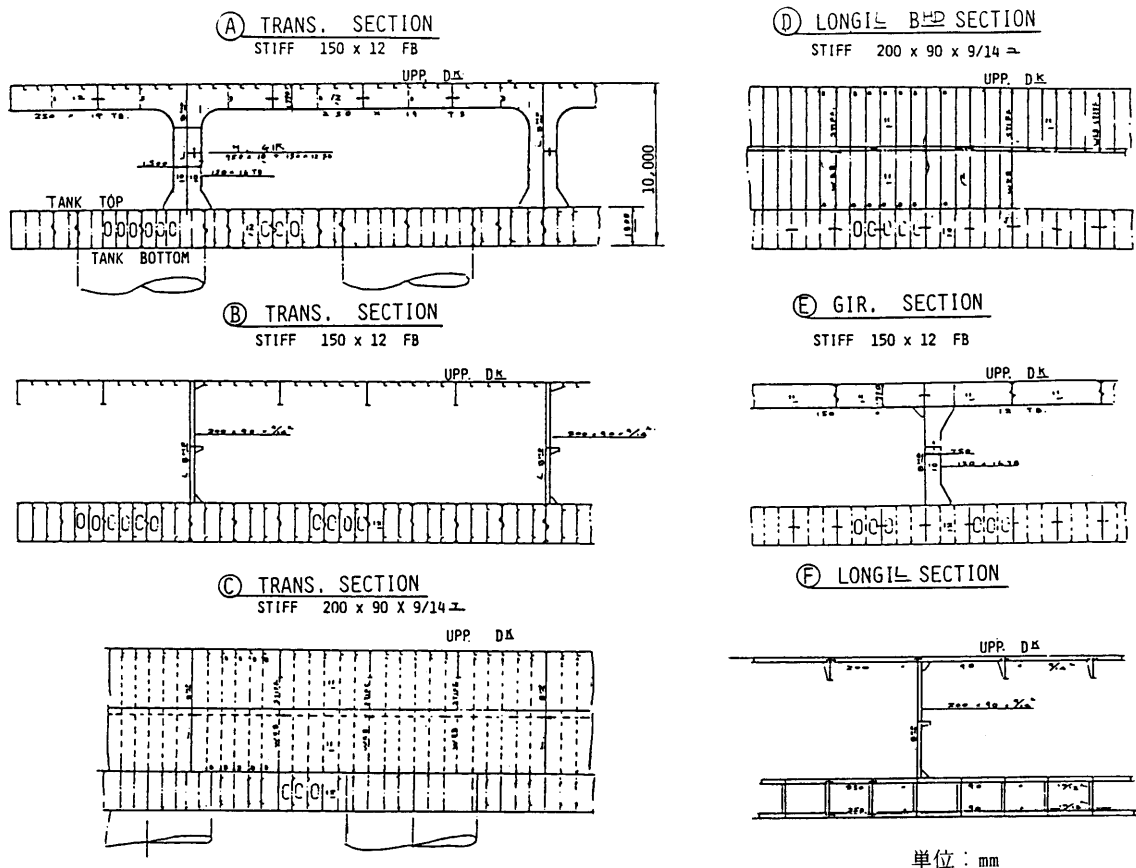


図2.5 コンテナ用ユニット浮体の上部構造物の断面構造の概要図

これらユニット浮体の排水量、鋼構造重量及び上部構造のスペースから見た最大積載可能重量は表2.4に

表2.4 ユニット浮体の鋼構造重量 (単位: トン)

ユニット	排水量	鋼構造重量	積載可能重量 (スペースより)
コンテナ	22,000	17,000	18,000
L P G	22,000	18,900	23,780
石炭・鉱石	22,000	16,300	37,000

示す通りである。これによると、支持浮体に円筒型をとる限り、コンテナ用のように単位面積当りの重量が小さく、かつ単位重量当りの価値の高い貨物の貯蔵に適しているといえる。その他の貨物に対しては円筒の下部をフーティング型としたり、ローハル型或はポンツーン型を採用して排水量を増加させる対策が必要となる。

従って浮体の性能に関しては、支持浮体の形状を種々選択して、構造物の用途に応じてそれらを組合せた場合を想定して研究をすすめる必要があると結論付けられた。

### 3. 大型浮遊式海洋構造物に関する技術開発課題と重点研究の内容

#### 3.1 大型浮遊式海洋構造物に関する技術開発課題

フィージビリティスタディを通じて、浮遊式海洋構造物に関して検討した項目は下記に示すようなものである。

##### (1) 浮遊式海洋構造物の建設技術

###### 1) 本体設計技術

- イ 自然条件の設定法に関する研究
- ロ 浮体に働く外力，流体力及び挙動の推定
- ハ 浮体自体の弾性変形を考慮に入れた耐波設計法
- ニ 接合部の局部応力
- ホ 長周期波による挙動の把握
- ヘ 部材に働く応力及び疲労

###### 2) 工場加工技術

- イ 大型プレハブ化による急速大量施工
- ロ 自動溶接機及び自動検査機器の開発

###### 3) 洋上工事に関する技術

- イ 洋上接合技術
- ロ 施工用船舶
- ハ 曳航技術
- ニ 施工管理技術

###### 4) 係留設計技術

- イ 高把駐力アンカーの開発
- ロ 浮体の複数係留システムと総合把駐力
- ハ 係留ラインの静的，動的張力特性
- ニ 外力条件に対する許容運動量
- ホ 係留ラインが浮体に及ぼす影響
- ヘ 係留ラインの耐久性と許容係留力の評価

###### 5) 係留施工技術

- イ 係留索・鎖の敷設，取付，調整及びアンカー・シンカーの敷設
- ロ 施工管理技術

###### 6) 面利用技術

- イ 利用限界の拡大と多目的利用

##### (2) アクセス技術

###### 1) 浮遊式海洋構造物へのアクセス技術

- イ 送電，パイプ輸送技術

###### 2) 船舶輸送

- イ 船の接舷，防衝対策
- ロ 海上輸送
- ハ 防舷材

この詳細は文献10)にとりまとめられているが，これらの項目のうちから，共通的，基盤的技術として研究開発にとりかかる重点課題を次節のように選定した。

#### 3.2 浮遊式海洋構造物の建設技術の研究課題の内容

##### (1) 建造技術

###### (i) 自然条件の利用技術と設定法に関する研究

ここでは，自然環境データの設計条件への利用法について検討し，その利用システムの試作及び試用を行い，今後の海洋環境データの充実に対応して利用システムの改良及び利用の拡大を計る。また，洋上ステーションの設置可能想定海域の自然環境条件のデータを調査解析すると共に，異常波等の外力の把握も行い，可能な限り統一した自然条件の設定法の確立を図る。

###### (ii) 浮体に働く外力及び流体力の推定法に関する研究

ここでは，建造ユニット浮体及び組立て全体浮体を三次元の流体運動により取り扱う方法を研究し，支持浮体群の相互干渉，波力や流体力の非線形性を考慮して外力や流体力の推算精度を向上させる。また，船舶の接舷や衝突による外力，異常波などの異常自然条件による外力の推算法を開発する。

###### (iii) 浮体の耐波設計法に関する研究

大型浮遊式海洋構造物を弾性体として取り扱い，流体力弾性的方法を適用して，浮体の動的構造強度，浮体の弾性たわみ，全体の挙動を推算する方法を開発する。また船舶の衝突に対する構造強度，防衝構造も考慮して，大型浮遊式海洋構造物の構造様式の最適化が可能な耐波設計法を確立させる。

##### (2) 係留技術

###### (i) 浮体の複数係留システムと総合把駐力に関する研究

ここでは，多点・多条係留ラインで係留された大型浮遊式海洋構造物に，風，波，潮流などの組合せ外力が働いた場合の係留力の不均一性，係留ラインの最大張力，係留浮体の挙動等を究明し，これらの精度よい推算法の確立を計る。また異常自然条件や船舶の衝突などの異常外力が係留力に及ぼす影響も解明し，アンカーの必要把駐力や係留ラインの安全性の検討に直結する資料を得る。

###### (ii) 係留装置の耐久性に関する研究

ここでは，係留用鎖の海水中応力腐食，動的疲労特性及び海底土質による鎖の摩耗等が係留ラインの強度に及ぼす影響を解明する。

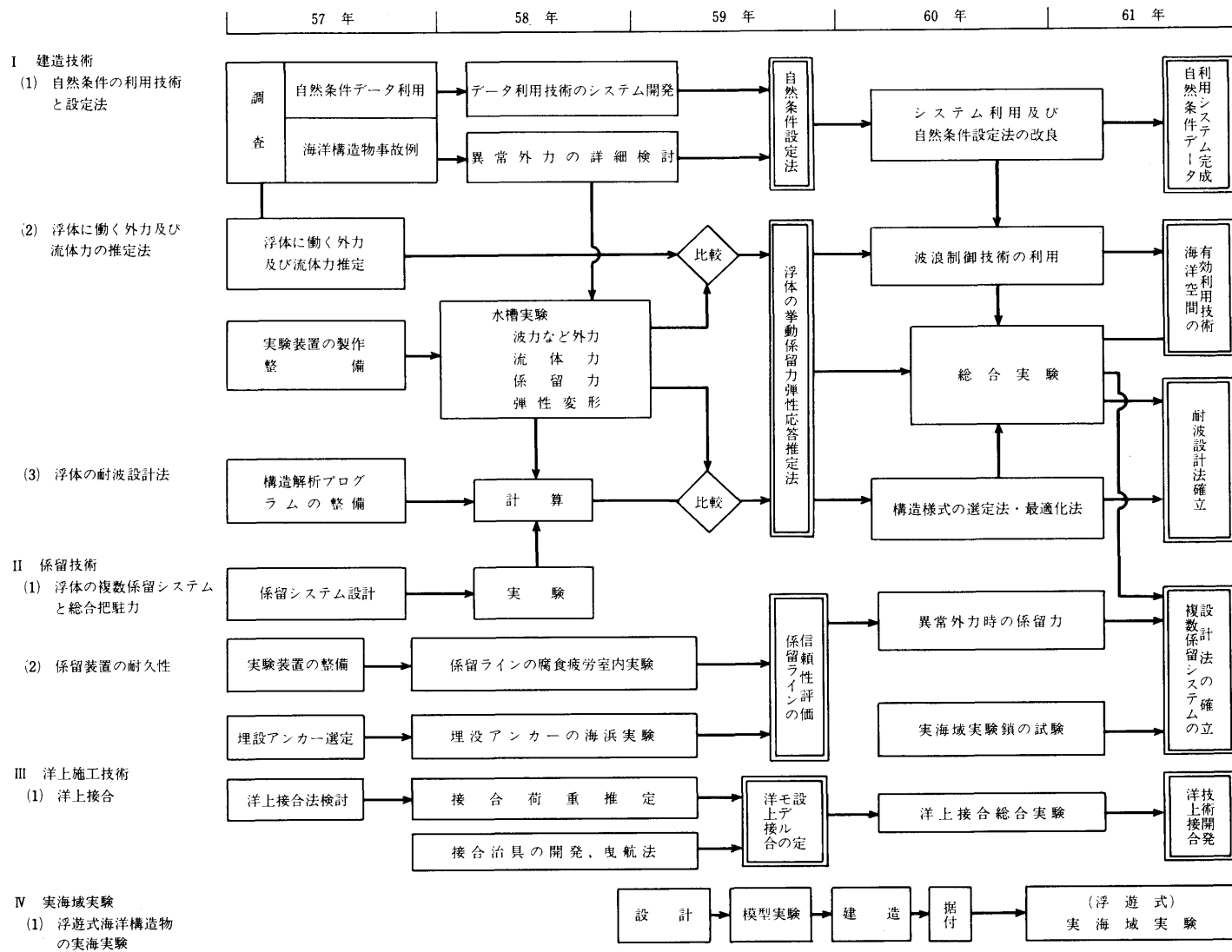
また，高把駐力が期待できる埋設アンカーの海浜実

表3.1 浮遊式海洋構造物の建設基礎技術の研究年次計画

研究課題	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	担当機関
<b>I 建造技術</b>						
(1) 自然条件の設定法に関する研究	利用システムの検討 周辺データ収集	利用システムの試作 収集データの解析	システムの試用	システムの拡充と利用拡大		船舶技術研究所、(民間)
			自然条件の設定法の確立			
(2) 浮体に働く外力及び流体力の推定法に関する研究		異常外力の把握 ユニット浮体の外力・流体力計測実験	3次元浮体の外力・流体力の模型実験と推算法			"
		異常外力に関する模型実験と推算法				
		耐衝突等の模型実験と構造強度				
(3) 浮体の耐波設計法に関する研究		動的構造解析法	構造様式の設定法			"
		ユニット浮体の挙動実験			構造設計法	
		弾性浮体の変形・挙動模型実験		変形挙動の推算法	耐波設計法	
<b>II 係留技術</b>						
(1) 浮体の複数係留システムと総合把駐力に関する研究		不均一係留力の模型実験		最大係留力の推算法		"
	係留法の検討	係留浮体の挙動実験		係留浮体の挙動の推算法		
		異常外力に対する係留力特性実験				
(2) 係留装置の耐久性に関する研究		係留索鎖の腐食疲労実験		動的強度・摩耗強度		"
		埋設アンカーの実海域実験			総合評価法	
		異常張力に対する耐久実験				
				係留ラインの設計法及び耐久性評価		
<b>III 洋上施工技術</b>						
(1) 洋上接合法に関する研究	接合治具の実験		接合時の荷重実験			"
			洋上接合法の検討	洋上接合実験		
			船舶の緩衝工の研究			
			曳航馬力及び曳航法の実験			
<b>IV 実海域実験</b>						
(1) 浮遊式海洋構造物の実海域実験		実験方案の検討	実験用浮体の設計及び模型実験			"
				実験用浮体及び計測装置の製作・据付、実海域実験		
				理論計算・模型実験との比較		



表3.2 浮遊式海洋構造物の建設基礎技術の研究内容のフロー



地試験を行い、既に模型実験で証明された高把駐力用埋設アンカーの実証を行う。

その他、異常張力が作用した場合の係留鎖の耐久性も究明する。

そして、三次元的な運動をする係留ラインに働く動的変動張力、大振幅の運動による非線形張力、異常外力による張力、アンカーの把駐力等を総合的に考慮して、多点・多条の係留システムの設計法を完成させる。

(3) 洋上施工技術

(i) 洋上接合法に関する研究

ここでは、建造ユニットの建造場所からの曳航法を含め、ユニット引き寄せ時の相対運動や接合時の接合荷重に及ぼす外力の影響等を検討し、引き寄せ及び位置決め用の接合治具に要求される性能を決定し、合理的な洋上接合法を考案する。また、船舶の係船、衝突及びユニット引き寄せ時の緩衝工の開発を行い、その効果を明らかにする。

(4) 実海域実験

(i) 浮遊式海洋構造物の実海域実験

ここでは、模型実験等で検討した大型海洋構造物の部分浮体のプロトタイプを用い、自然条件の厳しい実海域において波力、挙動、係留力を測定し、理論計算や模型実験と対照することにより実機の建造技術を確認する。

これらの研究を実施するための計画（5ヶ年計画）の詳細ならびに各項目相互間の関連などを表3.1及び表3.2にそれぞれ示す。

これらの課題のうちから、さらに現時点で国立研究所が中心となって緊急に取り組むべき課題を絞った結果、下記の5つの項目が選ばれた。

イ. 浮体に働く外力及び流体力に関する研究

ロ. 浮体の耐波設計法に関する研究

ハ. 浮体の複数係留システムと総合把駐力に関する研究

ニ. 係留装置の耐久性に関する研究

ホ. 浮遊式海洋構造物の実海域実験

なお、この研究で取り上げなかった項目に関しては、自然条件の利用技術と設定法については別の研究グループによる研究の成果を待つこととし、係留用鎖の強度に関しては当所の別の研究で実施し、洋上接合技術に関しては具体的な接合法の開発と併せて民間で実施すべきであるとした。

4. 研究実施内容と成果の概要

4.1 研究実施内容

(1) 研究方法

研究の中心となるのは、図4.1に示すような3種の支持浮体を組み合わせた大型浮遊式海洋構造物の水槽模型実験である。表2.2に示したような構造物の全体の模型をそのまま水槽中に再現することは、支持浮体の縮率を1/30程度にしておくことが実験精度の上からも望ましいというような実験技術上の制約から得策でないので、5.8m×13.4mの大型模型を構成し、これを水槽中で実験することとした。

船舶技術研究所の海洋構造物試験水槽には造波装置、潮流発生装置、送風装置などが装備されており、波浪、潮流、風などを単独で、あるいは組合わせて模型に当てて実験することができる。本研究を実施するに当たり、このような大型模型の外力や流体力、動揺や変位、変形を模型全体から個々の支持浮体まで細部にわたり精密に測定する必要性から、新規に外力・流体力測定装置と多点変形計測・解析装置とを導入した。

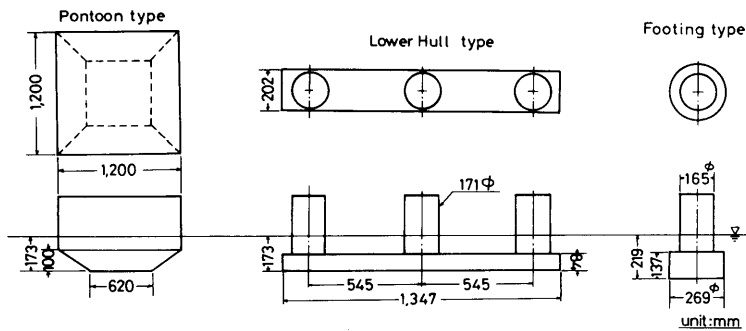


図4.1 支持浮体の代表的形状（模型）

大型模型を用いた実験は総合実験ともいべきものであるが、支持浮体の特性から一挙に大型模型の性能を推定するには無理があるので、支持浮体をいくつか組合せた中間的な模型一部分模型も何種類か製作して浮体の相互干渉や係留方式の比較などの基本的な実験に供した(図4.2)。大型模型の平面図を図4.3に、また、その実験の様子を扉の写真に示す。これは浮体に斜め方向から不規則波が当たる場合の実験である。

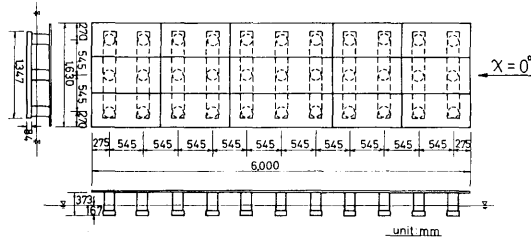


図4.2 部分模型の概要図(ローハル型)

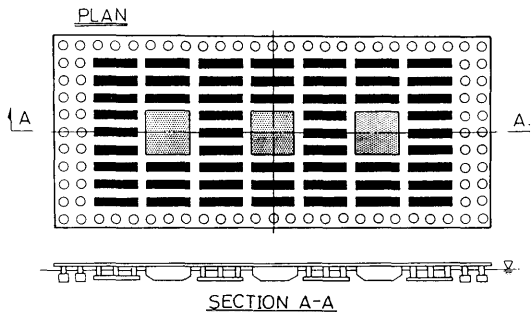


図4.3 大型模型の平面図(III型)

4.2 研究成果の概要

まとまった研究の内容は本報告書で順次述べられるが、成果の概要は次のようなものである。

(1) 浮体に働く外力及び流体力に関する研究

支持浮体単独の場合には、波から受ける力や動揺時の流体力一減衰力や付加質量一は特異点分布法といわれるポテンシャル理論により精度よく推定できるが、浮体の数が増えた場合には他の浮体との相互干渉によって単体の場合と異なる波力や流体力となる。浮体の数を単体の場合から順次、系統的に増やしなが、個々の浮体に働く力を求めつつ、同時に全体に働く力も測定する方法によりこの相互干渉効果を調べた。その結果、個々の浮体に働く力は、それが置かれた位置によって単体の場合とかなり異なるが、全体に働く力は干渉効果を考慮しない推算法でも十分実用に供し得るこ

とが確かめられた。また、潮流力についても支持浮体単体のデータに基づいて大型模型に働く潮流力を推定する方法を求めた。

従って、大型浮体の運動や係留力の推定には干渉効果を入れなくてよい。一方、構造物の弾性変形や局所的な強度の精密な推定には干渉効果は無視できないであろう。

(2) 浮体の耐波設計法に関する研究

大型かつ長大で多行多列の複数の支持浮体で支持される上部構造物を弾性体として取り扱い、波浪や熱等による変形並びに応力の分布を準静的及び動的に構造解析できる計算プログラムを開発した。そして大型模型による実験結果と比較した結果縦波中においては、上部構造物の変形及び曲げモーメントの分布等を十分な精度にて推定できることを確認した。なお、動的構造解析は、周波数領域と時間領域とで数値計算ができるため、支持浮体間の相互干渉及び外力の空間的、時間的変動等を考慮して推算可能なものである。

次に、それらの変形或は外力が与えられた場合の3次元的な上部構造物の局部変形パターンや応力の分布は、準静的な汎用構造解析プログラムを用いて求めることができる。

さらに、大型浮遊式海洋構造物で最も大きい荷重が加わる場所としては、支持浮体と上部構造物との結合する部分であるので、この部分の局部構造模型3種類について横荷重による破壊実験を行い、支持浮体の横荷重に対する座屈応力を明らかにした。その結果を座屈応力値を求める計算式と比較した。

(3) 浮体の複数係留システムと総合把駐力に関する研究

大型模型を22条~24条の中間シンカー付鉄鎖係留ラインにて弛緩係留し、風、潮流及び波浪等が加わった場合の係留浮体の動揺及び複数係留ラインに働く張力の大きさを推定する方法を導いた。

まず、風、潮流及び波浪等による定常外力に相当する荷重を、大きさ、作用方向及び作用点を変化させて機械的に係留浮体に加え、その時の係留浮体の変位及び複数係留ラインの係留力の分布を明らかにすると共に推算手法を完成した。

つぎに、風及び潮流による定常外力を着力点に機械的に加え、そこに規則波や不規則波を作用させ複合外力下における係留浮体の動揺特性及び複数係留ラインの係留力の定常成分及び変動成分を明らかにした。

それらの結果、定常外力や波浪の方向等が変化した

場合の影響が解明された。

なお、係留浮体の波浪漂流力及び水平面内の長周期運動を予測することが係留力の予測にとって極めて重要であるが、これは今後の研究課題として残されている。

すなわち、大型浮体に対する波浪漂流力及び長周期運動のバイスペクトルを求めることにより非線形現象である長周期運動の確率分布、確率密度関数及び最大期待値が予測でき、それに係留ラインの特性を考慮すると複数係留ラインの係留力の変動成分の確率分布や、係留力の最大値が推定できるということを明らかにした。

その他、通常のカテナリ一係留のほかに中間ブイ付、中間シンカー付、垂直型2重チェーン等についても、係留特性、係留浮体の動揺及び係留力特性等を明らかにし、大型浮遊式海洋構造物に対する適用法を示すことができた。

#### (4) 実海域実験用プロトタイプ構造物の設計等

水槽実験及び理論計算により得られた成果を実海域で実証するための実験用プロトタイプ構造物を設計し、その性能を模型実験及び理論計算で調べた。

また、高把駐力が期待できる先端開脚式メカニカル埋設型アンカーも試作し、海浜において打込みなどの操作性能を調べた。

以上の研究成果を要約すると次のようになる。

海洋空間等の有効利用のための海洋構造物として、面的な利用に供する浮体プラットフォームを構成するための大型浮遊式海洋構造物の建設技術を検討し、必要とされる基礎技術のうち基本的性能について解明した。

即ち、支持浮体の形状をフーティング型、ローハル型、ポンツーン型に変化させた場合の多種大型浮遊式海洋構造物の模型実験を行い支持浮体単体及び複数の支持浮体群に働く外力及び流体力の理論的推定法を開発し、支持浮体間の相互干渉効果の大きさを明らかにした。その結果を用いて各種外乱の中における部分浮体及び大型浮体の動揺応答、上部構造体の弾性変形や構造強度並びに大型浮体の複数係留システムに作用する係留力の分布等を通常の気象・海象条件に対して精度よく推算できる理論及びこれに基づく計算プログラムをほぼ完成した。また、この成果を検証するための実海域実験構造物を設計した。

問題点としては、浮遊式構造物に関しては異常な海象の中での衝撃的波力、これに対する構造設計法、浮体の長周期大振幅運動とそれによる異常係留力などの

推定法などの検討が残されているほか、実海域での実証が必要である。また、構造物の海上での施工法、係留システムの個々の機器については未着手のまま、残されている課題である。

#### 4.3 今後の研究課題

50～100年の再現周期を持つような異常な気象・海象条件下で大型浮遊式海洋構造物が受ける異常波力や構造応答、係留ライン張力を研究し、耐波設計に必要な強度解析計算法や複数係留システムの設計に必要な最大係留力の推定法の確立をはかっていく。

そのため、これまで詳細に検討してきた大型浮遊式海洋構造物の要素浮体から成るプロトタイプ構造物を製作し、大波浪海域に係留設置して長期間の実海域実験を行い、外界条件、波力、挙動、構造強度、係留力等を測定し、理論計算や模型実験の成果を実証することにより大型海洋構造物の建設技術の基礎を固めることに重点を置く。また、高把駐力アンカーの開発実験もすすめる。

一方、海洋空間等の有効利用の一環として別の研究で検討されている波浪制御構造物と、大型浮遊式海洋構造物とを併用した海域の利用可能性についても、両構造物の相互影響などを調べつつ検討をすすめる。

## 5. 結言

以上が科学技術振興調整費による研究「海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究」のうち、船舶技術研究所が分担して実施している「浮遊式海洋構造物の建設基礎技術に関する研究」の研究概要を述べたものである。本報告書ではひきつづき第2編～第5編にわたってこの研究成果の詳細が報告される。これらの研究は昭和56年度にフィージビリティスタディを行ったあと、昭和57年度～59年度を第I期の研究期間、昭和60年度～61年度を第II期の研究期間としている。本報告書で述べられるのはそのうち第I期の研究のうちでほぼ研究を終わったものであり、第I期～第II期にまたがっている研究の中間的な結果については次の機会に発表する予定である。

本研究は研究推進委員会（秋田好雄委員長）の中に設けられた「建設技術ワーキンググループ」（主査吉田宏一郎東京大学教授）における検討を経ながらすすめられた。ここに終始懇切なご指導を賜った吉田宏一郎教授に深甚の謝意を表す次第である。また、貴重な意見を賜った同ワーキンググループの委員の方がたにもお礼を申し上げる次第である。

## 参考文献

- 1) 海洋開発審議会第一次答申；長期的展望にたつ海洋開発の基本的構想について—21世紀の海洋の開発と保全—, (1979)
- 2) 海洋開発審議会第二次答申；長期的展望にたつ海洋開発の推進方策について, (1980)
- 3) 運輸技術審議会答申；海洋構造物の建造に関する技術的重要事項とその実施方策について, (1977)
- 4) 運輸技術審議会答申；浮遊式海洋構造物（貯蔵船方式）による石油備蓄システムの安全指針に関する答申, (1978)
- 5) 運輸省船舶技術研究所；関西国際空港計画に係わる浮体工法の評価のための調査報告書, (1979)
- 6) 安藤定雄, 大川豊, 上野勲；浮体工法による海上空港建設に係わる評価のための技術調査研究, 船舶技術研究所報告, 別冊, 第4号, (1983)
- 7) 石油公団ほか；洋上石油備蓄システム基本計画策定業務報告書, 昭和53年度及び昭和54年度
- 8) 運輸省ほか；沖合人工島に関する調査報告書, (1981)
- 9) 科学技術庁研究調整局；昭和56年度科学技術振興調整費「海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関するフィージビリティスタディ」調査報告書, (1982)
- 10) 全上；概要版, (1982)