

有脚浮揚式係船岸の開発について（第一報）

運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所（前）

（同上）

（同上）

（同上）

正会員 門司 剛至

正会員 村山伊知郎

正会員 元野 一生

高田 直和

1. はじめに

九州・山口地域の海域では、有明海、周防灘等潮位差が4m程度以上の大潮位海域が広く存在する。このような海域に存在する港湾においては、中、小型の船舶が利用するバース水深5.5m程度以下の岸壁・物揚場の利便性が必ずしも十分でない。

第四港湾建設局は、潮位の変動に影響されず安定的な荷役、上下船が行える係留施設である有脚浮揚式係船岸の開発に昭和63年度より着手した（図-1）。

本稿は、開発の第一段階として、3つのモデルタイプについて比較設計を行い、それらの特性と適用範囲について検討した結果を報告するものである。

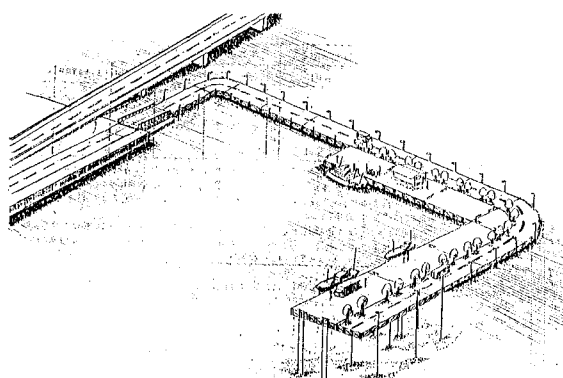


図-1(1)有脚浮揚式係船岸の利用
（物流港湾）

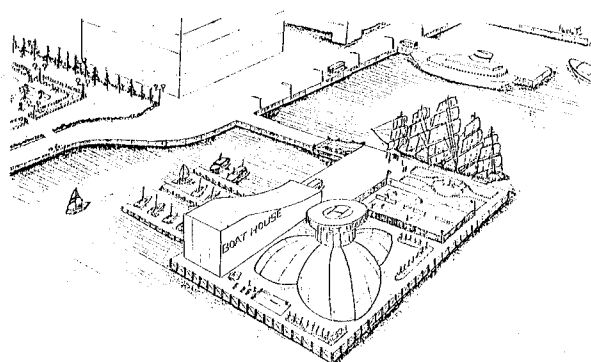


図-1(2)有脚浮揚式係船岸の利用
（レクリエーション港湾）

2. 有脚浮揚式係船岸の開発課題

有脚浮揚式係船岸は、浮体部と杭式の係留部よりなる浮体式係船岸であり、浮体の自重、及び上載荷重は浮力で支え、係留部で波力などによる動揺、傾きを制御するものである。ただし、潮位変動に対応するよう浮体の上下運動は許容されている構造物である。

有脚浮揚式係船岸の開発にあたっては、種々の開発しなければならない課題があるが、大きく分けて以下の3点にまとめられる。

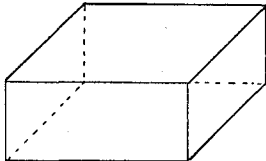
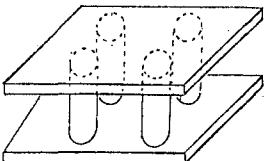
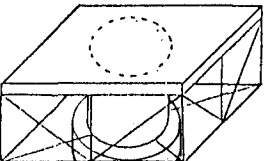
- ①動揺特性の秀れた浮体構造の開発
- ②浮体動揺の制御効果の高い係留部の開発
- ③長期的な使用に対する耐久性の確保

3. 3つのモデルタイプの概要

3-1 比較対象3タイプの特徴

表-1に示すようなボンツーン型、サンドウィッチ型、トラス型の3タイプの浮体構造についての実用化の検討を進める。

表－1 各タイプの概要

構造タイプ	開発のねらいと課題
ポンツーン構造 	(開発のねらい) • 低コストな浮体部の採用 • EPSの活用（充填材）による安全性の向上（課題） • 動揺量の低減（キールを設置等が考えられる） • ジョイント工との接続部の構造強化
サンドウィッチ構造 	(開発のねらい) • 低動揺で、構造特性も優れた浮体部の採用（課題） • 偏心荷重などによる傾きの低減 • 防蝕対策
トラス型 	(開発のねらい) • 低動揺で、構造特性も優れた浮体部の採用 • EPSの活用（充填材）による安全性の向上（課題） • 偏心荷重などによる傾きの低減 • 防蝕対策

3－2 比較設計の条件

3タイプの比較設計にあたっては、以下のような設計条件を仮定した。

1) 潮位

H. H. W. L.	+5.72m
H. W. L.	+4.04m
L. W. L.	+0.08m

2) 波浪

異常時	波高 $H_{1/3}$	1.05m
	周期 $T_{1/3}$	3.8sec
	波向	W
	風速 U_{10}	10.0m/sec

常時	波高 $H_{1/3}$	0.55m
	周期 $T_{1/3}$	2.4sec
	波向	W
	風速 U_{10}	10.0m/sec

3) 潮流 0.41m/sec

4) 水深 -7.0m

5) 設計震度 0.06

6) 上載荷重 0.5t/㎡ ただし、サンドウィッチ型、トラス型は上載荷重を全面にかけていない。

7) 海底地盤

土質	深度	N値	ϕ	C	Z0	γ	γ'
上部軟弱粘土	-7.0 ~ -12.5			0.15 Z	-7.0	1.4	0.4
中間砂層	-12.5 ~ -17.0	5	27.5°			2.0	1.0
砂質土	-17.0 ~ -23.0	20	35°			2.0	1.0
固結粘土	-23.0 ~			8.5		1.45	0.45

8) 接岸船舶の排水量 260 t f

9) 耐用年数 30年

10) 許容動揺量

係船岸の常時の許容動揺量として定められたものはないが、1つの目安として係船船舶の荷役限界動揺量の半分程度の値として表-2の許容動揺量を設定した。

表-2 係船岸の許容動揺量

サージング	± 0.5 m
スウェイイング	± 0.38 m
ヒーピング	± 0.25 m
ローリング	± 1.3 deg
ピッチング	± 0.5 deg
ヨーイング	± 0.8 deg

3-3 設計の考え方

ボンツーン型、サンドウィッチ型、トラス型の設計フローは図-2に示すとおりである。

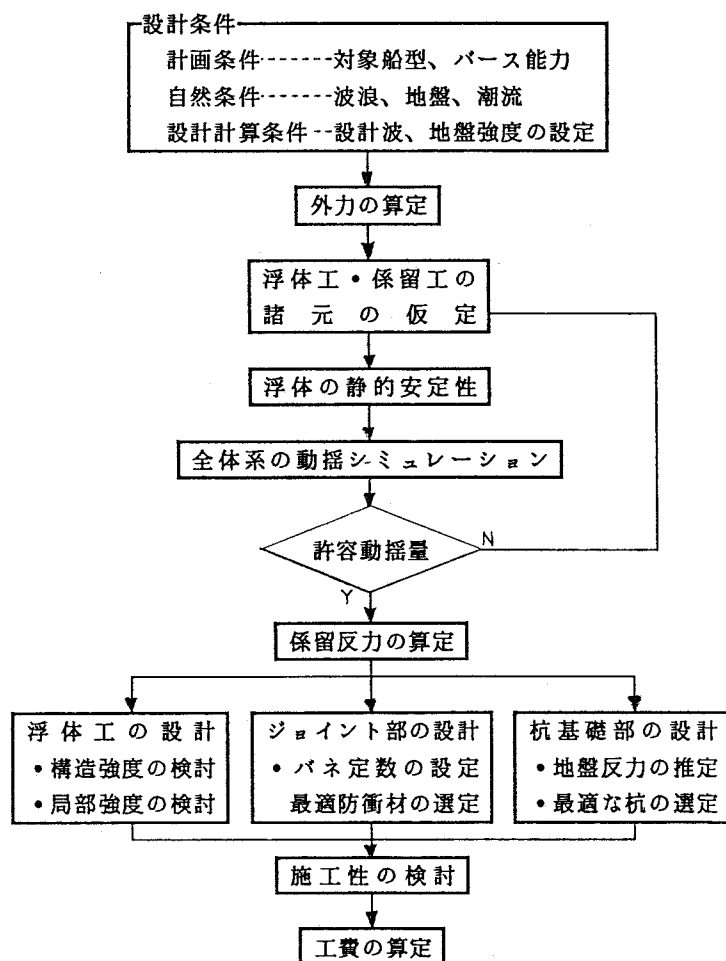


図-2 設計フロー

なお、経済性を追及するため全体系としては、ジョイント部、杭基礎部のバネ定数を小さくし、外力に対しある程度の変位は許容すると同時に、杭反力をなるべく小さくするという柔軟な構造をする。

3-4 設計の結果

3タイプの係船岸の設計結果を表-3にまとめた。また、全体構造については、図-3に示す。

表-3 タイプ別の設計の結果

構造形式	ボンツーン型	サンドウィッチ型	トラス型
1. 浮体諸元 (全長L) (m) × (型幅B) × (型深)	20×10×2.3	20×10×3.0	20×10×7.5
乾舷d(m)	0.83	1.0	2.5
排水量DT(t)	335.0	92.0	285.0
2. 係留部諸元 全体系のバネ特性	非線形バネ 10t/100mm	非線形バネ 10t/120mm	線形バネ 5t/100mm
ジョイント部	セル型フェンダー	ローラー式フェンダー	ラバーチェーン +ゴムローラー
杭基礎部 支持型式	鋼管杭による 独立4本支持 $\phi=800\text{mm}$ L=31m	鋼管杭・2本杭頭 連結ラーメン $\phi=1000\text{mm}$ L=35m	鋼管杭による 独立2本支持 $\phi=1000\text{mm}$ L=32m
3. 動揺量 (H.W.L.無載荷時) 通常時			
Heave	$\pm 0.05\text{m}$	$\pm 0.06\text{m}$	$\pm 0.012\text{m}$
Sway	+0.22m -0.18m	$\pm 0.11\text{m}$	$\pm 0.092\text{m}$
Roll	$\pm 0.9\text{deg}$	$\pm 1.1\text{deg}$	$\pm 0.4\text{deg}$
係留反力	+7.0t/本×4本 -5.9t/本×4本	+8.6t/本×2本 -4.6t/本×2本	0.61t/本×2本
異常時			
Heave	$\pm 0.49\text{m}$	$\pm 0.51\text{m}$	$\pm 0.096\text{m}$
Sway	+0.60m -0.57m	$\pm 0.39\text{m}$	$\pm 0.293\text{m}$
Roll	$\pm 8.2\text{deg}$	$\pm 4.9\text{deg}$	$\pm 2.61\text{deg}$
係留反力	$\pm 12.1\text{t/本}\times 4\text{本}$	+26.7t/本×2本 -19.9t/本×2本	2.37t/本×2本
4. 経済性	○	△	△

4. 各タイプ係船岸の評価と今後の課題

ボンツーン型は $H_{1/3}=0.5\text{m}$ 、 $T_{1/3}=3\text{sec}$ 程度の波であれば、動揺も小さく、上載荷重への対応も十分である。コンクリート構造のため耐久性にも優れている。しかし、サンドウィッチ型、トラス型に比し、動揺特性が悪く、また、鉄筋コンクリート構造のため規模の拡大に制限を受けやすい問題がある。

サンドウィッチ型、トラス型は、この程度の波浪条件では経済性からみてあまりメリットがない。また、上載荷重もボンツーン型に比べかなり制限されたものになる。さらに、鋼材の使用により耐久性にも問題がある。しかし、ボンツーン型に比べると動揺が小さく、特にSwayが小さい。そのため、杭に作用する係留力も小さく抑えることができ、より厳しい波浪条件、大規模化への展開が見込まれる。

また、各タイプ共通の課題は、浮体幅が10mと、異常時の波の半波長($L=24\text{m}$)程度としたため、浮体の動揺が大きく、その動揺を制御するための係留部の構造が大規模になったことがある。その結果、最も経済的と考えられるボンツーン型でも比較設計を行った栈橋式に比べると割高な構造となっている。

このため、浮体幅を波長程度(20m)にすれば、浮体の動揺が抑えられ、また、係留部に作用する力も軽減でき、経済性もかなり向上すると予想される。

今後は、以上の検討を踏まえ、より経済的な構造となる有脚浮揚式係船岸の開発を進めるとともに、管内で実物大の有脚浮揚式係船岸の建設による現地実証試験を予定している。

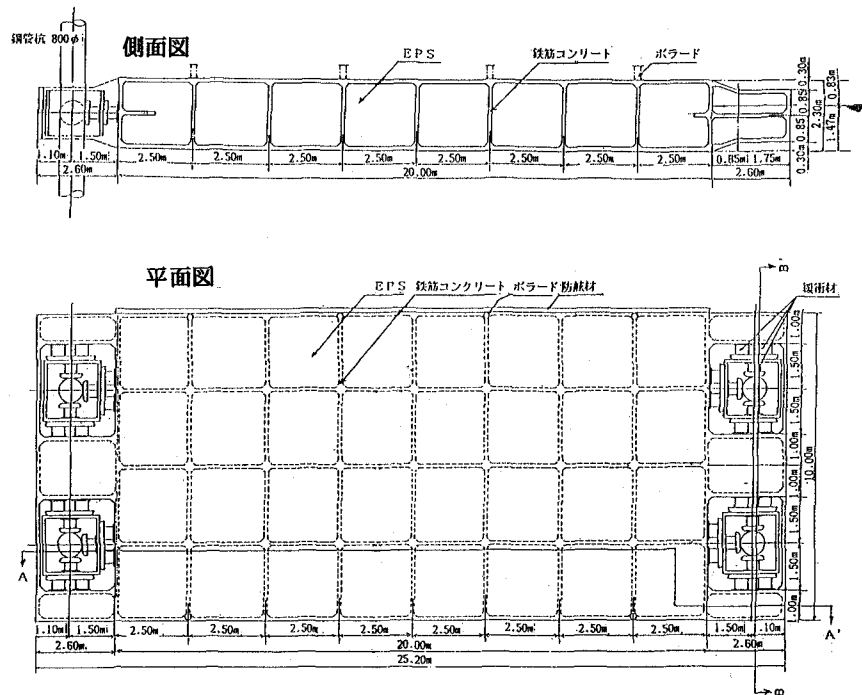


図-3(1) ポンツーン型の全体構造

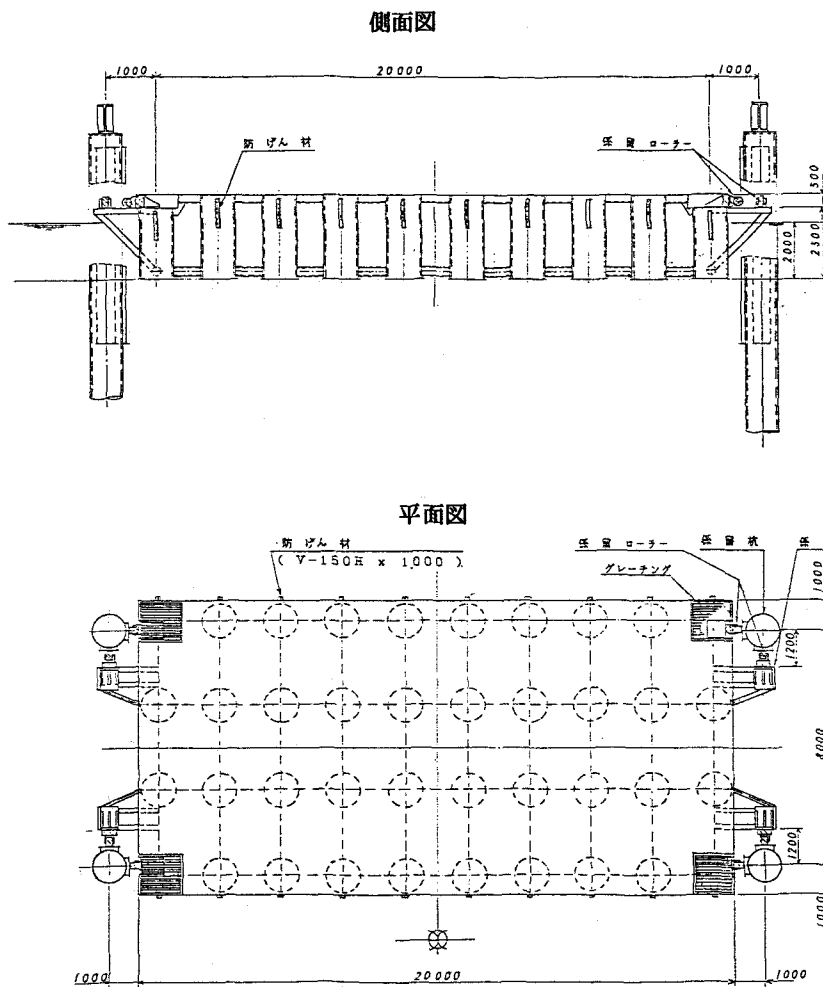


図-3(2) サンドウィッチ型の全体構造

浮体顶面 (L.W.L.时)

L.W.L. +0.08
C.D.L. -5.0

3000*

3000*

3000*

9000*

3000

2000

2580

4000*

4000*

4000*

桥下水深 -7.0

Technical drawing of a rectangular steel pipe pit. The drawing shows a rectangular frame with rounded corners. The overall dimensions are 2000mm (length) and 800mm (width). The drawing includes six circular openings (two on each long side) and two hexagonal openings (one on each short side). The label "鋼管坑" (Steel Pipe Pit) is present on both short sides.

図-3(3)トラス型の全体構造