

二重円筒ケーソン堤の設計と施工

鹿籠 雅純*1・藤野 照男*2・竹内 忠司*3・河本 時夫*4

1. はじめに

わが国では海洋空間の有効利用を促進するため、外洋に面した大水深海域において高波浪を制御し、適度に静穏な海域を経済的に造成するための技術開発が望まれている。そこで運輸省港湾技術研究所において1982年に大水深・高波浪域に適した新型防波堤の構造に関する研究に着手し、低反射・低伝達構造および海水交換機能を持った二重円筒ケーソン堤が開発された。

第三港湾建設局ではその二重円筒ケーソン堤を、兵庫

港 外 側

県北部の山陰海岸国立公園区域内にあり、環境に対し特に配慮を要請される柴山港防波堤 ($H_{1/3}=9.7\text{ m}$, $T_{1/3}=14.9\text{ s}$, 水深 30 m) に適用することにしたが、試設計でケーソン重量が 12 000 t と巨大なものとなった。

そのため柴山港防波堤の建設に先駆けて、比較的条件の緩い境港防波堤 ($H_{1/3}=5.0\text{ m}$, $T_{1/3}=8.0\text{ s}$, 水深 10 m) に適用して、実海域で実証試験を行い、二重円筒ケーソン堤の設計法および施工法の確立を図ることとした。

以下、大水深・高波浪海域への実用化に向け、初めて

港 内 側

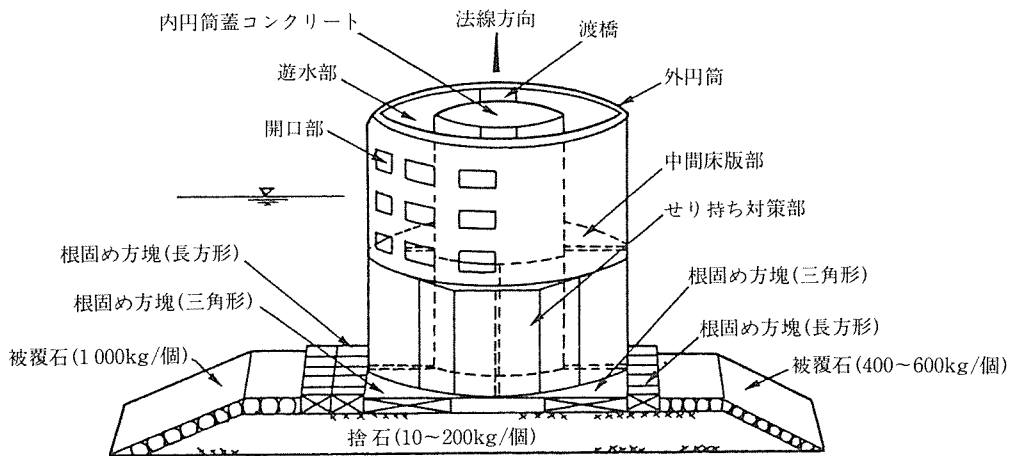
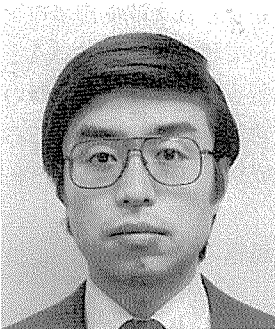


図-1 二重円筒ケーソン堤概念図



*1 Masazumi SHIKAMORI
運輸省第三港湾建設局
境港工事事務所所長



*2 Teruo FUJINO
運輸省第三港湾建設局
境港工事事務所次長



*3 Tadashi TAKEUCHI
運輸省第三港湾建設局
境港工事事務所工務課長



*4 Tokio KAWAMOTO
運輸省第三港湾建設局
境港工事事務所工事課長

境港防波堤に設置した二重円筒ケーソン堤(RC構造)の設計方法、現地計測および施工方法の概要を紹介する。

2. 二重円筒ケーソン堤の構造および特徴

二重円筒ケーソン式防波堤は、二重円筒ケーソンを海底に直接設置する形式(海底設置型)と捨石マウンドの上に据え付ける混成堤形式(マウンド設置型)があるが、本港では図-1に示すように後者のマウンド設置型で施工した。

また、二重円筒ケーソンの構造は、図-1に示すように八角形の底版の上に二重の円筒壁を立ち上げた構造で、その外側円筒壁の港外側上部に開口部を設け海水を透過させ、一方の内側円筒壁を不透過にして、両円筒の間にドーナツ状の遊水部を設け、この遊水部にて消波させるとともに、この遊水部下部および内円筒に中詰めを行い堤体重量を確保する構造である。

本構造の主な特徴を以下に示す。

- 1) 円構造であるため、面内力を利用することによって部材の節約がはかれる。
- 2) 波を一面同位相で受けないため、作用波力を軽減することができる。
- 3) 外側円筒壁の前面と後面の開口率を適切に選定することにより、消波機能や海水交換機能を付加することができる。
- 4) 堤体が円形であるため、二重丸が連なった形に見えるなど美観上優れているとともに、法線形状を曲線にすることができる。

次に、この二重円筒ケーソンの主要部材の特徴は次のとおりである。

(1) 底版の形状

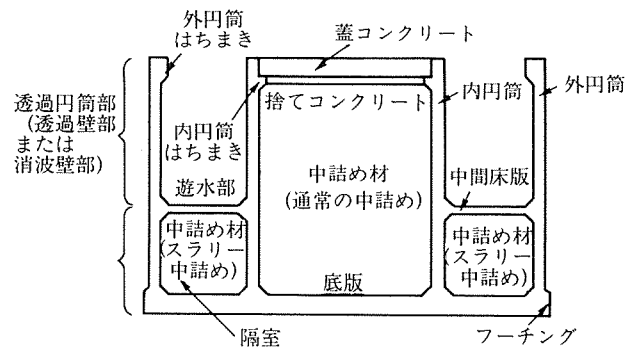
フーチングを含めた底版部の実用的な平面形状として、正方形、円形、八角形の3種類が考えられ、本港では、堤体の安定性、フーチングの張出し部のせん断力、端趾圧、経済性等を比較検討して八角形を採用した。

(2) せり持ち部

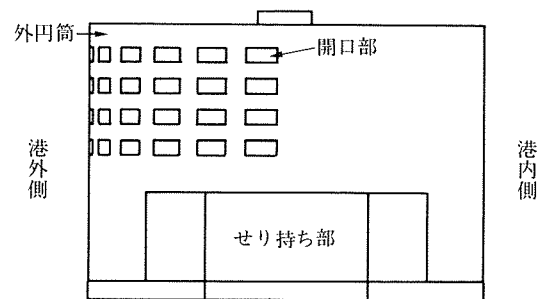
堤体が不等沈下した場合に、隣接ケーソンとのせりあいによる破損およびケーソン据付け時に既設函との衝突による破損を防止するため、外円筒壁の下部に拡幅部を設け面接触とする箇所である。拡幅部の幅は既設の矩形ケーソンの沈下量等を参考にして決めた。

(3) 遊水部

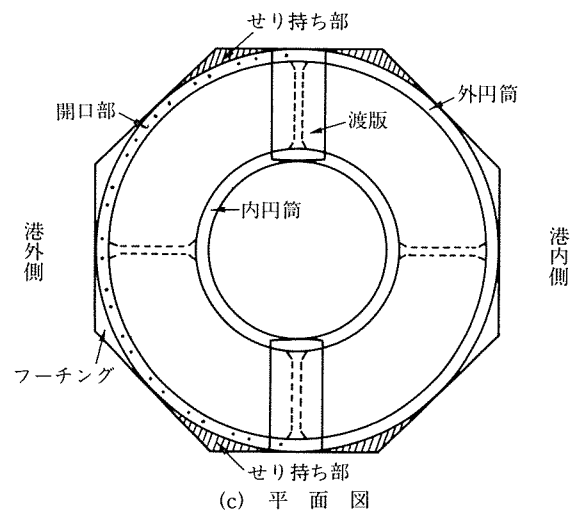
本ケーソンの消波機能は、この遊水部(前後壁の開口部、遊水幅、遊水部下端)の形状によって決定される。外円筒の前後ともに孔の開いている構造を「透過型」、後半分を不透過とした構造を「消波型」と呼ぶ。本港では開口率25%、遊水部幅として内、外円筒の半径比0.5の消波型で施工した。



(a) 断面図



(b) 側面図



(c) 平面図

図-2 二重円筒ケーソンの部材名称

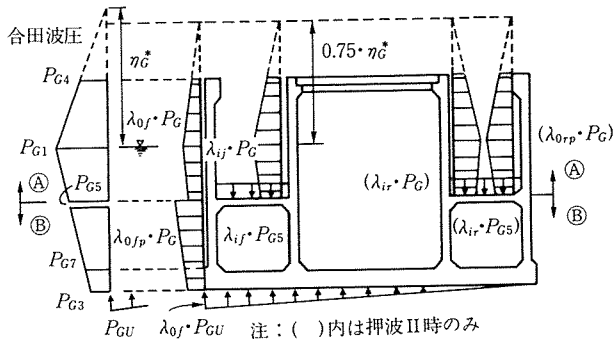
3. 水理特性

3.1 波力特性

ここで二重円筒ケーソンに作用する波力は、外円筒壁の前面に波の峰が到達したときを押波Ⅰ、そして外円筒の開口部から進入した波が遊水部を通過して後面の外円筒壁に波の峰が到達したときの波を押波Ⅱ、また、外円筒壁の前面に波の谷がきたときを引波という。

(1) 押波の波力

押波Ⅰ・Ⅱの波力は、「直立壁に作用する重複波および碎波の波力」に規定された合田式の波圧(P_0)に低減係数(λ)を乗じて算定した(図-3参照)。



波圧低減係数	押波 I	押波 II
λ_{0f}	$0.35 + \cos^4 \theta$	0.80
λ_{0fp}	$0.25 + 0.75 \cos^4 \theta$	0.30
λ_{0rp}	0	$-0.60 - 0.60 \cos^4 \theta$
λ_{ij}	$0.05 + 0.15 \cos^4 \theta$	0.60
λ_{ir}	0	$0.60 + 0.60 \cos^4 \theta$

図-3 波圧分布形状と波圧低減係数 (λ)

(2) 引波の波力

引波の波力は、有限振幅重複波理論による波力と慣用的に用いられている水位差圧 ($1/2 \cdot H_D$) を比較して、危険側の値を使用した。

(3) 打込み波力

蓋コンクリート等への打込み波力(押波II) P は、二重円筒ケーソン堤(頂版付け)の水理模型実験の結果を参考に、 $P=1.0 W_0 H_D$ が蓋コンクリート全面に一様に作用するものとした。

しかしながら、二重円筒ケーソンが大型化になると、この打込み波力が堤体の安定性や蓋コンクリート等の部材厚さに影響するため、水理模型実験および実証試験等

によって確認する必要がある。

(4) その他の波力

底板に作用する揚圧力および地震時に堤体に作用する動水圧を考慮した。

3.2 機能特性

二重円筒ケーソン堤の機能特性については、港湾技術研究所で行われた水理模型実験の結果の一例を紹介する。

(1) 開口率とエネルギー消費率

図-4 から不透過型 ($\epsilon_f = \epsilon_r = 0$) のエネルギー消費率は20%以下と低い。これに対して消波型 ($\epsilon_r = 0$) と透過型のエネルギー消費率は、開口率によって大きく変化して

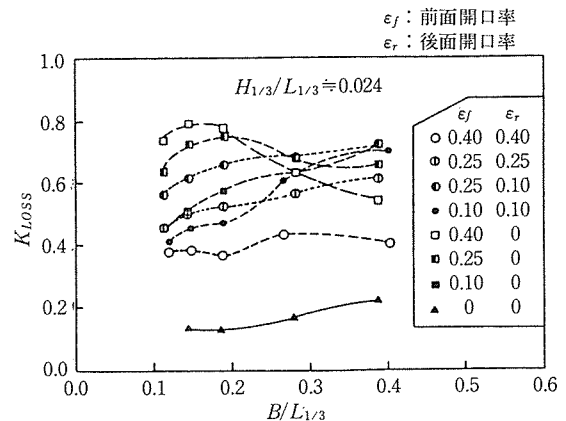


図-4 各種構造(開口率)のエネルギー消費率

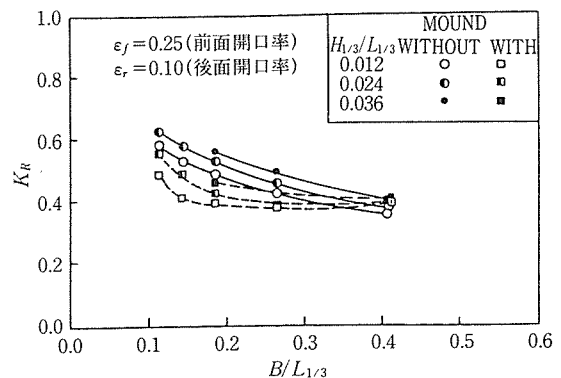


図-5 透過型の反射率

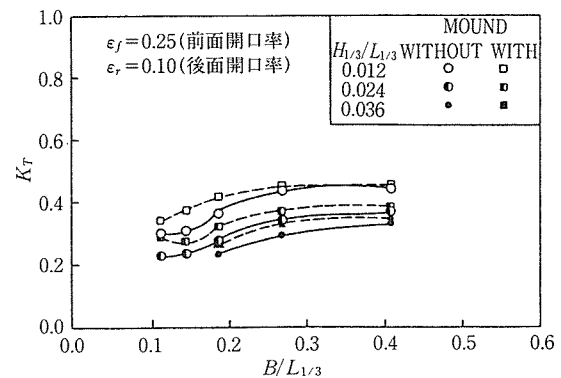


図-6 透過型の伝達率

いる。また消波型のエネルギー消費率は、周期の長い ($B/L_{1/3}$ が小さい) ときは開口率の大きいほうが、周期の短いときは開口率の小さいほうがエネルギー消費率が高い傾向にある。したがって、通常の場合には外円筒前面壁の開口率 (ε_f) を 25% 程度に設定する。

(2) 反射率および伝達率

透過型 ($\varepsilon_f=0.25, \varepsilon_r=0.1$) の反射率および伝達率を図-5, 6 に示す。

この図から、周期の短いときは反射率が小さく、伝達率はやや大きくなる傾向にある。

したがって、反射率および伝達率は、前面および後面の開口率、内外円筒径比、遊水部の下端高さ、天端高さなどによって変化する。

4. 二重円筒ケーソン堤の設計

4.1 基本形状の諸元

境港防波堤に設置する二重円筒ケーソンは、鉄筋コンクリート構造 (2 函) およびプレストレストコンクリート構造 (1 函) を用いることとした。

(1) 自然条件

- 現地盤水深: 10.6 m
- 潮位: HHWL +1.0 m
- HWL +0.4 m
- LWL -0.1 m
- 波浪: H_{max} 7.9 m
- $H_{1/3}$ 5.0 m
- $T_{1/3}$ 10.5 s
- 入射角 8.0°
- 設計震度: K_H 0.1

(2) ケーソン形状の諸元

- ケーソン天端高さ: +3.4 m
- 遊水部の下端高さ: -2.6 m
- 外円筒の開口率: ε_f 25%
- ε_r 0%
- 内外円筒径比: 1:2

(3) 堤体の部材厚さの算定方法

まず、基本設計の段階において堤体の各部材厚さを仮定する。二重円筒ケーソン全体をモデル化した FEM 解析によって断面力を検討し、仮定した部材厚さが満足できているかどうかをトライアルによって求める。次に堤体の安定計算を行って所定の安定性を確認する。

境港における堤体の部材厚さを表-1 に示す。

表-1 各部材厚 (境港ケーソン)

部材名称	部材厚 (cm)	
	RC 構造	PC 構造
外円筒部	50	40
内円筒部	50	40
底板	80	80
中間版	30	30
隔壁	30	30
蓋コンクリート	70	70

4.2 基本設計

(1) 堤体の基本設計

堤体の安定性の検討は、「3.1 波力特性」で述べた波力を用いて計算をした。その結果、外円筒壁の前面に作用する波力が卓越する押波 I (HHWL) の場合が、堤体の滑動の安定性に対して最も厳しくなり、二重円筒ケーソンの形状を決める要因となった。また、底板に作用する端趾圧は、押波 II (LWL) の場合が最大となった。

(2) 基本断面

RC 構造の基本断面を図-7 に示す。なお、PC 構造の

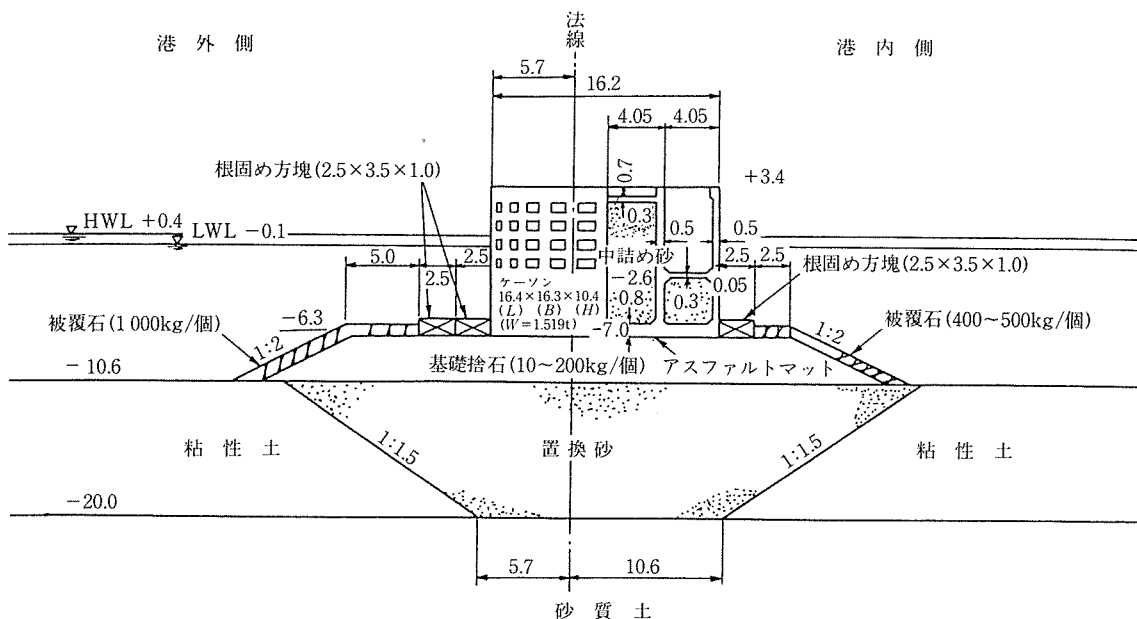


図-7 境港防波堤標準断面図

基本断面は、表-2 に示した部材厚さ以外、RC 構造と同一の外形寸法にした。

4.3 細部設計

部材の安定性の検討について、昭和 61 年コンクリート標準示方書の改定に伴い、RC 構造物においても限界状態設計法を適用することが基本とされた。そこで、従来の許容応力度法との比較検討を兼ねて、その両者が満足できるように設計した(図-8)。

(1) 設計外力

完成時の設計外力は、二重円筒ケーソンの特性を考慮して、波力、静水圧、内部水圧、土圧等を対象とした。また、施工時については、施工方法、荷重影響度を考慮して、ケーソン吊上げ時と据付け時を対象にした。なお、使用限界状態の設計波は、 $H_{1/3}=2.1\text{ m}$ 、 $H_{\text{max}}=3.8\text{ m}$ 、 $T_{1/3}=7.4\text{ m}$ を用いた。

(2) 構造解析方法と安全係数

二重円筒ケーソンの特性から 3 次元の FEM 解析を行った。その解析モデルは、平板要素とばね要素を用い

表-2 FEM 解析、断面力検討ケース

	完 成 時			施 工 時	
	押波 I	押波 II	引 波	吊上げ時	据付け時
許容応力度法	○, ●	○, ●	○, (●)	○	○
限界状態設計法	終局限界	○	○	-	-
	使用限界	○	○	-	-

注) ●印は部分構造解析を実施したケース(ただし、引波時は、押波から引波への推移時対象)。

てケーソン全体を対象とした構造解析および外円筒壁の透過部を対象とした部材単位での部分構造解析を行った(表-2)。

限界状態設計法に用いた安全係数は、「プレストレストコンクリート港湾構造物設計マニュアル」(運輸省港湾局)を参考にした。

(3) 配筋設計

FEM 解析結果で得られた各部材の断面力に対して、軸方向の取扱いは、表-3 に示すように軸力と曲げモーメントを各部材ごとに組み合わせた。

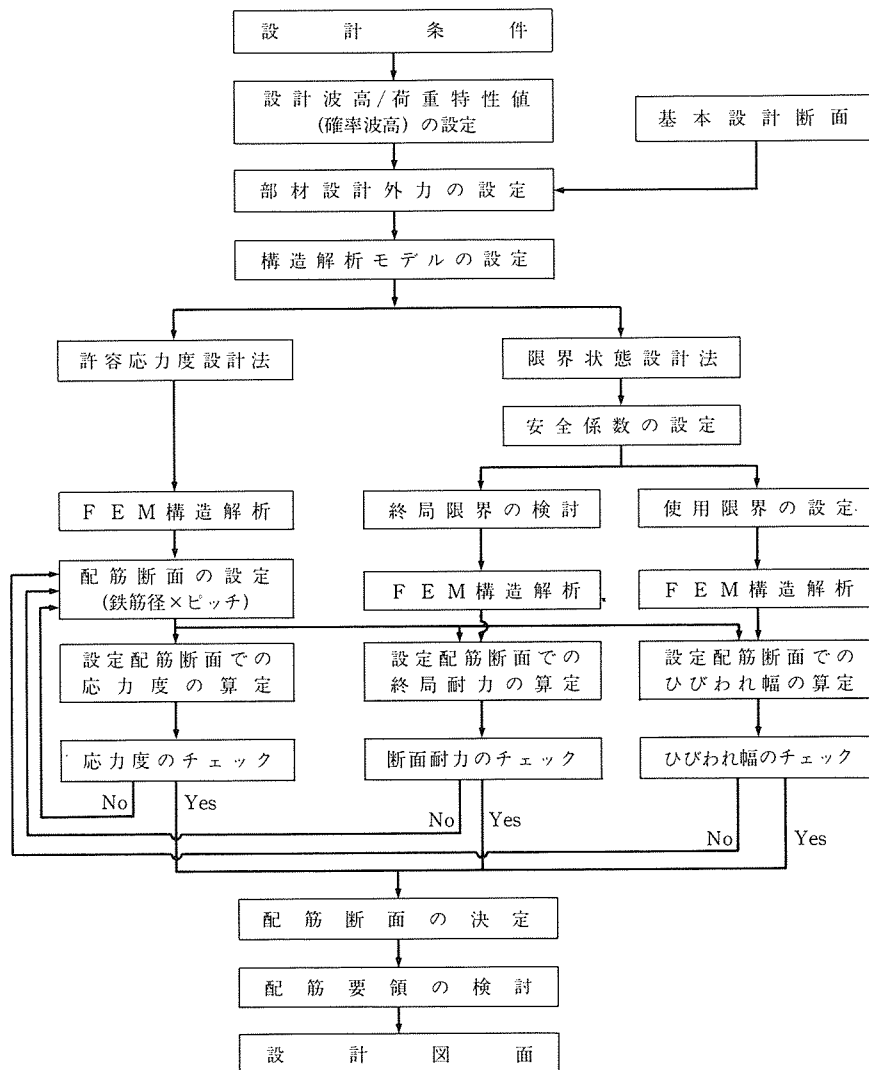


図-8 細部設計検討フロー図

表-3 軸方向力に対する組合せ

部 材 名 称	軸 力		曲げモーメント
	引張力	圧縮力	
円筒部（円周方向）	○	○	○
円筒部（鉛直方向）	○	×	○
底 版	○	×	○
中 間 床 版	○	×	○
隔 壁	○	×	×

注) ○; 考慮する ×; 考慮しない

また、使用限界状態でのひびわれ幅は、腐食環境を考慮して検討した。

(4) 配筋方法

円筒部の配筋は、円筒方向のフープ筋と鉛直方向の鉛直筋を直交させた格子状の配筋とした。また、底版の配筋は同心円状の配力筋と放射状の主筋を半径方向に配筋した。なお、内円筒の下部は、主筋が集中するのを避けて格子状の配筋にした。

5. 現地実証試験

5.1 実証試験全体計画

現地実証試験は、二重円筒ケーソンの設計法、施工法の確立を図ることを目的に、図-9 に示すような全体計画に基づいて行うこととしている。

5.2 実証試験位置

実証試験は、二重円筒ケーソンに作用する波が他の構造物の影響を受けない地点で行うことが必要で、しかも将来的には防波堤の一部となることから図-10 に示すように防波堤計画法線上の先端とした。また、最終的な設置函数は3函（RC 函2函、PC 函1函）としている。

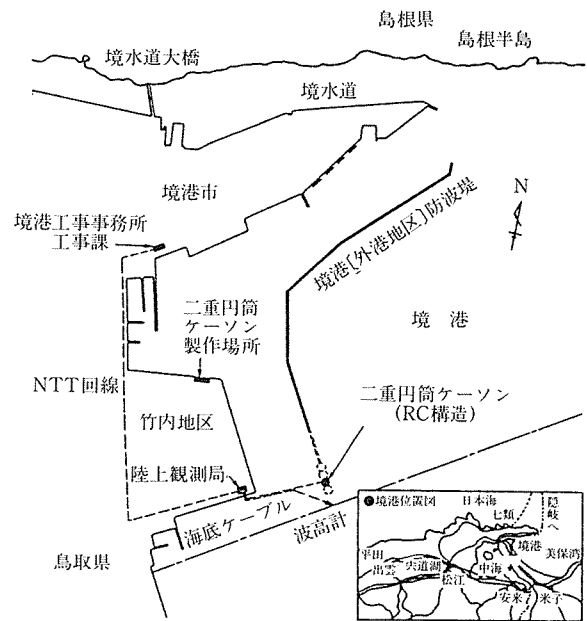


図-10 現地実証試験位置図

5.3 現地計測

(1) 計測の目的

二重円筒ケーソンを実海域に設置して、複雑な海象条件の下で、現地波浪特性、波圧分布、堤体の部材応力・振動特性等を把握して、現行設計法の妥当性を検証することとした。さらに大水深、高波浪域への適用に向けての技術的な課題に対するデータを得ることを目的としている。

表-4、図-11 に計測内容、実証および確認事項をそれぞれ示す。

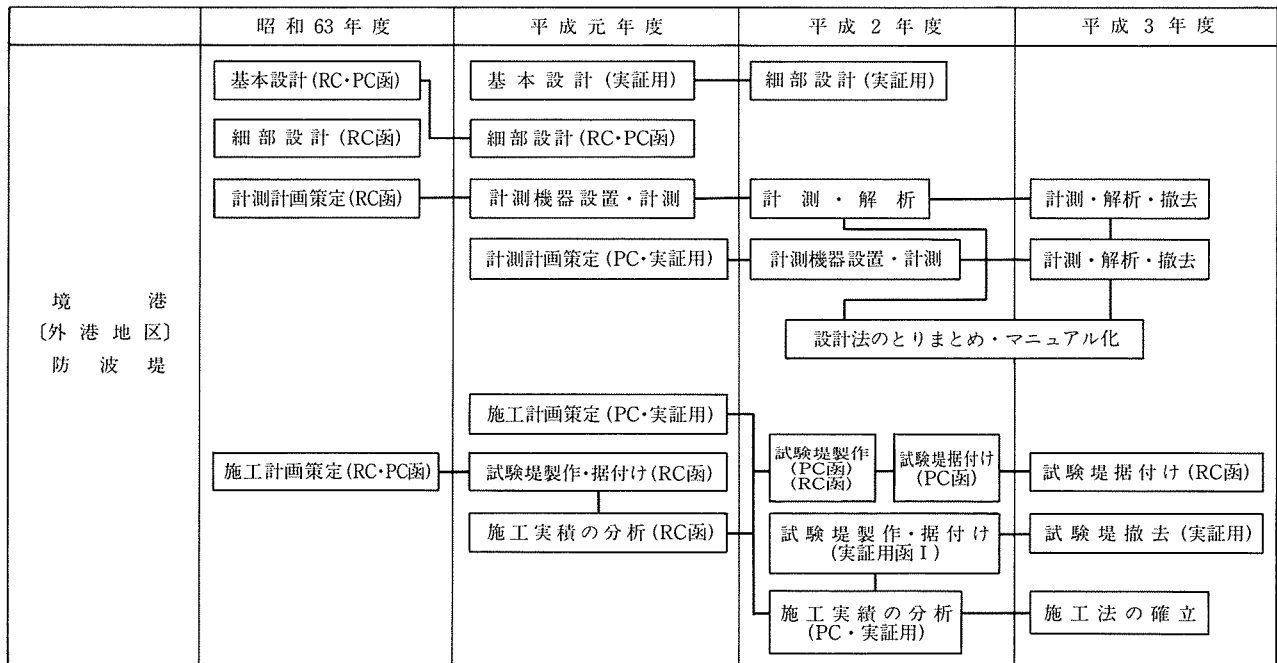


図-9 現地実証試験全体計画図

表-4 計測内容

実証試験	試験内容	実施理由
水理特性の把握	波高計の設置	現地波浪特性の把握
	波向計の設置	現地波浪特性の把握
	波圧計の設置	ケーソン波圧分布の把握
堤体の安定性検証	速度計の設置	ケーソン振動特性の把握
	傾斜計の設置	ケーソンの安定性の把握
	間隙水圧計	地盤の安定性の把握
部材の安定性検証	(完成時) 鉄筋計の設置	(完成時) 部材応力を把握することにより、構造解析法および配筋法の妥当性について検討する (施工時) 外力が明確な時点で計測を行い、FEM結果、配筋法の妥当性について検証する
	ひずみ計の設置	
	温度計の設置	
	土圧計の設置	
	(施工時) ひずみゲージ	

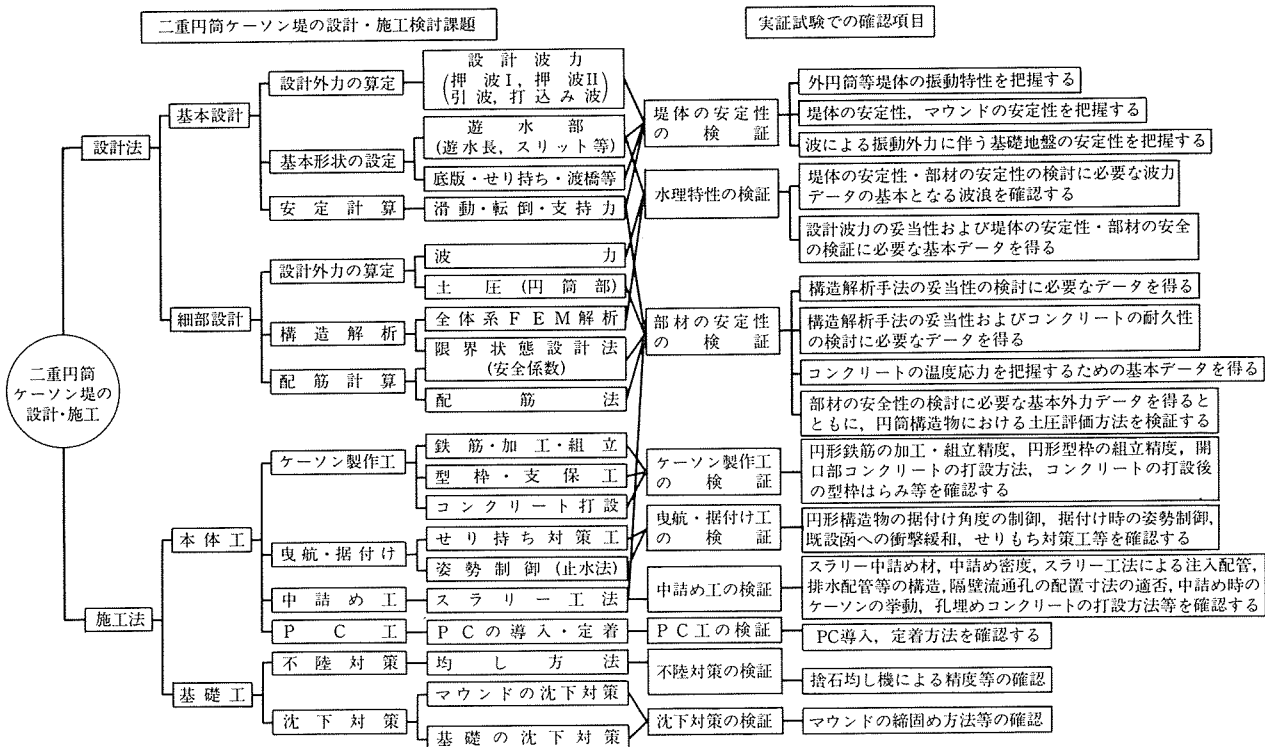


図-11 現地試験における実証および確認項目

表-5 計測項目および計測器

調査分類	計測項目	計測部材	観測形態		計測器	
			静的	動的	種類	台数
①水理特性に関するもの	波高	-		○	波高計	1
	周期	-		○		
	波向	-		○	波向計	1
	水平波圧	外円筒壁, 内円筒壁	○	○	波圧計	29
	鉛直波圧	中間床版, 蓋コンクリート	○	○		
揚圧力	底版, 渡橋	○	○			
②部材の安全性に関するもの	鉄筋応力	外, 内円筒壁, 中間床版, 底版	○	○	鉄筋計	48
	コンクリート応力	外円筒, 底版	○	○	ひずみ計	12
	部材温度	外円筒, 底版	○		温度計	1(2)
	土圧	内円筒中詰め材	○	○	土圧計	4
	吊上げ荷重	(施工時) 吊上げ筋	○		ひずみゲージ	32
③堤体の安定性に関するもの	水平変位	蓋コンクリート上部		○	速度計	4
	鉛直変位	外円筒壁頂部		○		
	堤体の傾斜	蓋コンクリート上部	○		傾斜計	2
	間隙水圧	捨石マウンド底部	○	○	間隙水圧計	3

(2) 計測システム

計測システムは、収録した磁気テープを直接電算処理することができ、システムがシンプルで安価なデジタル方式を採用した。また計測器の観測方法は、一定時間内の経時変化を観測する方法（動的観測）と一定時間間隔ごとに定期観測する方法（静的観測）とを組み合わせた（表-5）。

(3) データ解析

観測によって得られたデータの解析は、平成2年度から実施している。

6. 施 工

6.1 工事概要

図-6の標準断面図に示すように、二重円筒ケーソン堤の海底地盤には厚さ10mにわたって粘土層があるため、まずこれを砂に置き換える地盤改良を施工し捨石マウンドを築造した。今回製作した二重円筒ケーソンは、重量約1500トンのRCケーソンで、据付けは3000トン級起重機船を用いて行った。被覆ブロックはケーソン底版形状が八角形であることから直角三角形(4.7×4.7×1.0, 25t/個)のブロックを製作し据え付けた。また、ケーソン据付け後、維持管理用PC渡橋の頭部への取付けを行い、その後計測器等の設置を行った。

本工事の全体工程を図-12に、そのうち本体工の詳細工程表を図-13にそれぞれ示す。

6.2 ケーソン製作

二重円筒ケーソンは、通常の矩形ケーソンに比べ構造が複雑で、特に製作に際し、

- 1) 二重の円筒壁がある
- 2) 開口部を有する
- 3) 中間床版が必要

との特徴があるため、これらについて留意した。

特に円構造の出来形管理を正確に行うため、全体を通して同一の基準点を設け、この基準点から幅、厚さおよび鉛直度を管理する必要がある。

鉛直度のチェックは、円中心にφ150の鋼管を建て込み、この中心にピアノ線で下げ振りを吊り降ろし、そのピアノ線を基準点として所要の距離を測ることにより行った。

(1) 製作ロット割り

コンクリートの打設は図-14に示すように5ロットに分けて行った。

(2) アスファルトマット

二重円筒ケーソンと捨石マウンドとの摩擦抵抗を増加させるため、ケーソン底面にアスファルトマット(厚さ80mm)を取り付けることとした。

このアスファルトマットがケーソン吊上げ時や据付け時に剝離しないようにするため、あらかじめマットに埋込みをしていたなまし線(8番)を底版鉄筋組立時に緊結した。

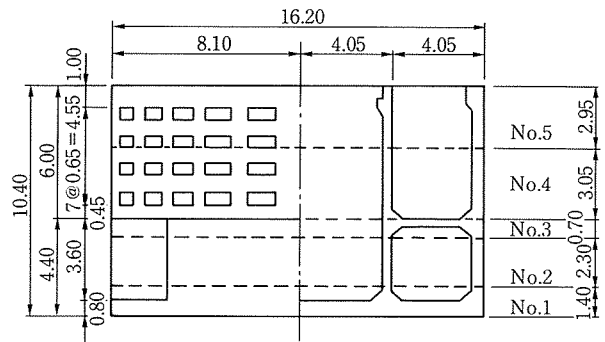


図-14 RC函製作ロット割り

工種		平成元年								
		6	7	8	9	10	11	12	1	
基礎工	床掘り工	—								
	置換工 捨石工 根固め工		—							
本体工	ケーソン製作	—								
	ケーソン据付け									
	中詰め砂 スラリー中詰め									
	蓋コンクリート 渡橋									
計測工	計測機器設置		—							
	ケーブル設置 計測							調整		開始
備考			鉄筋組立 開始 4d		5R打設 29d					

図-12 二重円筒ケーソン堤工事全体工程

上段：計画
下段：実績

名称	数量	月 日	6				7				8				9				10				所要日数	
			20	②	10	20	30	10	⑫	⑬	20	⑳	30	⑫	⑬	10	20	①	③	10	⑮	20	計画	実績
準備工	1式		AS																		16	2		
鉄筋加工, 組立	87 721kg		加工		組5.5		2組6.5		3組8		4組5		5組5								23	(44.5)		
型枠組立, 脱型	1 657m ²		組4.5		2組2.5		3組2.5		2組2.5		4組5		4組5		5組10		5組4		9 10 脱		47	(56.5)		
型枠大組			3		5		4		4				5組替5		3		3		解体2		6	(48)		
コンクリート打設	627m ³		12		12		26		30		18		7		19		7		7		6	(5)		
養生	1式		13		21		19		19		8		8		8		8		8		5	(20)		
支保工	1式		組2		2		3		4		解6		10撤去		18						8	(10)		
足場組立, 解体	1式		16		20		16		20		21		22		8		11		20		17	(33)		
ケーソン据付け	1函																				1	(1)		
中詰め砂	334m ³																							
スラリー中詰め	404m ³																							
蓋コンクリート	28m ³																					鉄筋11/1-2 打設11/6		
渡橋	2基																					取付け11/4		
計測工	1式																					施工時計測		
ケーソン製作 ロッド別工程			1 R 02		15 2 R		06		1 3 R 04		20 4 R		09		9 8 R 7		19 5 R		20		10	88		
			1 R 04		15 2 R 02		27		3 R 08		19 4 R		09		10 5 R 24		5				5	87		

図-13 二重円筒ケーソン本体工工程表

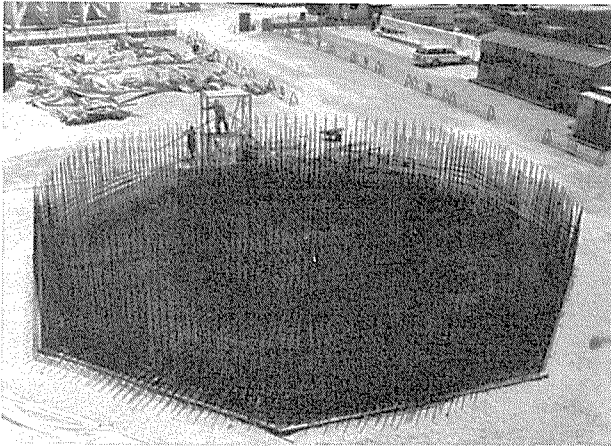


写真-1 鉄筋組立（底版）

（3）鉄筋加工・組立

円周方向の鉄筋は、円構造であるため半径方向ですべて曲率が違い、特に底版部で顕著である。そのため鉄筋が正確に加工・組立できるように、底版面積の1/2の合板製の台を現場に設け、この原寸台に配筋に合わせた円周墨を落として原寸図を作り、加工した鉄筋の曲げ半径や長さを確認した。

鉄筋の組立は通常行われている現場組立による方法で行った(写真-1)。

（4）型枠支保工

図-15に二重円筒ケーソン製作ロット別の使用型枠を示す。

型枠材は中間床版の底型枠（木製）以外はすべて鋼製型枠を使用し、型枠の組立は大組方式を採用した。立上がり型枠の支保工は、トラス構造によってコンクリートの側圧やバイブレータ等の外力に耐えるように設計を行った。

従来の矩形ケーソンと異なる点は、円形を確保するための施工管理や幅10cmのメタルフォームを使用したことによって、大組型枠の組立、組替に労力と時間を要

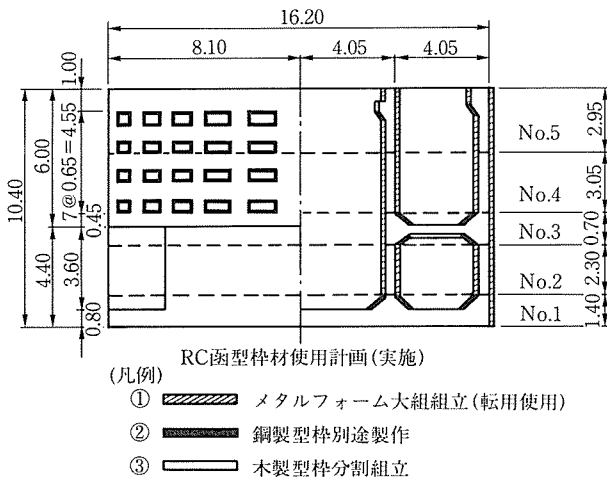


図-15 型枠材使用計画図

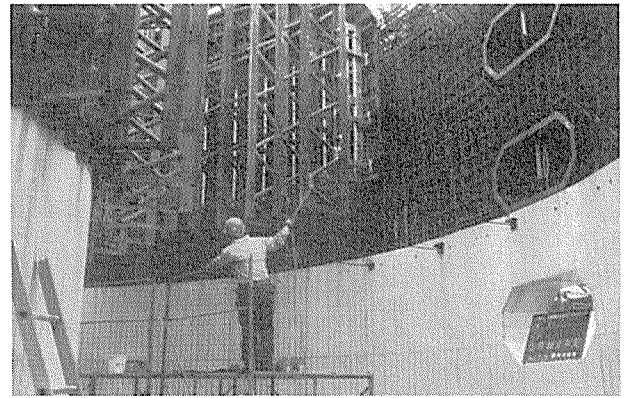


写真-2 型枠組立（5層目）

し、また、ケーソンの形状が複雑であったことから、大組型枠の転用ができなかったことである(写真-2)。

（5）足場

今回の工事で架設した足場は、外足場、補助足場および鋼製内足場である。

外足場は、通常の矩形ケーソンと同様の枠組足場を用いた。補助足場は図-16に示すが、これは通常の矩形ケーソンであれば内マス方式で施工できるため必要のない足場である。

また、2, 4, 5 ロットのコンクリート打設用、鉄筋組立用、ケーソン据付け時の転落防止用、中詰め時の作業用の各足場として図-17に示す鋼製内足場を使用した。

（6）コンクリート打設

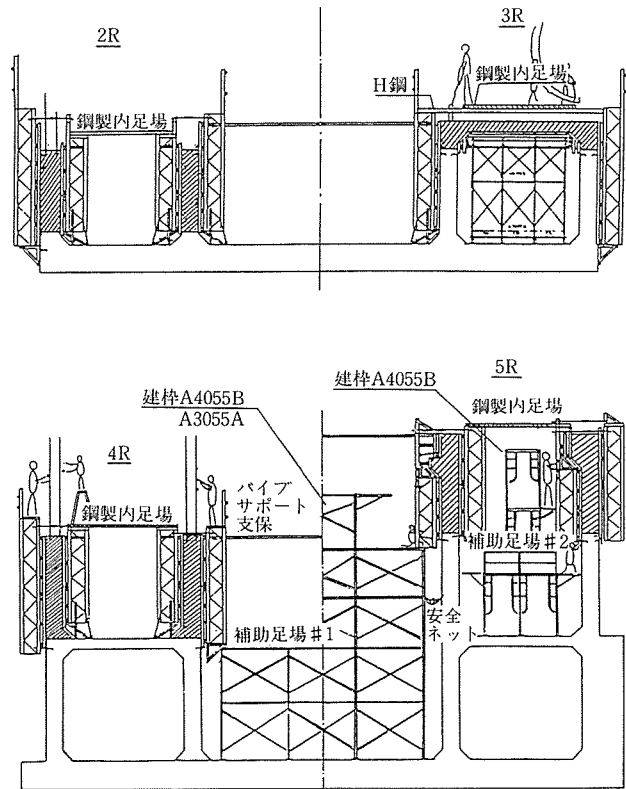


図-16 足場使用状況

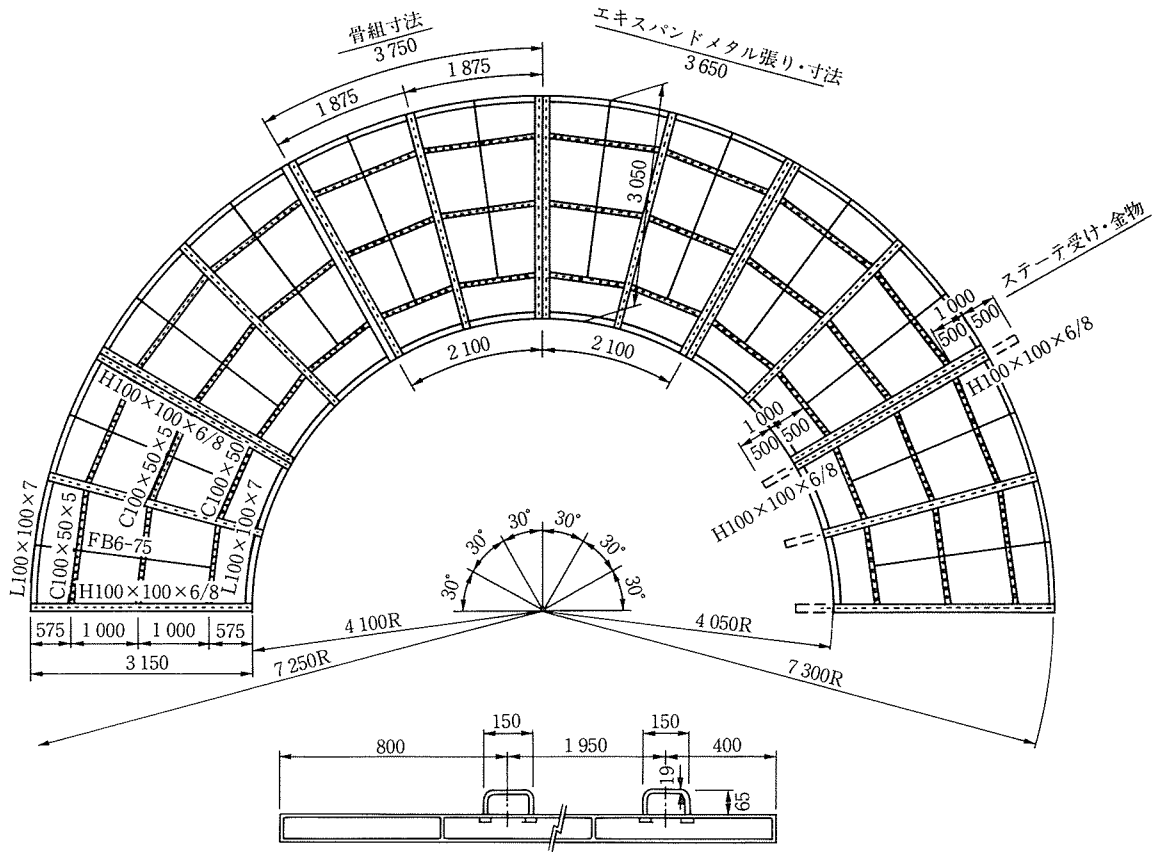


図-17 鋼製内足場構造図

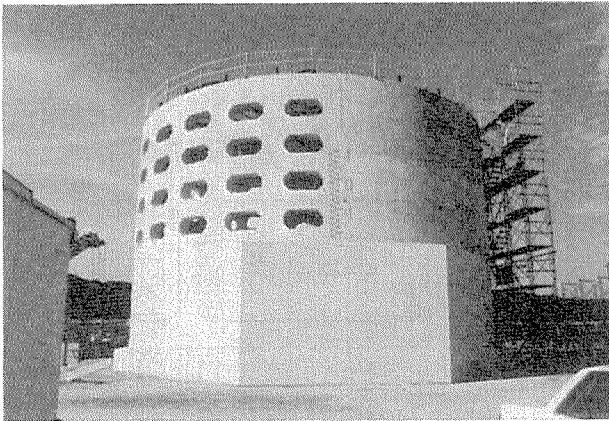


写真-3 完成状況(1)
(下部正面はせり持ち部である)

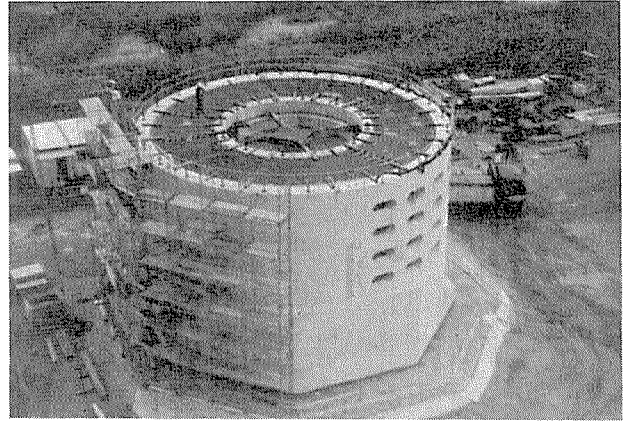


写真-4 完成状況(2)
(上空から見たもので、外円筒と内円筒間には補助足場が架設してある)

コンクリートの打設方法は、矩形ケーソンと同様、レデーミクストコンクリートをアジテータ車で運搬し、コンクリートポンプ車（3段ブーム付き）を使用して打設を行った。

コンクリート打設時においては、二重円筒ケーソンの特徴である開口部に、本来エアが抜ける上面に型枠があり鉄筋に邪魔されパイプレータが届かないこととなるため、ジャンカをつくらずに施工できるか、という課題があり、図-18に示すように片側から型枠下部よりコンクリートを十分盛り上がらせ、型枠下部に隙間をつくら

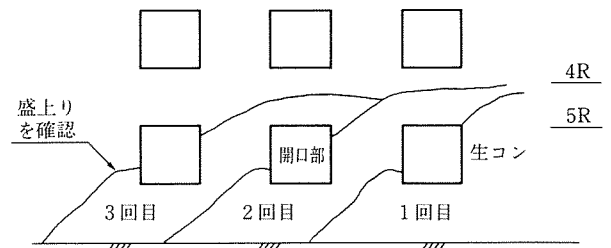
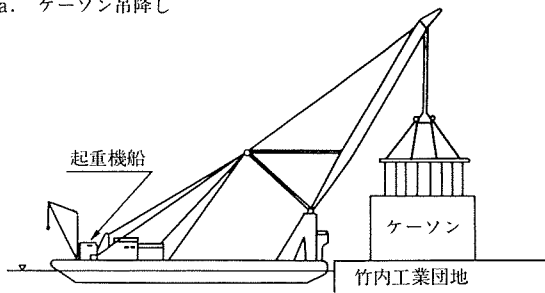
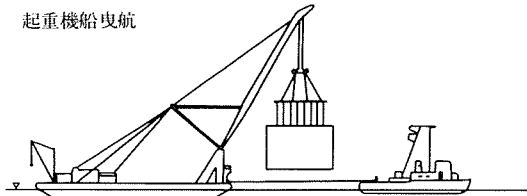


図-18 片押し施工状況図

a. ケーソン吊降し



b. 起重機船曳航



c. ケーソン据付け

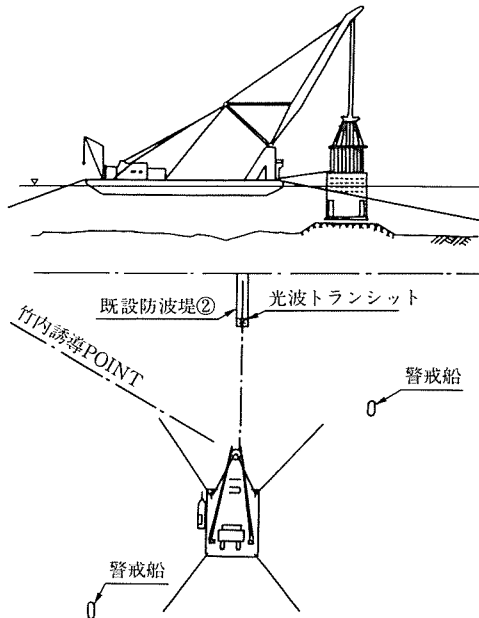


図-19 ケーソン据付け要領図

ないように順次仕上げていく片押し施工で行ったところ問題となるようなジャンカはできなかった。

6.3 ケーソン据付け

二重円筒ケーソンの据付け手順を図-19に示す。

陸上で製作した二重円筒ケーソンを3000トンの起重機船で吊り棒を用いて吊り上げ、それを引き船で据付け位置まで曳航し、ケーソンを据え付けた(写真-5)。

据付けは一般に水中ポンプで注水しながら行うが、本ケーソンの場合、中間床版下部への注水は外円筒に開口部があり中間床版にもスラリー中詰め用の穴が開いているため、外円筒より自然注水(内円筒は通常の注水)となった。そのときのケーソンの水平制御の方法は、4点でケーソンを吊り上げたフックの荷重計を見ながら注水量を調整し水平を保った。

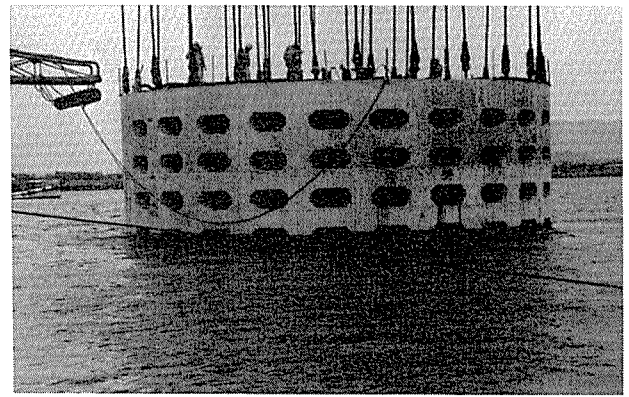


写真-5 ケーソン据付け

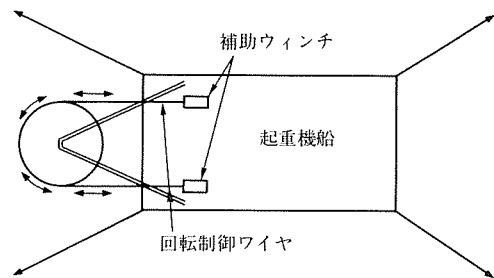


図-20 ケーソン据付け角度の抑制

ケーソン据付け位置への誘導はトランシットにより行い、据付け角度の制御は図-20に示すように、起重機船の補助ウィンチを使用して角度の調整を行った。

6.4 中詰め

中詰めは、円筒および中間床版下部へ行った。

内円筒へは直接ガット船で中詰め砂を投入する在来工法を用いた。

中間床版下部への中詰めは、注入口からポンプ流水を利用して中詰め砂を充填するスラリー工法を用いた。図-21にその工法の概念を示す。

配管作業は潜水士により現場で取り付けたが、このとき注入・排水口が水圧変化で複雑な流れを生じ、潜水士が一時船酔い状態になるなど取付けに苦労した。

スラリー中詰め工法の充填状況の測定は、図-22に示すようにあらかじめ中間床版に取り付けられていた12か所の検査口からレッド測量によって行った。中詰め最終充填率は98.4%になり、当初設定値(縮尺1/10の模型実験)の97%を若干上回る結果となった。

6.5 蓋コンクリートおよび渡橋

内円筒の蓋コンクリートの鉄筋は、本体部と同じ原寸

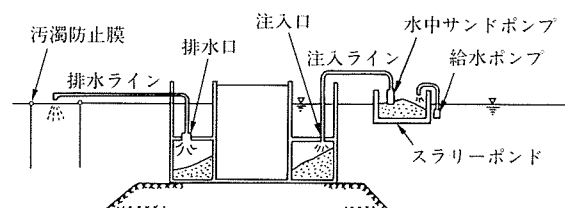


図-21 スラリー中詰め工法概念図

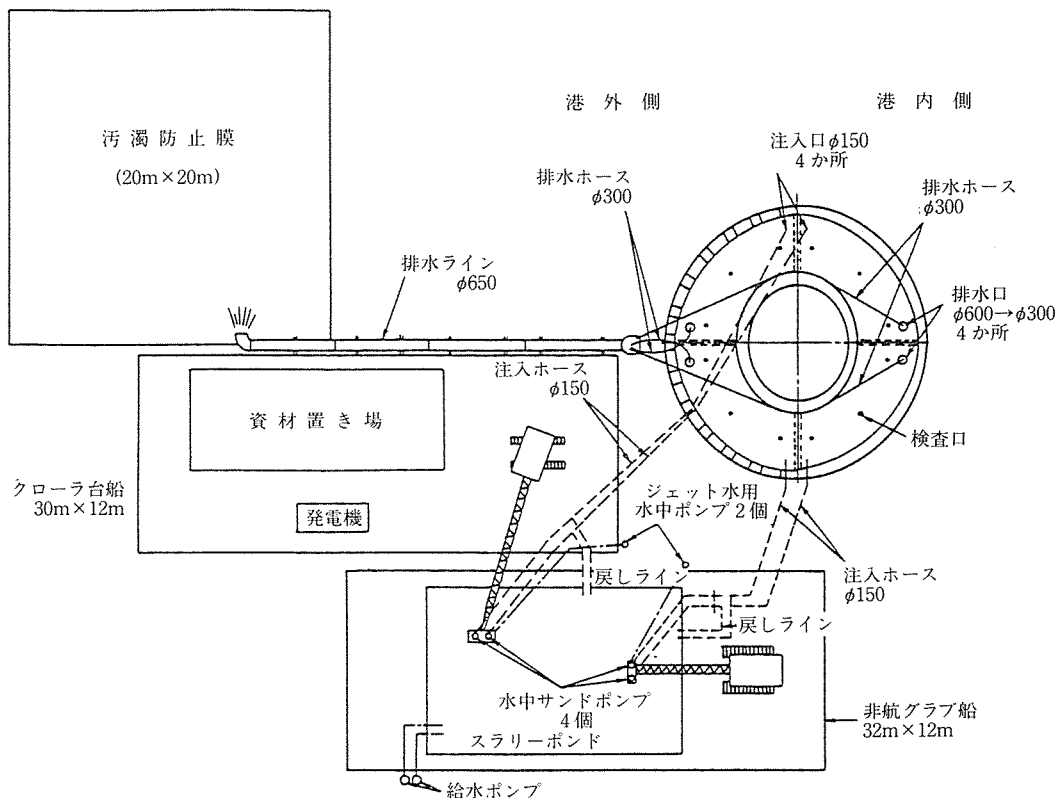


図-22 スラリー中詰め施工配置図

台を使用し加工した。また、コンクリートは台船にバケットを積み込み海上運搬し、打設はクレーン付き台船を用いた。

外円筒と内円筒を結ぶ渡橋は、主桁の施工はポストテンション方式のPC桁 ($L=4\,575\text{ mm}$, $B=1\,500\text{ mm}$, $H=400\text{ mm}$) で行い、用筒の振動に対処するため外円筒をフリーにしている。

7. おわりに

今回施工した二重円筒ケーソンは、一種のシェル構造であり、比較的小さな断面の部材で大きな波力に耐えるように設計され、その分構造が複雑になっている。このような新しいタイプの構造物を開発すれば、その実用化前に実海域での実証試験は避けて通れないプロセスである。現在、平成元年度に据え付けた二重円筒ケーソンの計測は、その後も順調になされ、貴重な観測データも着々と測定されている。また、平成2年度は引き続き現地実証試験として、柴山港でのケーソンはRC函では重量が過大となることも予想されるため、PC函に係る施工方法の検証を行うために、PC函の製作・据付けお

よび現位置における滑動計測用の実証函の製作・据付けを行い、計測が続けられている。

今回、本港で行う一連の実証試験により計測されたデータの解析および確認された施工上の問題点の改良等により技術的課題の解明が図られ、一日も早くこの二重円筒ケーソンが、本来の活躍場所である外海の大水深域における防波堤として登場し、その機能が発揮されることを期待するものである。

参考文献

- 1) 谷本ほか：「大水深波浪制御構造物に関する水工的研究（その4）-二重円筒ケーソン（海底設置型）の水利特性と試設計」港湾技研資料，1987年9月
- 2) 第三港湾建設局神戸調査設計事務所：「新形式防波堤水理模型実験（その2）報告書」1986年8月
- 3) 二重円筒ケーソン堤技術開発調査委員会資料，正規RC函施工実績の分析および改善策，平成2年3月
- 4) 高橋重雄：「二重円筒ケーソン防波堤の開発」日本港湾コンサルタント協会技術年報，No. 26
- 5) 片岡真二，豊島照雄，岡貞行：「二重円筒ケーソン堤の開発」土木施工，31巻6号，1990. 6

【1991年1月14日受付】