

# 来島大橋 2 P 橋脚 R C ケーソン製作および輸送・設置 Kurusimaohasi No.2 Pier—Fabrication,Transportaition and Setting of RC-Caisson—

吉田 正樹\*  
Masaki Yoshida

金村 博文\*  
Hirofumi Kanamura

江藤 俊行\*  
Tosiyuki Etou

## 要 約

本四連絡橋尾道～今治ルートでの最後の設置となった 2 P ケーソンは、海底岩盤を砕岩掘削した海底面上に直接設置するコンクリート製ケーソン（以後 RC ケーソンと呼ぶ）である。当海域は陸地に近く、潮流も速い上に、隣接して定期航路があることにより、一般船舶が行きかう施工環境である。本文では、大型フローティングクレーン船による一括設置の施工と航行安全対策について報告する。

## 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 概要
- § 3. RC ケーソン製作
- § 4. RC ケーソン輸送・設置
- § 5. 設置精度
- § 6. まとめ

## § 1. はじめに

来島大橋は、本州側広島県尾道市と四国側今治市を結ぶ本州四国連絡橋西瀬戸自動車道のうち、大島～今治間約 4 km の来島海峡に架かる世界初の 3 連吊橋である。

来島海峡は、瀬戸内海特有の多島景観を呈し、風光明媚であり、海峡中央部にある武志島と馬島によって東水道、中水道、西水道の 3 つの航路に分岐している。中・西水道は、潮流が非常に速い上に、国際航路となっており、航行船舶が多く、海の難所となっている。

当工事は、来島大橋の下部工のうち最も大島側の海上部に位置する 2 P 主塔基礎および陸上部の 1 A アンカレイジ・P 1 橋脚を構築するものである。図-1 に橋梁一般図を示す。本報では、総重量 2200tf の RC ケーソン製作および輸送・設置について報告する。

## § 2. 概要

### 2-1 工事概要

RC ケーソン製作ヤード（愛媛県西条市西ひうち 2 号地）にて製作された RC ケーソンを、3600tf 吊フローティングクレーン船（以後 F C 船と呼ぶ）により 16000tf 積み台船（DB）に積み込み、仮泊地である津島北まで輸送し、津島北より工事海域へ吊り運搬・設置するものである。

西条市からの運搬に際しては、来島海峡に架空電線（高さ 66m）があるため F C 船による吊運搬が出来ず台船運搬とした。また、工事海域入域の際、一般航行船舶および旅客船が頻繁に航行する航路（東水道）を横断するため、事前に航行船舶の調査を行い、関係各所に作業の説明を行うとともに協力を要請した。

\*四国(支)来島大橋(出)

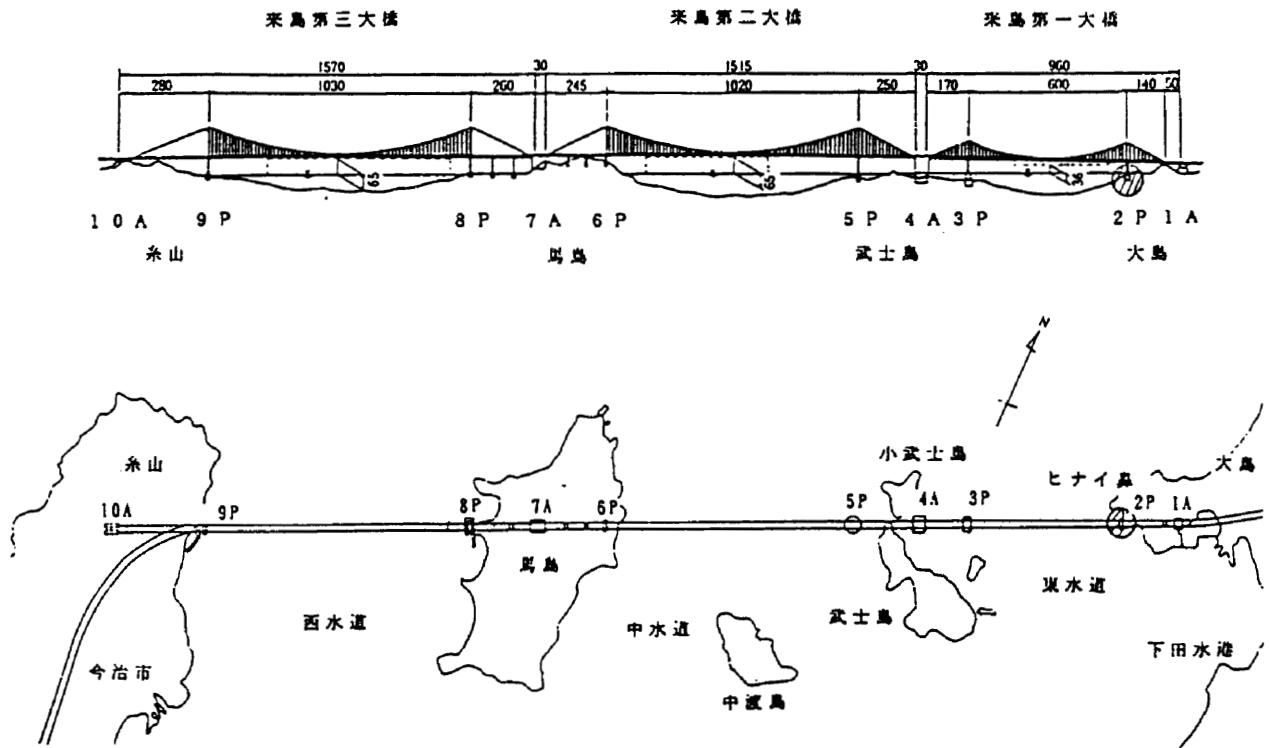


図-1 橋梁一般図

2-2 工事数量

工事件名：来島大橋下部工大島工事

企業先：本州四国連絡橋公団第三建設局

工事場所：愛媛県越智郡吉海町大字椋名

工期：平成4年10月1日～平成8年3月20日

(内 2P 平成4年10月1日～平成7年6月30日)

2P	RCケーソン製作	1式
	：構造物掘削工	
	陸上掘削	7,000m <sup>3</sup>
	海上掘削	8,900m <sup>3</sup>
	：土運搬工	16,000m <sup>3</sup>
	：RCケーソン輸送・設置	1式
	：RCケーソン根固工	
	布型枠工	110m
	築堤マット工	180枚
	：外周作業足場等製作・設置	1式
	：底面清掃工	530m <sup>2</sup>
	：水中コンクリート	
	水中モルタル	1,100m <sup>3</sup>
	水中コンクリート	3,200m <sup>3</sup>
	：気中コンクリート	3,900m <sup>3</sup>
	：PCパネル工	200m <sup>2</sup>
	：主塔アンカーフレーム設置工	2基
	：海上警戒	28ヶ月

§ 3. RCケーソン製作

3-1 施工フロー

図-2にRCケーソン製作施工フローを示す。

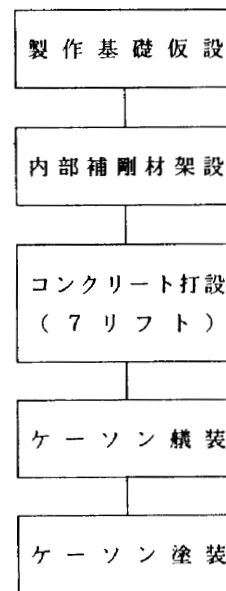


図-2 RCケーソン製作施工フロー

図-3にRCケーソン構造一般図を示す。

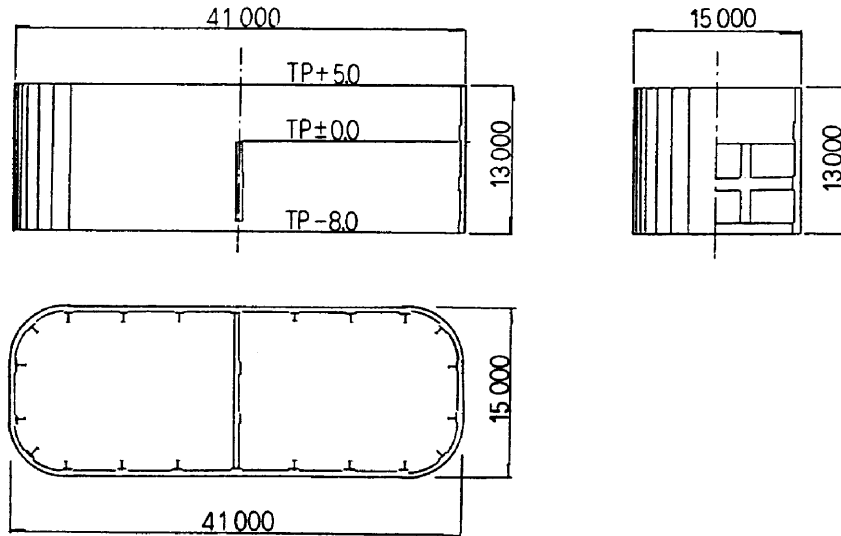


図-3 RCケーソン構造一般図

3-2 施工および問題点

(1) 製作ヤード

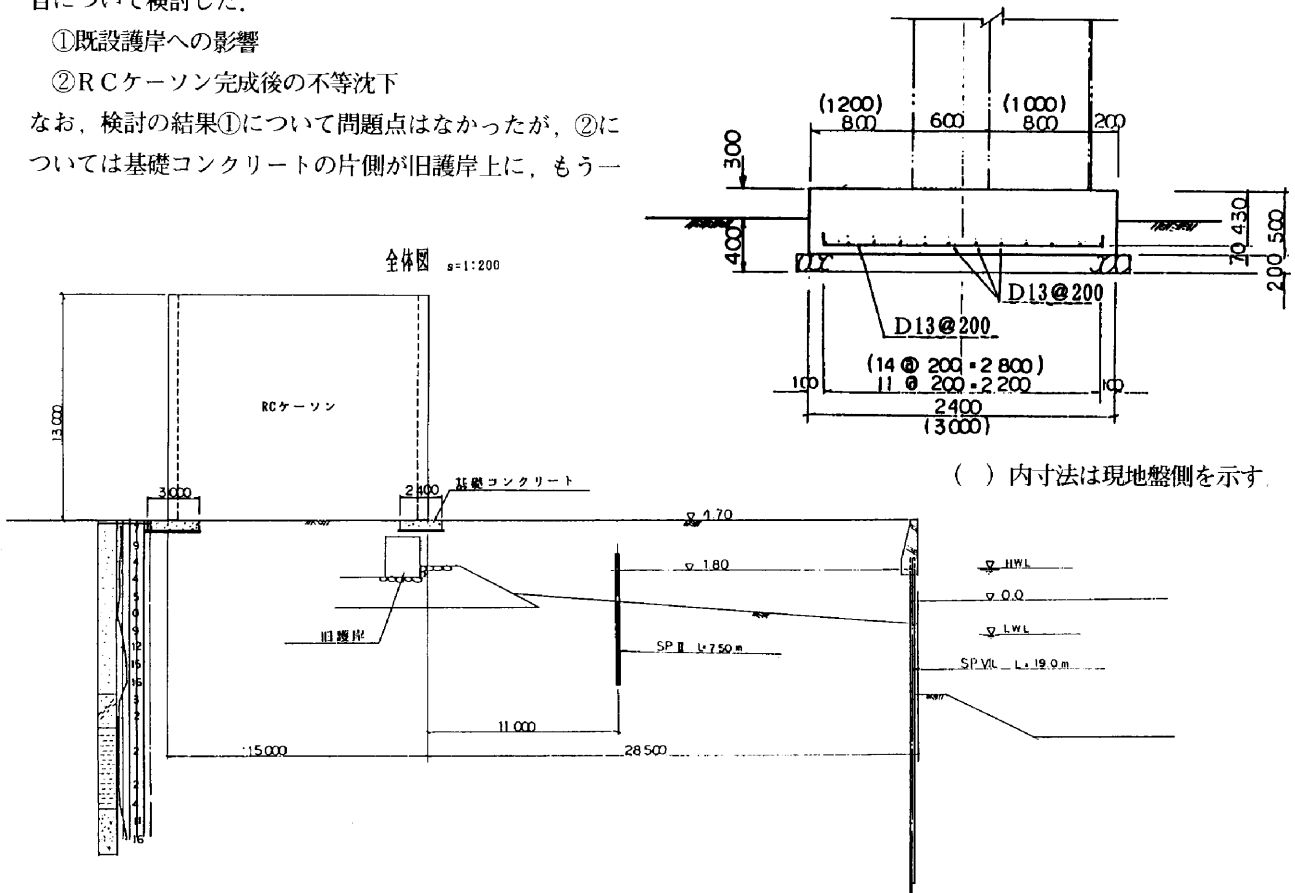
製作ヤードとしては、運搬・設置に便利でかつ、比較的大きな面積を経済的に借地できる条件を満足する西条市西ひうち埋立地を選定するとともに、以下のような項目について検討した。

- ① 既設護岸への影響
- ② RCケーソン完成後の不等沈下

なお、検討の結果①について問題点はなかったが、②については基礎コンクリートの片側が旧護岸上に、もう一

方が軟弱地盤上に位置することとなり、不等沈下による有害なひび割れが発生する可能性があることから、基礎コンクリート形状を変更した（軟弱地盤側  $W=3.0\text{m}$  旧護岸側  $W=2.4\text{m}$ ）。

図-4 に基礎コンクリート一般図を示す。



( ) 内寸法は現地盤側を示す。

図-4 基礎コンクリート一般図

表-1 RCコンクリートの示方配合

項目	スラブ* (cm)	W/C (%)	S/A (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )					
				水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤	A E 剤
B1-1	8±2.5	55.7	42.0	175	314	721	1022	1009g	9cc

(2) コンクリート配合およびリフト割

RCケーソンは、その内部にH型鋼からなる内部補剛材を有することより、一種のハイブリッドケーソンと言える。また、本ケーソンは、その使用目的が運搬・設置後に施工する水中および気中コンクリート打設の際の型枠であり、それ自身の止水性が重要である。そこで、コンクリートの配合設計およびリフト計画については温度

ひび割れ解析に基づいて決定した。

表-1にRCケーソンのコンクリート配合表を示す。

リフト割りは、最大リフト高2.7m、最小リフト高1mの6分割とした。

(3) 外周足場用埋込みアンカーボルトの変更

原計画では、外周作業足場の鋼製鉛直部材とケーソン本体との接合に埋込みボルト方式 (SS400 M30) を採用

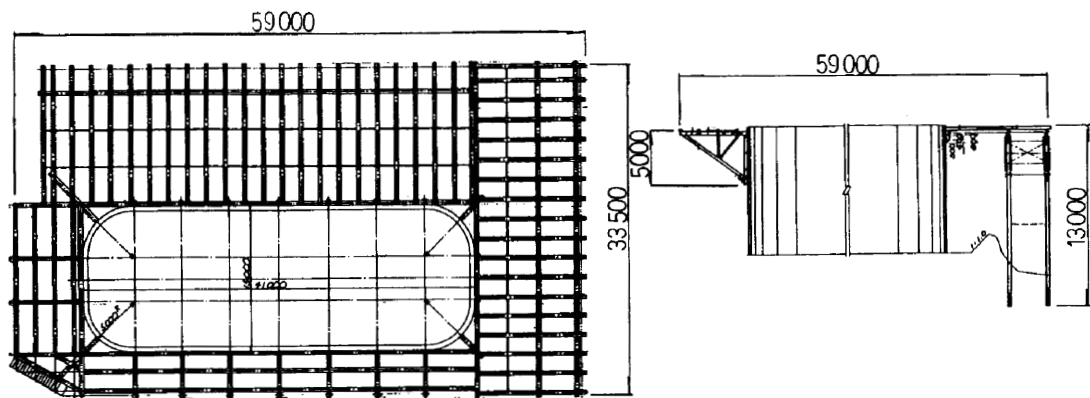
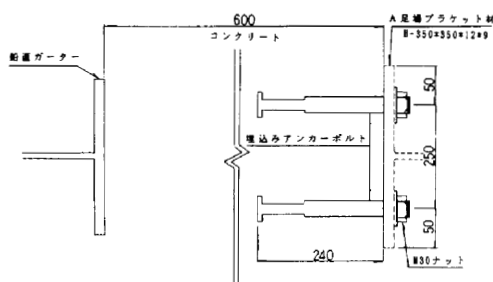
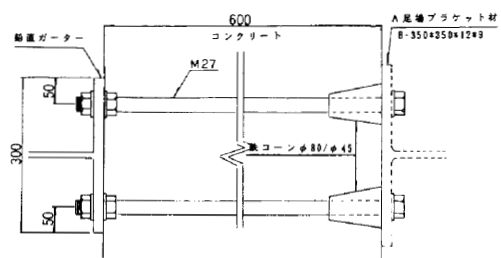


図-5 外周足場一般図

原計画アンカーボルト



変更後アンカーボルト



鉄コーン付きアンカーボルト  
詳細

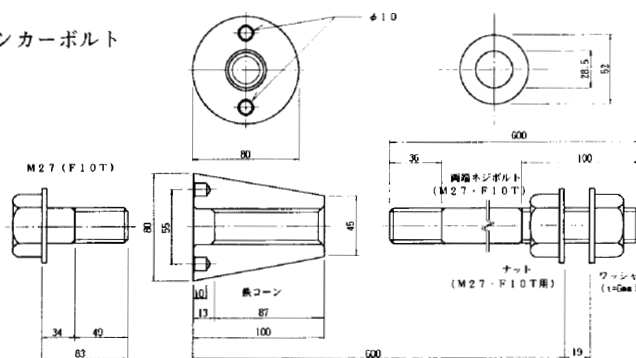


図-6 外周足場用埋込みアンカーボルト設置図

していた。しかし、外周作業足場の荷重条件が、作用荷重の大きな上部工施工時をも考慮することとなったため、原設計でのボルトの許容耐力はボルトの埋め込み長さやボルト間隔の影響から、コンクリートのコーン状破壊等で決定されることとなり、ボルトの径や材質を上げてでも対処出来ないことが判明した。

そこで、本工事では、ボルト自体の強度で許容耐力が決まるように、外周作業足場の鉛直部材とケーソンの内部補剛材鉛直ガーターとを接合する貫通鉄筋方式を採用した。この方式の採用により、ボルトの材質を上げる(F10T相当) ことならびに径を大きくして、埋め込みボルトに比べ本数を大幅に減少させることが可能となり、その破壊を延性的なものとし、急激な破壊を避けることができる。また、将来的にコンクリート表面へのボルト等の鋼材の露出を防止できることより、美観面や止水面でも有効な施工法であるといえる。

図-5に外周足場一般図、図-6に外周足場用埋込みアンカーボルトの設置図と鉄コーン付きアンカーボルトの詳細図を示す。

## § 4. RCケーソン輸送・設置

### 4-1 施工フロー

RCケーソン輸送・設置施工フローを図-7に示す。

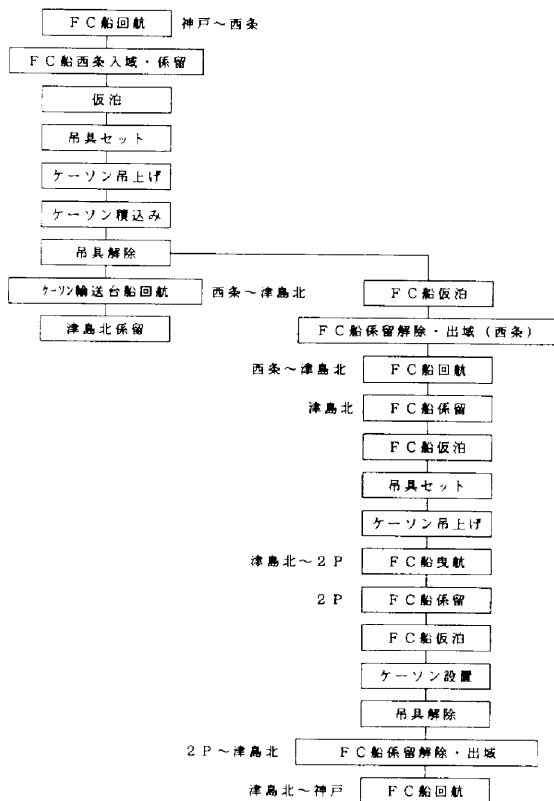


図-7 RCケーソン輸送・設置施工フロー

### 4-2 施工要領

製作ヤードでのRCケーソンの台船積込みから2P海域入域・係留までの施工概要は以下のとおりである。施工要領図を図-8に示す。

#### STEP1：製作ヤード

##### ①ケーソン吊上げ

FC船入港後、船首船尾とも4本ずつ計8本の係留索にて係留し、ケーソンを吊り上げる。

##### ②輸送台船挿入

ケーソン吊上げ完了後、FC船を50m程度後退させ、船首側に輸送台船を挿入し、ケーソンを搭載する。

##### ③輸送台船回航

搭載後、ラッシングを行い、輸送台船を目的地まで回航する。

#### STEP2：2P海域

##### ①FC船入域

ケーソンを吊り運搬したFC船は、航路中央部にて90°回頭し2P工事海域へ入域する。

##### ②FC船係留

2P工事海域入域完了後、図に示す①～①までの係留作業を行い、位置調整後ケーソン設置作業を行う。

### 4-3 RCケーソン設置

2P海域は潮流が速く、また作業時間も制約されている(潮止まり・日出～日没)ため、吊運搬、係留と誘導、設置を2日間作業で行った。

ケーソン設置状況を写真-1に示す。

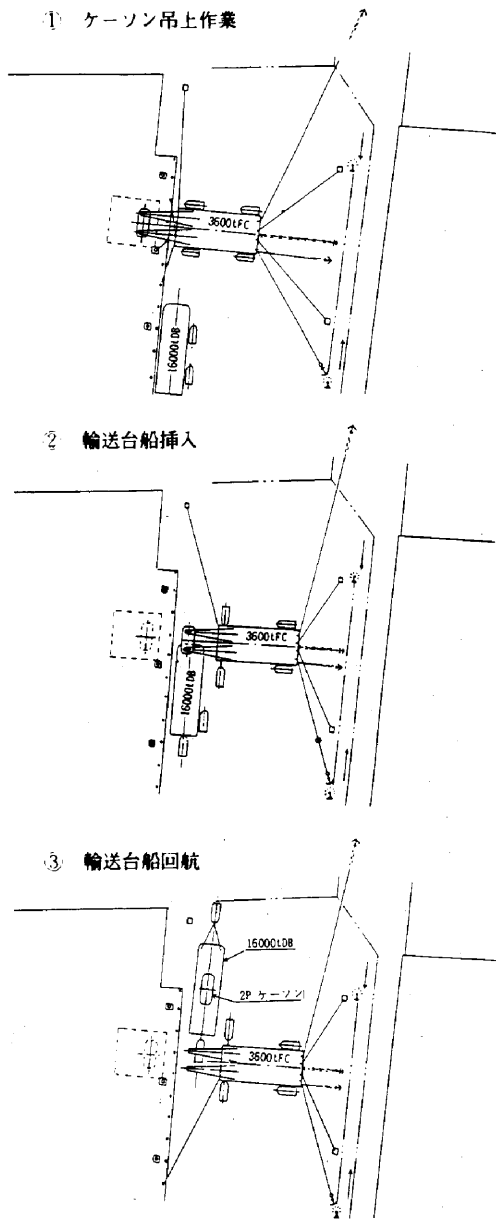


写真-1 RCケーソン設置状況

#### (1) RCケーソン誘導・位置決め

RCケーソンの正確な設置位置への誘導は、陸上部の誘導基準点に設置した自動追尾式トータルステーション2基を主とした計測システムにより実施した。また、FC船の操船室に設置したCRTディスプレイ上にリアルタ

STEP 1



STEP 2

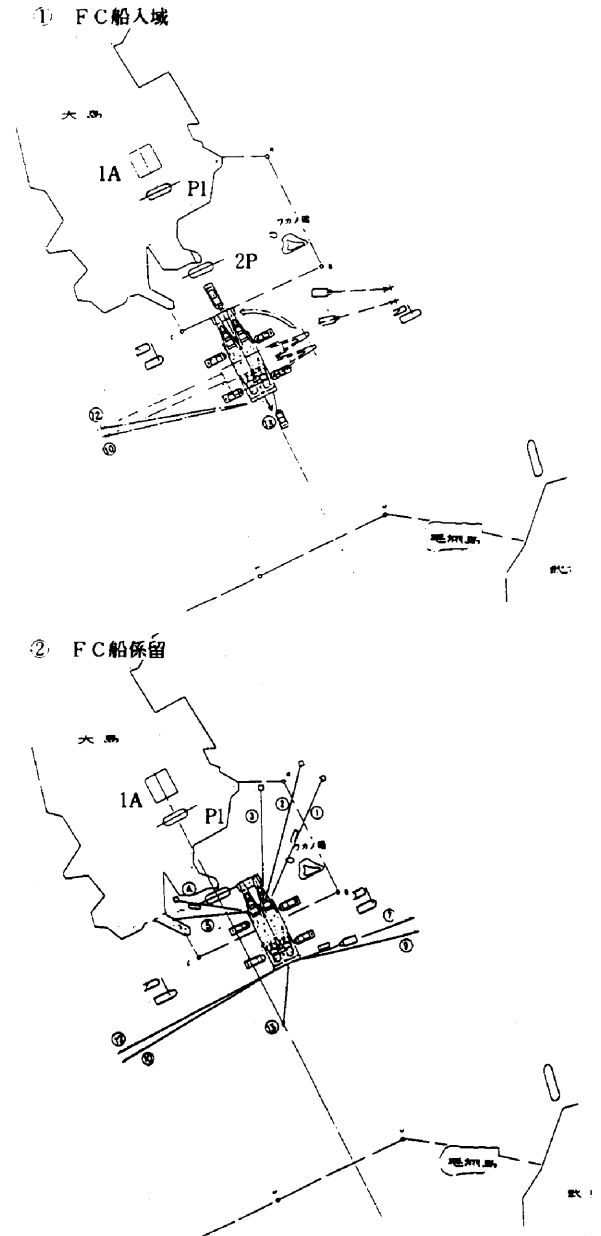


図-8 施工要領図

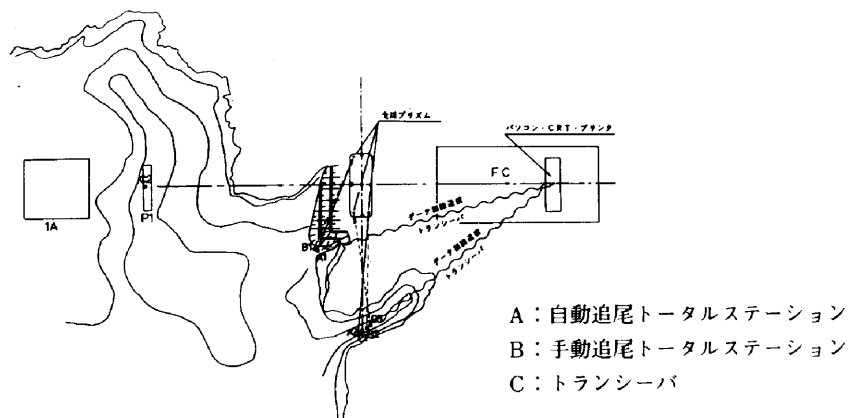


図-9 誘導測量図

イムに表示される RC ケーソンの平面位置に基づいて F C 船自体の係留索の操作やジブの起伏を行った。そして、表-2 に示すように 3 系統のシステムを併用して用い、計測結果の信頼性を高めた。図-9 に誘導測量図を示す。

表-2 RC ケーソン誘導システム

誘導システム種別	自動追尾トランスレーション (Aシステム)	手動追尾トランスレーション (Bシステム)	トランシット (Cシステム)
設置場所	T S : 陸上 2 箇所 ブイシステム : ケーソン上 2 箇所 CRT : FC 操船室	T S : 陸上 3 箇所 ブイシステム : ケーソン上 3 箇所 CRT : FC 操船室	経緯儀 : 陸上 2 箇所 ポール : ケーソン上 5 箇所
平面位置計測精度	測距 : 3mm+2ppm 測角 : 5"	測距 : 5mm+2ppm 測角 : 1"	約 10mm (目測)
標高計測精度	測距 : 3mm+2ppm 測角 : 5" 間接水準 (三角法)  ケーソン上面の標高差は必要に応じて手動追尾のデータと合成して表示する	測距 : 5mm+2ppm 測角 : 1" 間接水準 (三角法)	
データ取得方法	自動入力 (無線送信) 429.1750MHz ~ 429.7375MHz (46 CH)	手入力 (計測→トランシーブによる連絡→データレコーダによる手入力)	計測→トランシーブによる連絡
画面表示時間	数秒毎に画面自動更新	数分 (データ入力時間)	
使用区分	誘導測量全般	Aシステム測量データの検証 着底前の最終測量 着底後の確認測量 Aシステムのバックアップシステム	概略誘導 着底前最終測量 Aシステムのバックアップシステム

(2) 巻下げ

RC ケーソンの巻下げ時の海底面からの高さ管理については、RC ケーソン側面の吃水および潮位にて行った。また、RC ケーソンが均等に巻下がるように、各フックの荷重計を確認しながら慎重に行うと共に、着底後は各フックの負荷率が 90%, 80%, 50%, 30% の段階で停止し荷重のバランスおよび F C 船の吊位置を調整した。RC ケーソン着底後、荷重開放 80% の時点で、RC ケーソン位置精度確認および潜水士による着底状況の調査を行い、確認後、荷重を 100% 開放し設置完了とした。

なお、誘導・巻下げ・荷重開放フローを図-10 に示す。

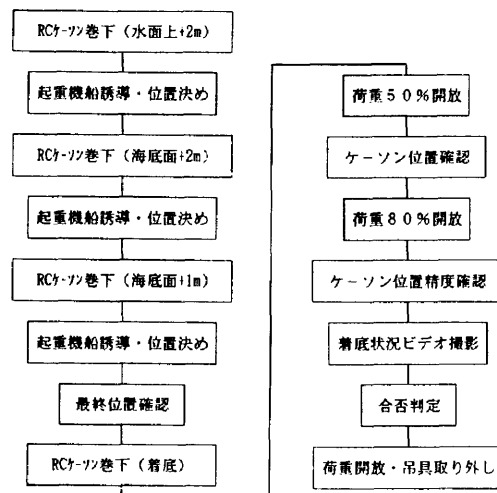


図-10 誘導・巻下げ・荷重開放フロー

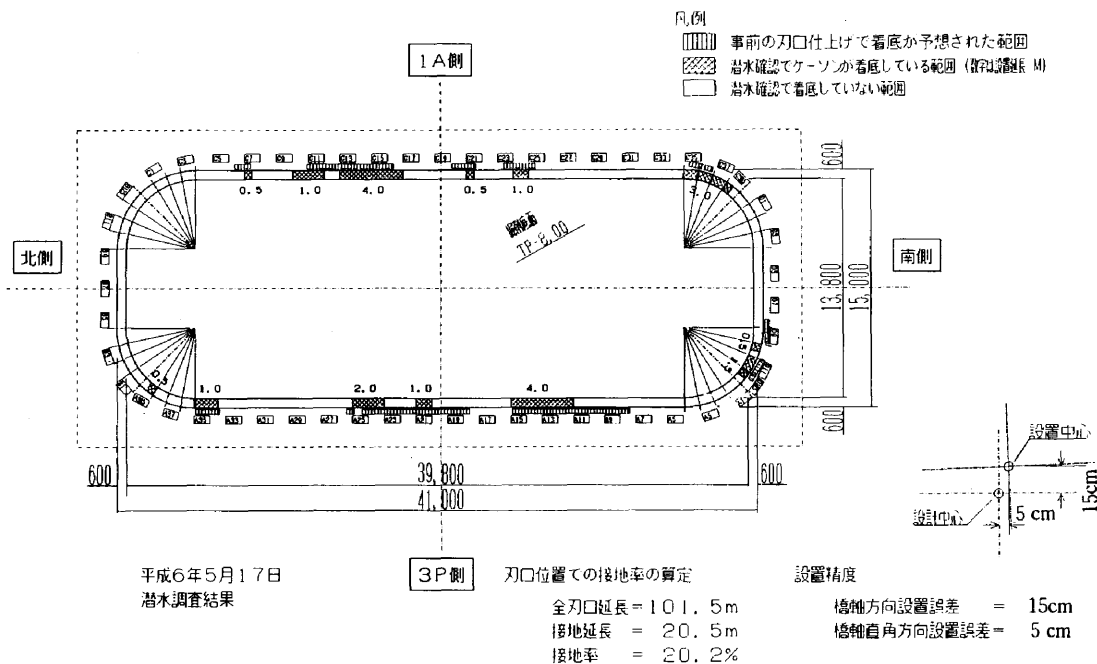


図-11 ケーソン設置位置着底状況図

## § 5. 設置精度

RC ケーソン 据え付け時における事前の応力照査では、接地率が 4% 以上必要であったが、本工事では 20.2% という高い値を得た。設置位置着底状況および設置精度を図-11 に示す。

## § 6. まとめ

今回の施工に際しての留意事項は、①流速が速い国際航路での安全確実な入域を行うこと、②RC ケーソンの設置精度を確保することであった。それぞれに行った対策とその結果は以下のとおりである。

### (1) 安全確実な入域

一般航行船舶の非常に多い航路（約 400m）内において曳船を含めると全長約 250m の FC 船船団をバランス良く 90° 回頭させて工事海域に入域させるために、2P 海域の作業に習熟した 4000PS 級のタグボート 6 隻を配置し、かつ、各船舶間の作業手順の打ち合わせを綿密に行うこ

とで、計画係留予定時間 120 分に対して 76 分という短い時間で完了することができた。

### (2) RC ケーソン設置精度の確保

RC ケーソンの設置許容誤差は、RC ケーソン最上部での高さ、橋軸方向および橋軸直角方向の変位とも 0.5m 以内と比較的緩かであったが、設置後の施工性を考慮し、できる限り設置精度を高めることに努めた。

高さについては、海底掘削終了後刃口部の潜水士による調査を行い、凸部は潜水士による人力掘削を行うことにより高い精度を得た。平面的（橋軸方向）には、RC ケーソン設置時に FC 船の浮力に変化が生じ、FC 船の吊位置が多少後退することが予想されたため、その影響を考慮して正規の位置より前方へ 15cm 程度ずらして設置を行ったが、結果的には FC 船の移動は起こらず 15cm の誤差を生じた。

最後に、本工事の施工でご指導ご協力を頂いた本四公団今治工事事務所、土木設計部、技術研究所の関係各位に感謝いたします。