

# 本州四国連絡橋大島大橋補剛桁の架設

## The Erection of the Stiffening Girder for the Ohshima Bridge in the Honshu-Shikoku Bridge Project

南出 範 雄\* 清 宮 昭 夫\*\* 太 田 武 美\*\*\* 松 田 真 次\*\*\*\*  
 Norio MINAMIDE Akio SEIMIYA Takemi OHTA Shinji MATSUDA

### Summary

This was the first experience to be had in Japan of adopting the under-lift erection method for erecting the stiffening girders of a long-span, exceeding 500m, suspension bridge.

Through this experience, we laid such construction skills as gantry crane, fixed-point pontoon mooring, etc. And thereby, we proved the effectiveness of this method, in both economy and workability, even under severe natural environment and social restrictions.

This report describes the method.

### 1. まえがき

大島大橋は本号の設計編に諸元を示したように、橋長840m、中央支間長560mの単径間補剛桁吊橋である。

補剛桁の架設工事は、昭和61年3月末から昭和63年1月までを工期とし、61年9月の補剛桁中央ブロックの架設に始まり、冬期6ヶ月の架設により、62年3月に閉合完了した。

本橋は、逆台形箱断面を有する補剛桁を持つ本格的な吊橋としては日本で初めての吊橋形式である。架設工法は、本州四国連絡橋として、最初の直下吊上げ工法を採用しており、また、架設順序も中央から塔部へ向っていくなど

その工法に大きな特色がある。

本文では、主に、架設工法の選定と採用された直下吊上げ工法での重要な部分を成す輸送台船の定点係留についての試験を実施先に先立ち行ったので、この試験について記す。直下吊上げ工法による補剛桁架設概要図を図-1に示す。尚、架設工事の詳細については、橋梁と基礎（昭和62年12月号）<sup>3)</sup>を、また、本橋の一般図及び工事概要等については、本号の“大島大橋補剛桁の設計”を参照して頂きたい。

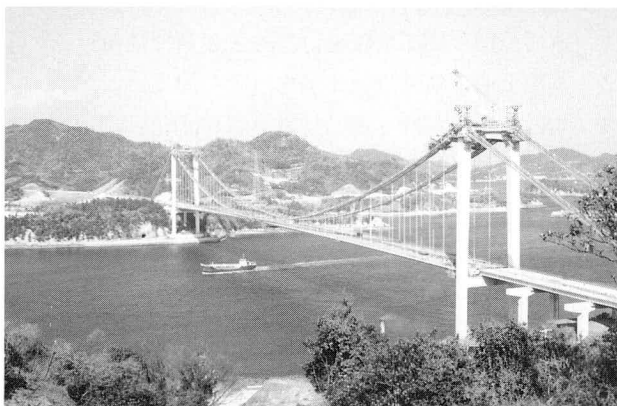


写真-1 完成間近の大島大橋全景

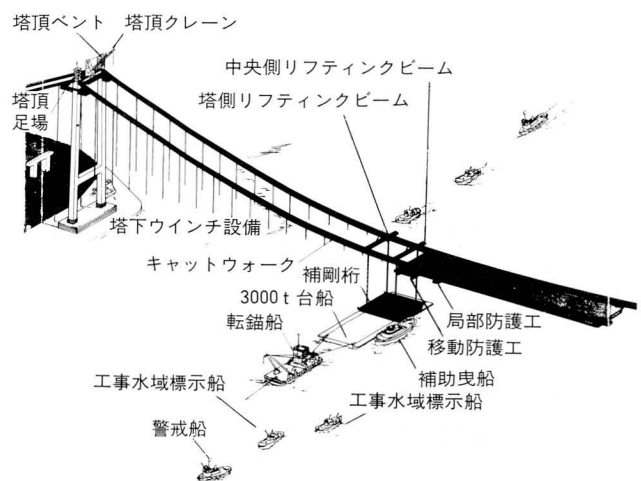


図-1 直下吊上げ工法の概要図

\* 千葉工場工事事務課長  
 \*\* 千葉工場工事事務課工事計画課課長代理

\*\*\* 宮地建設工業(株)長大橋梁室課長  
 \*\*\*\* 宮地建設工業(株)工事事務部

## 2. 架設工法の選定

### (1) 架設地点の状況

架橋地点の宮窪瀬戸は、来島国際航路の副航路として一般船舶の航行は、おおむね150隻/日あり、漁船も含めると300隻/日である。一般船舶はそのほとんどが499G/T型以下で、種別は貨物船とタンカーが主であり、定期航路はない。また、架設位置の東側で航路は直角に折れており、西航船にとっては見通しの悪い状況である。潮流は最強時5ノットを越し、西流時（東から西へ向う流れ、現地では引潮）が卓越し流れも複雑である。

冬期の風は西風が主で、20m/sを越す日もあり波高も高くなる。西風以外ではほとんど波はたたない。

伯方、大島大橋の位置図を図-2に示す。

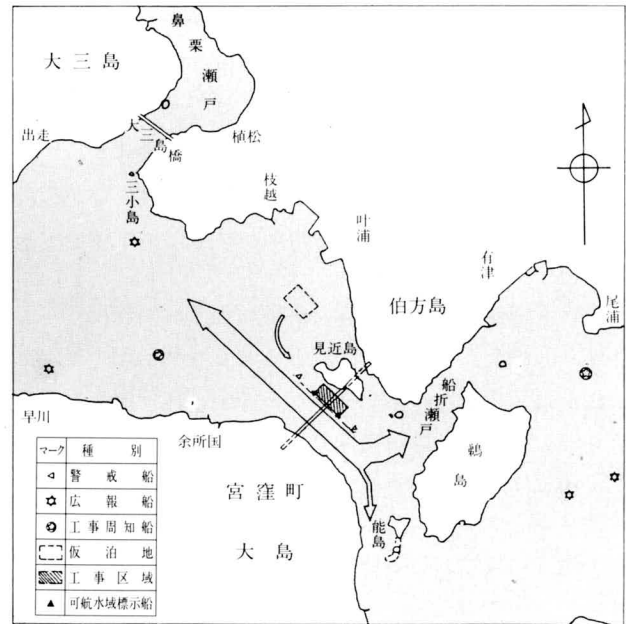


図-2 大島大橋位置図

### (2) 工法の選定

#### (a) 架設工法

架設計画時に於いて、箱断面であることを考慮し、ブロック架設を前提として、海面が使用できるケースと使

用出来ない（航路規制が不可の場合）ケースについて以下の工法について検討を行った。

表-1 世界の主な吊橋における補剛桁施工法一覧

橋名	架設年	場所	諸元			架設諸元				架設方向
			支間割	桁形式	桁重量	架設工法	架設単位	部材重量	架設機材	
ジョージワシントン橋	1931	アメリカ	185.92+1066.80+198.12	トラス	18 325t	単材工法	単材	56t	移動デリック	
サンフランシスコオークランドベイ橋	1936	"	353.57+704.09+353.57	"	17 700t	直下吊上げ工法	ブロック	230t	リフティングビーム	
ゴールドゲイト橋	1937	"	342.9+1280.16+342.9	"	22 000t	面材工法	面材		三脚デリック	
マキノ橋	1957	"	548.64+1158.24+548.64	"	19 500t	直下吊上げ工法	ブロック	125t	リフティングビーム	
フォース道路橋	1964	イギリス	408.43+1005.84+408.43	"	16 256t	単材工法	単材		三脚デリック	
ベラザノナロウズ橋	1965	アメリカ	370.33+1298.44+370.33	"	45 169t	直下吊上げ工法	ブロック	394t	リフティングビーム	
セバーン橋	1966	イギリス	304.8+987.55+304.8	ボックス	11 380t	"	"	130t	"	
4月25日橋(サラザール橋)	1966	ポルトガル	483.41+1012.85+483.41	トラス	36 300t	"	"	328t	"	
関門橋	1973	日本	178.00+712.00+178.00	"	12 000t	面材工法	面材	21t	三脚デリック	
ボスポラス橋	1973	トルコ	231+1074+255	ボックス	8 710t (中間支間のみ)	直下吊上げ工法	ブロック	約150t	リフティングビーム	
南海大橋	1973	韓国	128.00+404.00+128.00	"	1 850t	"	"	75t	"	
東大維橋	1975	日本	118.00+264.00+67.00 (桁は中央径間のみ)	トラス	4 182t	"	"	112t 48t	"	
平戸大橋	1976	"	90.00+450.00+115.00 (桁は中央径間のみ)	"	2 500t	"	"	209t	"	
ハンバー橋	1981	イギリス	280.00+1410.00+530.00	ボックス	16 000t	"	"	140t	"	



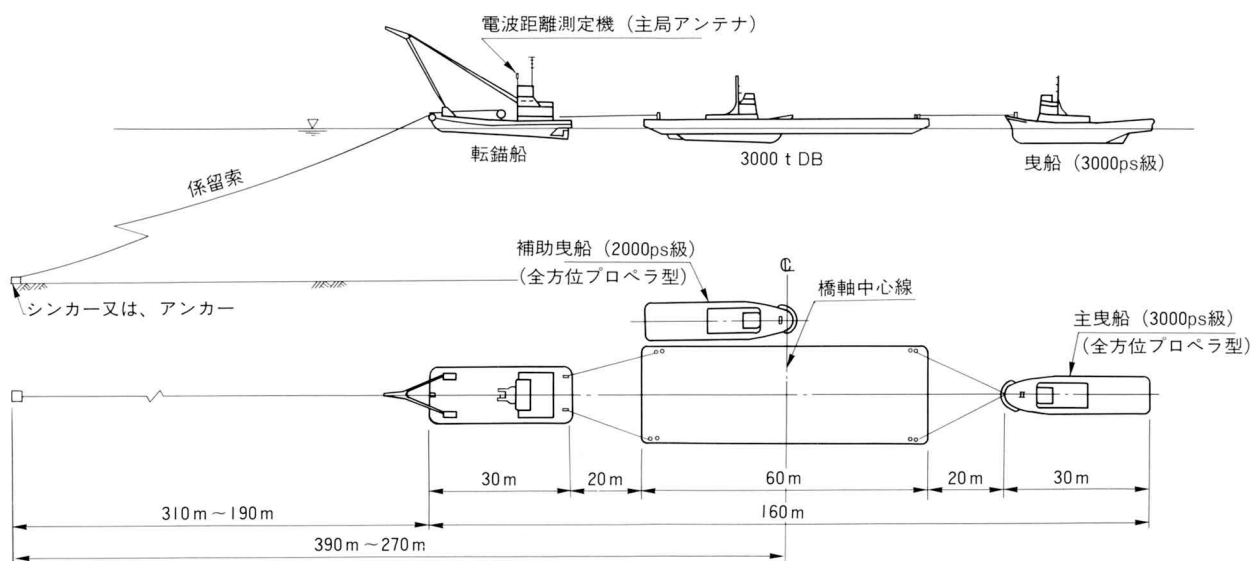


図-4 一点アンカー係留方法

### (3) 台船の定点保持方法

直下吊上げ工法では、架設位置の直下に部材を搬入してから水切り完了までその台船を定点保持する必要がある。その保持方法にはアンカー方式とサイドスラスタ等による無アンカー方式がある。保持の安定性は前者が優れており、その中でも多点アンカー方式は定点保持に関しては完全であるが、海面占有面積が広く、作業時間も長くなる欠点を持っている。後者においては、その占有面積も時間も少なく済むが安定性に不安がある。ここでは使用実績があり、海面占有面積が少なく済む一点アンカー係留方式を採用し、実施工前に現地で定点係留に関する施工試験を行うこととした。一点アンカー係留方法を図-4に示す。

## 3. 定点係留試験

### (1) 試験の概要

定点係留試験は、補剛桁の架設に先立ち直下吊上げ作業時の航行安全の確保と、より高い作業性を得る目的で、昭和61年6月から7月にかけて現地にて行われた。

試験は以下の調査及び試験で構成されている。

#### (a) 船舶通航実態調査

定点係留時の警戒体制の検討資料とする、宮窪瀬戸の船舶通航状況の実態調査。

調査方法 目視観測

調査項目 船種別隻数、時間別隻数、通航区分、

船籍港、

日時 昭和62年6月6日12時～7日12時

#### (b) 深浅測量

定点係留時のアンカー打設位置の適否を検討するためにアンカー打設予定区域の水深及び海底状況の把握を目的として行った。

測量方法 作業船1隻を使用し、舷側に音響測深機の送受波器を装着し、陸上に設置した誘導点から電波距離測定機により作業船を誘導走行させて測深した。

日時 7月11日～7月13日、潮止り時±1ノット以下の時間帯で約2時間×2回/日

#### (c) 定点係留試験

補剛桁直上げ作業時における定点係留作業の施工性と台船位置決め精度の確認、把駐力試験および通信連絡体制と警戒体制の検討等多目的に行った。以下に述べる定点係留試験とは、この狭義の定点係留試験を示す。

方法 実作業に用いる作業船を使用し、実施工体制でケーブルから模擬フックを下げて行った。但し3000t台船は代船で、補剛桁ブロックの替りにバラスト積載(400t)とした。

日時 7月16日～7月19日

(2) 定点係留試験

試験項目と確認方法を表-2に示す。定点係留試験一覧表及び使用船舶一覧表を表-3、4に、試験フローチャート、アンカー設置時転錨船誘導方法及び定点保持時の位置計測方法をそれぞれ図-5、6、7に示す。

表-2 試験項目とその確認方法

試験項目	確認方法
アンカー打設精度の確認	1. アンカー打設用転錨船に電波距離測定機を装備して設置位置を計測。
定点保持精度の確認*1	1. 定点保持操船作業中の台船の挙動を電波距離測定機により連続的に計測し、その移動範囲を確認。 2. 計測位置は、台船の船首と船尾の2ヶ所。
不具合の修正操船テスト	1. アンカーの設置位置の誤差を10m想定した定点保持。 ◎計測確認方法は*1と同様
作業所要時間の確認	1. 各作業項目毎に所要時間を計測。 2. 作業海域占有時間の計測・確認。
潮流と作業船の操船性	1. 転錨船、台船及び曳船の関連した動きの確認。
把駐力試験	1. ストックアンカーと鋼製シンカーの2種類についての把駐力試験。 2. 張力計により把駐力を確認・係留の張力を計測。

表-3 定点保持試験一覧表

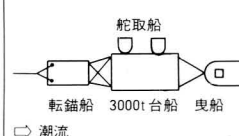
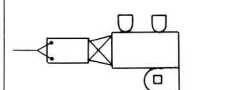
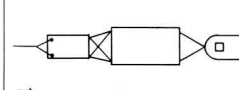
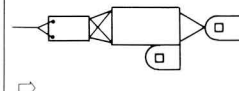
船団構成	流向流速	風向風速	係留索張力
A 5 ケース 	東流 0.6kt ~1.2kt 西流 0.1kt ~0.5kt 転流時	西の風 1~4m/sec	12~20ton
B 1 ケース 	東流 2.2kt	西の風 1m/sec	18~21ton
C 1 ケース 	西流 1.1kt ~1.8kt	西の風 4m/sec	15~16ton
D 10 ケース 	東流 0.1kt ~2.5kt 西流 1.0kt ~2.5kt	西の風 4~7m/sec	16~26ton

表-4 使用船舶一覧表

名称	総屯数	能力	速力(KT)	備考
台船	3000T D.B	3000T積	—	
補助曳船	194.20	2600P.S	13.4	
転錨船	298.00	1100P.S	10.0	全方向プロペラ曳船
曳船	199.45	2600P.S	11.0	"
舳取船	—	100P.S	—	
"	—	100P.S	—	
警戒船	14.81	290P.S	22.0	
"	13.00	660P.S	28.0	
工事区域標示船	13.00	500P.S	22.0	初回警戒演習日のみ
"	17.30	300P.S	20.0	"
"	13.00	660P.S	28.0	"
"	13.00	350P.S	18.0	"
広報船	6.50	250P.S	20.0	"
"	18.00	600P.S	22.0	
"	13.00	460P.S	26.0	
"	13.00	500P.S	22.0	初回警戒演習日のみ
工事周知船	81.00	200P.S	9.0	"
"	79.00	200P.S	9.0	"
漁船誘導船	—	100P.S	—	漁船4隻

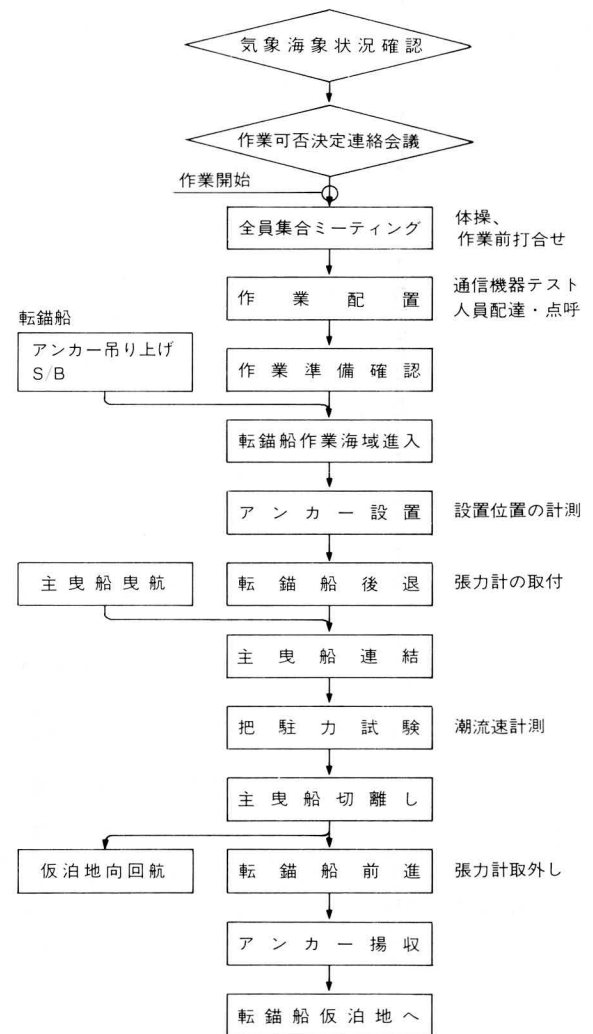
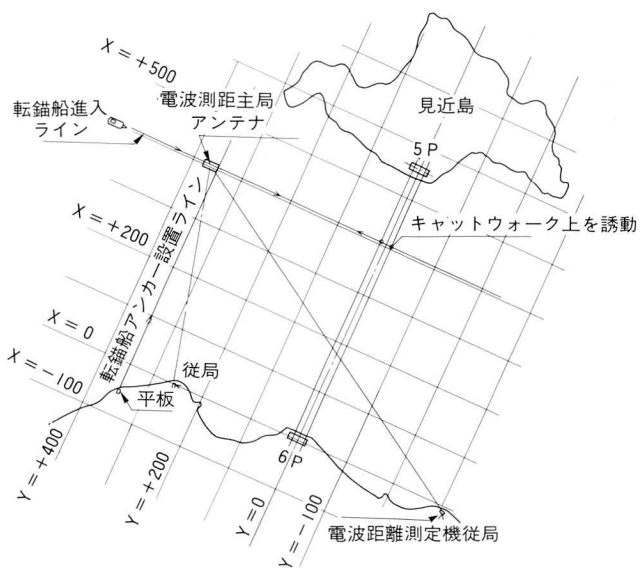


図-5 定点確認試験フローチャート



1. 橋軸直角方向の誘導はキャットウォーク上より行う。
2. 橋軸方向の誘導は大島側に平板1台を配置して設置位置の100m手前より連続して転錨船へ連絡する。
3. アンカー設置位置の計測は電波測距にて行う。

図-6 アンカー設置時転錨船誘導方法および位置計測

### (3) 試験の結果

#### (a) アンカー打設精度

アンカー打設精度を表-5に示す。

#### (b) 定点保持精度

Type-A~Type-D までの保持精度一覧表を表-6に、



写真-2 定点保持の位置計測状況

表-5 アンカー打設精度

日付	打設ポイント	橋軸方向ずれ(m)	橋軸直角方向ずれ(m)
7/16	BC (南)	※ 6 P に 9.4(2.6)	西に 18.7
	B (西)	※ 6 P に 9.4(2.6)	西に 0.2
7/17	A <sub>3</sub> (西)	6 P に 5.4	東に 0.5
	BC (東)	5 P に 2.8	東に 5.3
7/18	B (西)	5 P に 4.6	西に 12.8
	A <sub>3</sub> (西)	5 P に 3.1	西に 3.4
7/19	A <sub>4</sub> (東)	5 P に 2.4	東に 8.5
	平均	5.3(3.4)	7.1

※印部のずれ量は誘導ミスによるもの、その補正を行うと5Pへ2.6mのずれ量となる。

試験番号D-1-1の台船の動き図を図-8に示す。

#### (c) 把駐力テスト

アンカーの種類と把駐力係数を表-7に示す。

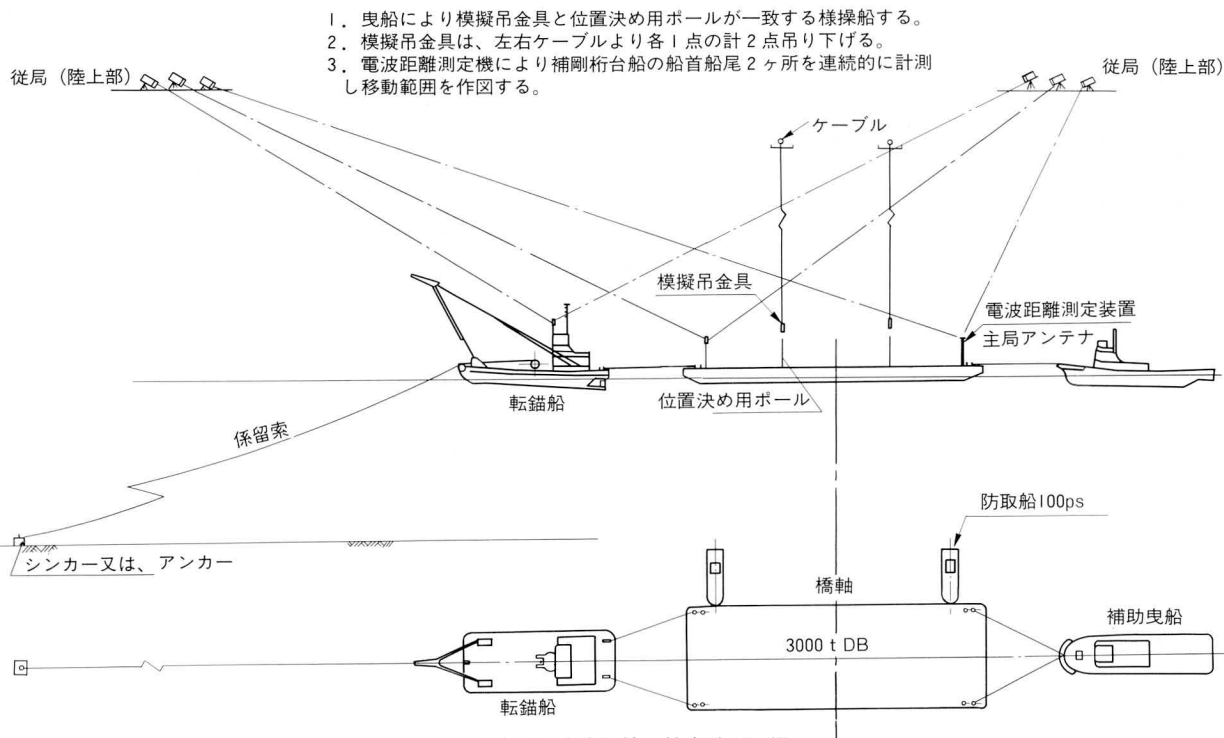


図-7 定点保持の精度計測要領

表-6 定点保持精度一覧表

試験番号 (操船タイプ)	流向 流速 (KT)	風向 風速 (m/sec)	保持 時間 (分)	係留索 張力 (T)	定点保持精度 (m)				備 考
					台船前部		台船後部		
					X方向	Y方向	X方向	Y方向	
A-a-1	E 0.6	W 1	15	13~15	1.1	10.0	-	-	台船の動き早い
A-b-1	E 1.2	W 1	20	13~15	1.2	4.8	-	-	"
A-a-2	W 0.1	W 2	10	17~19	1.1	3.3	1.1	2.2	動き小さく安定
A-b-2	W 0.1	W 2	5	11~25	1.4	3.5	1.2	3.2	"
A-a-3	W 0.1~0.5	W 4	12	12~14	0.8	4.9	1.0	4.6	ほぼ良好
B	E 2.2	W 1	0	19~21	1.3	9.6	-	-	定点保持に至らず
C	W 1.1~1.8	W 4	15	15~16	1.1	6.5	1.4	6.3	動きが大きい
D-1-1	E 1.0~1.2	W 2	10	13~16	0.8	1.7	0.8	5.0	保持精度良好
D-1-2	E 1.5~2.2	W 2	10	15~26	1.0	5.2	1.0	10.3	
D-1-3	W 1.6~2.4	W 7	10	23~26	1.7	11.0	1.7	9.3	補曳船にZペラ使用
D-1-4	W 1.0~1.5	W 7	10	16~18	-	-	1.3	4.7	ほぼ良好
D-1-5	E 0.1~0.8	W 7	20	18~20	0.9	4.1	1.3	6.3	
D-1-6	E 1.2~1.7	W 7	10	20~26	1.2	3.4	0.8	7.7	後部の動き大
D-1-7	E 2.3~2.5	W 7	14	20~22	3.0	9.0	1.1	9.5	定点保持に至らず
D-1-8	W 1.5~1.0	W 6	10	20~24	1.4	3.2	1.2	5.8	ほぼ良好
D-2	W 1.7~1.2	W 6	4	16~19	0.0	6.5	2.0	10.0以上	定点保持出来ず
D-3	W 2.5~1.5	W 6	10	14~20	1.2	10.0以上	1.2	10.0以上	定点保持出来ず

X方向は橋軸直角方向を示す。  
Y方向は橋軸方向を示す。  
保持精度の数値は移動範囲を示す。

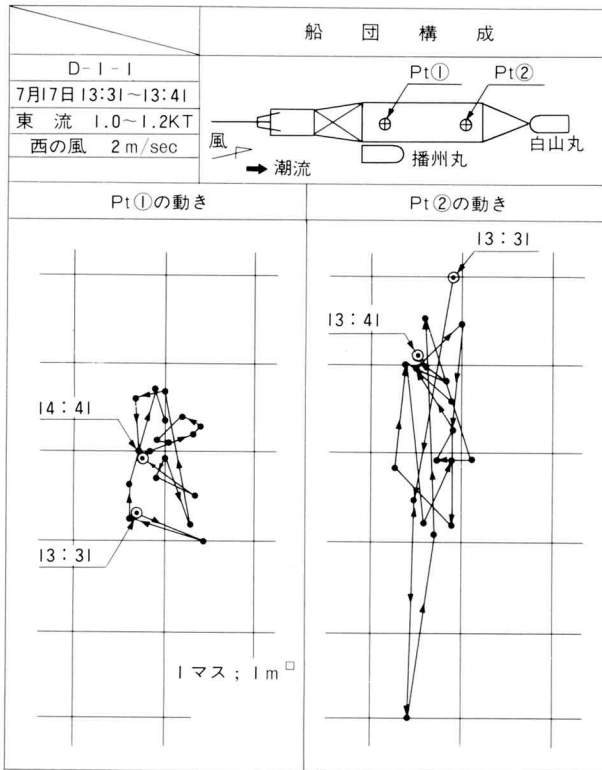


図-8 台船の動き図

(4) 考察

(a) アンカー打設精度

キャットウォーク上からの視準及び陸上部からの平板

表-7 把駐力及び把駐力係数

月日	アンカー 打設ポイント	アンカータイプ	水深	係留索 張力 TON	把駐力 係数
7/16	BC (東)	13.6TON ストックアンカー	56.8m	20.0	2.46
	B (西)	10TONストックアンカー + 15TON沈錘	52.7	23.0	1.28
7/17	A <sub>3</sub> (西)	同 上	42.7	25.0	1.56
7/18	BC (東)	40TON鋼製シンカー	56.3	33.6	1.16
	B (西)	同 上	53.5	29.0	0.96
7/19	A <sub>3</sub> (西)	同 上	43.5	31.9	1.08
	A <sub>4</sub> (東)	同 上	31.7	31.0	1.04

(注. 係留索張力は、各試験毎の最小値を採用した。)

による誘動は、簡易な方法であるが实际的でありその精度は十分であった。

(b) アンカーの打設精度と定点保持精度

アンカー打設ポイントを橋軸方向に10mずらして台船の修正テストを行ったが、潮流方向や風向等複雑にかかわり合うので、それらに明確な差はなかった。

(c) 潮流速

定点保持精度に与える潮流の影響は大きく、曳船1隻のケースでは1.5ノット、曳船2隻のケースでは2.0ノットが限界と思われた。

(d) 操船方法と定点保持精度

① 横だき曳船1隻のケース (Type-B)

横だき曳船 (シュナイダー型) 1隻での定点保持



は初回最後に試みたが定点保持に至らなかった。潮流が早かった(2.0~2.2ノット)こともあったが確実性に劣る。アンカー能力に影響するが後曳きをする必要がある。

② 後曳き曳船1隻のケース

① 舳取船を併用したケース (Type-A)

舳取船は潮の流れに直角に配置されるので、その作業限界は1.5ノット程度まで可能だが、実施工が冬期による影響を考慮する必要があり保持可能範囲は流速1.0ノット以下と考えられる。

③ 舳取船を使用しないケース (Type-C)

横移動が大きい。但し潮止り時は5分程度の保持は可能であった。

④ 曳船2隻を使用したケース (Type-D)

Type-Dについては、補助曳船の位置を、台船の前、中、後 (Type-D<sub>1</sub>~D<sub>3</sub>) と変えて操船テストを行っ

たが、Type-D<sub>1</sub>が安定していた。又、Type-Dによる定点保持には2ノット程度まで可能と考えられるが、実際は橋軸方向の移動巾が4m以下に納まった時間の多い、流速1.5ノット以下と判断される。

ここでの曳船の役割分担は、主曳船(全方位プロペラ型)はバックテンションをかけることによって台船の橋軸直角方向の位置を固定し、さらに左右の位置調整を行うことによって橋軸方向の位置を修正する。又、補助曳船(シュナイダープロペラ型)は台船の回転を修正し、台船の動きを緩やかにする役目をする。

(e) 作業時間

把駐力試験及びシュミレーションの合わせて7回の作業時間をまとめて実施工時の計画サイクルタイムとした。直下吊上げ作業のサイクルタイムを図-9に示す。

(f) 把駐力

今回の試験では最初の13.6tストックレスアンカーが張力20tonにて走錨し、計画の30tonを得ることが出来なかった為、10tonストックアンカー+15ton沈錘に変更して試験を行ったが、張力23tonで走錨した。それらの把駐力係数は2.4~1.2と安定していない。

一方、40ton鋼製シンカーについて、4回の試験結果より得た把駐力係数は、1.08~0.96とほぼ安定していた。その結果、実施工時は鋼製シンカーを使用することとし、その把駐力係数は安全側にみて0.8とした。

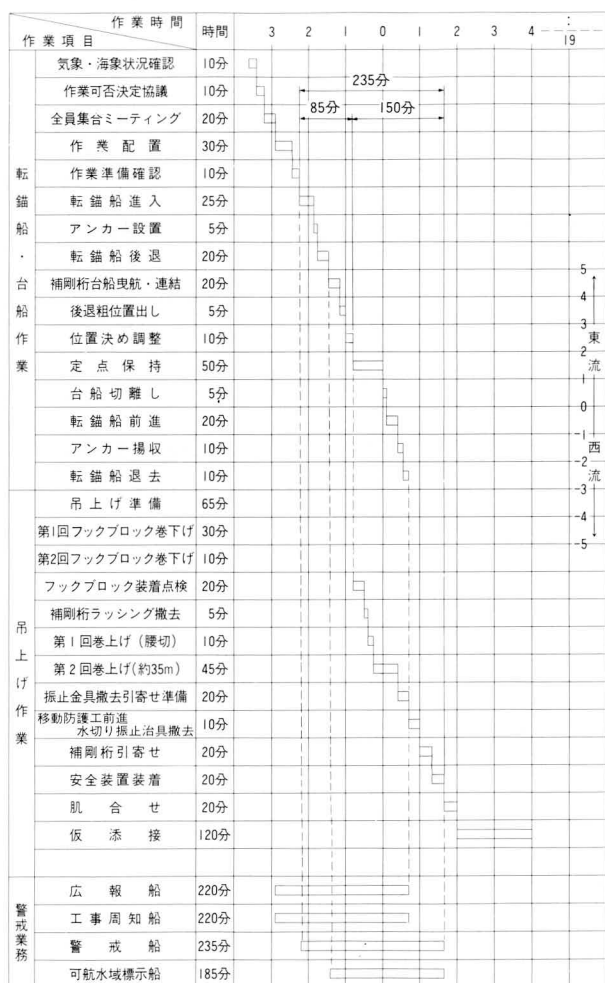


図-9 直下吊上げ作業タイムスケジュール (実施計画)

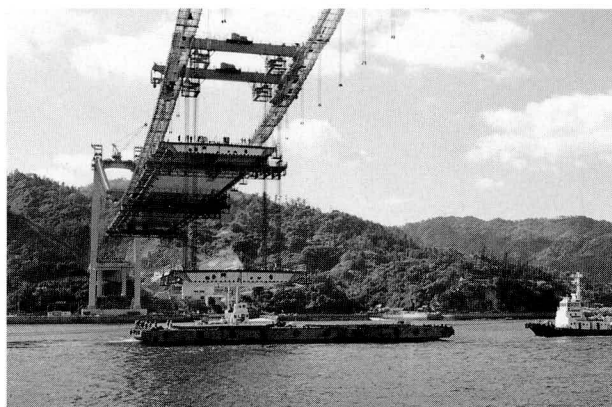


写真-3 補剛桁の直下吊上げ

4. まとめ

リフティングストラットによる直下吊上げ工法を選定し、一般船舶の航行する海面を使用して、無事に62年3



月に補剛桁を閉合した。その中で定点係留試験は、我々に多くのものを与えてくれた。転錨船の誘動方法、定点保持するための曳船の配置と操船方法、又その動きの速さと大きさ、作業船の限界潮流速、そして把駐力の確認等実施工へ向けて技術的な問題はほぼ解決された。又、実施工に先立ち、工事関係者の作業習熟が出来た点も見逃せない。

本文に紙面の都合上載せることが出来なかったが、通信設備と連絡体制も試験を反映して1部修正して本番を迎えた、そして通航船舶に対する工事周知及び警戒体制も現地に適した方法が確立されたと思う。

自然の海面上で、多点のアンカーを使用せずに船舶を定点に固定することは不可能である。ある程度の動きを許容しつつ、フックブロック装着作業及び水切り作業を

安全、且つスムーズに行うためには、作業の手順や補助治具の使用などに工夫を要した。それら実施工の工事報告は前出の文献を参照されたい。

最後に、御指導と御協力を頂きました、本州四国連絡橋公団、第六管区海上保安本部、及びJV関係者の皆様に、紙面を借りて厚くお礼申し上げます。

#### 〈参考文献〉

- 1) 谷中・福井他 ; 本州四国連絡橋大島大橋補剛桁の設計、橋梁と基礎 Vol21、No.10、昭和62年10月
- 2) 福井・平野他 ; 本州四国連絡橋大島大橋補剛桁の製作、橋梁と基礎 Vol21、No.11、昭和62年11月
- 3) 福井・平野他 ; 本州四国連絡橋大島大橋補剛桁の架設、橋梁と基礎、Vol21、No.12、昭和62年12月

### グラビア写真説明

#### 東京住友ツインビル

東京駅八重洲口から、東京方面に高層ツインビルを見ることが出来るようになった。周囲のビル群より一段高く頭を突き出しているのが霞んで見える。東京駅から2kmもなかり。歩いて20分程で十分行くことが出来る。思えば東京駅からの至近距離に、何故今まで高層ビルがなかったのだろうか。

都の臨海部副都心再開発計画に呼応して、隅田川沿岸のかつての倉庫の立ち並んでいたこの地が、高層ビル群地域になろうとしている。隣接地にも高層オフィスビルと高層住宅棟建設の槌音が響いている。上流の永代橋の北ではすでに高層ビルが完成間近である。また南側佃島にも数棟の高層ビルが建設最盛期であり、日本のマンハッタンが出現するものと言われている。(西原)

#### 産業文化センター(仮称)

産業文化センターの建設は、埼玉中枢都市圏構想として埼玉県で企画され、提案競技により事業主体(日本生命・フジタ工業)が決定された。

計画概要はセンタービル(オフィス棟・ホテル棟・低層棟)、センターホール、イベント広場その他であるが、当社はセンタービルオフィス棟の高層部を担当した。

センタービルには最新技術として、(1)TV電波障害防止に吸収壁(南面)および曲面壁(西面)の採用、(2)振動防止の制震ダンパーの採用、(3)窓清掃ロボットの採用等の他、各種のOA化やニューメディアに対応したインテリジェントビルで、省資源・省エネルギーの対応にも各種の手法が用いられている。

昭和61年1月着工以来、逆打ち工法で工期を短縮し、昭和63年4月8日オープン予定であるが、オープン後は名称を「ソニックシティ」と換え、大宮駅西口の中枢機能として大きな役割を果たすことになる。(永瀬)