

記憶に残る工事 5. 昭和63年3月号 (第457号)

児島・坂出ルート海峡部上部工工事の特徴

金 沢 克 義*

1. はじめに

児島・坂出ルート海峡部上部工工事の特徴としては、

① 連続した鋼およびコンクリート長大橋による渡海工事

② 道路・鉄道併用橋

③ 大型クレーン船による大ブロック架設

④ 大規模振動実験による実橋の動的特性照査

など数多くあるが、本橋では大型クレーン船（以下「FC」という）による大ブロック架設について以下述べることにする。

FCによる大ブロック架設は従来工法であるが、児島・坂出ルートでは独自の技術開発を行い、以下の目的で本工法を多用した。

① 急速施工法であるため大幅な工期短縮が可能となる。

② 製作・架設を含めたトータルコストが安くなり経済的である。

③ 危険作業の期間が短いいため工事安全の確保が容易となる。

表-1に本ルートにおける大ブロック架設の一覧表を示し、これらのうちの代表的なものについて次章以下に述べる。

2. ケーブルアンカーフレーム

ケーブルアンカーフレーム（以下「CAF」という）はつり橋においてケーブル張力を基礎にスムーズに伝達させるため、躯体コンクリート中に埋設される立体鉄骨組構造物であり、具体的には空中に露出した引張材先端部にケーブルソケットを定着する構造となっている。従来は現場で鉄骨を1本ずつ組立ててCAFを架設してきた

が、南北備讃瀬戸大橋の4A、7Aの各4基、および2基のCAFでは架設位置が海上であるため、世界で初めてFCによる大ブロック架設を行った。

大ブロック架設の利点としてはつぎの諸点がある。

① 大幅な工期短縮がはかれる。

② 組立精度が工場での立体組立で決定されるため高い精度が保証される。

③ CAF設置面のコンクリート打設休止期間が短くなり、マスコンクリートの品質管理上望ましい。

以下には4AのCAF架設を例にとり、その概要を述べる。

① 立体組立はFCによるつり取りおよびピアサイトまでのつり運搬が可能な三井造船玉野工場の岸壁とドックで各々2基ずつ行った。

② 輸送は3,000tづりFC「武蔵」により海上22哩をつり運搬し、そのまま架設した（写真-1参照）およびその位置決めはFCのアンカーワイヤのウインチ操作で、微調整は10tヒッパラーおよび100tセンターホールジャッキで行った。

③ 4A西側海上には障害物があるため、東側からのみ架設する必要があった。このためFCのアウトリーチが不足する西側CAFは東側に仮置後、図-1に示す

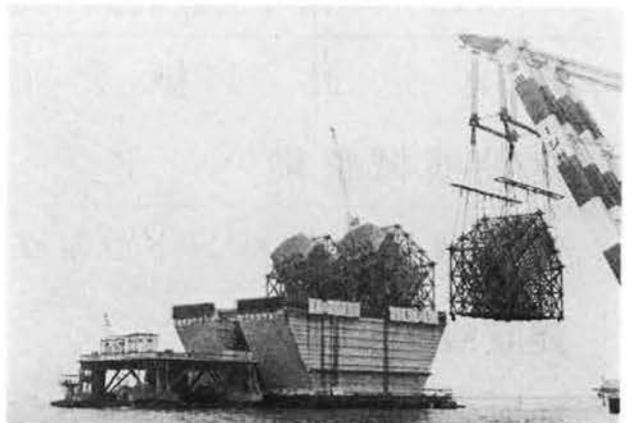


写真-1 南北備讃瀬戸大橋4Aケーブルアンカーフレームの架設

* KANAZAWA Katsuyoshi

本州四国連絡橋公団設計部設計第三課長代理

表-1 大ブロック架設一覽表

橋名	大ブロック	重量 (t)	寸法 (m) 幅×高×長	設置高 (TP)	架設FC (t×ぶり)	部材支持	運搬	架設	備考
下津井瀬戸火橋	桁 2 パネル	830	30.0×13.0×34.8	36.5	1,600	2P塔 + 斜ベント	1,600t ぶり FC	61. 4.29	
	桁 2 パネル	830	30.0×13.0×34.8	38.3	1,600	3P塔 + 斜ベント	1,600t ぶり FC	61. 5. 2	つり添接
	桁 2 パネル	509	30.0×13.0×25.0	36.8	1,300	2パネル+ハンガンロープ	1,300t ぶり FC	61. 5.13	つり添接
	桁 2 パネル	509	30.0×13.0×25.0	38.4	1,300	2パネル+ハンガンロープ	1,300t ぶり FC	61. 5.17	つり添接
瀬石島高架橋トラス	桁 8 パネル	2,398	27.5×13.0×100.9	32.4	3,000	瀬石高架 30P+瀬石 1P	12,000t 積台船	60. 8.11	
瀬石島橋	2P塔下部	930	38.0×4.0×22.5	11.9	3,500	第1段 ブロック	16,000t 積台船	60. 6.10	つり添接
	3P塔下部	1,070	38.0×4.0×26.5	12.0	3,500	第1段 ブロック	12,000t 積台船	60. 6.14	つり添接
	桁 15 パネル	5,590	27.5×15.0×185.0	33.6	3,500+3,000	1P + 2P 塔	16,000t 積台船	60. 7.10	
	桁 7 パネル	3,120	32.6×15.0×91.5	39.0	3,500	3P塔 + 斜ベント	16,000t 積台船	60. 8.13	つり添接
	桁 11 パネル	4,720	32.6×15.0×133.2	40.1	3,500+3,000	7パネル + 直ベント	16,000t 積台船	60. 9.20	つり添接
岩黒島橋	桁 4 パネル	1,300	27.5×15.0×49.3	34.8	3,000	15パネル + 斜ベント	16,000t 積台船	60.12.21	つり添接
	2P塔下部	1,150	38.0×4.0×31.6	11.8	3,500	第1段 ブロック	3,500t ぶり FC	59. 5.21	つり添接
	3P塔下部	1,250	38.0×4.0×35.6	11.9	3,000	第1段 ブロック	16,000t 積台船	59.11.15	つり添接
	桁 10 パネル	3,890	32.6×15.0×128.7	44.1	3,500+3,000	2P塔 + 直ベント	12,000t 積台船	59. 6.21	
	桁 6 パネル	2,510	27.5×15.0×79.5	48.3	3,000	3P塔 + 斜ベント	16,000t 積台船	59.12.15	つり添接
羽佐島高架橋	桁 12 パネル	4,820	27.5×15.0×145.3	51.5	3,500+3,000	6パネル + 斜ベント	16,000t 積台船	60. 7.23	つり添接
	桁 12 パネル	5,261	28.0×20.0×167.2	43.4	3,500+3,000	羽佐 1P + 与島 1P	16,000t 積台船	61. 6. 9	
与島橋	桁 8 パネル	2,540	28.0×18.2×97.2	46.0	3,500	岩黒 4P + 12パネル	16,000t 積台船	61. 6.16	つり添接
	桁 2 パネル	2,046	32.1×35.0×29.2	31.4	3,500	2P + 斜ベント	3,500t ぶり FC	60.11. 5	
南北瀬戸火橋	桁 2 パネル	1,935	32.0×37.0×29.4	31.5	3,500	3P + 斜ベント	12,000t 積台船	60.11. 9	
	4A ケーブルアンカーフレーム	1,750	18.8×32.2×32.7	34.1	3,000	受	3,000t ぶり FC	58.6.29	4 基
	7A ケーブルアンカーフレーム	~1,850				受	3,000t ぶり FC	~7.9	2 基
	桁 4 パネル	1,950	16.2×36.9×35.2	22.7	3,000	受	3,000t ぶり FC	58.10.21	
	桁 4 パネル	1,500	35.0×13.0×59.6	78.0	3,500	5P塔 + ハンガンロープ	3,500t ぶり FC	~10.25	
	桁 4 パネル	1,500	35.0×13.0×59.6	78.0	3,500	4パネル+ハンガンロープ	12,000t 積台船	61. 8.12	つり添接
瀬石島高架橋トラス	桁 4 パネル	1,500	35.0×13.0×59.6	69.0	3,000	6P塔 + ハンガンロープ	3,000t ぶり FC	61. 8.31	つり添接
	桁 4 パネル	1,500	35.0×13.0×59.6	69.0	3,000	4パネル+ハンガンロープ	3,000t ぶり FC	61. 8.13	つり添接
瀬石島高架橋トラス	桁 7 パネル	2,658	27.5×28.5×105.0	53.4	3,500	1P + 先行桁	3,500t ぶり FC	61. 5. 2	つり添接
	桁 8 パネル	2,646	27.5×28.5×114.5	57.9	3,500	7A + 7 パネル	3,500t ぶり FC	61. 7. 4	つり添接

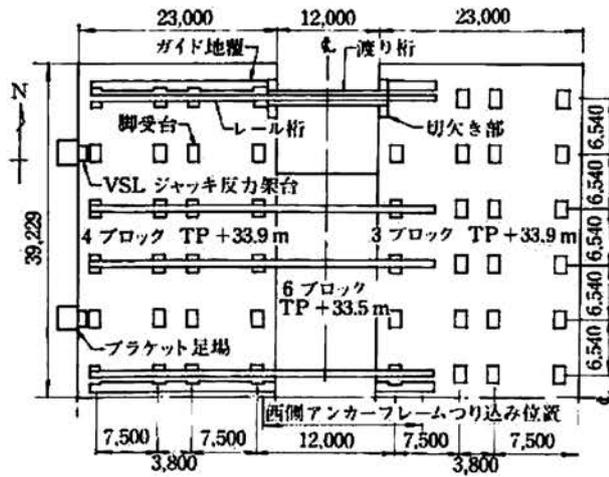


図-1 横引工仮設備

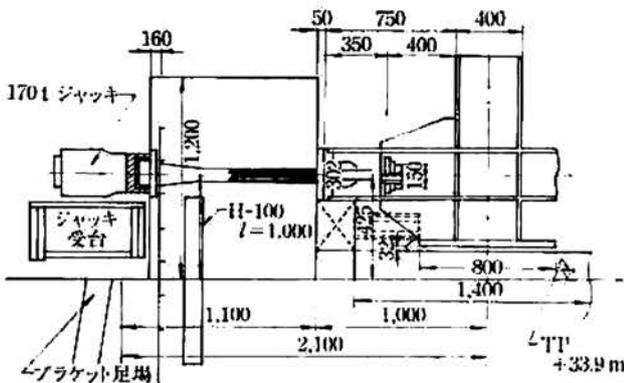


図-2 ジャッキ反力架台

横引き仮設備で約 20 m 横引きした。

レール桁上面は CAF のセット面高と一致させてあり、この上に CAF を仮置きする。滑りやすくするために CAF の脚下には滑り板を、レール桁上にはステンレス板を敷き、石けん溶液を塗付した。また横引き中のズレを防ぐため、CAF にはガイドプレートを取付けガイド地覆に沿わせた。

横引きには 170t ジャッキと VSL ケーブル (φ12.4 × 12) を使用した (図-2 参照)。

④ CAF の最終位置にはあらかじめ H 鋼製の受台を埋込んでおき、鋼板を介して脚柱を溶接固定した。

3. 塔下部大ブロック

塔の大ブロック架設は名港西大橋で採用された実績がある。本四連絡橋でも斜張橋の櫃石島橋・岩黒島橋は斜塔を有するため、その塔下部は大ブロック架設を行った。これにより従来工法で必要としたクリークレーンやタワーレーン本体および関連機械類の現場組立期間を一挙に省略でき、架設精度の向上と工費節減がはかれた。

ここでは岩黒島橋 3P の例を述べる。

架設重量は本体 1,203 t、付属物 47 t、仮設物 18 t、

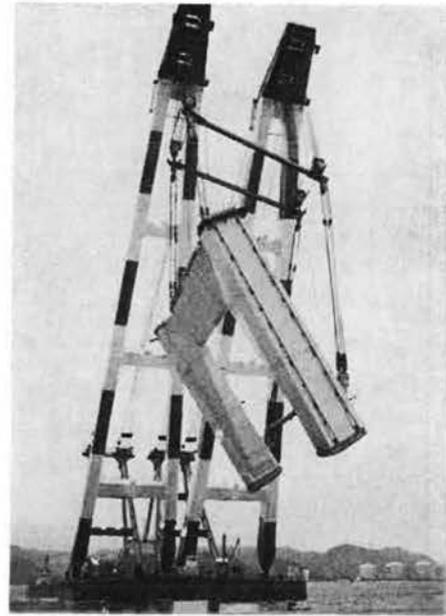


写真-2 岩黒島橋 3P 塔下部の立起し

つり具 241 t の計 1,509 t であり、この重量物の立起し作業が必要となるため 3,000 t づり FC「武蔵」で架設した。

① 塔の運搬は呉から坂出基地まで台船で行い、基地において FC で立起しを行ったのち現場までつり運搬、架設を一挙に行った (写真-2 参照)。

② 立起し作業では FC のワイヤの許容振れ角が ±4° 以内であるため、ディスタンスビームを使ってこの条件をクリアしている (図-3 参照)。

③ つり状態では自重で塔柱が鉛直になるのが理想であるが、つり具重量のため約 1° 傾斜したまま塔柱第 1 段上に設置する必要があった。そのためガイド治具を双

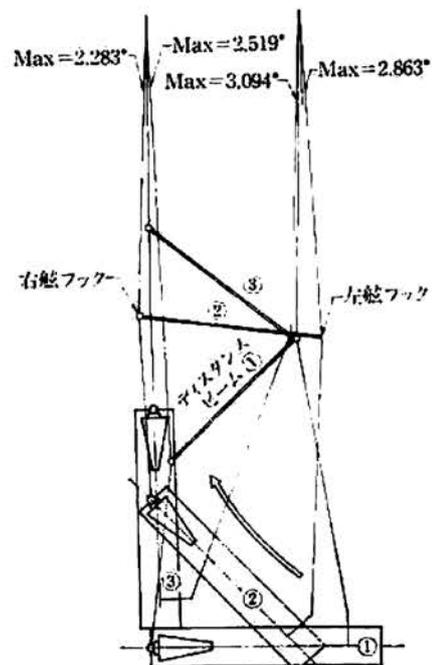


図-3 岩黒島橋 3P 塔下部の立起し軌跡

方の添接部に仮設し、仕口合せの誘導を円滑に行った。

④ 時間を要するつり天秤のピン抜き作業では FC の補巻クレーンで天秤を塔側へ寄せてピンを抜いた。

4. 桁大ブロック

大ブロック架設が最も威力を発揮したのは桁工事である。従来は海中ベントや単材または面材架設に要した仮設備の殆んどを省略することができ、当然ながら品質と架設精度の向上にも大きく貢献した。桁の大ブロック架設にはさまざまなタイプがあり、代表的なものについて以下に述べる。

(1) 南北備讃瀬戸大橋塔付 4 パネル

(a) 採用理由

南北備讃瀬戸大橋では塔付近の桁を側径間、中央径間側を 4 パネルずつ計 4 回の大ブロック架設を行った。その理由は下記のとおりである。

① 本橋の桁は列車が走るため連続トラス形式としてゐる。従って中間支点となる塔付近では部材断面が大きく、部材重量も重くなっている。このため一般部の面材架設用重機を使用すると単材架設しかできず工程が遅延する。

② トラベラクレーン等の面材架設機材設置のための橋上スペースが一気に確保できる。

(b) 架設準備

FC の進入時に支障となるハンガーロープはキャットウォークより引上げてのれん分けしておき、FC の移動に合わせてハンガーロープも移動した。中央径間側のブロックの塔水平材側には桁荷重の仮受けおよびタワーリング連結作業時の位置の微調整を行うための仮受架台を設けた。

側径間ブロックをハンガーロープに仮定着の後、先行架設した中央径間ブロックとの添接作業の位置決めを行うために前者下弦材先端に仮受けピンを、後者にはピン受けを設けた。

(c) 架設要領

架設高さが中間支点上弦材上で 5P は TP 91m、6P は TP 83m と高く、しかも主構間隔が 30m あるため 5P 側は 3,500t ぶり FC、6P 側は 3,000t ぶり FC を使用し、しかも前方の 2 フックのみを使用して架設した。中央径間ブロックは水平状態で所定位置までつり上げ後、FC のフック操作で桁こう配を約 3.5% のハンガーこう配に合せたまま約 1m 過巻上げし、ハンガーに仮定着して



写真-3 南北備讃瀬戸大橋 5P 中央径間側塔付 4 パネルの架設

荷重を移した。

塔水平材側は仮受架台で荷重をとったのち、ジャッキで桁を縦引きし、タワーリング位置と桁位置を微調整しながらピンを挿入した(写真-3 参照)。

側径間ブロックも同様の架設を行ってハンガーに仮定着したのち、先行架設した中央径間ブロック下弦材先端の仮ピン受部に先端をあずけ、FC 操作で各部材の仕口を合せて高力ボルトによる添接作業を行った。

表-2 榎石島橋 11 パネルの架設概要

つり重量 (t)	本体 4,720+ その他 670 =5,390
FC (t・タリ)	第 50 吉田 武蔵 3,500 +3,000=6,500
輸送台船 (t・横)	養洋 16,000
架設 支 点	3P 側先行 7 パネル (空中ジョイント) 4P 側中間ベント (仮巻)



写真-4 下津井瀬戸大橋 2P 塔付 2 パネルの架設

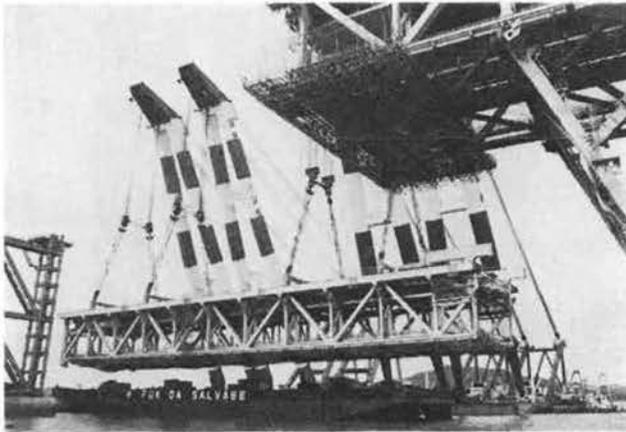


写真-5 権石島橋 11 パネルの相づり架設

こうした一連の作業は約2週間ごとに連続 3~4 日しかない潮流 2kt 以下の小潮期を選んで行った。なお下津井瀬戸大橋では中央径間側の塔付 4 パネルを 2 パネルずつ計 4 回の大ブロック架設を行っており、FC の進入方向は橋軸方向としている (写真-4 参照)。

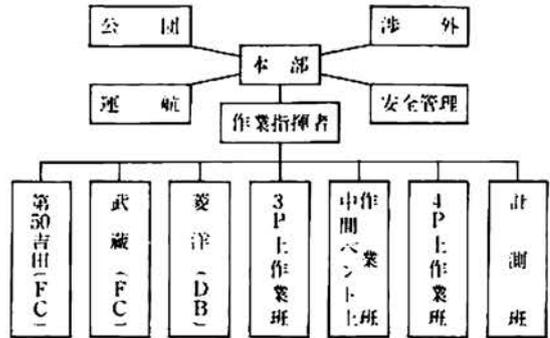


図-4 11 パネル架設作業組織

(2) 権石島橋 11 パネル

(a) 概要

権石島橋の 11 パネル桁は 3P 斜ペント上に先行架設された 7 パネル桁と空中ジョイントを行い、4P 側の中間ペント上に設置した (写真-5 参照)。相づり作業では FC 定格荷重に対する負荷率を 95% 以下としたが、この桁では 83% となっている。架設概要を表-2 に示す。

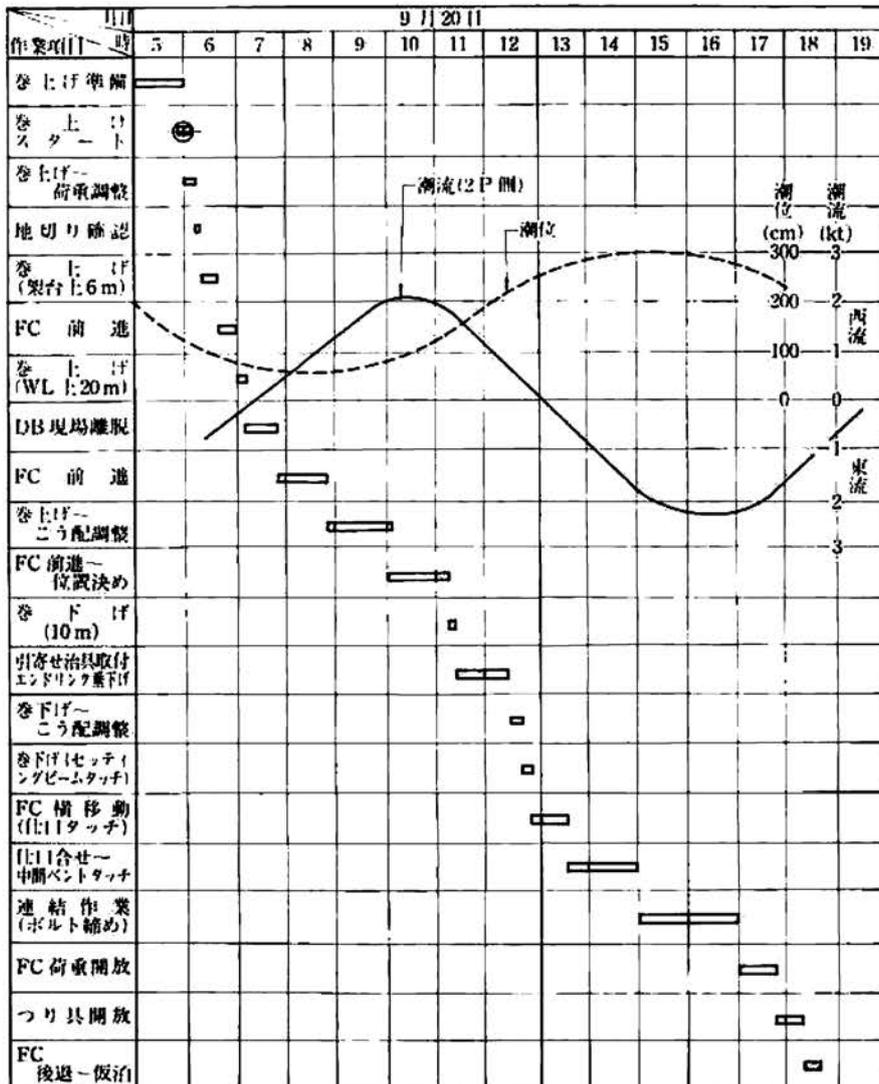


図-5 11 パネル架設タイムスケジュール (実績)

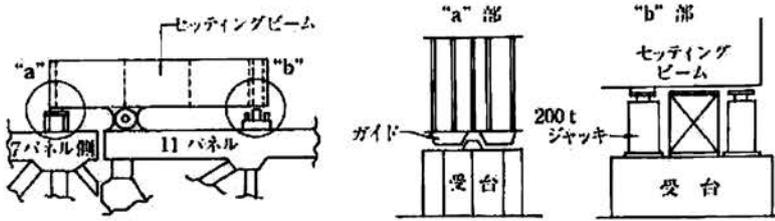


図-6 セッティングビーム調整要領

表-3 作業中止条件

項目	浜出し・架設	輸送
風速	12 m/sec 以上	12 m/sec 以上
波高	0.5 m 以上	0.75 m 以上
視程	1マイル以下	1マイル以下

(b) 架設準備

11 パネル桁架設の準備としてつぎの項目を実施した。

① 立体組は多度津の岸壁で行われたが、岸壁前面の水深が浅いため、浜出し時における第 50 吉田の船首きっ水 5.8 m に対して 1 m の余裕がとれる深さまで事前浚渫を行った。

② 作業船の係留・引寄せ作業のために鋼製およびコンクリート製のシンカーを海底に設置し、併せて 3 P、4 P 上に各々 5 個、4 個の係船柱を埋設した。

③ 占用作業海域外へ出る係留索は危険なため、シンカー位置に灯浮標をつけて所在を明らかにした。

④ 空中ジョイントの現場添接部では両ブロックの単管つり足場が接触して支障となることが多いため、十分に引っ込めておき、仕口合せが終わった時点で繋げるようにした。

⑤ 全部材の仕口合せを円滑に行うため、ガイドとしてセッティングビームを用いた。

⑥ 添接板の取付けは、ローラを使った引出し方法、ピンボルトを使った回転方法を採用した。

⑦ つり天秤のピンを円滑に抜くため、チェンブロックによりピンボルトプレート位置を微調整できるように工夫した。

⑧ 作業限界気象を表-3のように定め、作業当日には商業情報「オーシャンルーツ」の詳細なデータも入手して当日の作業可否を判断した。

⑨ 作業組織を図-4に示す。

大ブロック架設ではわずかの手違いが致命的な事故を招く恐れがあるため、指揮者のもとに一糸乱れぬ統率が必要である。このためにつぎの諸点に留意した。

- (i) 指揮命令系統の確立と全員への周知徹底
- (ii) 事前打合せによる全員への作業内容の周知徹底
- (iii) 指揮者への各部署の情報の迅速な伝達
- (iv) 各部署での勝手な判断と行動の禁止
- (v) トランシーバおよびマイクの機能維持
- (vi) 詳細確実な情報交換のための伝令の配備

(c) 架設領要

架設のタイムスケジュール実績を図-5に、作業内容を以下に示す。

① 架設は全フック荷重を管理値と照査しながら行い、つり上げ前進後、仕口間隔約 50 cm の位置で桁のこう配調整を行ってから巻下げた。

② 上弦材上のセッティングビームをガイドに沿わせて横シフトし、下弦材の連結ガイドのピンを挿入して桁の移動を抑えた。

③ 中間ベントにタッチ後、セッティングビームにより図-6に示す要領でジャッキを使って上弦材の仕口合せを行った。

④ 全部材の仕口合せ完了後、一斉に仮ボルトによる添接作業を行った。ボルト本数は総本数の約 30%、1,280 本であった。

⑤ 桁架設後、3 P 塔の倒れと桁端の遊間を計測して設計値と大差ないことを確認した。

(3) その他

斜ベントは基礎のフーチング上に設置できるので工費が高く海水汚濁を引き起こす海中ベントを用いること



写真-8 与島橋 3P 側斜ベント上の 2 パネル架設

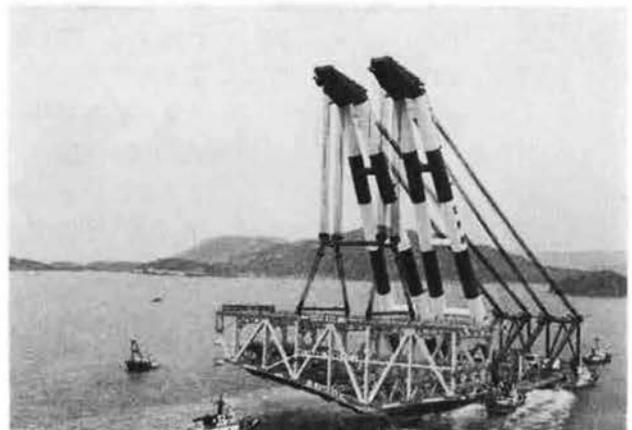


写真-7 香の州高架橋 7 パネルのつり運搬

なく FC 大ブロック 架設ができる。この結果、桁上作業の基地となるスペースが一挙に得られ、架設機材も FC での一括積載が可能となり、工事の合理化が図れる。この方法は下津井瀬戸大橋以外にも櫃石島橋、岩黒島橋、与島橋で採用されている（写真-6 参照）。

また、FC によるつり運搬は渡海電線ケーブル等の障害物がなければ、そのまま架設ができるため、通常部材での積込みと水切り作業が省略できる大きなメリットがある（写真-7 参照）。

5. あとがき

橋梁では桁閉合までの架設時構造系は不安定な状態であり、しかも閉合に近づくにつれて不安定度が増すのが一般的である。

台風や季節風の襲来および中小規模の地震が頻発する我が国では架設期間を極力短縮し、桁の閉合を早めることが結局、経済性および安全性にすぐれた結果をもたら

すことになる。この点において FC による大ブロック架設は有効な工法であり、架設精度もミリ単位が確保できる。また大部分の組立てが工場で行われるため精度が高く、経済性、作業安全性にもすぐれている。

しかし一方工場からの浜出し、海上運搬、現場架設のどの作業も海象・気象条件に大きく左右されており、本四連絡橋においても再三工事の中断・変更を余儀なくされている。大ブロック架設は船団および作業員編成の規模が大きいため、遅延による経済的損失が大きく、その架設時期の選定と作業の可否決定は慎重に行わなければならない。

最後に本文の作成にあたり御協力下さった方々にお礼を申し上げます。

<参考文献>

- 1) 金沢・佐藤：「櫃石島橋大ブロック架設」“本四技報” Vol. 11 No. 45 '88.1
- 2) 栗原・吉川：「南北備讃瀬戸大橋 4A・7A ケーブルアンカーフレームの一括架設」“本四技報” Vol. 8 No. 31 '84.10

21世紀に架ける瀬戸大橋



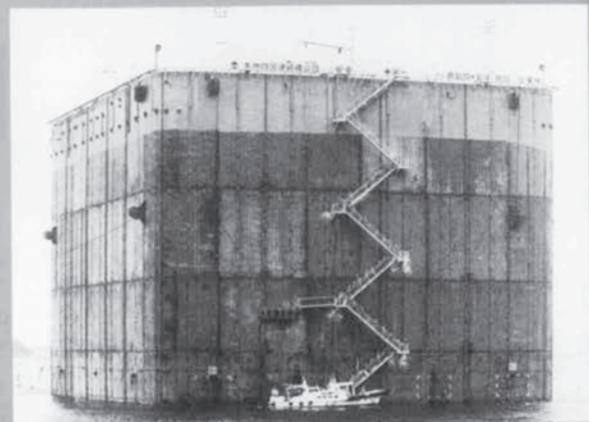
⇨ルート全体（岡山側上空から香川側を望む）

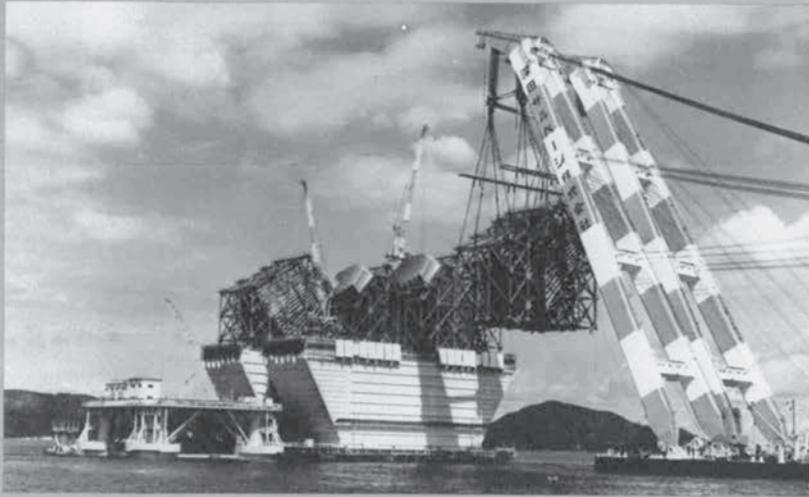
底面仕上げ用大口径掘削機の
ローラカッタ部⇨



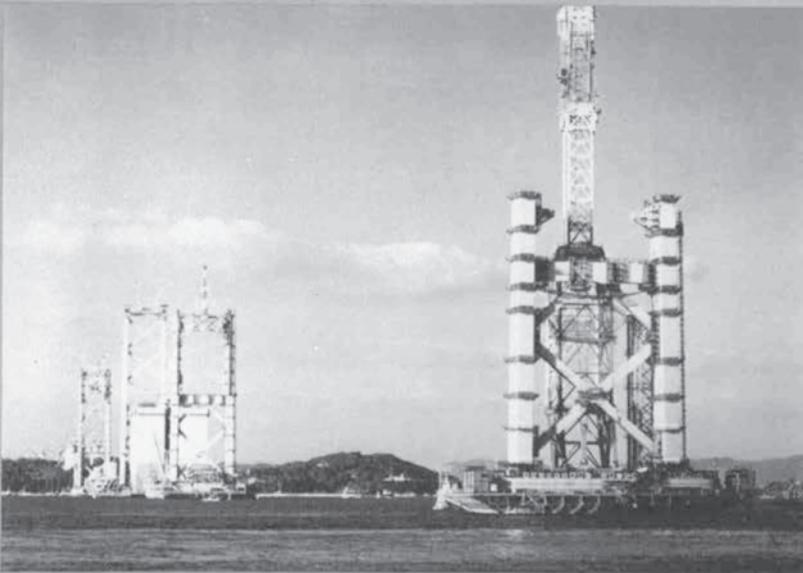
⇨注入作業中のモルタルプラント船の船団

沈設位置に係留した鋼製ケーソン⇨





◀南・北備讃瀬戸大橋共用アンカーレイジのケーブルアンカーフレームの据付



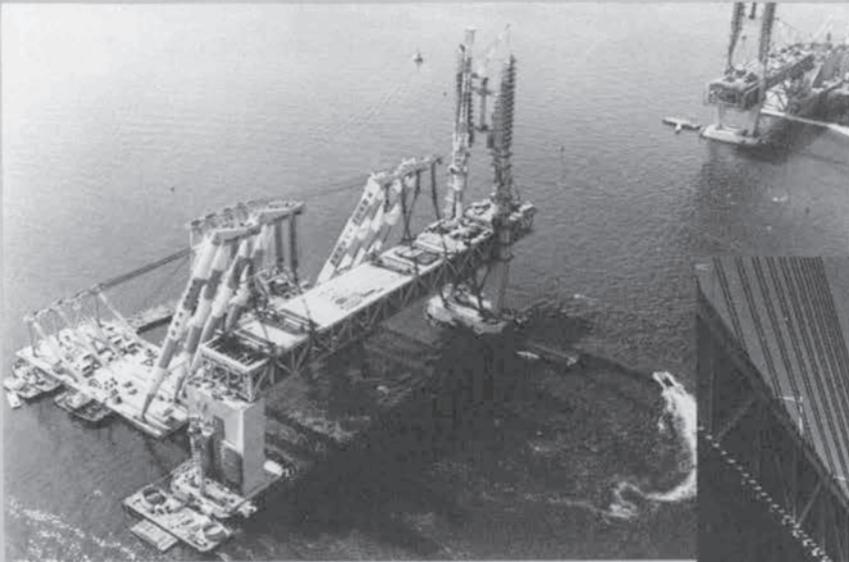
◀林立する主塔群



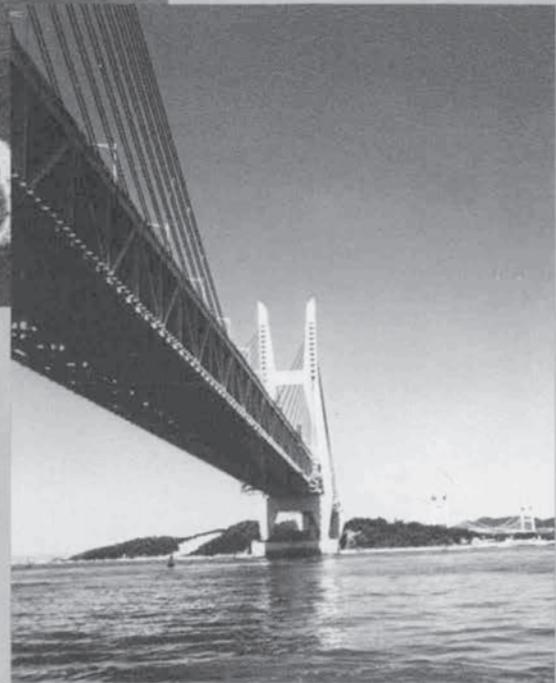
◀キャットウォーク上でのケーブルストランドの架設作業



補剛桁の架設作業▶



⇨ クレーン船相づりによる桁の大ブロック架設



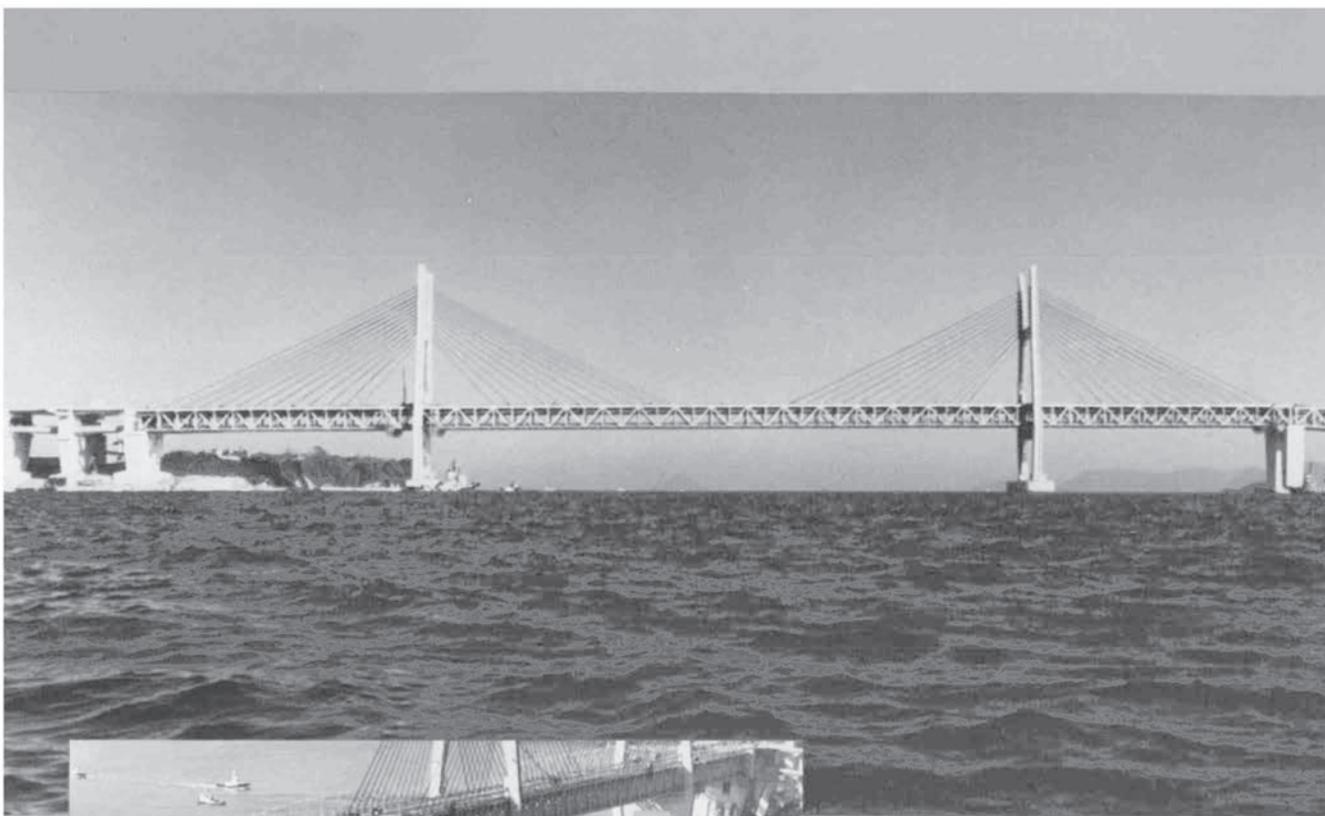
⇨ 櫃石島橋（斜張橋）



⇨ 鉄道 階



⇨ 維持管理用照明を点灯した下津瀬戸大橋（つり橋）



⇨ 岩黒島橋（斜張橋）

⇨ 与島橋（曲弦トラス橋）



⇨ 北備讃瀬戸大橋（左方）と南備讃瀬戸大橋



⇨ 番の州高架橋方面を観る ⇨