

# 多々羅大橋上部工の設計・製作・架設 ～本州四国連絡橋「尾道・今治ルート」～

The Design, Fabrication and Construction of TATARA Bridge Superstructure

高田 英一  
Eiichi TAKATA

川田工業(株)工事本部富山工事部  
工事課工事長

辻 巧  
Takumi TSUJI

川田工業(株)生産本部四国工場橋梁部  
橋梁技術一課係長

大伴 利夫  
Toshio OHTOMO

川田工業(株)工事本部東京工事部  
工事課工事長

西村 勝  
Masaru NISHIMURA

川田建設(株)大阪支店技術部設計課係長

多田 賢  
Satoshi TADA

川田工業(株)生産本部四国工場  
品質管理課課長

平原 伸幸  
Nobuyuki HIRAHARA

本州四国連絡橋公団東京事務所技術調整課長  
(前 向島工事事務所第一工事長)

When complete the TATARA Bridge will be the longest span Cable-Stayed Bridge in the world. A cable-stayed bridge connecting Ikuchijima Island and Ohmishima Island, the bridge has a total length of 1,480m with a center span length of 890m. The bridge is located at the middle of the Onomichi-Imabari Route, the most westerly route among the three routes of the Honshu-Shikoku Bridge Project. This report describes the design, fabrication and erection for the bridge.

*Key words:* Tatara Bridge, cable-stayed bridge, steel box girder

## 1. まえがき

多々羅大橋は、本州四国連絡橋・尾道ー今治ルート／瀬戸内しまなみ海道（路線名：西瀬戸自動車道）のほぼ中央に位置し、生口島（広島県）と大三島（愛媛県）の県境を結ぶ斜張橋である。本橋の中央径間長は890mと、フランスのノルマンディー橋を34m凌ぐ、世界最大の規模である。

本橋の上部工工事は、事業主体の本州四国連絡橋公団より、広島県側、愛媛県側でそれぞれ5社で構成された二つの共同企業体に平成6年1月に発注され、平成11年春の開通に向けて工事の仕上げ作業を行っているところである。

本文は、本橋の特色を中心に、設計、製作、架設について報告するものである。

## 2. 本橋の特色

多々羅大橋の構造一般図を図1に、設計条件と施工数量とをそれぞれ表1、2に示す。

本橋の主な構造上の特色は、以下のようである。

### (1) 複合構造斜張橋

本橋は、中央径間長に比べて側径間長が短く、このために生じる死荷重のアンバランスを改善し、橋梁全体の剛性を付与するため、側径間端部に中間橋脚およびPC

桁を配置した鋼桁-PC桁の複合構造形式を採用している。

### (2) 主塔

主塔断面は図2に示すように耐風安定性向上のためコナー部を隅切りした形状としている。断面寸法は、12m×5.6m×8.5m×5.9mとモノセル構造としては過去最大級の大きさとなっている。

### (3) 鋼桁

鋼桁は広幅員で桁高の低い3室の偏平鋼床版箱桁である。従来の斜張橋に比べると径間長に対して桁高が極めて低く、桁の曲げ剛性が相対的に小さくなり、軸方向圧縮応力度が支配的な状態となっている。このため、鋼床版と下フランジにはトラフリブを、腹板には平リブを使用し、すべて圧縮補剛板として設計している。

ケーブル定着部は、疲労試験による検証のうえ、コンパクトな構造で施工性に優れた「角柱アンカー形式」を採用し、美観に配慮してフェアリング内に納めている。

### (4) 耐風安定性

主塔および主桁の形状については景観的に配慮とともに、各種の風洞試験を行い、耐風安定性に優れた形態を選定した。また、ケーブルについても風洞試験結果に基づき、レインパイプレーション対策として写真1に示すようにポリエチレンの被覆管表面にインデント加工を施している。

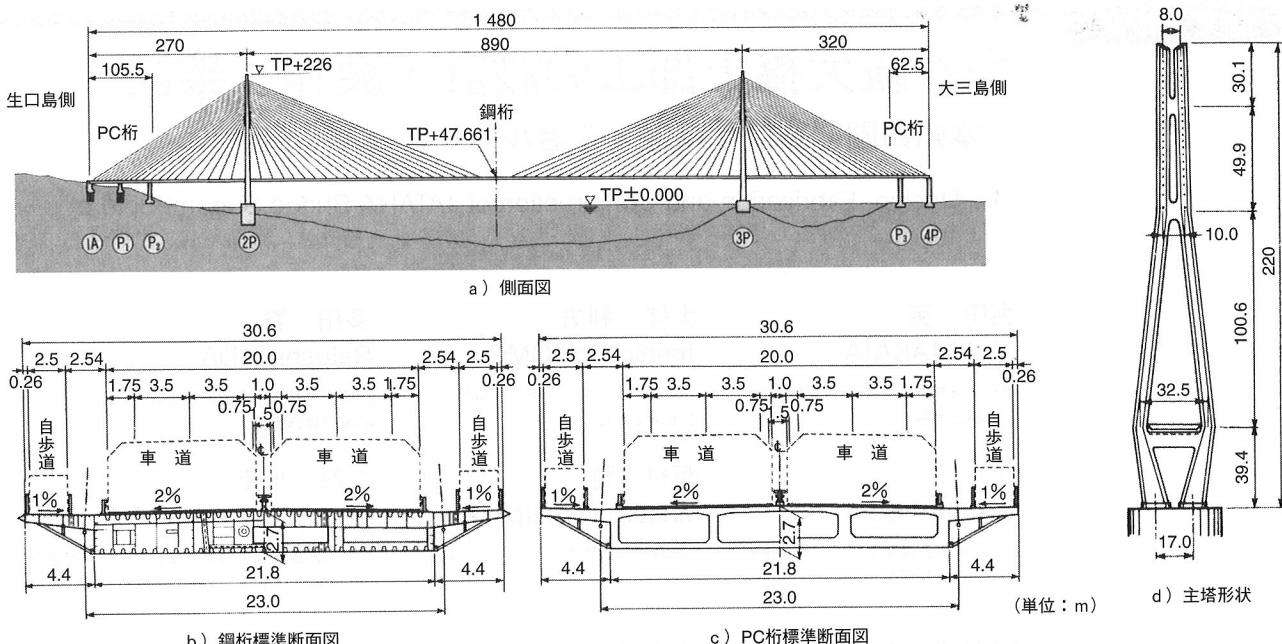


図1 構造一般図

表1 設計条件

道路規格	第1種3級
設計速度	80km/h
車線数	4車線 (9.5m×2) + 原自歩道 (2.5m×2)
橋長	270+890+320=1480m
橋梁形式	3径間連続複合箱桁斜張橋
主桁	3室箱桁
主塔	逆Y型下絞り基部拡幅形式 (塔高220m)
ケーブル	ファン型 (2面21段マルチケーブル)

表2 施工数量

	その1工事	その2工事	合計
主塔	本体工付属物	6 450 t	6 500 t
鋼桁	本体工付属物	9 500 t	11 150 t
ケーブル・付属物		1 800 t	1 900 t
総鋼重		17 750 t	19 550 t
PC桁	コンクリート	4 400 m <sup>3</sup>	2 600 m <sup>3</sup>
			7 000 m <sup>3</sup>

### (5) 耐震性

本橋の耐震固定法については、地震時水平力の分散および主軸方向の過大な変位を抑制するため、主塔部において主塔と鋼桁を弹性固定している。このための弹性固定支承には、鉛直支承を兼用する非減衰形ゴムを用いた水平せん断バネ支承を採用している。

## 3. 詳細設計

### (1) 主塔の設計

#### a) 下部塔柱断面の応力補正

道路面より下の下部塔柱は断面寸法が極めて大きなモノセル構造で、なおかつ基部に向かって断面寸法が漸増する構造となっている。このためFEM解析を実施し応力分布状態を確認し、梁理論により算出した応力度を補正した。

#### b) 隅角部およびナックル部の設計

隅角部の設計は一般的に採用されている奥村・石沢の方法で行ったが、本橋においては隅切りした塔柱断面を採用したことにより、腹板が隅角面で一致しない問題があった。さらに、塔柱の折り曲げ位置いわゆるナックル位置が、景観上の観点から水平材の位置と一致させないこととしたため、図3に示すように補強ダイヤフラムを追加する構造とした。この構造に対しても、FEM解析を

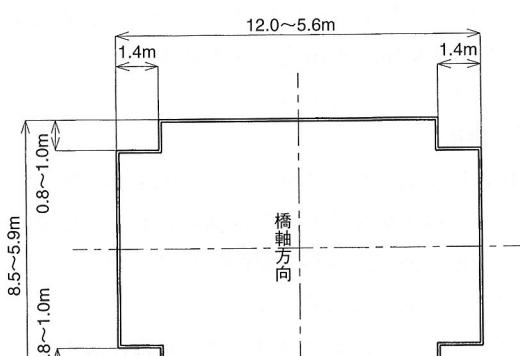


図2 塔柱断面

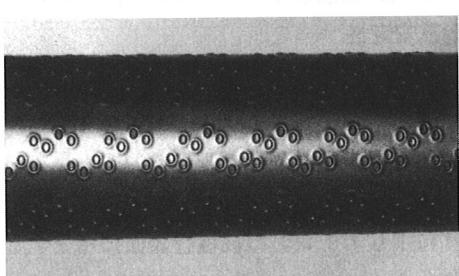


写真1 ケーブル表面形状

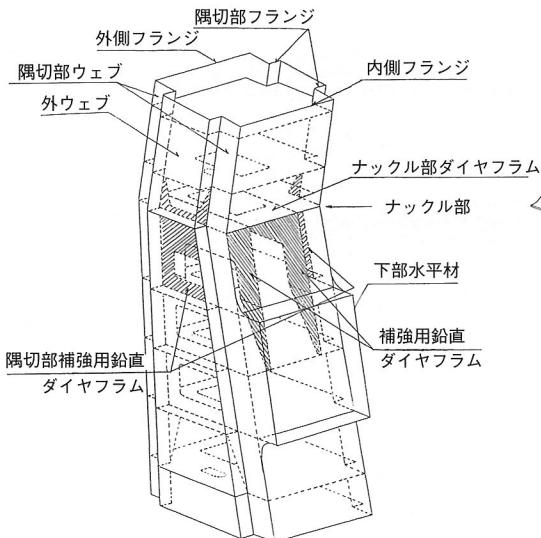


図3 主塔隅角・ナックル部補強構造

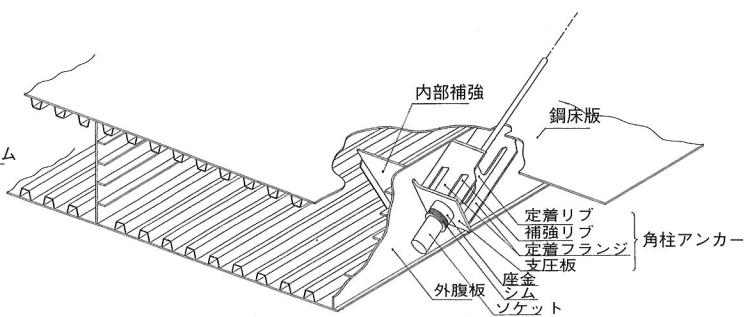


図5 鋼桁ケーブル定着部

ては、実寸大のトラフリップを使用した耐荷力試験および弾塑性有限変位解析を実施し、今回採用した設計手法の妥当性を検証した。

#### b) 断面設計

鋼桁断面は前述の許容応力度に対する応力照査の他に以下に示す照査も行った。

- ① 鋼床版には床組作用により橋軸直角方向にも曲げ圧縮応力度が作用するので、2方向の圧縮応力度が作用する補剛板として座屈照査を行った。
- ② 補剛板の支持辺である腹板近傍ではシラグにより増加する応力度を考慮した。FEM解析により検討した結果、シラグによる応力度は、全断面を有効として算出した曲げ応力度を、主塔付近で1.8倍、中間橋脚に隣接する接合桁付近で1.3倍、一般部では1.1倍に割増すことで設計に反映した。
- ③ ケーブル定着部から導入される局部的な応力度も重ね合わせて応力照査した。

- ④ 解析モデルの骨組軸線と実断面の回心軸とは多少のズレが生じるが、このズレによる付加モーメントに対しても応力照査を行った。

#### c) ケーブル定着部

主桁側のケーブル定着構造には、図5に示す「角柱アンカー形式」を採用した。応力の伝達機構は、ケーブル張力は支圧応力として角柱アンカーカー部に伝達された後、鉛直成分、水平成分および偏心曲げとなり主桁部材に伝達されることになる。各部材の断面設計はこの応力の伝達機構を考慮した簡易的計算式により決定し、FEM解析により設計断面の妥当性を検証した。さらに製作の面からも、実寸大の模型を製作しながら、検討を重ね、詳細構造を決定した。

### (2) 鋼桁の設計

#### a) 圧縮補剛板の設計

ケーブル定着部は施工性の面から図4に示すように2枚の縦ガーダーの間に鋳物の定着ブロックを取り付ける構造とした。また、ダイヤフラムは定着ブロックと位置を合わせ、ケーブルの鉛直分力を塔柱と縦ガーダーで分担し、水平分力をダイヤフラムと横つなぎ材で分担する構造としている。

### (3) PC桁の設計

#### a) クリープ・乾燥収縮解析

#### (3) PC桁の設計

#### a) クリープ・乾燥収縮解析

PC桁の設計にあたっては、コンクリート固有の材料特性であるクリープ・乾燥収縮によって生じるPC桁の断面力変動および橋梁全体系に及ぼす影響を把握するため、施工段階ごとの断面力履歴およびプレストレスの変動を考慮した解析を実施した。以下に解析方針を示す。

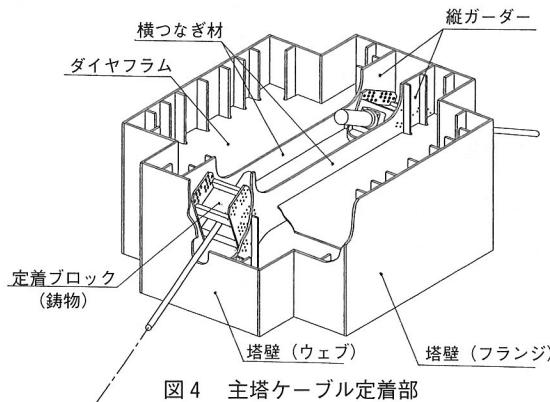


図4 主塔ケーブル定着部

行い応力分布状態の確認および断面の照査を行った。

#### c) ケーブル定着部塔柱構造

ケーブル定着部は施工性の面から図4に示すように2枚の縦ガーダーの間に鋳物の定着ブロックを取り付ける構造とした。また、ダイヤフラムは定着ブロックと位置を合わせ、ケーブルの鉛直分力を塔柱と縦ガーダーで分担し、水平分力をダイヤフラムと横つなぎ材で分担する構造としている。

### (2) 鋼桁の設計

#### a) 圧縮補剛板の設計

鋼床版と下フランジにおいては、腹板間隔が広いため横リブの断面構成にあたっては各種検討結果を踏まえて、横リブに局部座屈波形の節となる剛な支持機能を要求せず、幅広補剛板として弾性的に支持することを許容して横リブの設計を行った。<sup>1) 2)</sup>

このため本橋では、幅広補剛板として縦横補剛材を設計し、補剛板の許容応力度は、各補剛材と板パネルの有効幅部分とで構成される柱としての強度を基に算定する、いわゆる「柱モデルアプローチ」<sup>1) 2)</sup>によった。なお、「柱モデルアプローチ」は平リブと板パネルで構成されたT型断面柱を設計対象としているので、トラフリップを補剛材として用いる鋼床版・下フランジへの適用に際し

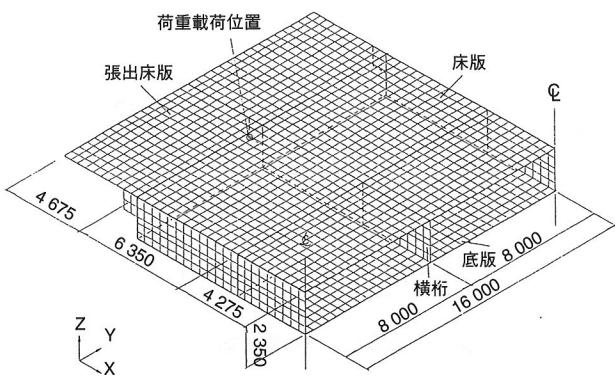


図6 PC桁FEM解析モデル

- ① 解析理論は、道路橋示方書の考え方を反映（遅れ弾性を考慮）した「修正Dischinger法」を用いた。
- ② コンクリートの材令は、コンクリートの打設区分を考慮したブロック内の平均材令を用いた。
- ③ PC桁自立系を経て、完成系に至るまでの架設ステップに対して解析を行った。
- ④ 架設時の断面力は、橋梁全体系での架設計算により得られた断面力を境界力として作用させた。

#### b) 主桁、横桁の設計

主桁および横桁断面は、架設系および完成系の断面力に対して設計したが、図6に示す3次元FEM解析モデルを用いて、ケーブル張力の伝達状態を確認し、各部材の設計に反映した。

#### c) 床版の設計

本橋では、道路橋示方書で規定される床版単位幅あたりの設計曲げモーメント算出式の適用範囲 ( $L \leq 6m$ ) を超える床版支間 ( $L = 8.0m$ ) を採用している。そこで、以下の方法で活荷重に対する設計断面力を算出し比較した。

- ① Pucherの影響線
- ② 道路橋示方書の理論式
- ③ 道路橋示方書の算出式

その結果、③の設計方法が他の方法と比較して一定の安全率を保ち安全側であることが確認できたので、③の方法を本橋の支間長に対しても適用し活荷重モーメントの算定を行った。

#### d) ケーブル定着部

PC桁のケーブル定着部は以下の特徴を有している。

- ① PC桁にも、鋼桁と同様鋼製のフェアリング（化粧板）が設けられ、定着部をフェアリング内に納めるため構造をコンパクトにする必要があった。
  - ② ケーブル定着部の外側に張り出し床版を有する。
- これらの点から、ケーブル定着部の補強鉄筋を「Mörschの式」と道路橋示方書の式から決定するとともに、3次元ソリッド要素を用いたFEM解析を実施し、最大発生応力度に対する補強も行った。

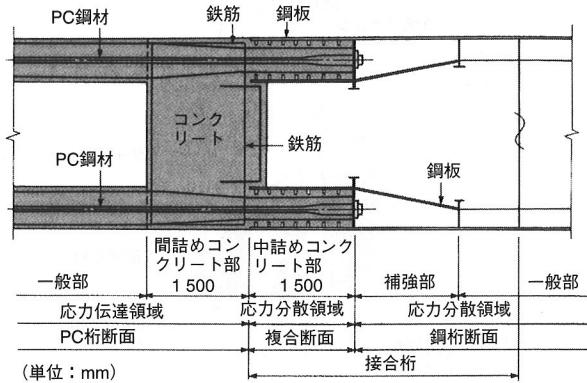


図7 接合桁構造概要

#### e) 接合桁の設計

PC桁と鋼桁とを連結する接合桁の設計は、基本的に同ルートの生口橋と同様の構造形式<sup>3)</sup>を用いた。図7に接合桁の構造概要を示す。また、接合部での鋼桁からPC桁への応力分布性状を、3次元FEM解析により確認し、適切な補強を実施した。

## 4. 工場製作

### (1) 製作上の留意点

本橋の構造上の特色および断面形状から、製作にあたって以下の点に留意する必要があった。

- ① 主塔部材がモノセル構造で断面寸法が大きいため、部材端面の精度確保が難しい。
- ② 鋼床版においては、疲労に配慮した構造ディテールおよび溶接施工法が要求される。
- ③ 鋼桁の鋼床版と下フランジは圧縮補剛板として設計されているので、溶接による初期ひずみが大きく残留すると耐荷力の低下が懸念される。

### (2) 主塔の製作

#### a) 断面寸法の確保

断面の寸法精度を確保するために、写真2に示すように部材端面に仮ダイヤフラムを設置した。この仮ダイヤフラムの木口全周を機械加工することにより部材端面の寸法誤差を規定値の±1 mm以内に確保した。

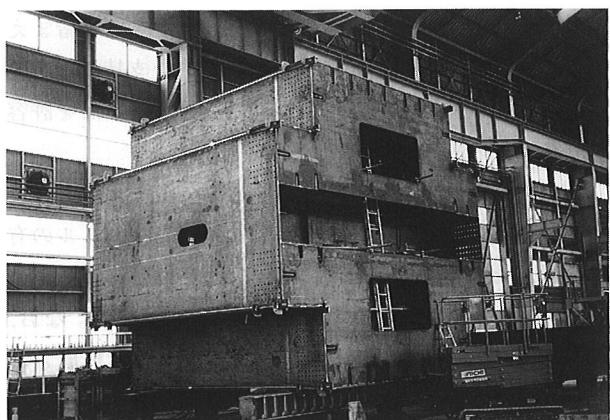


写真2 仮ダイヤフラム設置状況

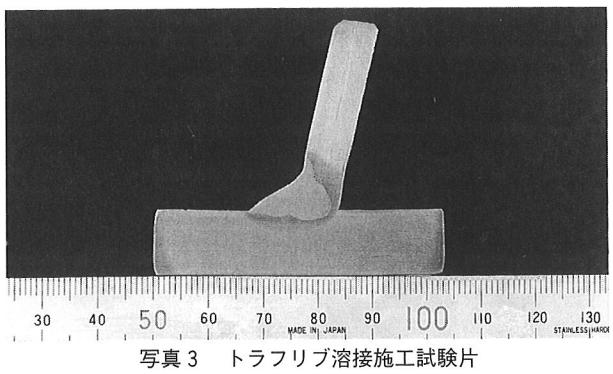


写真3 トラフリブ溶接施工試験片

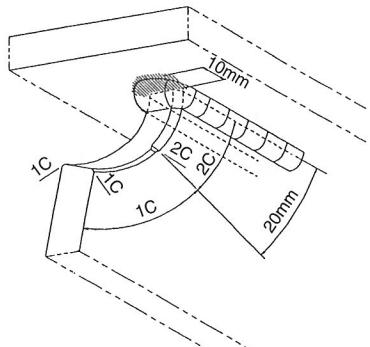


図8 車輪直下位置スカラップの仕上げ範囲

#### b) メタルタッチ精度の確保

当社の主塔製作範囲は、塔柱の上部だったので、板厚が薄く、機械切削時の「ビビリ」によるメタルタッチ精度の低下が懸念された。そこでH形鋼等で部材端面を補強し「ビビリ」防止対策を行った結果、ウェブ・フランジで98%（966カ所中942カ所）縦リブで97%（600カ所中584カ所）のメタルタッチ率を達成した。

### (3) 鋼桁の製作

#### a) 鋼床版の疲労対策

鋼床版の溶接については、各種の疲労実験結果を反映し以下のように行った。

① トラフリブと鋼床版の溶接溶け込み量を横リブとの交差部で6mm以上、一般部で4mm以上確保することとした。溶け込みに対する溶接条件・溶接材料を検討するためにタンデム式の20電極自動溶接機を用いて溶接施工試験を行った(写真3に溶接試験片を示す)。

② 鋼床版溶接部裏面のスカラップは、裏当て材に入る最小寸法(30×75mm)とし、さらに車輪直下に位置するスカラップの廻し溶接部をグラインダー仕上げとした。仕上げの程度には個人差が現れやすいので、標準見本と施工要領図(図8)により仕上げ程度の統一を図った。

#### b) 初期ひずみの管理

圧縮補剛板の耐荷力は、製作上の初期ひずみ量によって大きく影響を受けるため、十分に配慮をして製作にあたった。鋼床版と下フランジの初期ひずみは、横リブを支点とする柱としての橋軸方向のひずみとトラフリブを支点とする板パネルとしてのひずみが合成されたものと

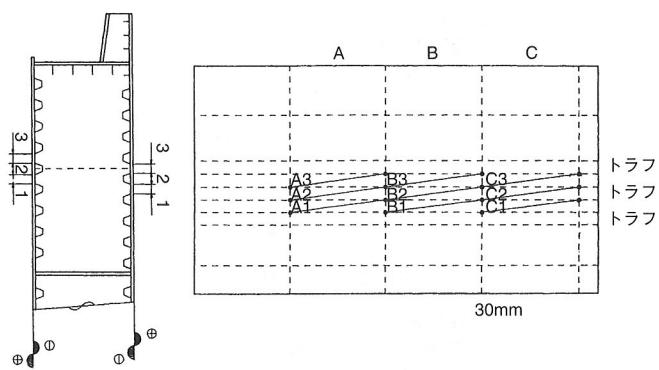


図9 初期ひずみの計測位置

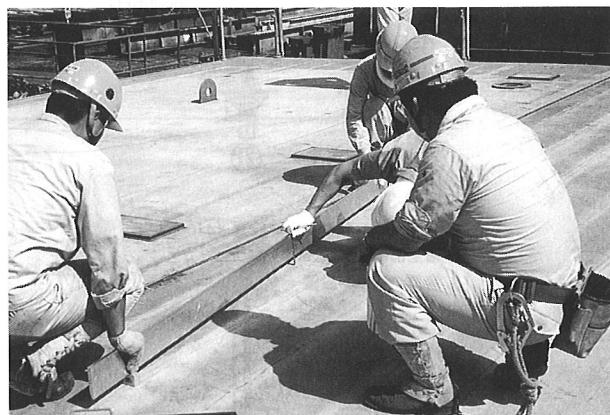


写真4 計測状況

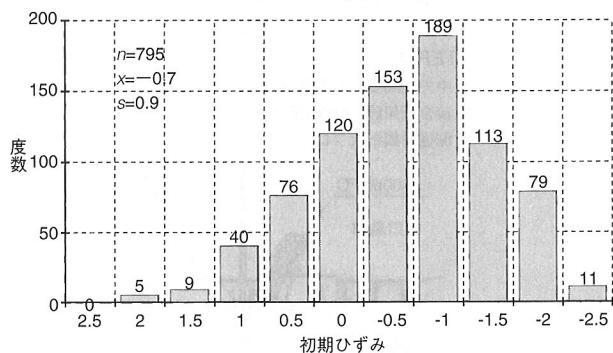


図10 初期ひずみ計測結果

なる。そこで、図9に示すように横リブ間で斜め方向にひずみ量の計測を行い最大値を初期ひずみ量とした。

初期ひずみの許容値として、柱の曲がりのみの許容値  $\delta_a = 1/1000$  (2.5mm) を適用することとした。写真4に計測状況を、図10に計測結果を示す。

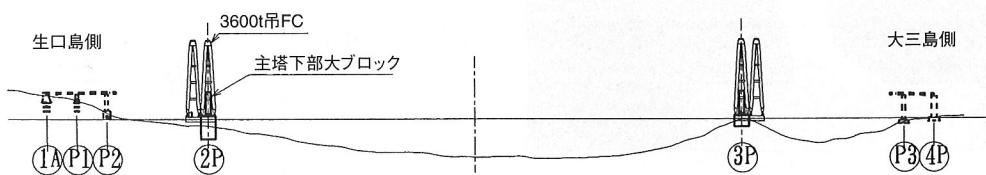
## 5. 架設工事

本工事の架設工法は、主塔は全体を23段に分割し、下部水平材から下の部分を大ブロック架設、上部の塔柱を単材架設とした。主塔部および側径間の鋼桁は大ブロック架設とし、PC桁と鋼桁を接合桁で連結した後、20mを単位とする小ブロックで中央径間の鋼桁を張り出し架設する工法を採用した。

図11に全体作業段階図を、表3に主な作業の施工時期を示す。

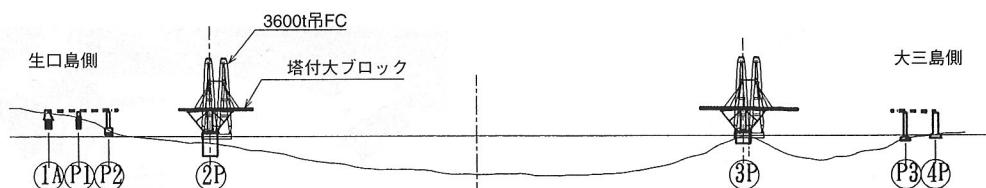
### STEP-1

1. 塔基部コンクリート研磨
2. 塔基部架設 (1300t吊FC)
3. 塔下部大ブロック架設 (3600t吊FC)



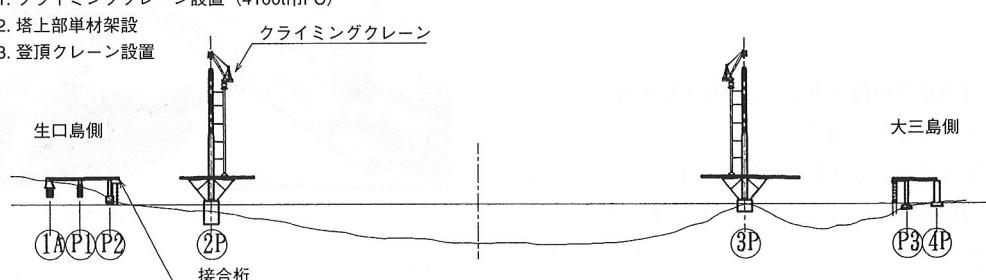
### STEP-2

1. 塔付斜ベント設置 (2050t吊FC)
2. 塔付鋼桁大ブロック架設 (1300t吊FC)



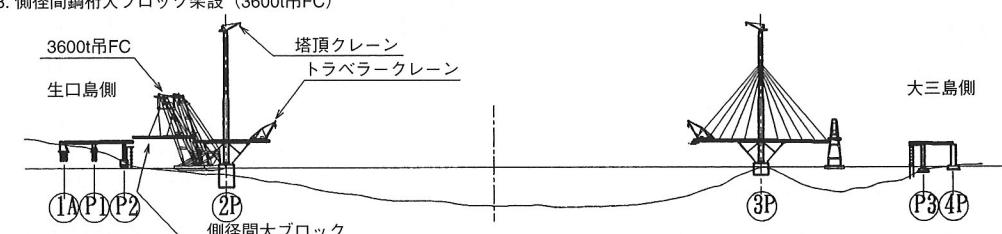
### STEP-3

1. クライミングクレーン設置 (4100t吊FC)
2. 塔上部単材架設
3. 登頂クレーン設置



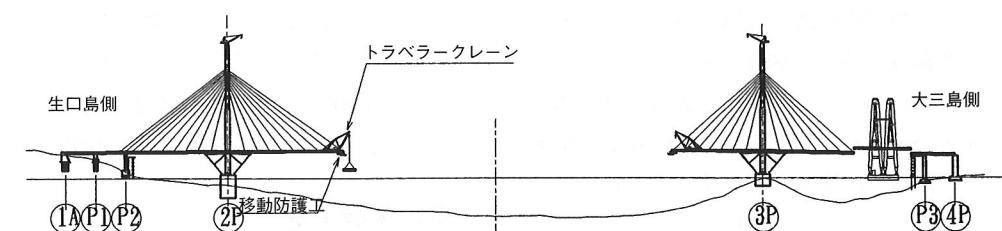
### STEP-4

1. 中央径間張出し架設準備
2. 接合桁架設 (1300t吊FC)
3. 側径間鋼桁大ブロック架設 (3600t吊FC)



### STEP-5

1. 中央径間張出し架設



### STEP-6

1. 中央径間張出し架設
2. 中央径間閉合作業

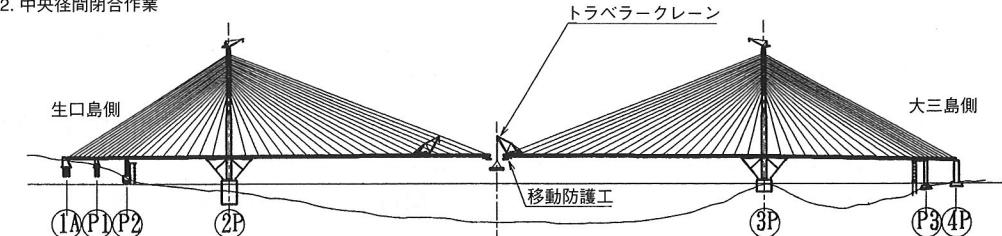


図11 全体作業段階図

表3 主要作業施工時期

作業項目	施工時期
コンクリート面研磨	平成7年 8~10月
塔基部底板・基部架設	平成7年11~12月
塔下部大ブロック架設	平成7年12月
塔付鋼桁大ブロック架設	平成8年 2月
塔上部架設	平成8年 3~6月
接合桁架設	平成8年10月
側径間鋼桁大ブロック架設	平成8年11月
中央径間鋼桁張出し架設 ケーブル架設	平成8年12月~ 9年8月
橋面工, 仮設備撤去工他	平成9年10月~10年7月

### (1) コンクリート面研磨

主塔の鉛直度および主塔底板とコンクリート面の密着性を確保するために最大傾斜1/10 000を許容値として研磨を行った。作業は走行式と旋回式の研磨機を、南北塔柱基部において入れ替えながら施工した。

### (2) 塔基部底板・基部架設

底板(119 t × 2)と基部(塔第1段)(235 t × 2)の架設は、製作工場より同一の台船で運搬し、1 300 t 吊FCを使用して行った。架設時には、油圧ジャッキによって微調整を行い位置決めした。

### (3) 塔下部大ブロック架設

塔第2段から第5段および下部水平材までを一体として3 600 t 吊FCによる一括架設を行った。架設ブロックは製作工場にて地組みし作業足場等の仮設備を取り付け、架設重量は約1 500 t となった。16 000 t 積み台船に、2 P, 3 Pのブロックを2基搭載して現地まで輸送した。

架設作業は同じ潮の期間で3 P次いで2 Pの順で行い、第1日目：作業船・台船入域・係留、第2日目：大ブロック吊り上げ・立て起こし、台船係留解除・出域、第3日目：架設、作業船出域の各作業を行った。**写真5**



写真5 塔下部大ブロック架設状況

に塔下部大ブロックの架設状況を示す。

### (4) 塔付鋼桁大ブロック架設

塔付部の鋼桁大ブロック( $L=123.2\text{m}$ ,  $W=2\,000\text{ t}$ )の架設は、斜ペント設置後3 600 t 吊FCによる一括架設を行った。架設ブロックは四国工場にて地組みし、主塔支点部における弾性支承とラテラルダムも取り付けた。これら付属物と桁両端の仕口部は、海上輸送中の塩分付着を防ぐために、シートおよびネットによりオーニングした。

浜出し後、16 000 t 積み台船で現地まで輸送した大ブロックを、3 600 t 吊FCで一括架設を行った。主塔支点部においてラテラルダムをクリヤー9 mmの間に落とし込むため架設用ガイドを用いた。また、15 t 能力の引き寄せ設備(チルホール、滑車等)を、塔水平材、斜ペント先端部において橋軸方向、橋軸直角方向に合計16カ所配置した。

### (5) 塔上部架設

塔上部部材は、クライミングクレーン(Cap.160 t)を使用し、第6段から23段までの18段(最大部材重量=150 t)，南北塔柱で合計36回の架設を行った。このクライミングクレーンは第9段まで架設できる状態で4 100 t 吊FCで一括据え付けした。

部材輸送は3 000 t 積み台船にて4部材(南北塔柱2段分)ずつ海上輸送した。輸送途中での塩分付着防止を考慮して工場で取り付けた架設用足場も含めて部材全体をシートにてオーニングした。

架設サイクルは、水切り・準備・架設・HTB締め付け(形状管理・クレーンせり上げ)の各作業とし、3カ月半で18段の架設を完了した。**写真6**に塔上部ブロックの架設状況を示す。

### (6) PC桁施工・接合桁架設

PC桁については、川田建設㈱が平成7年12月から平成8年11月までに長さ104m, 4 400 m<sup>3</sup>のコンクリートを7ブロックに分割して施工した。

PC桁と鋼桁を連結する接合桁は、中間橋脚より5.5mの地点に位置する。橋脚前面に直ペントを設置し、その上に架台および調整設備を設けた。調整設備は接合桁の架設後、平面位置と高さをジャッキにより調整する設備

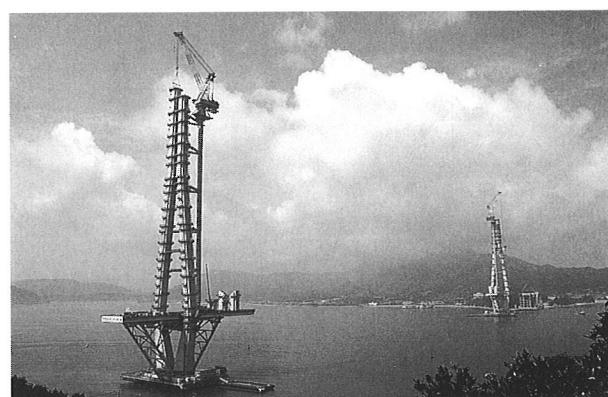


写真6 塔上部ブロック架設状況

で、位置調整架台を4カ所、高さ調整架台を8カ所とした。接合桁は長さ3.9m、幅32m、重量110tであり、架設作業は2050t吊FCにより行った。

架設後、接合桁を計画の位置、高さに合わせる調整作業を行い、型枠・配筋作業の後、間詰め部1.5mおよび接合桁の中詰め部1.5m区間にについて合わせて約140m<sup>3</sup>の無収縮の高流动コンクリートを打設した。この後、PCケーブルの緊張を行いPC桁と鋼桁の連結を完了した。

#### (7) 側径間鋼桁大ブロック架設

側径間の鋼桁大ブロック ( $L=109.0\text{m}$ ,  $W=1800\text{t}$ ) は、製作工場にて地組みし、浜出し、海上輸送を経て3600t吊FCによる一括架設を行った。FC作業は現地の地形上の制約から架設方向が斜めからとなり、さらに水深が浅いことから、事前に深浅測量を行ってFC位置、吃水と水深、潮位を確認しながらの作業となった。架設は接合桁と塔付部の鋼桁の間に、大ブロックを落とし込む方法で行った。このためあらかじめ塔付鋼桁大ブロックの位置を中央径間側に300mm、PC桁の位置を橋台側に350mmセットバックして施工し、落とし込みのための空間を確保した。

架設作業は、鋼桁大ブロックを主塔側はセッティングビームに、接合桁側は直ベント上の仮沓に載せて完了した。その後、主塔側継手は直ちに橋面上の引き込み装置(油圧センターホールジャッキ)により仕口合わせを行い剛結した。接合桁側継手は、中央径間張り出し架設の途中ケーブル5段架設時、閉合モーメント最小状態で剛結した。

#### (8) 中央径間鋼桁架設・ケーブル架設

中央径間の鋼桁架設は、鋼桁部材の直下吊り架設と中・側径間のケーブル架設を1サイクルとして18回行った。鋼桁部材 ( $W=320\text{t}$ ) は3000t積み台船で1ブロックずつ輸送し、工事海域にて台船を一点式係留法により固定した。

鋼桁架設は桁上のトラベラクレーン ( $\text{Cap.}350\text{t}$ ) による一括吊り上げで行い、引き続いて腹板、下フランジのHTB締め付け、鋼床版の現場溶接により剛結した。写真

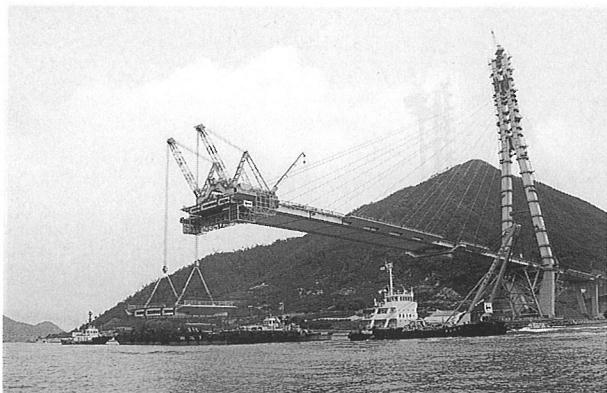


写真7 中央径間鋼桁直下吊り架設状況

7に中央径間鋼桁の直下吊り架設状況を示す。

ケーブルは鋼船にて1回につき8~12リール運搬し、橋上の油圧クレーン (Cap.360t) にて水切り、主塔付近に仮置きした。架設作業はトランスポーター (Cap. 80t) により桁側定着部付近まで橋上小運搬し、展開、塔側定着、桁側引き込み作業の順で行った。

塔側定着は塔頂クレーン (Cap.30t×8m) にて行い、引き続き桁側の引き込み作業を①油圧ワインチ (Cap.13t), ②ワイヤー (50φ) クランプジャッキ (Cap.100t), ③テンションロッド (180φ) 油圧センターホールジャッキ (Cap.800t) を使用して3段階で行った。精度管理については各架設サイクル作業完了後、塔変位、ケーブル張力、桁キャンバーを自動計測し、それぞれの値が許容値内であることを確認した。許容値を超える場合にはシム調整を行うこととしたが、結局全18サイクルの内、1回だけシム調整を要した。

中央径間のサイクル架設は、平成8年12月末から開始し、平成9年7月末に閉合ブロックを架設した。

## 6. あとがき

本橋における中央径間長890mという規模は、これまでの施工実績を大きく上回るものであり、中央径間張り出し時の強風による影響が懸念された。この件については大きな影響を受けず幸いであったが、閉合部材架設予定日に台風の直撃を受け、大急ぎで台風対策を行ったことが、なつかしい思い出となっている。また、塔基部施工から中央径間閉合、その後の橋面工・付属物取付まで3年間以上、無事故無災害で施工できたことは誇りである。

最後に、本工事にあたりご指導を賜った本州四国連絡橋公団向島工事事務所の方々ならびに関係各位に紙面を借りて厚くお礼を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 中井・北田・田井戸・福岡：縦・横補剛材および縦桁を有する圧縮板の一設計法、構造工学論文集、Vol.31A,pp.103-114,1985.3.
- 2) 土木学会：座屈設計ガイドライン、1987.10.
- 3) 松井・梶川・森谷・岩崎・新井・木本：複合斜張橋・生口橋主桁接合部の設計・施工、川田技報、Vol.10, pp.60-67,1991.1.
- 4) 藤原亨・森山彰・川西直樹：多々羅大橋上部工の実施設計、本四技報、Vol.22,No.88,pp.12-27,1998.10.
- 5) 平原伸幸：多々羅大橋上部工の架設（第一報）、本四技報、Vol.21,No.84,pp.33-40,1997.10.
- 6) 平原伸幸・村田知司：多々羅大橋上部工の架設（第二報）、本四技報、Vol.22,No.88,pp.28-37,1998.10.