

(90) 平羅橋 (PC斜張橋) のプレキャストセグメント張出し施工

呉農林事務所 大崎下島農道建設事務所
 同 上
 ㈱鴻池組 広島支店
 オリエンタル建設㈱ 大阪支店

城下 俊昭
 梶山 浩一
 木本 敏郎
 正会員 ○ 胡 信弘

1. はじめに

平羅橋は、「大長早生みかん」で有名な大崎下島(広島県豊田郡豊町)と岡村島(愛媛県関前村)とを結ぶ3つの渡海橋のうちのひとつである。広島県は、安芸灘諸島連絡架橋計画として8島(2島は無人島)、6町村(愛媛県関前村含む)を8つの渡海橋で結ぶ計画を立てている。平羅橋は、本計画中で広島本土から5番目の橋梁であり、単径間PC斜張橋である。本橋の特長としては、PC斜張橋の施工に日本で初めてプレキャストセグメント工法を採用したことが挙げられる。本事業計画全体および平羅橋のおかれる位置を図-1に示す。また、本橋がPC斜張橋に決定された過程を図-2に示す。一方、県道との平面交差による視距や迂回路の確保、主塔基礎のアンカレッジの規模、斜材ケーブル(バックステイ)の配置等の関係から、大崎下島側に主塔を設けることができず、無人島である平羅島側に主塔を配置し、ここから主桁の張出しを開始するという条件のもと、架設工法の検討を実施した。張出し架設方法としては、場所打ちによる方法とプレキャストセグメントによる方法とが考えられるが、本橋の場合、工期短縮が図られ、高強度コンクリートの品質管理面での有意性からプレキャストセグメント工法が採用された。また、大崎下島側にはコンクリートプラントがあり、セグメント製作ヤードの適地も架設現場より約500m離れた場所に確保できること、台船によるセグメントの海上運搬および海上クレーンによる海上架設が可能なことも採用理由としてあげられる。

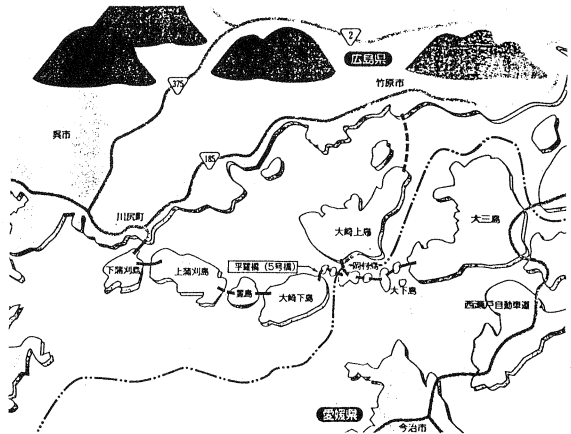


図-1 位置図

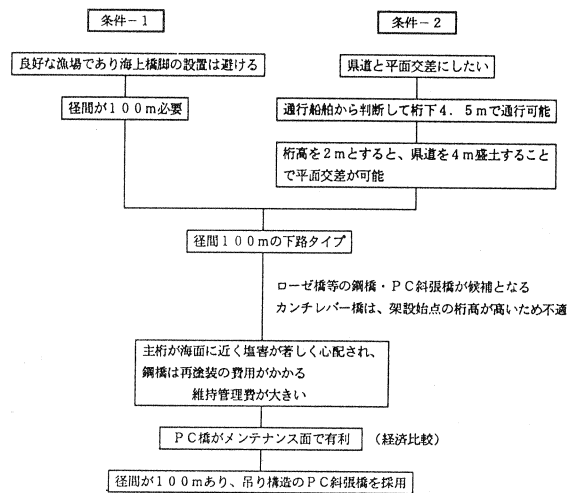


図-2 橋種、形式決定の手順

2. 構造概要および設計条件

2.1 構造概要

本橋は、片側7本ステイのファン型二面吊り

（フォアステイ7段1列、バックステイ7段2列）のP C斜張橋である。構造形式は、終点側（A 2側）橋台に主塔および主桁を剛結し、主桁の重量をメインステイを通して塔の剛性およびバックステイアンカーの重量で受け持たせる構造とした。本橋の構造一般を図-3に示す。主桁は、0セグメント（基準セグメント）～28セグメントをプレキャスト桁、0セグメントとA 2橋台間および側径間部を場所打ちとした。一方、主塔は基本的に鉄筋コンクリート構造とし、横梁部についてはP C構造とした。

2. 2 設計条件

本橋の主要な設計条件を以下に示す。

種別：プレストレストコンクリート道路橋

構造形式：主桁：P C-室箱桁

主塔：H型

斜材：ファン型二面吊り

施工方法：プレキャストセグメント工法

橋長：98.500m

桁長：98.400m

支間長：97.900m

幅員：全幅員：9.000m

有効幅員：車道幅 6.500m

歩道幅 1.500m

縦断勾配：2.5%

横断勾配：車道：1.5%

歩道：2.0%

斜角：90°00'00"

活荷重：TL-20

衝撃係数：i = 1.0 / (2.5 + L)

水平震度：K h = 0.17

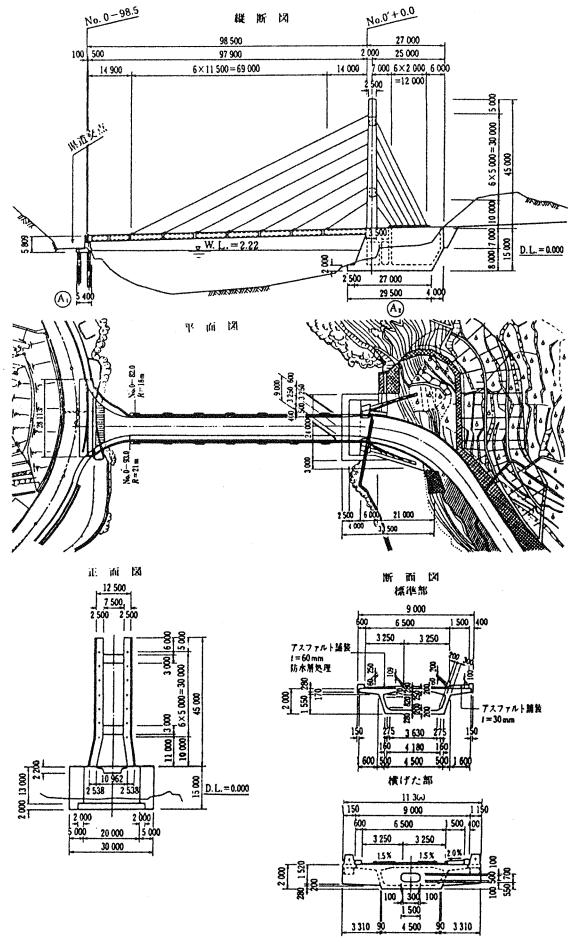


図-3 構造一般

表-1 主要材料の工事数量

種別	仕様	主桁		主塔
		プレキャスト部	場所打ち部	
コンクリート	$\sigma_{ck}=500\text{kgf/cm}^2$	551 m ³	—	—
	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	—	236 m ³	907 m ³
鉄筋 (SD295)	普通鉄筋(注-1)	10 tf	4 tf	81 tf
	塗装鉄筋(注-2)	57 tf	16 tf	—
P C鋼材	$\phi 32(\text{SBPR930}/1180)$	23.1 tf	—	—
	12T12.7	5.5 tf	—	—
	12T15.2	—	—	5.6 tf
	1T21.8	5.4 tf	—	—
鉄骨	—	—	—	47.0 tf
斜材	DINA 109-253	—	91.0 tf	—

注-1) 純かぶり70mmの部分は、普通鉄筋を使用。

注-2) 純かぶり35mmの部分は、塗装鉄筋を使用。

3. 施工概要

3. 1 主要材料および工事数量

上部工の主要な使用材料および工事数量を表-1に示す。主塔に配置される鉄筋は、かぶり70mmであるため通常の鉄筋を使用した。主桁に配置される鉄筋は、かぶり35mmであるため塩害対策として外気に触れる部分にはエポキシ樹脂塗装鉄筋を用いている。斜材ケーブルは、DINAアンカー（工場製

作ノングラウトタイプで、 $\phi 7\text{mm}$ 亜鉛メッキ鋼線を109～253本束ねてポリエチレン被覆している。）を使用した。

3. 2 施工方法

本橋上部工の全体施工手順を図-4に示す。以下に、図-4の施工手順に沿って主塔の施工、主桁セグメントの製作、主桁セグメントの運搬・架設、斜材の展開・緊張、側径間の施工の概要について述べる。

(1) 主塔の施工

主塔の施工手順を図-5に示す。

1) 鉄骨組立

主塔には、鉄筋配置および型枠組立用の定規とする目的とケーシングパイプを固定する目的のために鉄骨を配置した。配置される鉄骨は、1R～9R, 1L～9L, 横梁10, 11の合計20ブロックから構成されている。

鉄骨の組立順序は、コンクリート打設時の変形を考慮して決定した。支保工下段組立（1～3ロット）は、1R～3R, 1L～3L, 横梁10を最初に組立て、支保工上段組立（3～9ロット）は、ケーシングパイプ中心位置までコンクリート打設することと圧接鉄筋を支持ことを考慮して鉄骨を1段先行して組立てた。

2) ケーシングパイプ組立

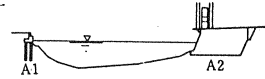
ケーシングパイプ（定着板付工）は、DINAアンカーに用いるものである。ケーシングパイプの配置数量は、C1～C7ケーブルが14個（1個当りの重量＝780～400kg）でC8～C14ケーブルが28個（1個当りの重量＝1350～470kg）である。ケーシングパイプを配置するに際して、①ケーシングパイプの固定方法 ②ケーシングパイプの微調整方法 ③ケーシングパイプの位置測量方法の3点が問題点としてあがった。検討の結果、それぞれ次のような対処法を採用した。①予めケーシングパイプの取付位置を計算しておき、鉄骨にケーシングパイプ固定用金具を取付けた。②ケーシングパイプと固定金具の間に3次的に微調整可能な特殊治具を取付けた。

③ケーシングパイプ先端中心と定着板の座標を計算しておき、光波測量を繰返し行った。

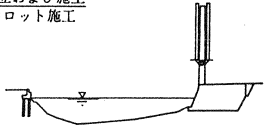
3) コンクリート打設

コンクリート打設は、1ロットの高さを5mとし、合計9回に分けて行った。1ロット当りの打設数量は、最大143m³、最小77m³である。コンクリート打設に際しては、コンクリートプラントが主塔施工場所の対岸にあるため、500tf台船にポンプ車を載せて配管を施して打設を行った。また、コンクリートの供給は、フェリーにより

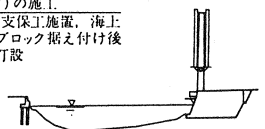
①主塔足場用支保工組立および施工
3ロットまで施工



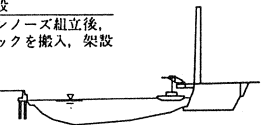
②主塔足場用支保工組立および施工
①の足場解体後4～9ロット施工



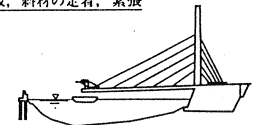
③柱頭部(基準ブロック)の施工
A2橋台にプラケット支保工設置、海上クレーンにて、基準ブロック据え付け後場所打コンクリート打設



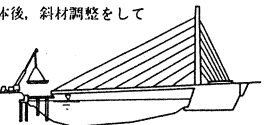
④主げたブロックの架設
柱頭部にエレクションノーズ組立後、台船にて主げたブロックを搬入、架設



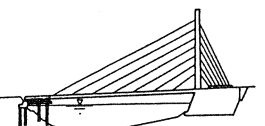
⑤主げたブロックの架設、斜材の定着、緊張



⑥側径間支保工施工
エレクションノーズ解体後、斜材調整をして支保工施工



⑦側径間の施工



⑧斜材の調整、橋面工の施工

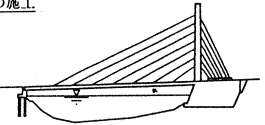


図-4 上部工の全体施工手順

生コン車を運搬して台船上のポンプ車に直接供給した。一方、夏期の打設であることおよび配管の長さを勘案し、流動化剤の添加を行いスランプ12cmとして施工を行った。

(2) 主桁セグメントの施工

主桁セグメントの製作手順を図-6に示す。主桁セグメントは、架設地点より約500m離れた港の岸壁にて製作した。製作方法は、ロングライン方式であり、旧セグメントの端面を型枠として施工するマッチキャスト方式とした。主桁セグメント数は、基準セグメントを含めて総数29セグメントである。セグメント長は、基準セグメントおよび標準セグメントが3.0m(22セグメント)、斜材定着セグメントが2.5m(7セグメント)であり、総延長83.5mである。主桁セグメント製作に当り、配慮した主な事項を以下に示す。

1) 主桁製作台

主桁下面高を決定するに際して、以下の方法をとった。縦断勾配 $i = 2.5\%$ のとり方：基準セグメント架設時点において所定の縦断勾配に設置することとし、主桁はレベルに製作することとした。上げ越し量および桁高変化への対応：1~20セグメント(全長61m)までは、直線上げ越し(角度 $\theta = 4$ 度33分)であるためセグメント架設時に架設角度を考慮することとして主桁セグメントはレベルに製作した。21セグメント以降は、所定の上げ越し(架設時の架設角度を考慮した上げ越し量 = 88mm)を行った。一方、0~3セグメントにおいて桁高変化量に対する製作台調整(調整量 = 192mm)を行った。

2) 型枠

主桁セグメントの型枠は、底板を木製、外枠を標準セグメント・斜材定着セグメントともに鋼製型枠とし、内枠を桁断面の変化区間にある標準セグメントおよび斜材定着セグメントにおいては木製、桁断面一定区間にある標準セグメントにおいては鋼製とした。

3) ケーシングパイプの配置

ケーシングパイプを配置するに当り、主桁セグメントをレベルに製作するため縦断勾配に対する調整、主桁上げ越し量に対する調整、サグによる偏心に対する調整等を考慮に入れて行った。

4) ゲビンデアンカーの埋め込み

主桁吊り上げ用にエレクトロンノーズのルール、転倒防止用にゲビンデ($\phi 26$ mm)を主桁ウェブに埋め込んだ。埋め込みに際し、それらのアンカー位置を図面におとし、可能なかぎりムダのないように配置した。

(3) 主桁セグメントの切り離しおよび台船積み込み

主桁セグメントの切り離しは、海上クレーン(全旋回型80tf吊り)にて主桁セグメント自重(標準セグメント:38~50tf、斜材定着セグメント:62~76tf)近傍まで吊り上げワイヤーを張った状態でジャー

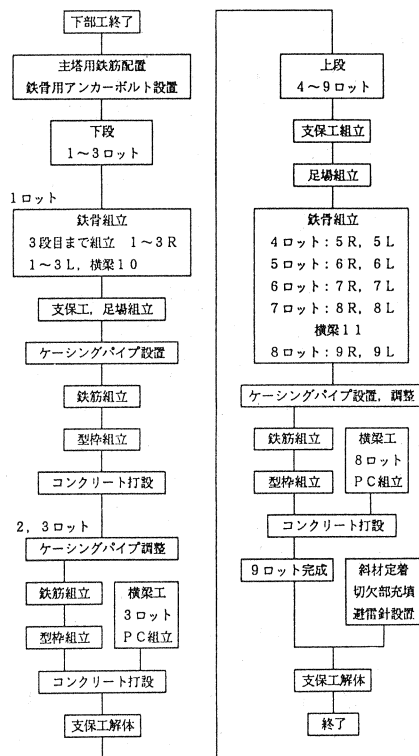


図-5 主塔の施工手順

ナルジャッキ4台を用いて水平移動させることで行った。せん断キリーの突起がセグメント端面より切り離されたことを確認した後、垂直に吊り上げ台船(800tf積み)に積み込んだ。主桁セグメントの吊り上げは、予め主桁に埋め込んだゲビンデアンカーに吊り上げ用治具を接続して行った。また台船積み込みにおいては、台船の傾斜を極力抑えることを考慮して積み込み順序、積み込み位置等の検討を行って実施した。

(4) 主桁セグメントの架設

1) 基準セグメントの据付け

基準セグメントの据付けにおいて、橋体全体の方向性が決定されるため、以下のことに留意して慎重に行った。①基準セグメントとA2橋台間の場所打ちコンクリートによって基準セグメントが所定位置より移動しないこと。②基準セグメントの架設は80tf吊り海上クレーンで行われ、架設時の正確な位置決めが困難なため、架設後に微調整が可能な支保工にすること。③橋体全体の方向性に関し施工誤差を極力小さくするため、基準セグメントを可能なかぎり大きくすること。④縦断勾配および上げ越し量を換算した据え付け角度を考慮すること。

2) 主桁セグメントの架設

主桁セグメントの架設作業の流れを図-7に示す。本橋においては、主桁セグメントの架設はエレクションノーズを用いて行った。エレクションノーズを製作するに際して、構造上次のような点に配慮した。①主桁セグメント最大重量76tfを吊り上げる能力を有すること。②主桁セグメントを吊り上げた後、セグメント接合のため30cm程度水平移動が可能であること。③架設終了後、主桁セグメントにPC鋼棒φ32mm(L=9m)を前方(A1側)より挿入できる足場を確保すること。④斜材の緊張が可能な足場を確保すること及びラムチェア、緊張ジャッキ(合計重量2tf)の吊り上げ可能な構造とすること。写真-1にエレクションノーズによる主桁セグメントの架設状況を示す。

(5) 斜材の展開および緊張

斜材の展開および緊張作業の流れを図-8に示す。斜材は、すべて主塔側より取り出せる巻き方で展開を行い、固定側を先行して取付け、次に緊張側を取付けた。本橋では、斜材の固定側は主塔側であり、斜材緊張はフォアステイが主桁側、バックステイがA2橋台側である。斜材緊張は、片引きにより行った。緊張に際しては、主塔に作用するアンバランスモーメントを極力抑えるために、相対する左右のケーブルを1組として4ケーブル同時に緊張を行った。

一方、ケーブル1本毎の緊張力の値は、緊張時に温度補正等を

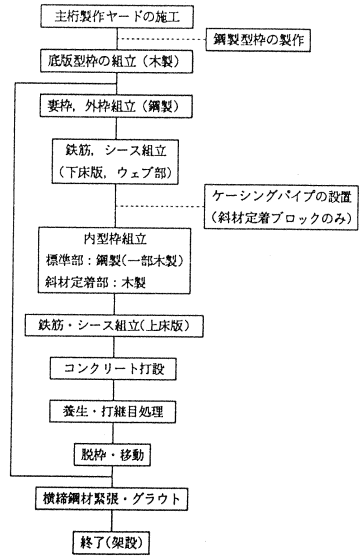


図-6 主桁セグメントの制作手順

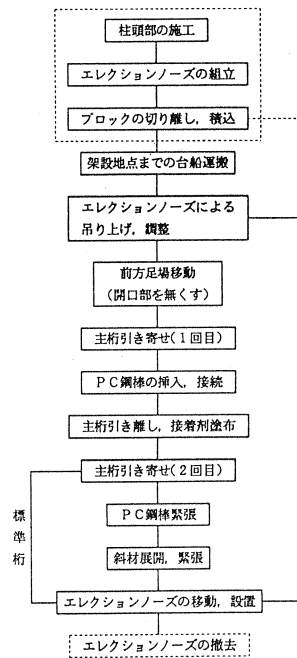


図-7 主桁の架設手順

考慮して決定した。

4. 計測管理

斜張橋の施工においては、施工段階においてその構造系が逐次異なるため、斜材の張力、主桁のたわみ、主桁の応力等の計測管理が重要である。本橋では、それらの管理をより効率的に行うためにパソコンによる計測管理システムを導入した。斜材の張力管理は、加速度計を用いた固有周期測定値による管理とロードセルによる管理の2通りを採用した。

5. あとがき

本橋は、わが国で初めてプレキャストセグメント工法で施工したPC斜張橋である。そのため、主桁セグメント、主塔の施工精度、基準セグメントの据え付け精度等に大いに留意した。一方、離島という交通不便、瀬戸内海特有の潮の干満や潮流等に悩まされ、種々の施工検討を必要とした。橋体が完成した現在、架設セグメントの直線性の誤差は最大2mmであり、主桁セグメントの製作から架設までかなりの精度で施工できたものと考えている。

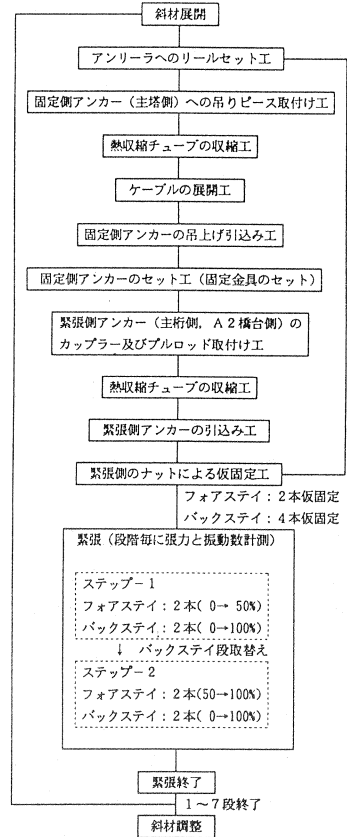


図-8 斜材の展開および緊張作業手順

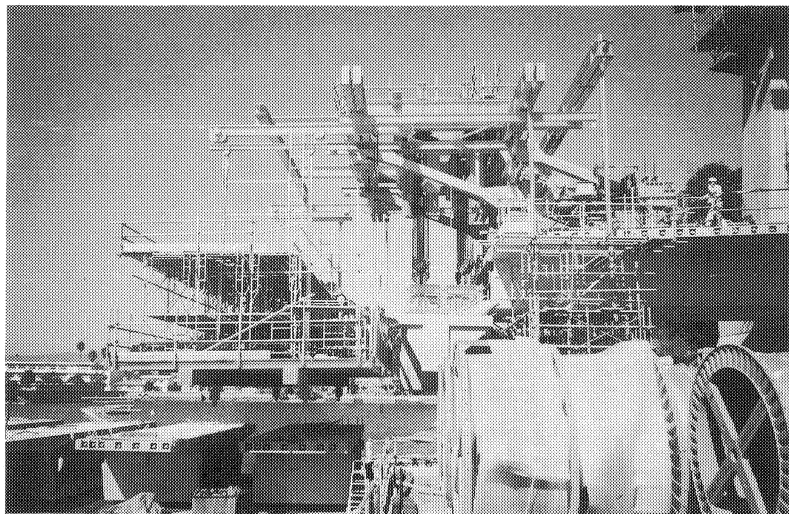


写真-1 エレクションノーズによる主桁セグメントの架設状況