

浜比嘉大橋の計画と設計

国吉 齊*1・浜田 忠*2・渡慶次 勇雄*3

1. まえがき

浜比嘉大橋は、沖縄県勝連町浜比嘉島と与那城村平安座島を結ぶ橋長 900 m のプレストレストコンクリート道路橋である(図-1)。本橋の周辺海域は、浜比嘉島、平安座島を始め多くの島々が浮かぶ、風光明媚な海洋景観を呈し、沖縄リゾートマスタープランにおいて、重要整備地区に指定されている。また、航路部は、各島々に点在する多くの港湾・漁港施設を結ぶ重要な航路となっている。

平安座島は、海中道路で沖縄本島と陸続きであるが、浜比嘉島は平安座島より南方約 1.4 km の海上に位置し、交通手段は 1 日 6 便程度の定期船のみである。このような現状のもとで、本橋の完成後は、浜比嘉島の離島苦を解消し、地域産業の形成、発展に大きく寄与するも

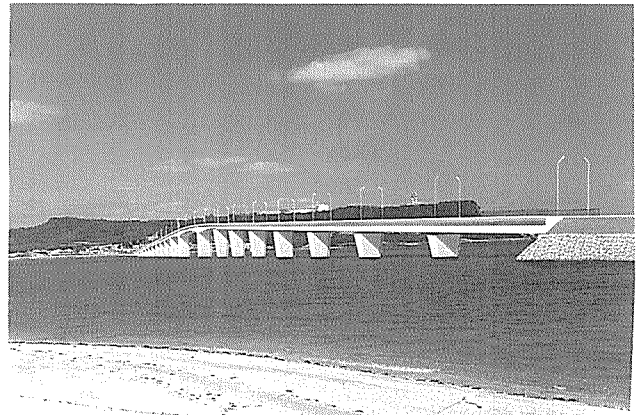


写真-1 浜比嘉大橋全景パース

のとして期待されている。

このように、浜比嘉島周辺の環境ならびに景観、および航路条件を十分配慮し、浜比嘉大橋は、写真-1 の

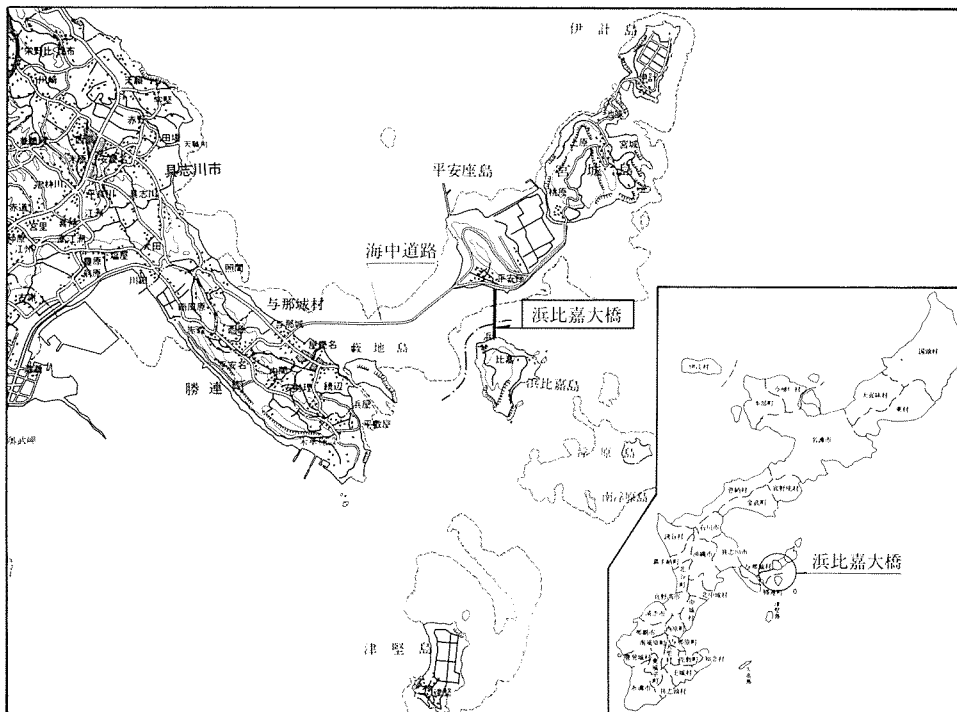
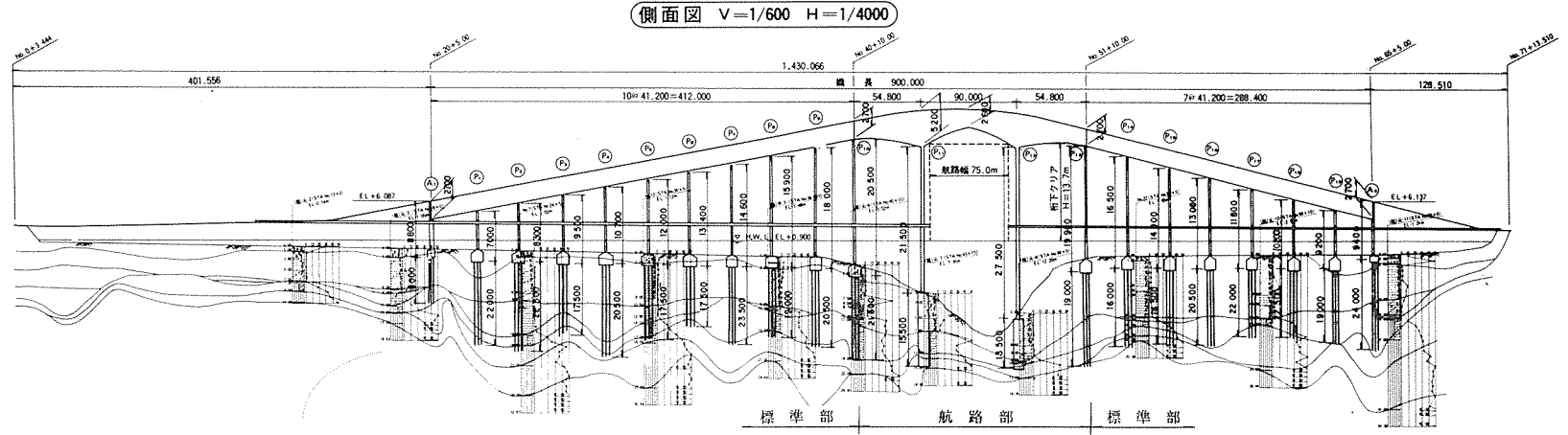


図-1 浜比嘉大橋位置図

*1 Hitoshi KUNIYOSHI : 沖縄県 土木建築部宮古土木事務所 課長

*2 Tadashi HAMADA : (株) 千代田コンサルタント 構造設計部 課長代理

*3 Isao TOKESHI : (株) 中央建設コンサルタント 設計部 課長



上部工	10径間連続押し出し工法	カンチレバー工法	7径間連続押し出し工法
下部工	A ₁ 逆T式橋台・P ₁ ~P ₁₀ 壁式橋脚	P ₁₁ ~P ₁₂ ラーメン橋脚	P ₁₃ ~P ₁₉ 壁式橋脚・A ₂ 逆T式橋台
基礎工	鋼管杭基礎φ1000 ^{mm}	鋼管井筒基礎φ1000 ^{mm}	鋼管杭基礎φ1000 ^{mm}

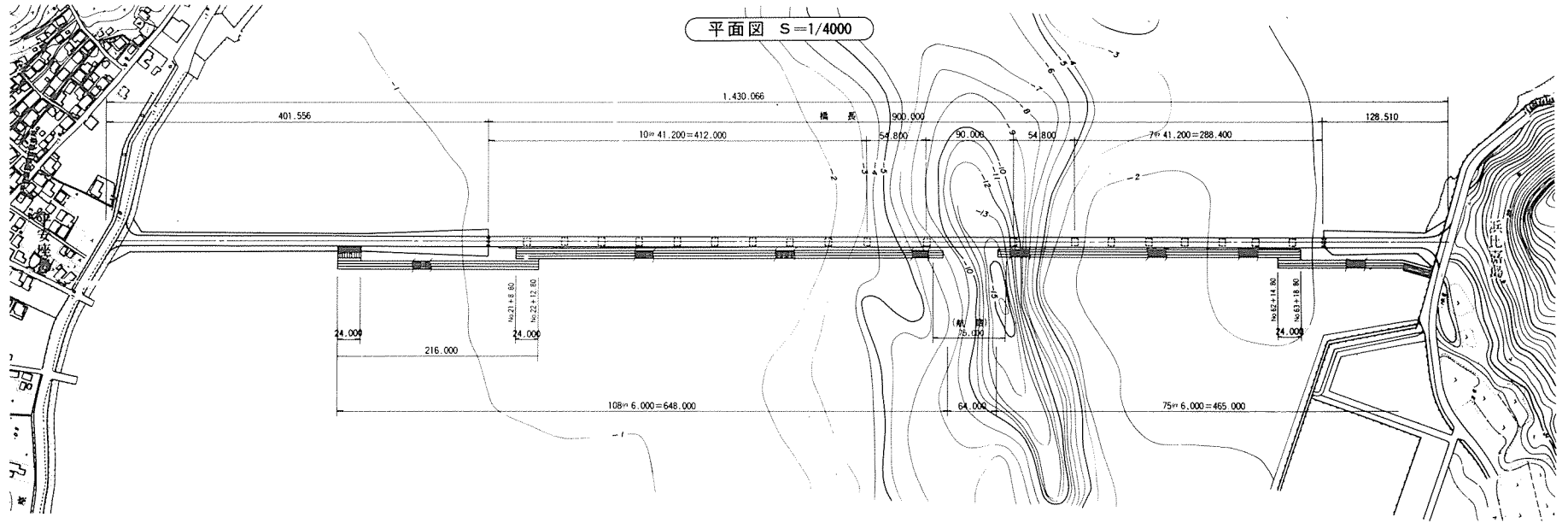


図-2(1) 浜比嘉大橋全体一般図

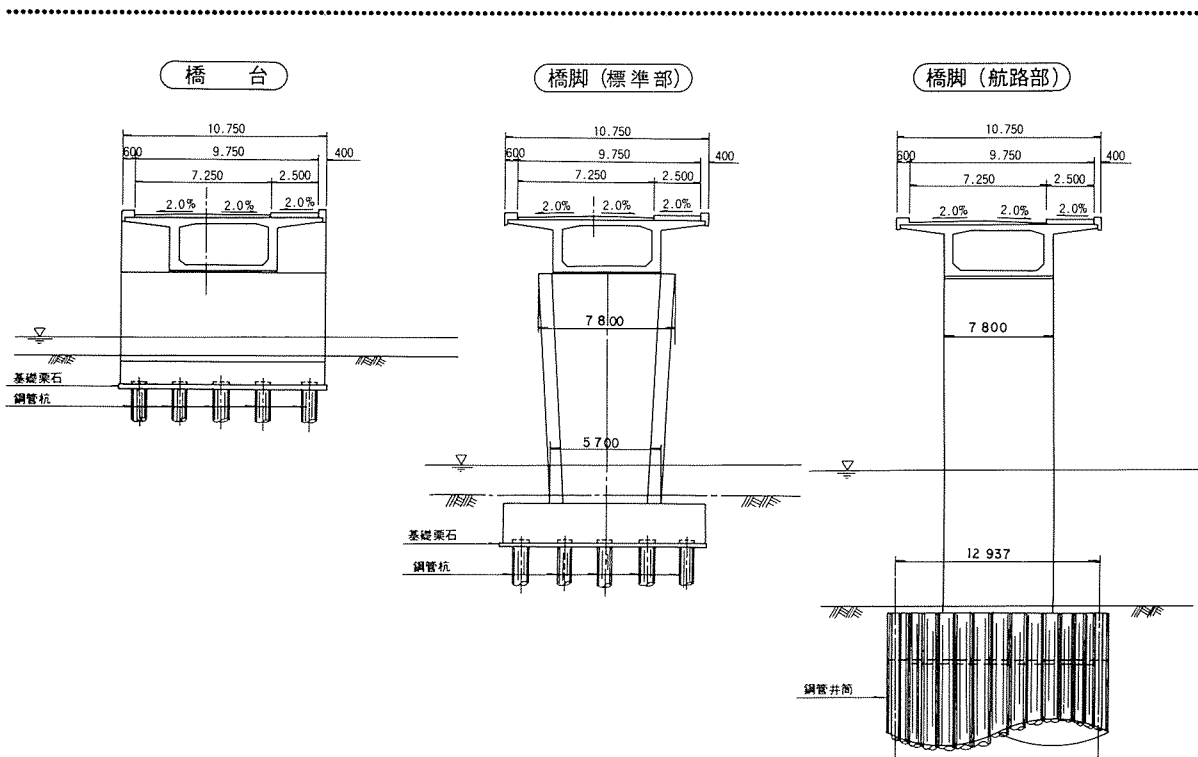
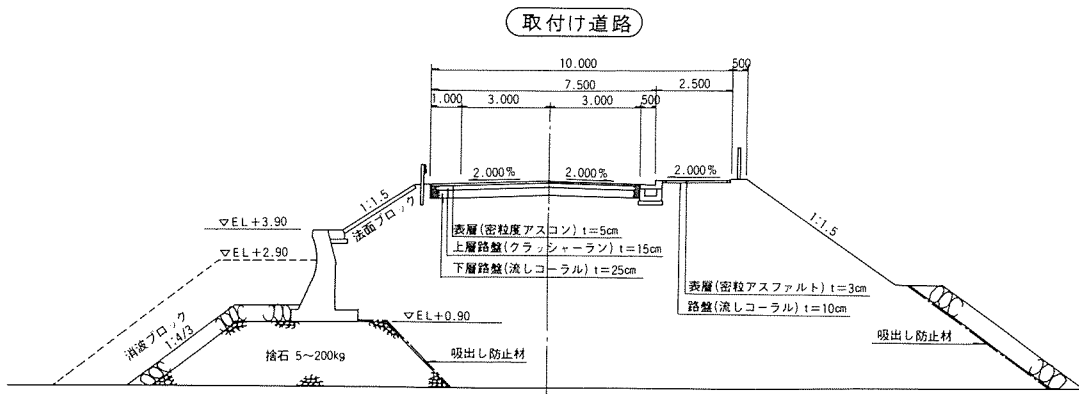


図-2(2) 浜比嘉大橋断面図

パースおよび図-2の一般図に示すように、兩岸の取付け道路として平安座側約 402 m、浜比嘉側約 128 m で、橋梁部 900 m の全長 1 430 m にわたる規模となっている。

本橋の計画にあたっては、昭和 62 年度に技術検討委員会が設置され、架橋ルートや橋梁形式等を検討し、予備設計をふまえ、詳細設計に至っている。また、平成 3 年度からは、取付け道路工事が開始され、平成 4 年度からは、下部工工事が始められている。

橋梁部は、兩岸より中央部までの遠浅部を標準部、中央部を航路部と称し、標準部は、押し出し工法による PC 連続箱桁橋で、経済スパン 40 m を基本とした支間割りから、平安座側 PC 10 径間連続箱桁橋 (10 @ 41.2=412 m)、浜比嘉側 PC 7 径間連続箱桁橋 (7 @ 41.2=288.4) とした。また、航路部は、中央径間を 90 m とするカン

チレバー工法による PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋 (54.8+90+54.8=199.6 m) とした。標準部は水平反力分散沓 (予備せん断型ゴム沓) を採用した大規模な PC 多径間連続箱桁橋となっている。

以下、本文では、本橋の計画から設計について大要を報告する。

2. 橋梁概要

路線名：一般県道 浜比嘉平安座線
 位置：沖縄県勝連町浜〜与那城村平安座地内
 道路規格：第 3 種第 3 級 ($v=50$ km/h)
 橋種：プレストレストコンクリート道路橋
 橋格：一等橋 (TL-20)
 橋長：900 m
 支間割り：図-2 参照

有効幅員：9.750 m（車道 7.250 m，歩道 2.500 m）
 構造形式：（標準部）PC 7, 10 径間連続箱桁橋
 （航路部）PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋
 基礎形式：（標準部）打込み鋼管杭基礎φ1000 mm
 （航路部）鋼管矢板井筒基礎φ1000 mm
 架設工法：（標準部）押出し工法
 （航路部）カンチレバー工法
 PC工法：ディビダーク工法，フレシネー工法
 適用示方書：道路橋示方書・同解説 平成2年2月
 発注者：沖縄県 中部土木事務所
 受注者：（株）千代田コンサルタント，（株）中央建設コンサルタント

3. 架橋計画

3.1 計画概要

本橋は海上，約1400 mの長大橋であり，架橋地点の地形は平安座側から沖合900 mぐらいに航路があり，水深-16 mと深くなっている。しかし，平安座島側から航路にかけては，水深1~3 mの遠浅区間が長く続き，傾斜も緩やかになっている。また，浜比嘉島側から航路にかけても遠浅区間があるが，平安座側に比べて傾斜も急で距離も短くなっている。

また，環境条件および海洋条件として架橋地点の浜比嘉島側には，特定区画漁業権が設定されており，もずくの養殖場がある。また，当該海域には藻場として，アジモ類が広範囲に密生して生息している。

したがって，架橋ルートおよび橋梁形式の選定にあたっては，このような海洋資源に与える影響をできるだけ少なくし，海洋汚染に十分配慮する必要があった。

3.2 架橋ルートの選定

架橋ルートについては，図-3に示すようにA, B, C, Dの4案が考えられたが，4案の内C, Dルートについては，

- ① 浜比嘉島側の港湾計画との整合性が困難であること
- ② 浜比嘉島側架橋位置をA, Bルートの同じポイントに移したとしても，橋長が長くなり不経済である

等の理由により実現性に乏しいため，残るAルート（外海ルート）とBルート（内海ルート）について，経済性，安全性，利便性等から比較検討を行った。その結果，経済性では取付け道路の延長が短いAルートが若干安価となるが，橋面下を航行する船舶の頻度による安全性，本島（屋慶名交差点）～浜比嘉島間の交通距離や交差点形状による利便性および地域開発との整合性や，波の影響等において優位である内海ルートのBルートを選定した。

Bルートを基本に橋長，取付け道路との交差角度，埋立て計画との整合性，施工時における架設ヤードの確保等を検討し，平安座側，浜比嘉側の両岸について橋梁の取付け位置を決定した。

3.3 クリアランスの決定

（1）対象船舶およびマスト高

港勢調査表によれば，勝連町，与那城村の両町村における漁港施設，港湾施設を利用している船舶は，3~100

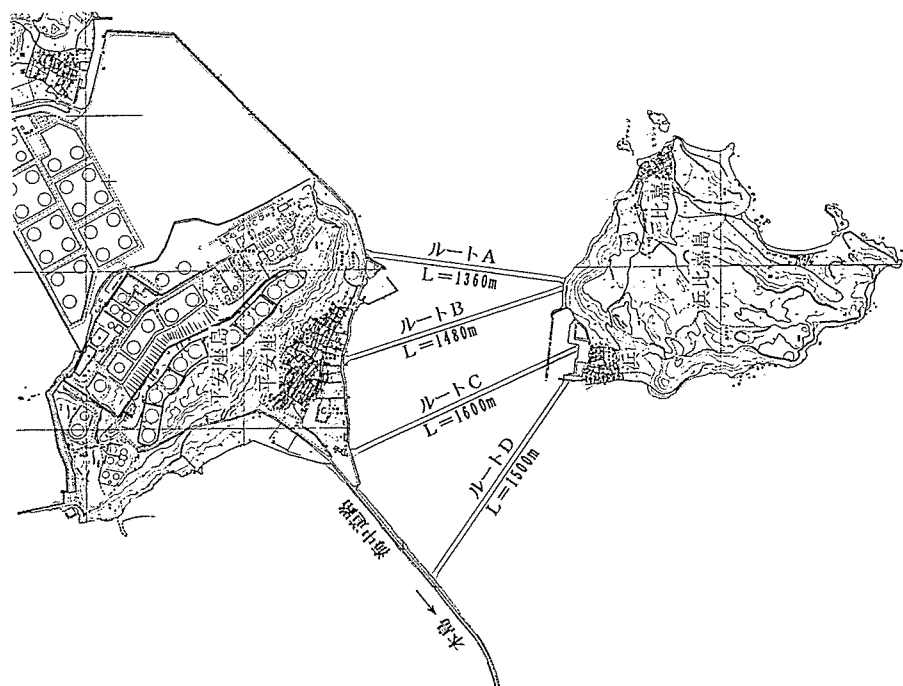


図-3 浜比嘉大橋基本ルート図

◇設計報告◇

t級となっている。また、勝連半島海域において現在就航している船舶は、50 t未満の鋼船が中心になっている。しかし、浜比嘉大橋の桁下空間を決定するに当たっては、つぎのような船舶の航行が考えられた。

- ① 浜比嘉島開発計画の中において大型の遊覧船等の計画があり、与那城村側でも平安座島の開発計画の中で、海洋レジャー施設等の計画があり、それに伴って、今後大型船舶の航行が予想される。
- ② 当地区においては、大型カーフェリー貨客船（トン数 99 G/t、長さ 27.9 m、吃水 2.4 m）の建造計画がある。

以上のことから近海を航行する最大船舶は津堅島で建造計画のある大型カーフェリー貨客船であることから最大トン数は 100 t として考えられた（図-4）。このため、浜比嘉大橋の桁下空間の決定にあたっては、対象船舶を 100 t とした。また、マスト高については、港湾構造物設計基準によれば、50～500 t では 7～18 m となっており、100 t では 10 m 程度必要とした。

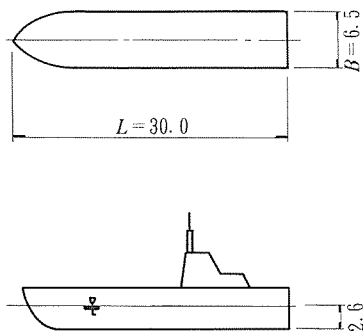
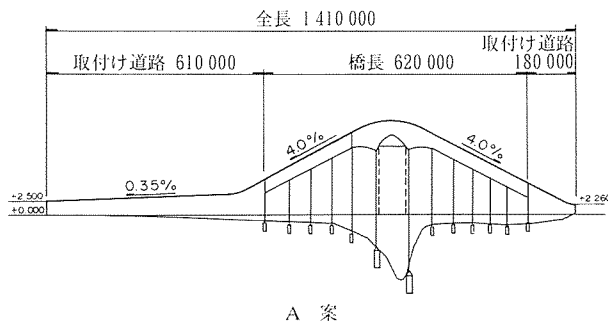


図-4 対象船舶 (100 t)

(2) 航路限界

桁下高は、航路を横断して架橋する場合には、十分なクリアランスを確保する必要があることから、マスト高および設計波高のほかに、

- ① 波浪および風圧による船体動揺の要素
- ② トリムによる要素
- ③ 操船者の心理上の要素



A 案

等を考え、余裕量として 2.0 m を考慮して、桁下高 $\Delta H=13.7$ m とした。この場合の橋梁の水面上の高さを表す基準として、塑望平均満潮位 (EL+0.9 m) を用いた。また、航路幅は、海上保安庁の目安としている 2 レーンの時の構内航路幅を用いて、航路幅 $W=75.0$ m とした。

3.4 橋長の決定

橋長は、断面線形による橋の使い易さ、経済性、湾岸計画との整合性および環境上の制約等によって決定される。このため縦断線形は、車道部に自転車歩道が併設されるため最大縦断勾配を 4.0 % とし、取付け道路と橋梁部との位置決定は、経済性より最大盛土高さ $H=11.0$ m までを道路土工とし、それ以上は橋梁形式とした。

また、湾岸計画との整合性については、

- ① 平安座側の取付け道路は、計画防波堤との整合をはかる。
- ② 浜比嘉島側は、漁業施設との関係より取付け道路の長さを決める。

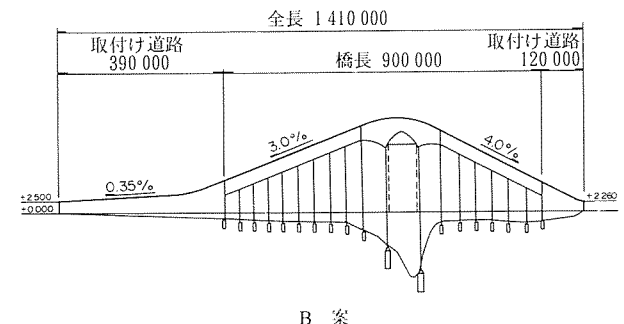
この 2 点について重点をおいた。

その結果、図-5 に示すように、クリアランスおよび設計波高から決まる最小桁下高を確保し、かつ縦断勾配を 4.0 % 程度とした A 案（橋長 $L=620$ m）と、港湾計画との整合性を重視した B 案（橋長 $L=900$ m）の 2 案について検討を行った。

比較検討の結果、A 案は、

- ① 取付け道路が長いために施工後における環境への影響が懸念される。
- ② 取付け道路が防波堤より突出しているために、航路の将来に対する閉塞が心配される。
- ③ 反射波の影響による航路の静穏度が確保しづらい。
- ④ 取付け道路の施工は片押し施工となるために道路工工部が長いので工期が長くなる。

また、両案は、経済性にそれほど差のないことから、港湾計画との整合性を重視し、B 案（橋長 $L=900$ m）を採用した。



B 案

図-5 橋長比較案

4. 橋梁構造形式の選定

4.1 橋梁形式選定の留意点

浜比嘉大橋の橋梁形式の支間などを選定するにあたり、

- ① 航路部が水深 -16 m と深く、平安座島、浜比嘉島両側から航路にかけては、水深 1~3 m の遠浅区間が長い地形。また、平安座側および浜比嘉島側いずれにおいても山地が迫っている地形条件。
- ② 海洋資源に与える影響を極力少なくし、海洋汚染に対する十分な配慮。
- ③ 海水からの塩害に対して十分な耐久性を有した橋梁形式、構造。また、施工時には、海水の飛沫による鋼材の腐蝕に対して十分な対策が可能な形式。
- ④ 長大な海上橋梁のため、維持管理が容易な橋梁形式。
- ⑤ 沖縄県は、台風の襲来が多いため、完成時、施工時に耐風性の良い橋梁形式。また、台風常襲地帯であるので、極力現場作業を避けた工法、もしくは、海上および台風の影響を受けない工法。

これらの留意点を十分考慮し、水深の深い航路部と遠浅部の標準部に分けて、橋梁形式の選定を行った。

4.2 標準部の橋梁形式

遠浅部である標準部の支間長は、30~70 m 程度が最適と考え、この標準部の 30.0~70.0 m に適用できる上部工形式は、一般的に表-1 に示すようなものが考えられる。しかし、表-1 中の形式のうち、①鋼連続板桁橋と③PC単純T桁橋は、経済性に優れてはいるが、表面積が広く塩害を受けやすい構造であり、維持管理が困難な長大な海上橋では不適切であると考えられる。したがって、標準部の橋梁形式は、

第1案 PC連続箱桁橋(押出し工法)

第2案 PC連続箱桁橋(現場打ちカンチレバー工法)

第3案 鋼連続箱桁橋

の3案について比較検討を行った。

標準部の橋梁形式3案の比較検討結果から、以下の点が述べられる。

- ① PC 3 径間連続箱桁橋 (カンチレバー工法) は、一般的によく行われている工法で、他案に比べ実績

は多い。しかし、海面に近く施工時の塩分による鋼材の防錆を確実にを行う必要があり、海面近くの施工時の塩分対策に難がある。

- ② PC 3 径間連続箱桁橋 (プレキャストブロック工法) は、桁製作と架設工が分離でき現場作業は少なくなり、急速施工も可能である。しかし、施工時のたわみ管理およびプレキャストブロック製作に留意する必要がある。平安座、浜比嘉島側にプレキャストブロック製作の広大なヤードを確保することは難しいなど、施工管理および桁製作ヤードに問題がある。
- ③ 鋼 3 径間連続箱桁橋は、他案に比べ経済性は劣る。
- ④ PC 3 径間連続箱桁橋 (押出し工法) は、押出し工法の桁製作ヤードが取付け道路上にて対応でき、ヤード製作のため塩分の影響は少なく確実な施工ができるなどの施工上の有利性と、他案に比べ経済性にも優れている。

これらのことから、他案に比べ経済性に優れ、施工時、完成時の塩害対策に対処でき耐風性に優れている押出し工法による PC 連続箱桁橋とした。なお、支間長は、30~50 m にて下部工を鋼管杭基礎としての上下部工の工事費の比較を行った結果、経済性に優れる支間 40 m を標準部の最適支間長とした。

4.3 航路部の橋梁形式

水深が -16.0 m 程度と深い航路部は、航路幅 75.0 m および基礎工の施工条件を考慮すると、中央径間の支間長は、90~120 m 程度となる。この 90.0~120.0 m に適用できる航路部の上部工形式は、一般的に表-2 に示すようなものが考えられる。しかし、表-2 の形式のうち、④鋼斜張橋および⑦PC斜張橋は 90.0~120.0 m 支間では、他の橋梁形式に比べ経済性に劣る。また、②鋼トラス橋は、限界支間に近く、③鋼ローゼ橋に比べ景観性、経済性に劣る傾向にある。プレキャストブロック工法による PC 箱桁橋は、変断面となるため、支点付近の断面は桁高が高くなり、1ブロックの重量も重くなり、桁製作のためのベッドの支保工が軟弱地盤のため大規模となるばかりか、プレキャストブロックの吊上げ設備が

表-2 航路部に適用できる上部工形式

橋 梁 形 式	適用支間 (m)
① 鋼床版箱桁橋	60~150
② 鋼トラス橋	55~ 85
③ 鋼ローゼ橋	80~150
④ 斜 張 橋	130~200
⑤ PC 箱 桁 橋 (現場打ちカンチレバー工法)	50~200
⑥ PC 箱 桁 橋 (プレキャストブロック工法)	40~200
⑦ PC 斜 張 橋	40~200

表-1 標準部に適用できる上部工形式

橋 梁 形 式	適用支間 (m)
① 鋼連続板桁橋	30~ 55
② 鋼連続箱桁橋	45~ 80
③ PC単純T桁橋	20~ 45
④ PC連続箱桁橋(押出し工法)	30~ 50
⑤ PC連続箱桁橋(現場打ちカンチレバー工法) (プレキャストブロック施工)	40~200

◇設計報告◇

大型になるため、現場打ちカンチレバー工法の PC 箱桁より経済性は劣る。したがって、航路部の橋梁形式は、

第 1 案 3 径間連続 PC 箱桁橋（現場打ちカンチレバー工法）

第 2 案 3 径間連続鋼床版箱桁

第 3 案 鋼ローゼ橋

の 3 案について比較検討を行った。

航路部の橋梁形式 3 案の比較検討結果から、以下の点が述べられる。

- ① 3 径間連続鋼床版箱桁橋は、桁を工場で製作した後、架設工を行うため、現場作業は極めて少ないなどのメリットがあるが、桁の海上輸送と架設は、海象、気象の影響を受けやすく、台風襲来時期を避けるなど施工上の制約を受ける。また、塗装にて浜比嘉地区の環境に合わせた色彩を選定できるなどのメリットがあるが、塗装の塗替えなど維持管理が必要となるなどのデメリットもある。
- ② 鋼ローゼ橋は、鋼床版箱桁と同様のメリット、デメリットを有しているが、それに加えて構成部材が多いため鋼床版箱桁、PC 箱桁橋に比べて塩害を受けやすいといえる。
- ③ 3 径間連続 PC 箱桁橋は、他案に比べ経済性に優れており、仮橋からの施工となるため、鋼橋に比べ現場施工工期が長い、海象、気象に大きな影響を受けずに施工できる。また、耐久性の高いコンクリートを施工できれば維持管理上の問題はなく、鋼橋より維持管理上好ましいといえる。しかし、海面より高い位置にあるが、現場打ちカンチレバー施工となるため長期間大気中に露出される鉄筋は、塩分に対する鋼材の防錆対策が必要となる。

これらのことから、他案に比べ経済性に優れ海上橋である特性から維持管理に有利な、3 径間連続 PC 連続箱桁橋（現場打ちカンチレバー工法）とした。

航路部中央径間の支間長は、90 m、120 m を上・下部工を含めた 3 径間の経済比較を行った結果、中央径間 90 m とした場合が経済性に優れていたため、中央径間 90 m の 3 径間連続箱桁橋とした。

なお、航路部の PC 箱桁橋の構造形式としては、3 径間連続桁および 3 径間連続ラーメン橋が考えられるが、連続ラーメン橋の方が不静定次数が高く耐震安定性がよく、支承・伸縮継手が不要なため維持管理および経済性に優れている。したがって、航路部の PC 箱桁橋の構造形式は、PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋（現場打ちカンチレバー工法）とした。

5. 設計概要

これまで述べたように、本橋は標準部と航路部に分か

れ、標準部は、押出し工法による PC 7 径間および 10 径間連続箱桁橋、航路部は、カンチレバー工法による PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋として計画した。

航路部は、中央径間長 90 m と、PC 3 径間連続ラーメン橋としては、一般的な規模で実績も多いが、標準部は、PC 橋の連続径間長としては、長大な規模であり、また柱高も大きく異なる特徴をもつ。こうした条件下で連続形式を可能にするため、予備せん断型のゴム沓による反力分散方式を採用した。

本項では、海上橋としての塩害対策と、反力分散方式を主とした標準部の設計について、概要を述べる。

5.1 塩害対策

沖縄県は全土にわたり、塩害対策に対して厳しい腐食環境にある。特に本橋は、海上橋であるため、その影響は最も厳しい環境条件となる。「道路橋の塩害対策指針（案）・同解説」においても、沖縄県は A 地域に規定され、本橋は、対策区分（I）に該当し、塩害に対して十分な対策が要求された。以下に、本橋設計上の塩害対策を列記する。

- ① 鉄筋のかぶり：「塩害対策指針（案）」に従い、直接外気に接する主桁および橋脚の外面鉄筋のかぶりは最小かぶり 7 cm、また、床版上面および地覆・高欄は最小かぶり 5 cm を確保し、鉄筋の防錆対策を行った。
- ② 長期にわたる露出部の鉄筋：カンチレバー工法における柱頭部、側径間および中央径間の支保工施工部等の場所打ちブロック継目や地覆、高欄等の施工中長期間にわたり露出される鉄筋は、エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した。また、橋台パラペット部は、押出し工法との施工性も考慮して、カップラー継手を用い、パラペット筋は、後施工とした。
- ③ PC 鋼材：航路部カンチレバー工法における完成ケーブルの選定にあたって、防錆上の配慮から、完成鋼材は、後挿入するものとして、PC 鋼より線によるケーブルシステムを採用した。
- ④ 橋梁付属物：ゴム支承における上下金属板や排水管取付け金具等の外気に接する鋼製部材は、すべて亜鉛メッキによる防錆対策を施した。また、伸縮継手は、ゴムジョイントを採用した。

5.2 水平反力分散方式

（1）支承構造の選定

近年、維持管理面や、走行性の向上等から、ノージョイント化が唱えられており、耐震上の優位性からも多脚固定の連続形式が推進されている。

PC 多径間連続形式は、構造上の検討課題として、コンクリートのクリープ・乾燥収縮による拘束力、温度変化の影響および地震慣性力の各橋脚への分担があげられ

る。これについては、鋼製沓、ゴム沓などの支承構造による影響が大きい。

鋼製沓を用いてヒンジ結合とする場合は、橋脚および基礎の変形性能によって、前出の影響による作用力が決定される。本橋の場合、柱高が5.2m~18.7mに変化しており、かつ、地盤バネの違いにより、各橋脚の変形性能が異なり地震慣性力は各橋脚に均等に分散されず、剛性の高い橋脚への負担が大きくなる。また、拘束長が412mと長く、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮の影響が大きく、鋼製沓では全径間の連続化は不可能となる。

ゴム沓の場合は、橋脚自体の変形性能に比べ、弾性ゴムのせん断変形性能が卓越するため、各橋脚のバネ定数は、弾性ゴムのせん断変形性能が支配的となる。したがって、弾性ゴムの形状寸法の設定により地震慣性力の各橋脚への等分の分散化が可能であるばかりか、コンクリートのクリープ・乾燥収縮および温度変化による拘束力も弾性ゴムのせん断変形性能により軽減される。

以上のことから、標準部は、ゴム沓を用いた水平反力分散方式による全径間連続形式とした。

(2) 予備せん断型ゴム沓

平安座側10 @ 41.2=412.0m、浜比嘉側7 @ 41.2=288.4mと拘束長が長く、長大な連続径間長であり、コンクリートのクリープ・乾燥収縮による桁の伸縮量が大きいため、側径間部では、ゴム沓の所要ゴム厚が厚くなる。反力分散は主に、弾性ゴムのせん断変形能に依存するため、中央径間部のゴム形状の決定に際して、不合理が生じる。

このため、コンクリートのクリープ・乾燥収縮によるゴムのせん断ひずみを軽減する方法として、

- ① コンクリートのクリープ・乾燥収縮による収縮量に相当するゴムのせん断ひずみをゴム沓セット時に予め逆方向に与える(予備せん断型)。
- ② 橋体完成後、ある期間経た時期に、ジャッキアップを行い、ゴム沓セット時からジャッキアップまでの収縮量を開放する。

①は、実績も多く、予備せん断によりクリープ終了時において、クリープ・乾燥収縮による拘束力が削除され、下部工に対して有利となる。②は、ジャッキアップ以降のクリープ・乾燥収縮が残る。反力分散方式では、その構造機能から、ゴム沓と上・下部工の一体化をはかるためゴム沓の上下面に金属板を取り付け、上・下部工と金属板をアンカーボルトで結合している。このため、ジャッキアップ時にゴム沓と金属板にずれが生じる。また、海上橋であるため、ジャッキアップの作業足場の問題が生じる等の理由から、本橋は予備せん断型のゴム沓(リングタイプ)を採用した。

(3) ゴム沓厚

地震慣性力の分散方式は、一般に柱天端の水平力を均等化する方式か、あるいは、柱下端の曲げモーメントを均等化する方式がとられているが、標準部は、柱高が変化しており、景観性から、柱付け根の断面を統一している。このため、分散方式は、下部工の設計上、柱下端の作用曲げモーメントを均等化することが要求された。

ゴム沓の設計においては、各橋脚の柱付け根の曲げモーメントが均等になるように、弾性ゴム厚を決定し

表-3 地震時水平反力分散結果一覧表(平安座側)

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉
ゴム沓の形状	1100×900×184	1100×850×137	1100×850×152	1100×850×170	1100×850×184	1100×850×200	1100×850×208	1100×850×216	1100×850×225
ゴム沓のせん断バネ: K_s (tf/cm)	17.44	24.48	21.32	18.46	16.70	15.08	14.38	13.74	13.66
橋脚および基礎バネ: K_p (tf/cm)	283.3	211.8	152.7	104.93	78.18	62.60	45.38	37.74	25.00
合成バネ: K_m (tf/cm)	16.43	21.9	18.71	15.70	13.76	12.15	10.92	10.07	8.83
地震時水平力: H_s (tf)	188	251	214	179	157	139	125	115	100
柱高: h (m)	5.2	6.5	7.7	8.9	10.2	11.6	12.8	14.1	16.2
柱下端曲げモーメント: M (tf·m)	977	1630	1647	1597	1604	1611	1598	1623	1635

注) P₁橋脚は、リング沓の必要最小厚さで決定しているため、これ以上モーメントをそろえることはできない。

表-4 地震時水平反力分散結果一覧表(浜比嘉側)

	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉
ゴム沓の形状	1100×900×235	1100×850×216	1100×850×200	1100×850×184	1100×850×170	1100×900×164
ゴム沓のせん断バネ: K_s (tf/cm)	12.96	13.74	15.08	16.70	18.46	20.16
橋脚および基礎バネ: K_p (tf/cm)	34.08	43.93	54.40	67.28	110.1	151.8
合成バネ: K_m (tf/cm)	9.39	10.47	11.81	13.38	15.81	17.80
地震時水平力: H_s (tf)	123	138	155	176	208	234
柱高: h (m)	14.7	13.1	11.2	10.0	8.4	7.4
柱下端曲げモーメント: M (tf·m)	1814	1802	1738	1758	1745	1730

◇設計報告◇

た。表-3 および表-4 に計算結果を示す。この結果から、各橋脚にほぼ均等に分散がはかられたことがわかる。

ここで、鉛直反力の小さい端部橋脚まで分散をはかると、中間橋脚のゴム沓が過大に厚くなり不経済である。したがって、端部の橋台および掛け違い橋脚については、分散は考えないものとした。橋台および掛け違い橋脚上の端部沓は、伸縮量が大きい為、上沓とリング沓の間に滑り面をもつ、スライディング沓を採用している。

5.3 押し出し部主桁の設計

押し出し工法は、主桁ブロックを順次送り出し架設を行うもので、架設時は、押し出しが進むにつれ構造系が変化し、最終ブロック押し出し終了後、完成系にいたる。

断面力の算出は、平面骨組解析とし、押し出し架設中の断面力算出ケースは、下記の6ケースとした。

- CASE A 押し出し開始前
- 〃 B 手延べ桁先端が支承に到達直前
- 〃 C 〃 が支承に到達時
- 〃 D 設計断面が支承を通過する時

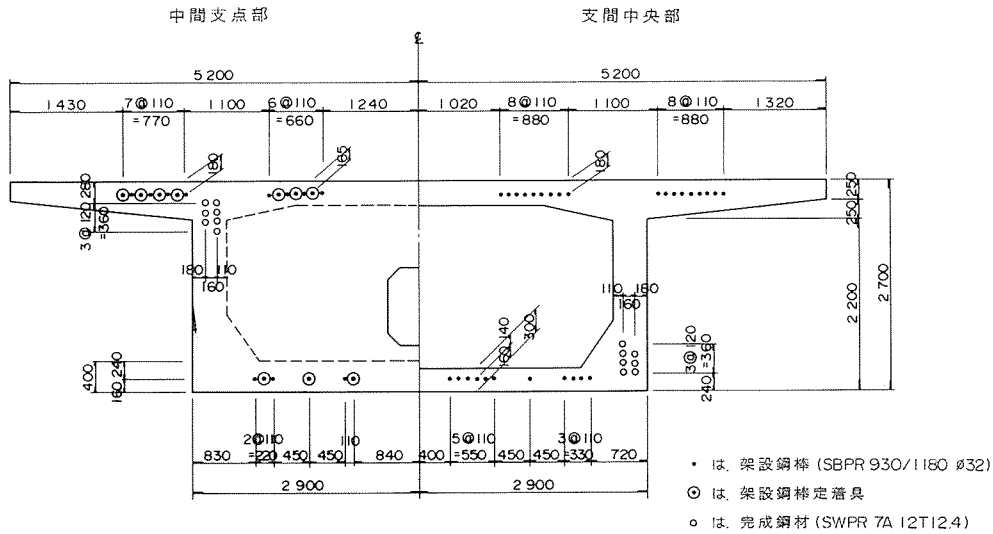


図-6 主桁鋼材配置断面図

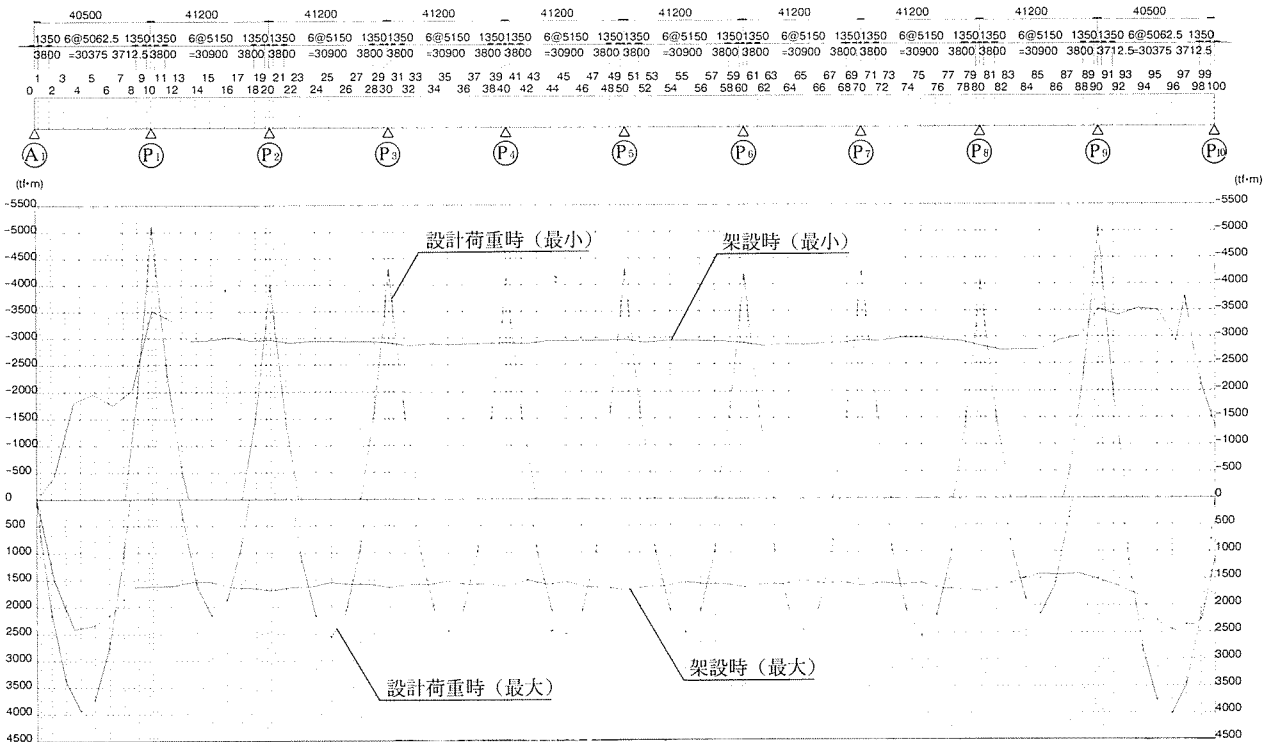


図-7 架設時と完成時の曲げモーメント図

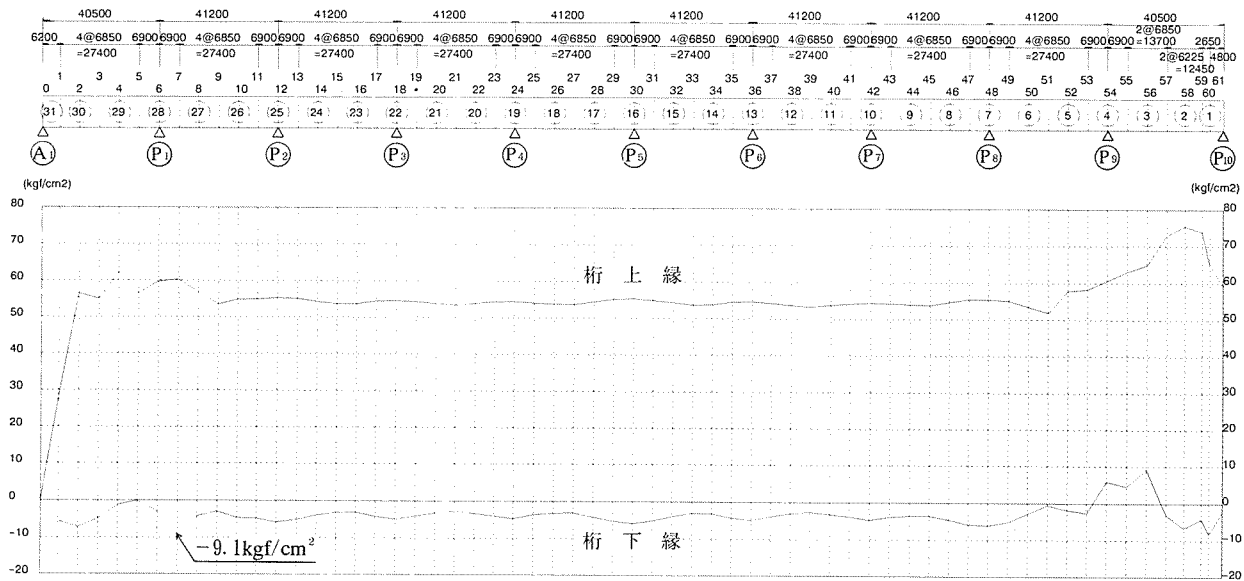


図-8 架設時合成応力度図

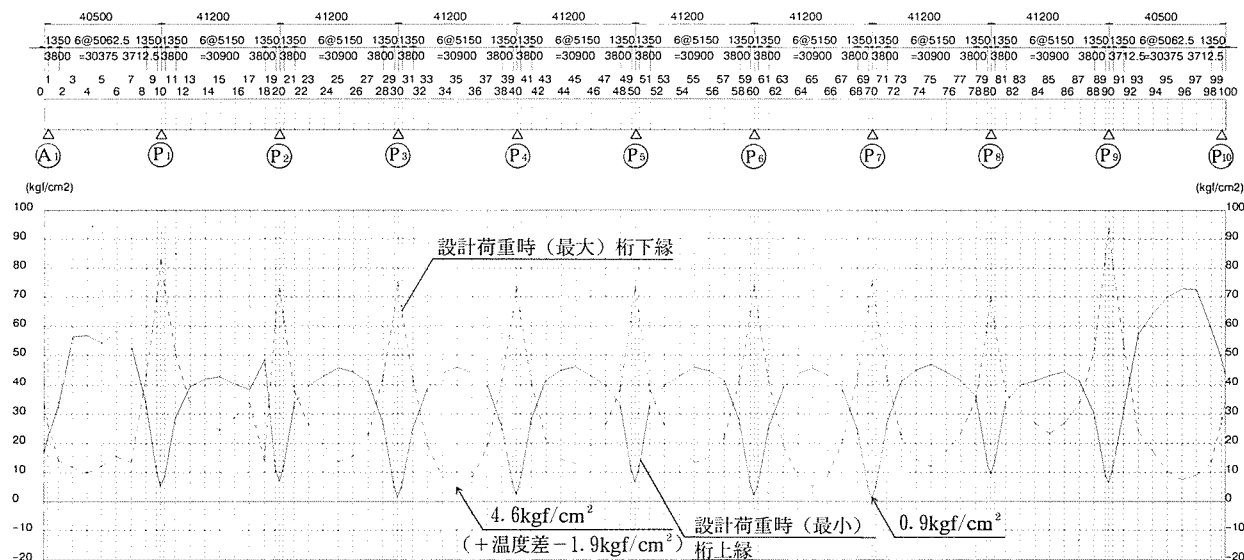


図-9 完成時合成応力度図

- 〃 E 押し出し終了時
- 〃 F 押し出し終了後、荷重または部材が変化する時

このケースに基づき、1~31ブロック（平安座側）まで架設・緊張・押し出しを繰り返し、その間に発生する上記のすべてのケースについて、各設計断面での断面力を算出した。架設中に発生する主桁応力は、この断面力より、各設計断面で最大、最小となる断面力を算出し、架設時鋼材（1次鋼材）での合成応力度を照査した。また、完成時は、設計荷重に対して、完成系における全支保工状態での断面力を算出して、完成鋼材（2次鋼材）を追加して合成応力度を照査した。

ここでは、平安座側のPC 10径間連続箱桁部について、主桁鋼材配置断面図（図-6）、架設時と完成時の曲

げモーメント図（図-7）、および架設時合成応力度図（図-8）と完成時合成応力度図（図-9）を示す。

6. 景観設計

6.1 景観設計の目的

橋には本来果たすべき機能のほかに、周辺環境と調和する景観性、および架橋地域を代表する象徴性を創造する役割がある。本橋では、架橋地点の地域特性、自然環境を調査し、橋が生活空間の一部として関与するように、周辺への存在感を考慮した景観設計を行った。

6.2 景観設計の手順

橋梁全体規模での景観設計の計画対象となる橋長、支間割りおよび橋梁形式については前述のとおり、技術検討委員会をはじめとして、構造的、施工性および経済性

◇設計報告◇

等から決定されている。本橋の景観設計は、それらをふまえ、上・下部工の躯体形状およびバルコニーの形状について、計画を行った。また、橋面工を対象とする意匠・修景設計については、今後詳細に設計される予定である。図-10に本橋の景観設計フローチャートを示す。

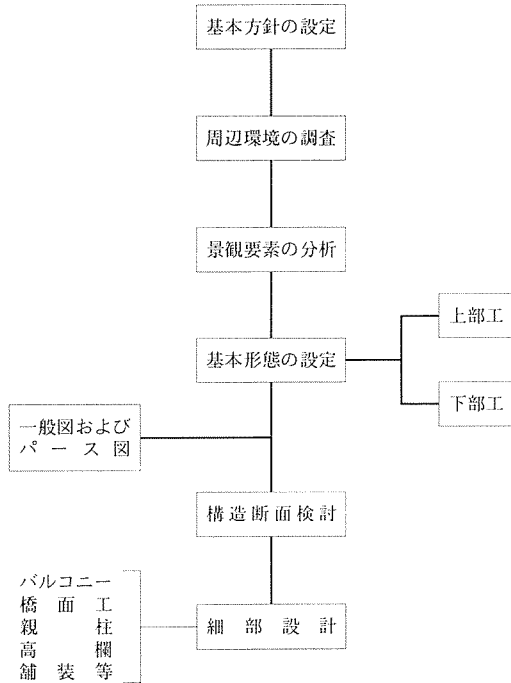


図-10 景観設計フローチャート

6.3 基本方針の設定

橋の景観には、道路外と道路内から要求されるものがある。

橋梁の景観の基本方針としては、2つの景観から配慮することが必要であるが、橋の構造形式および支間割りが既に決まっており、景観設計は近景～中景を対象として行った。

(1) 視点場

計画橋梁は平安座島と浜比嘉島間の海上橋梁であり、視野が大きいが、近景～中景の代表的な視点場を数箇所を設定した。これより、本橋の景観設計の主題から、主桁および柱形状が認識できる視点場とした。

(2) 周辺環境との調和方法

浜比嘉大橋は海上橋であり、周辺地域が広々と開けた場所であることから、橋自体が風景のポイントとなるように強調する方法を考える。また、島々の社会的環境は常に海と関わりが深く、海を生活の場にしてきた。したがって、橋が景観的に憩いの場となるように計画する。

以上のことから、景観設計の基本方針としては、次のとおりとする。

- ① 景観は近景～中景を対象とした構図で行い、視点は近景～中景の視点場とする。

- ② 環境との調和は海上橋であり、橋梁が風景のポイントとなるように強調する。

- ③ 島々の社会環境を考慮して、景観的に憩いの場となるよう配慮する。

一方、島々は既存のリゾート施設があり、またリゾート開発構想もあることから、観光立県としての景観の見方が必要である。周辺地域が『リゾート沖縄マスタープラン』でリゾート海域に指定されており、近代的なリゾート地域の可能性を考慮する。

- ④ 海洋性リゾート地域としてのデザインの配慮

- ⑤ ランドマークとしての機能を持たせる。

6.4 景観形式のイメージテーマ

平安座島、浜比嘉島周辺の自然環境、歴史・文化や、生活・産業から見た景観特性から、橋梁景観形成のイメージテーマを、“光輝く海と安らぎの島（コバルトブルーの海と緑の島々）”と設定した。

○上下部工形態のイメージ

- ・光と影のコントラストを造る。
- ・風が吹き抜ける。

○橋面工および色彩

- ・心ふれあう空間（安らぎを求めて）
- ・青と緑のバックボードに映える色彩

6.5 上下部工形状

主桁形状および柱形状は、上・下部工の連続性、標準部と航路部の整合性、および構造的に配慮して、数案の形状を計画した。その中から、上下部工形態のイメージである“光と影”のコントラストを引き出せる直線を基本としたシャープな形状を採用した。また、標準部の柱形状は、各橋脚で、上下端の断面を統一した。これより、橋軸方向の柱高の変化に伴って、直角方向側面の傾斜が変化し、航路部を中心として、リズムカルな印象を与えるものとなっている。

6.6 バルコニーの設置

バルコニーは、橋上視点場の確保および歩行者空間の質的向上を目的とし、“心ふれあう空間”形成のために設置を計画した。設置位置は、橋脚部が一般的であり、本橋においても、構造上および、視点場、歩行者の休憩場として適する航路部の中間橋脚部（P₁₁、P₁₂）とした。張出し長は、構造上の張出し可能長から $l=2.0$ m に設定し、平面形状は、直線を基調としているため、四角形とし、張出し長とのバランスから、45°のテーパを設けた。

7. 施工計画

7.1 工事工程

本工事は、平成3年度より取付け道路に着手し、平成4年度から仮橋工がはじまり、現在、平安座側、浜比

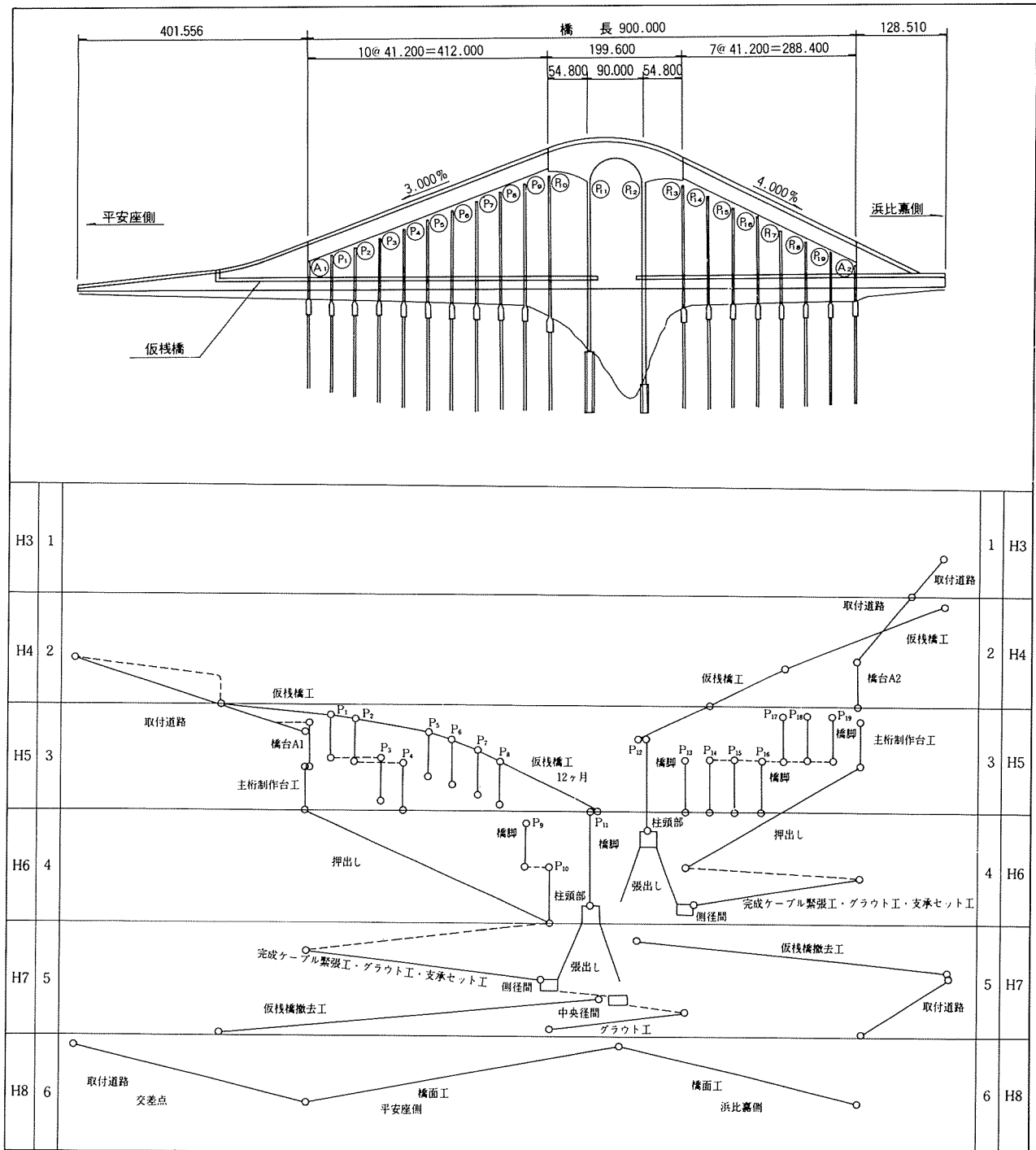


図-11 浜比嘉大橋の全体工事工程

嘉側の両岸から、順次下部工工事が進められている。本橋工事のクリティカルパスは、仮栈橋工－航路部下部工－航路部上部工－仮栈橋撤去工の順となる。事業計画は、平成8年度完成予定となり、このクリティカルパスから、工事工程を図-11のように計画している。

7.2 標準部押し出し工法

(1) 押し出し支承

押し出し工法は、押し出し装置のすべり架台部に、本沓を使用した本沓利用方式と、押し出し完了後に本沓をセット

する本沓後付け方式がある。

本沓利用方式は、鋼製沓を押し出し兼用沓として製作されたものを用いられている。本橋は、水平反力分散方式によるゴム沓を使用するものであり、ゴム沓では、本工法の実績はなく、ゴムの圧縮ひずみによる支点バネの影響も考えられることから、本沓後付け方式とした。

(2) 押し出し工法

押し出し工法は、反力分散集中管理方式と、反力集中分散管理方式に分けられる。

◇設計報告◇

反力分散集中管理方式は、各橋脚の天端に押し出し装置を設置して桁の押し出し作業を行い、押し出す際の水平力は、各橋脚に分散される。また、押し出し作業の管理は、中央制御室一箇所に集中コントロールされる。

反力集中分散管理方式は、反力台となる橋台一箇所に大型水平ジャッキを設置して行うため、水平力は、橋台一箇所に集中する。また各橋脚上では、滑り支承を設置し桁下面と滑り支承の間に滑り板を挿入するため、押し出し管理は、各橋脚上に分散される。

本橋は、平安座側 10 @ 41.2=412 m、および浜比嘉側 7 @ 41.2=288.4 m と長大であり、反力集中方式では、橋台での反力装置や橋台自体の規模が過大となる。このため、本橋は、管理面や施工性を考慮して、反力分散集中管理方式を採用した。

(3) 押し出しブロック長

押し出しブロック長は、施工実績から一般的に 10~15 m が経済的とされる。本橋では、支間 41.2 m に対し

て、支間の 1/4~1/2 (10.3~20.0) のブロック割りを考え、比較検討を行った結果、工程上の問題がなく施工性および経済性に優れた 13.7 m (支間の 1/3) を採用した。

押し出し施工では、橋台後方の取付け道路に、主桁製作ヤードおよび鋼材・鉄筋組立てヤードを設置する。主桁第一ブロックを製作し、手延べ桁を組み立て、PC 鋼棒で連結する。主桁を製作しながら、順次送出し作業を行い、最終ブロック押し出し終了後、手延べ桁を撤去し、本沓をセットする。すべての押し出し装置を撤去し、完成ケーブルの緊張を行い、完成系に至る。

図-12 に平安座側における押し出し施工要領図を示す。浜比嘉側についても同じ要領で 22 主桁ブロックの押し出し施工を行う。

7.3 航路部カンチレバー工法

仮栈橋の施工後、P₁₁ 橋脚および P₁₂ 橋脚上柱頭部をブラケットにより現場打ち施工を行う。仮栈橋よりト

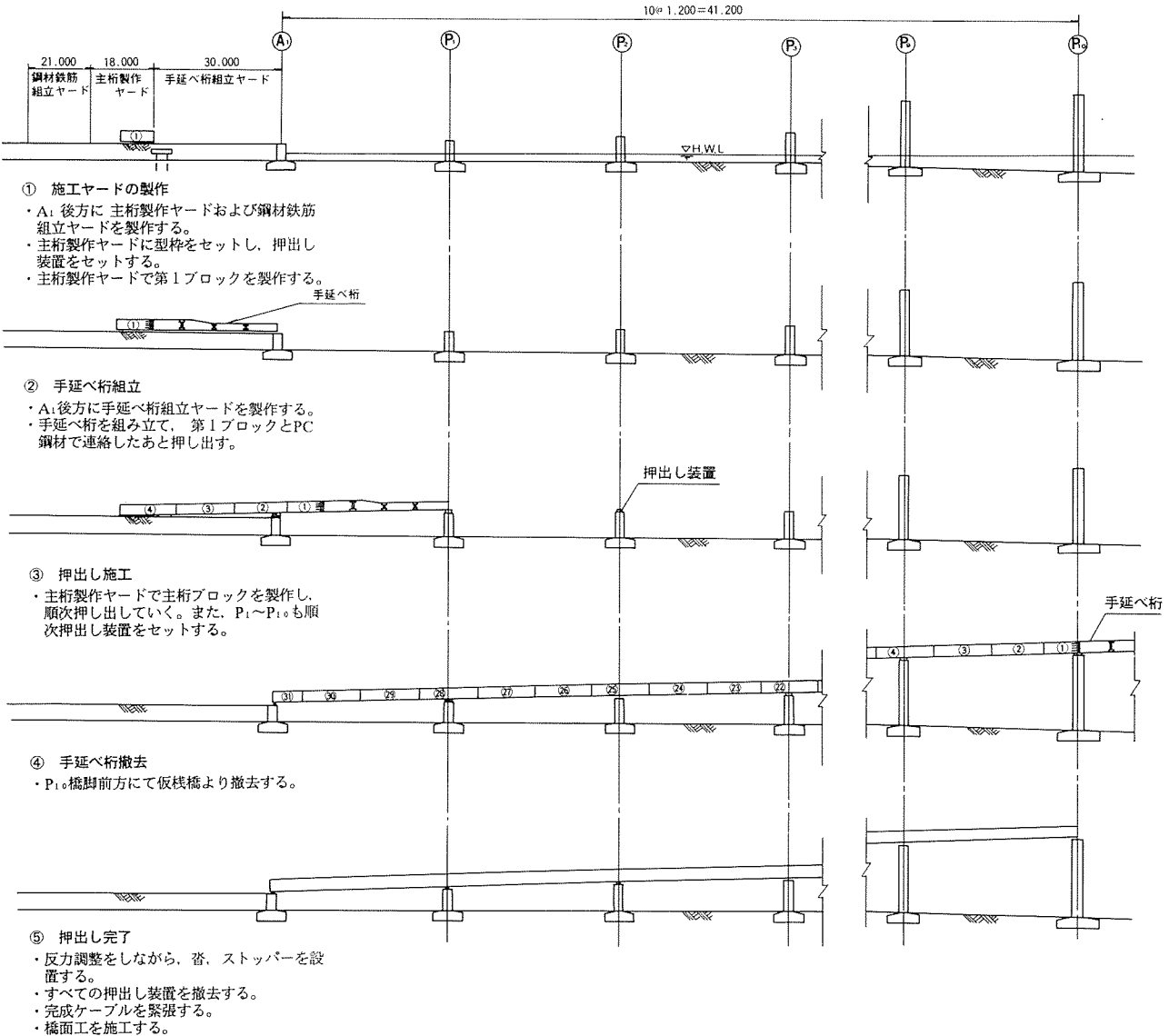
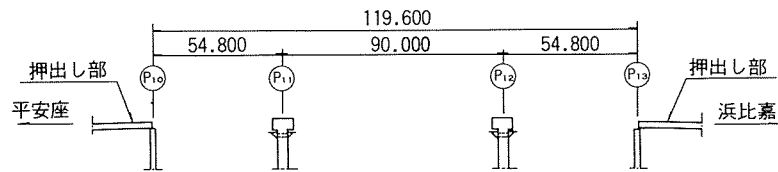
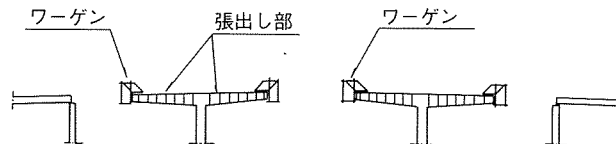


図-12 押し出し施工要領図

① 柱頭部の施工



② 張出し部



③ 側径間、閉合部施工

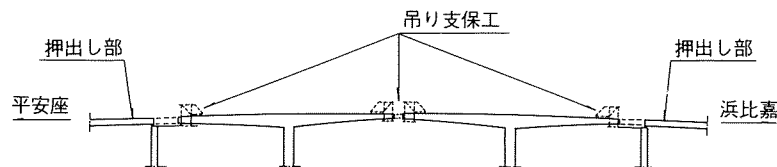


図-13 場所打ちカンチレバー施工要領図

ラッククレーンにてワーゲンを組み立て、現場打ちカンチレバー工法により順次、主桁を施工していく。カンチレバー施工終了後、ワーゲンを解体する。閉合部は、まず P₁₀、P₁₃ 橋脚部の側径間を吊支保工で施工し、最後に中央径間の吊支保工を施工して完成系に至る。

図-13 に、本工法の施工要領図を示す。

8. あとがき

多点固定方式による多径間連続形式は、ノージョイント化や耐震性の向上の面で優れた構造である。また橋脚規模の統一等、景観面においても有利となる。しかし、PC 橋ではコンクリートのクリープおよび乾燥収縮の影響により、ラーメン構造やヒンジ結合では、その拘束力の大小は、柱剛性および基礎バネの変形性能に依存し、連続径間数にはおのずと限界が生じる。この相反する矛盾点も、ゴム沓をもちいた多点固定方式では、ゴム自体の持つせん断変形能が卓越するためこの影響を著しく軽減し、また、予備せん断型を使用した場合は、これを削減することが可能である。さらに、弾性ゴム厚の調整に

より地震慣性力を各橋脚へ均等に分散させる水平反力分散方式では、橋脚形状の統一がはかられ、景観への対応が有利となる。このように、ゴム沓による水平反力分散方式は、多径間連続形式において、多くのメリットを持つ優れた機構である。本橋標準部においても、予備せん断型のゴム沓による反力分散方式の採用により、長大な拘束長と柱高の変化が大きい条件のもとで、全径間連続形式が可能となり、景観への配慮が得られた。

また、最近では免震装置を用いて地震慣性力の低減を期待する免震構造も開発が進み、試験的な採用が始められている。地震大国である我が国において、橋梁設計上、耐震設計は重要な課題であり、今後の研究・開発により、さらに優れた機構が開発されることを期待したい。

最後に、今回の架橋計画にあたっては、数年にわたる技術検討委員会（委員長：佐伯彰一氏）により、種々の問題点について審議した結果が生かされており、委員長並びに委員各位に謝意を表する次第である。

【1993年6月7日受付】