

第1章 総論

第1節 児島・坂出ルート海峡部橋梁の概要

1.1 一般

本州四国連絡橋は、全国的な幹線道路網・鉄道網の一環として、神戸・鳴門ルート、児島・坂出ルート、尾道・今治ルートの3ルートが計画されている。

このうち児島・坂出ルートは、3ルートのうちで全線を完成させた最初のルートであり、一般国道30号（瀬戸中央自動車道）と本四備讃線（愛称：瀬戸大橋線）の道路・鉄道併用ルートである。図1.1.1に路線図を示す。

道路は、岡山県都窪郡早島町の一般国道2号および山陽自動車道と接続する早島インターチェンジ（以下、「IC」という）を起点として南下し、水島IC、児島ICを経て倉敷市鷺羽山付近で下津井瀬戸（海峡幅約1.0km）を渡り、榎石島、岩鷺島、羽佐島、与島、三ツ子島を経て、備讃瀬戸（海峡幅約3.2km）を横断し、坂出市番の州地区を通過して坂出北ICを経て、坂出市川津町の坂出ICで一般国道11号および四国横断自動車道に連結する延長37.3kmの自動車専用道路である。

鉄道は、倉敷市茶屋町でJR西日本宇野線の茶屋町駅から分岐して南下し、植松駅、木見駅、上之町駅、児島駅を経て鷺羽山に至り、下津井瀬戸から備讃瀬戸までの区間と番の州の一部は道路と路線を共用し、坂出市を経て香川県綾歌郡宇多津町に至り、JR四国予讃本線に宇多津駅で接続する延長32.4kmの鉄道である。

本ルートの道路・鉄道共用部区間は13.1kmであるが、そのうち海峡部橋梁9.4kmは「瀬戸大橋」と愛称され、3つの吊橋、2つの斜張橋、1つのトラス橋とそれらを結ぶ高架橋で構成さ

れ、世界にも例を見ない道路・鉄道併用の長大橋梁群となっている。この瀬戸大橋は、1987年に五十周年を迎えたゴールデンゲート橋とシスターブリッジ提携されている。

道路および鉄道の構造規格は表1.1.1に示すように、道路は第1種第2級の4車線（設計速度100km/h）、鉄道は当面在来線（甲線）規格の複線（設計速度120km/h）で供用されるが、道路・鉄道共用部については将来新幹線（複線）を追加できるように設計・施工上の配慮をしている。各部の標準断面構成を図1.1.2に示す。

(1) 道路単独部

道路単独部は岡山県側20.1km、香川県側4.1kmで、5つのインターチェンジと1つのパーキングエリア（粒江）および1つのサービスエリア（鴻ノ池）を設置している。図1.1.3に道路施設配置図を示す。構造的には3本のトンネル、橋梁、高架橋および土工より成るが、橋梁、高架橋の占める割合が約40%と高い。

早島ICは、一般国道2号および山陽自動車道との連絡施設であり、東西約700m、南北約

表1.1.1 構造規格

| 項目 | 内容 | |
|------------|----|---------------------------------------|
| 路線名 | 道路 | 一般国道30号(瀬戸中央自動車道) |
| | 鉄道 | 本四備讃線(愛称:瀬戸大橋線) |
| 道路・鉄道規格 | 道路 | 第1種第2級 |
| | 鉄道 | 在来線(甲線), 新幹線 |
| 設計速度 | 道路 | 自動車 V=100km/h |
| | 鉄道 | 在来線 V=120km/h 新幹線 V=160km/h |
| 車線数 軌道数 | 道路 | 4車線 |
| | 鉄道 | 在来線, 複線(第1次完成時) 在来線, 新幹線複々線(最終完成時) |

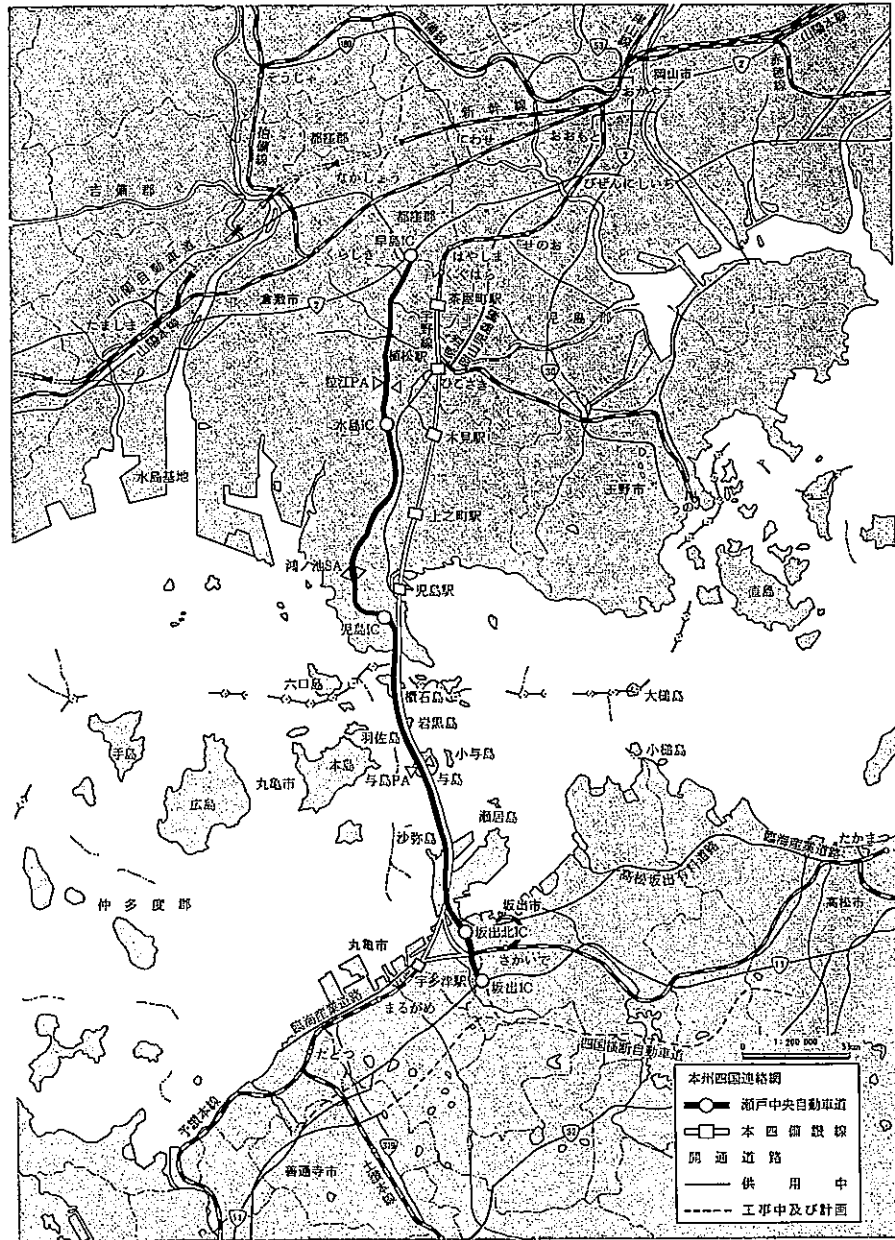


図1.1.1 児島・坂出ルート路線図

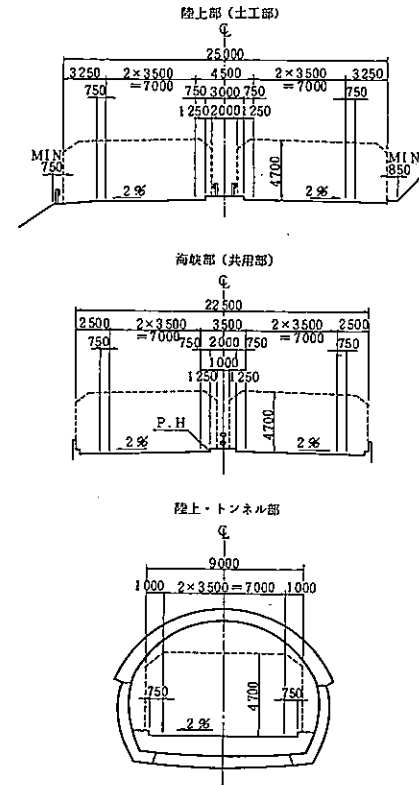


図1.1.2 標準横断構成

500m (面積20.3万㎡) の日本最大級のY型+トランペット型のインターチェンジで、本線バリア、トールゲートおよび早島管理事務所等を設置している。施工場所は、児島湾干拓地奥の水田として利用されている軟弱地盤地帯であったため、DJM(粉体噴射攪拌工法)、GCP(グラベルコンパクション工法)などの軟弱地盤処理を施した。

早島IC~粒江IC間は、やはり地盤の軟弱な田園地帯を通過するため、主に杭基礎形式の橋脚を有する多径間PC橋あるいはRCホロースラブ橋が主となっている。

水島ICから児島IC間は、ほぼ山地部を通過するため、直高60mにも及ぶ高盛土や切土高が50m以上にも及ぶ長大切土のほか、3本のトンネル(正面山トンネル538m、柳田トンネル387m、塩生トンネル408m)を設けている。トンネルの施工法はいずれもNATMによる上部半断面先進ベンチカット工法である。

鴻ノ池SA付近の塩生橋は、道路単独部における長大橋梁であり、淡水海綿の生息する鴻ノ池をまたぐ最大支間94m、橋長285mの4径間連続鋼床版桁橋である。本橋の架設は、橋体一括の手延式送り出し工法(ペントなし)で行った。また鴻ノ池内に設置される橋脚の基礎形式は、上下線一体のニューマチックケーソンを採用している。

四国側の番の州南高架橋は標準支間約60m(最大支間75m)の鋼3径間連続桁(一部、4径間連続桁)で、共用部の縦断線形の影響から高橋脚となっている。基礎形式は、番の州埋立地にあることから径2mの長尺リバース杭としており、地盤の液状化にも考慮した設計となっている。

坂出ICは、一般国道11号および四国横断自動車道に接続する変形トランペット型+Y型のインターチェンジ(面積14.5万㎡)で、坂出管理事務所等を設置している。瀬戸中央自動車道の供用時には四国横断自動車道が未供用のため、暫定的に一般国道11号とのみ連絡することになる。

(2) 鉄道単独部

鉄道単独部は岡山県側14.9km、香川県側4.4kmで、3本の長大トンネルと高架橋、橋梁、土工から成る。このうち約60%が高架橋と橋梁である。トンネルは北から鷲峰山トンネル(2,151m)、福南山トンネル(3,654m)、児島トンネル(1,605m)で、すべてNATMで施工している。

香川県側は、共用部の番の州高架橋から分か

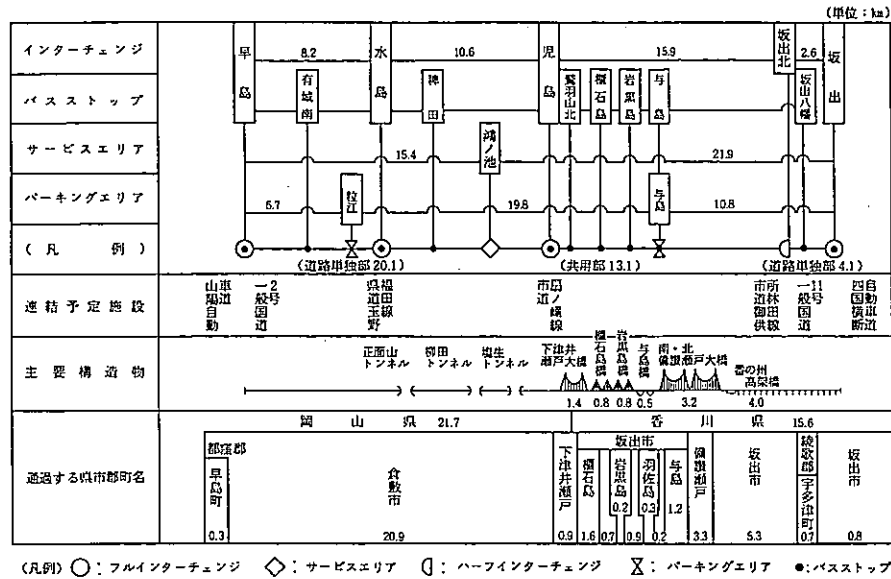


図1.1.3 一般国道30号施設配置図

れた後東西に分岐し、坂出側は宇多津町付近、丸亀側は宇多津町宇夫階付近で予讃本線に接続している。この区間にはPC鉄道橋としては日本最長の中央支間120mの北浦港橋梁があり、基礎形式として連続地中壁基礎を採用する等の特徴を有している。

軌道構造は、50kg Nレールのスラブ軌道（海峡部は60kgレールの鋼桁直結軌道）を用いている。また、本四備讃線は直流1,500Vの電化線区で、変電所は木見、児島および番の州の3箇所には設けられており、き電区分所は茶屋町、宇多津および海峡部の榎石島と与島に設置している。

(3) 道路・鉄道共用部

道路と鉄道は倉敷市大畠付近で合流し、道路が上層、鉄道が下層の2層構造で神道山から鷺羽山にかけての山地部を通り、瀬戸内海に点在する島を経て四国側坂出市番の州の番の州高架

橋を再び分岐する。この延長13.1kmの区間が道路・鉄道共用部である。

鷺羽山を近接トンネルで抜けて、四国までの海峡部9.4kmの間にある5つの島々を下津井瀬戸大橋、榎石島橋、岩黒島橋、与島橋、北備讃瀬戸大橋および南備讃瀬戸大橋の6橋で結んでいる。島しょ部および番の州埋立地はコンクリートを主体とする高架橋であり、榎石島、岩黒島および与島にはバスストップを、また与島にはパーキングエリアを設けている。海峡部橋梁の全体図と標準断面を図1.1.4、図1.1.5に示す。また、各橋の一般図を巻末図面に示す。

南・北備讃瀬戸大橋が架かる海域は国際航路で、おのおの航路高さ65mを確保しており、共用アンカレイジ（4A）付近で道路路面が最も高く、海面約93mとなっている。

以下、主要構造物の概要について述べる。

1.2 各橋の概要

1.2.1 吊橋

本ルートには、下津井瀬戸大橋、北備讃瀬戸大橋と南備讃瀬戸大橋の3つの吊橋がある。図1.1.6に全体一般図を示す。

(1) 下津井瀬戸大橋

下津井瀬戸大橋は、鷺羽山と榎石島との間の下津井瀬戸に架かる中央支間長940mの張出し径間付単径間補剛トラス吊橋であり、両端は一部PC桁となっている。この形式は長大吊橋としては世界でも初めてである。

本橋は、名勝鷺羽山に位置するとともに、繊細優美な瀬戸内海多島景観の絶好の展望地点にあることから、自然景観の保全には最大の配慮を行い、起点側アンカレイジは直接地山に定着させるトンネル式アンカレイジ方式を採用し、周辺地形の改変を極力小さくした。また、塔形状も3層のラーメン形式を採用している。このトンネル式アンカレイジは、わが国で初めて長大吊橋に採用されたものである。

本橋の場合、列車走行性より3径間連続吊橋とすると、側径間が短いため、端支点（エンドリンク部）および中間支点（タワーリンク部）に大きな負反力が生じるため、張出し径間を設けて対処した。張出し径間の反力を支持する橋台（SBA3とSBA4）は4本柱とし、補剛桁の伸縮と角折れもここで処理している。

主ケーブルの架設工法は、1ストランドの径を太径にできPS工法よりもトンネルアンカーの断面を小さくできるAS工法を採用した。また、定着方法も国内では例のない高張力ロッド方式を採用した。これらの方式の採用により、ケーブル定着面積を小さくし、定着構造を簡素化し、主ケーブルの施工性を向上させた。

また、主ケーブルから伝達される塔頂反力をスムーズに塔柱外板に流すために、2枚のウェーブを有する直接荷重伝達型塔頂サドルを採用し

ている。

(2) 南・北備讃瀬戸大橋

両橋は、与島と番の州との間の備讃瀬戸を横断する本ルート最大の橋梁である。中央支間長は北備讃瀬戸大橋が990m、南備讃瀬戸大橋が1,100mで、両橋の中間に共用アンカレイジを有する双子の3径間連続補剛トラス吊橋である。

特に南備讃瀬戸大橋の中央支間長1,100mは、完成時点では日本最大であるとともに世界でも5位にランクされる。また、道路・鉄道併用橋としては世界最大である。主塔の高さは、BB5Pで海面約194mである。縦断線形は両橋とも桁下高65mを確保するため、前後10%で取付き共用アンカレイジ（BB4A）上で水平になる円曲線を採用している。

下部工は、3基のアンカレイジと4基の主塔基礎から成り、与島内の1Aを除く海中基礎6基は、すべて設置ケーソン工法による直接基礎を採用している。なお、7Aのコンクリート量約42万m³は橋梁下部工としては世界最大であり、基礎底面での水深は50mに達している。また、4Aは世界でも例の少ない共用アンカレイジであり、ケーブル定着構造はストラッド空中交差方式という新しい形式を採用している。この方式は、4Aの中に片引きのケーブルアンカーフレームを2基入れ、南・北備讃瀬戸大橋それぞれのケーブルストラッドをアンカレイジ内で空中交差させて定着し、躯体に圧縮力を与えるようにした構造である。

本橋は本格的な高速鉄道の走る長大吊橋であり、従来の2ヒンジ吊橋では主塔部における角折れと伸縮に対する列車走行性の処理が難しいことから、3径間連続トラス補剛吊橋とした。また連続補剛桁形式としても、なおかつ生ずる桁端部の±65cmの伸縮と±9%の角折れに対処するため大型の緩衝桁軌道伸縮装置を設置している。

ケーブルの架設工法はPS工法を採用した。

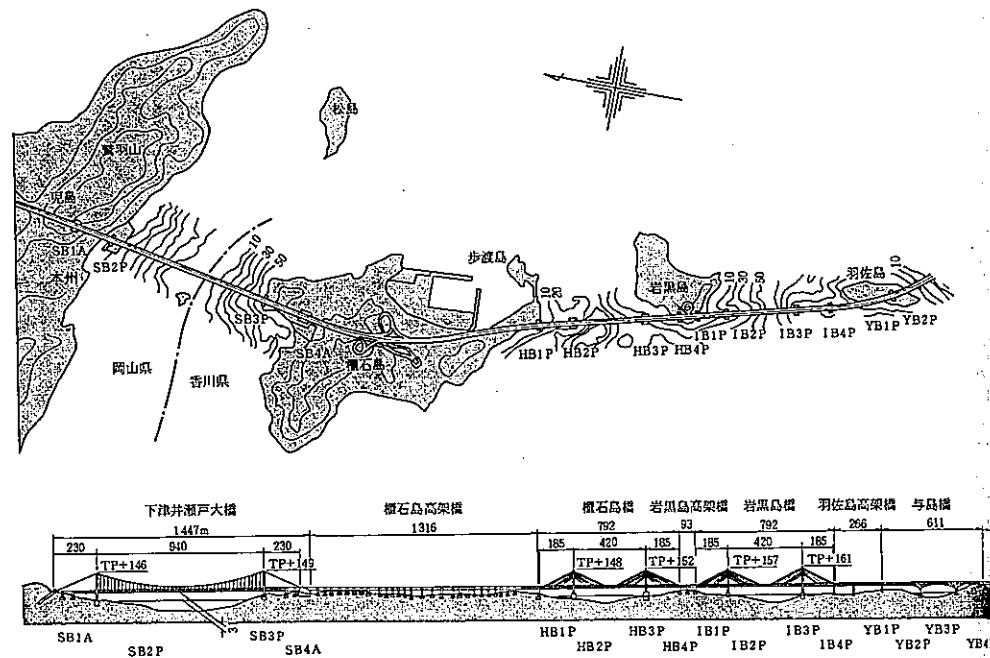


図1.1.4 児島・坂出ルート海峡部橋梁一般図

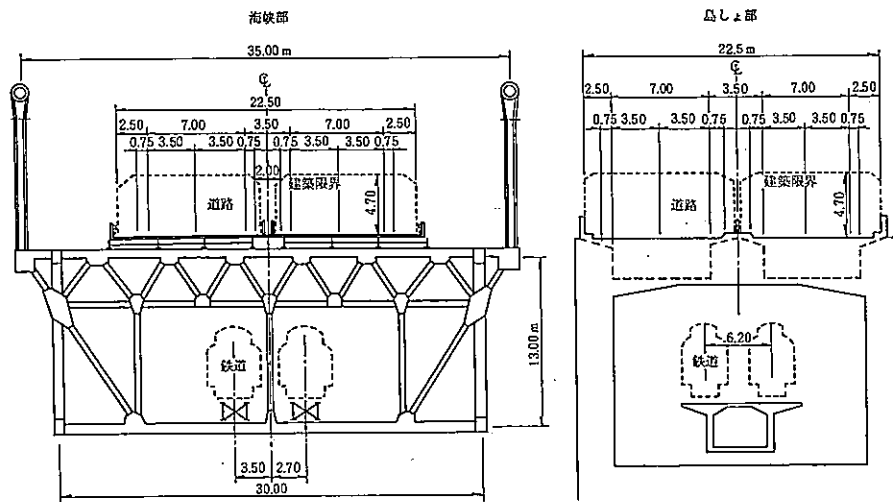
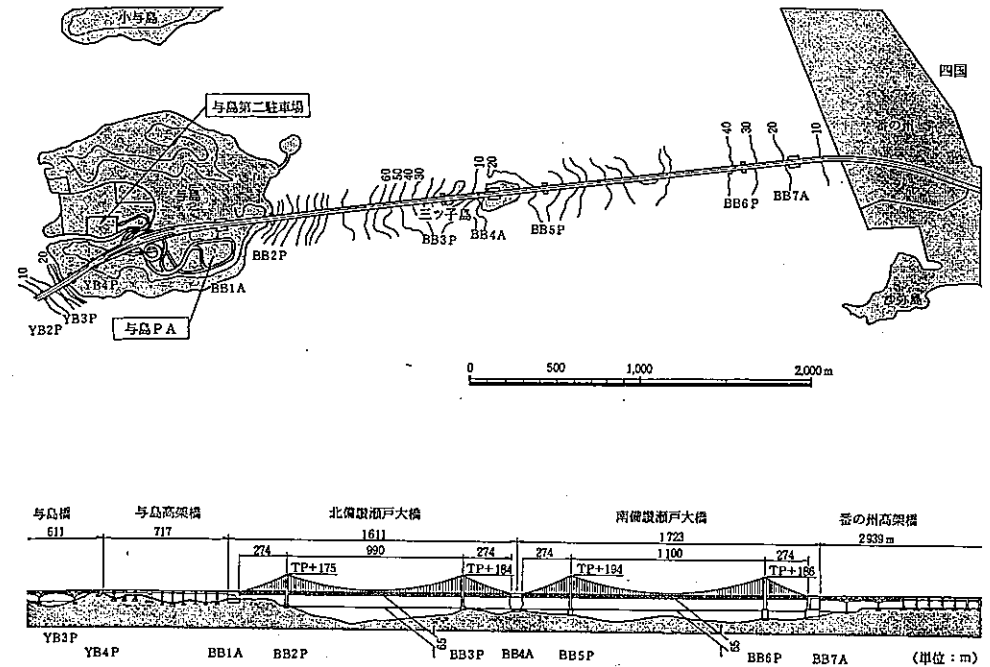


図1.1.5 標準横断面



ケーブル構成は127素線よりなるストランドを南・北備瀬戸大橋それぞれ271および234ストランド使用しており、そのケーブル径は各々φ1,070と1,006mmとなる。これは世界でも例のない大きさである。

1.2.2 斜張橋

斜張橋は、榎石島橋と岩黒島橋の2橋がある。全体一般図を図1.1.7に示す。

榎石島橋と岩黒島橋は、榎石島、岩黒島、羽佐島を結ぶ同じ支間割りを有する鋼3径間連続の双子の道路・鉄道併用斜張橋である。その中央支間長420mは、完成時点では日本最大、道路・鉄道併用橋としては世界最大の斜張橋である。

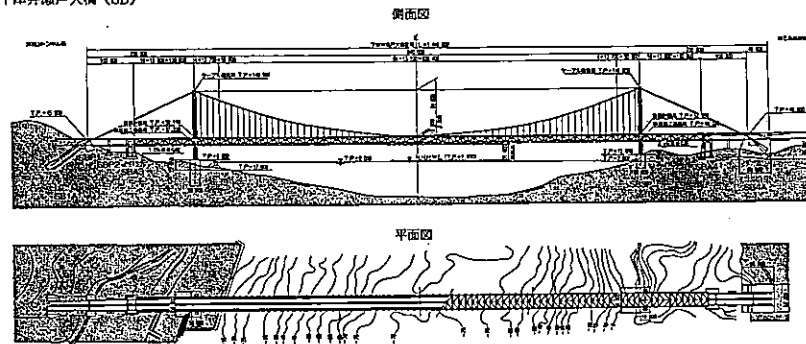
両橋は、当初ゲルバートラス形式で計画していたが、瀬戸内海の景観との調和を考慮して斜張橋に変更した。特に、主塔形状や隣接する橋脚の形状の景観設計には最大の配慮を行っている。

両橋は岩黒島上でPC橋（岩黒島高架橋）で結ばれており、この区間に島内連絡施設を設けている。このため、両橋ともに岩黒島側側径間には拡幅部があり、また反対側の側径間には緩曲線が入るため非対称橋梁となっている。

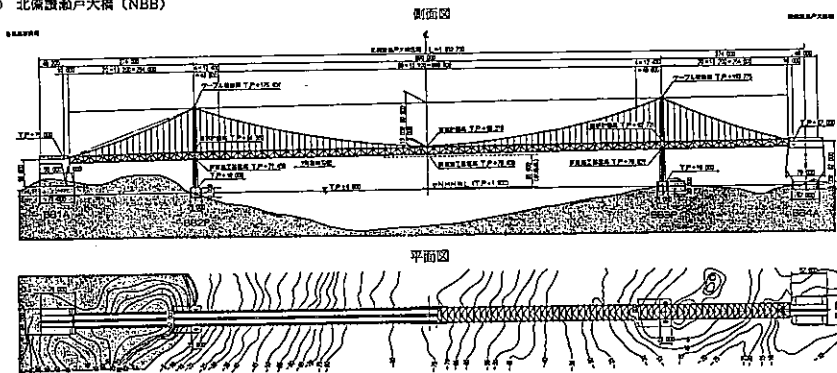
下部工は設置ケーソンまたは直接基礎であるが、榎石島橋3Pでは脚付きケーソンを採用している。

主桁は、トラス構造とし、斜ケーブルを上弦材に定着しているが、剛性を高くするため、鋼

㊦ 下津井瀬戸大橋 (SB)



㊧ 北備瀬戸大橋 (NBB)



㊨ 南備瀬戸大橋 (SBB)

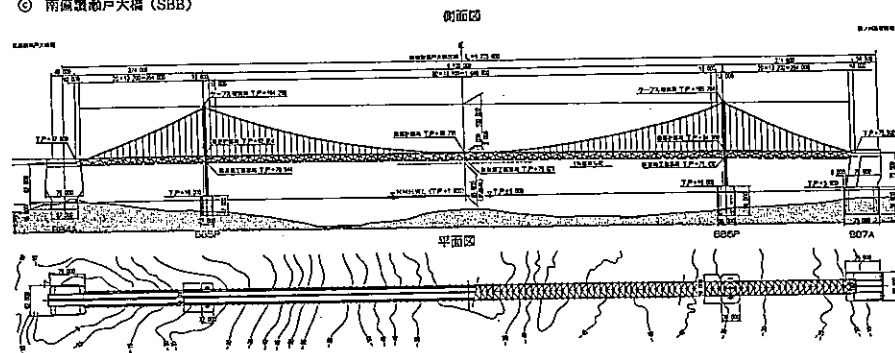


図1.1.6 吊橋全体一般図

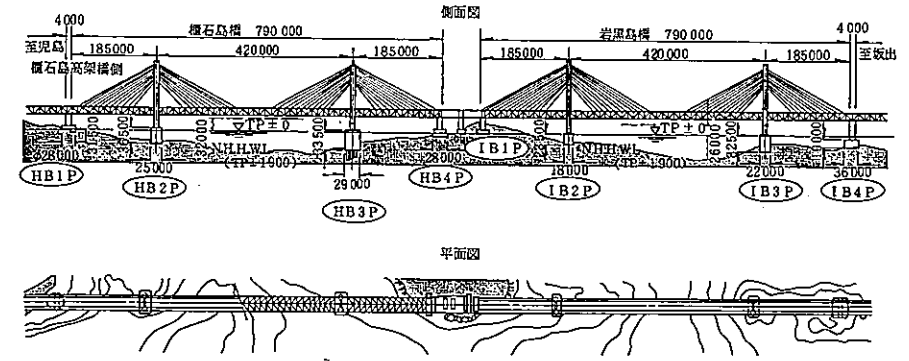


図1.1.7 斜張橋全体一般図

床版と上弦材を合成した構造とし、鋼床版にも桁としての働きを期待している。

塔は、高さで反力が大きいため、下部を基礎に剛結したフレキシブルタワーとした。塔の形状としてはケーブル反力の偏心を避けて斜塔形式を、また景観に配慮してハンチ付きラーメン形式を採用し、前後のコンクリート橋脚との連続性を保つようになっている。

本橋の吊構造部は自重が大きく、橋軸方向耐震固定装置として水平力の分散支持と減衰性を与えるための皿バネを重ねたスプリング沓を採用している。

ケーブルは、ファン形に11段配置し、1面当たり2本平行に配置している。ケーブルは、Hi-Amソケットのついた7mm距鉛めっき索線139~277本からなる平行線ケーブルである。耐久性を考慮して2重の高密度ポリエチレン管を被せ、管とケーブルワイヤとの空隙には高分子化合物(ポリブタジエン系ポリウレタン)を注入している。

また、架設はFC船による塔下部大ブロック架設のほか、主桁では大ブロック架設と面材架設を併用したが、特に榎石島橋の側径間部(吊重量6,160 t)は、3,500 t吊FC船と3,000 t吊

FC船の相吊りによる大ブロック架設となり、これは過去最大級のものであった。

1.2.3 トラス橋

本ルートには、羽佐島高架橋と与島橋のほか、榎石島高架橋並びに番の州高架橋の一部にトラス橋があるが、ここでは図1.1.8に示す羽佐島高架橋と与島橋について述べる。

羽佐島高架橋と与島橋は、海峡部のほぼ中央に位置し、羽佐島および羽佐島と与島間の海峡に架かる2径間および3径間連続のトラス橋であり、その中央支間長245mは道路・鉄道併用橋として世界有数のものである。下部工は、羽佐島高架橋1Pが下津井瀬戸大橋2Pと同じニューマチックケーソンのほかは、全て直接基礎である。

本橋はルート線形の変曲点にあたり、 $R=1,300m$ の円曲線とS字形緩曲線を含むことから、主構は中間支点で平面角折れを有し、さらに3径間部(与島橋)の側径間は中間支点に向かって主構間隔が拡がるバチ形となっている。また、上部工は道路4車線、鉄道4線載荷の併用橋であるため、列車走行性から中間支点部の桁高は37.5mもあり、主構部材には軽量化を図

第1章 総論

②羽佐島高架橋および与島橋

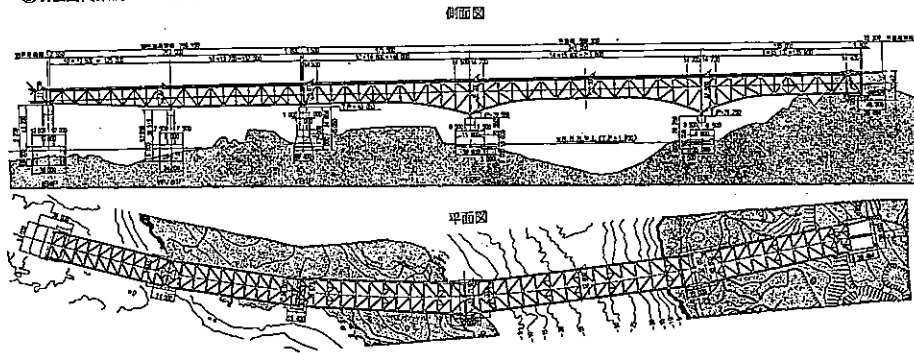


図1.1.8 トラス橋全体一般図

る等の目的で従来の鉄道橋ではほとんど使用例のないH T 80クラスの調質高張力鋼を多用している。このため製作にあたっては、パイロットメンバーによる疲労強度の事前検討を行い、その結果を実橋に反映している。なお、下弦材断面は1,480mm×1,400mmで、本州四国連絡橋の中で最大の部材断面構成となっている。

また、Y B 2 P固定支承の最大反力は約12,400 t、Y B 3 P可動支承は約11,100 tにも達する大型支承となっている。特にY B 3 P可動支承は過去の実績をはるかに上回る規模となるため、平面線形の特殊性に起因する支承の設置方向、移動方向制御構造などの検討を行っている。直径が300mmと大規模になるローラ（材質C-13 B）については、実物大の供試体を用いて耐久試験を行い、転動疲労寿命の確認を行っている。

架設は、大ブロック架設（羽佐島高架橋、吊重量約5,900 t）とバランスングカンチレバー工法により施工した。

1.2.4 高架橋

本ルート of 島しょ部等には、前述の羽佐島高架橋以外に、榎石島高架橋、岩黒島高架橋、与島高架橋および番の州高架橋がある。その主な

特徴は、高橋脚（橋脚高さ50～87m）を有する中規模径間橋梁（支間長35～73m）で、道路、鉄道の2層構造となっており、番の州高架橋以外の道路桁はPC箱桁で、橋脚水平梁と剛結構造の立体ラーメン橋となっている。

各高架橋の概要を以下に述べる。

(1) 榎石島高架橋

榎石島高架橋は、下津井瀬戸大橋に接続して榎石島島内を縦断する全長約1,200mの2層PC高架橋および橋長約100mの単純トラス橋からなる道路・鉄道併用の高架橋で、島内には連絡施設（ランプ橋）があり、バスストップが設置されている。側面図を図1.1.9に、その全景を写真1.1.1に示す。

2層高架橋は、スパン35～68m、最大高さ53mの高橋脚30基で、大部分が直接基礎であるが一部φ3mのリバース杭および深礎杭がある。橋脚は、ランプ橋（RC連続中空床版ラーメン橋）を含め美観を考慮した六角形のRC構造である。10P以後の中間支点橋脚の横梁は前述のように道路桁と剛結されたPC構造であり、この横梁に作用するねじりモーメントを軽減するため上部工は上下線一体構造となっている。

鉄道桁は、他の高架橋と同じくPC連続箱桁

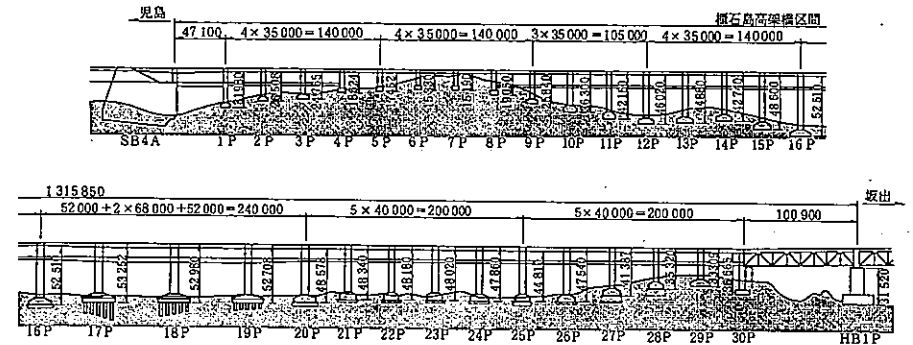


図1.1.9 榎石島高架橋側面図



写真1.1.1 榎石島高架橋

で、ローラ沓、B P沓等の鋼製支承により支持され、道路桁の支持状態、橋脚高、地盤の状況に応じて鋼角ストッパーまたはダンバーストッパーによって地震時水平力を各橋脚に分散させている。

PC橋の施工は、従来の支柱式支保工、移動吊支保工、移動作業車による張出し架設（ディビダーク工法）のほか、急傾斜地で幅員が連続的に変化する箇所では新工法の大規模移動支保工による張出し架設を採用した。この新工法は従来のサポートタイプとハンガータイプをミックスしたもので、1台の支保工で道路桁と鉄道桁を1サイクルで施工するものである。

トラス橋は、3,000 t吊FC船による大ブロッ

ク架設工法（2,398 t、一括架設）を採用した。

(2) 岩黒島高架橋

岩黒島高架橋は、榎石島橋と岩黒島橋（斜張橋）の間に架かる橋長約90mの道路・鉄道併用のPC橋で、橋上にバスストップがある他、島内への緊急用の連絡施設（ランプ橋）がある。側面図を図1.1.10、その全景を写真1.1.2に示す。

上層の道路橋は2径間ラーメン桁橋で、柱頭部（剛結水平梁内）にはバスストップへの通路を設けるため主桁に開口部を有している。下層の鉄道橋は2径間連続桁橋となっている。いずれも桁の施工はディビダーク式カンチレバー工法で行ったが、道路桁の施工は4主桁用ワーゲン2基を組合せた我が国では初めての試みであった。

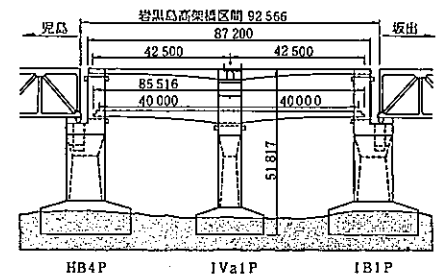


図1.1.10 岩黒島高架橋側面図

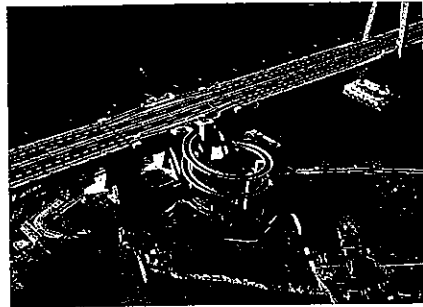


写真1.1.2 岩黒島高架橋

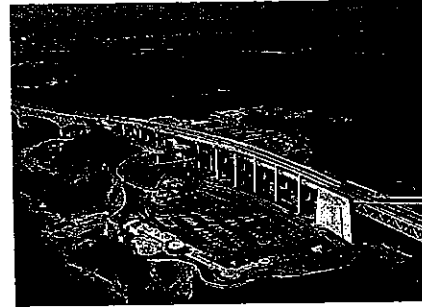


写真1.1.3 与島高架橋/パーキングエリア

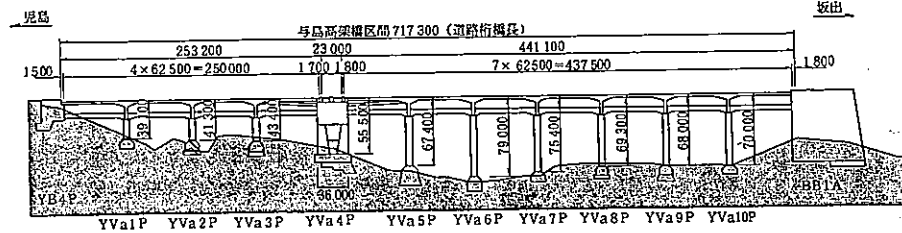


図1.1.11 与島高架橋側面図

(3) 与島高架橋

与島高架橋は、与島橋から南・北備讃瀬戸大橋に接続する延長約720mの与島島内の道路・鉄道併用橋である。この高架橋も2層のPC橋であり、スパン62.5mの3～7径間連続桁橋である。島内には、連絡施設(ランプ橋)、バスのほか海峡部で唯一のパーキングエリアがある。側面図を図1.1.11に、その全景を写真1.1.3に示す。

下部工は合計10基で、全て直接基礎である。橋脚は最大約80mの高橋脚となるため、2～3層の剛体ラーメンの鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)構造となっている。また、4P橋脚は1Pおよび7Pで分岐したランプが道路と鉄道の間を立体交差するため、スラブと4本の柱からなる3層構造となっている。

道路橋は榎石島・岩黒島高架橋と同様、桁と橋脚が剛結された立体ラーメン橋であるが、ラ

ンプの派生に伴う拡幅部があるため主桁桁が2～5室まで変化するという極めて複雑な構造となっている。

鉄道桁は前後にマッシュパな橋合(YB4P, BB1A)を有するため、1点集中固定式連続桁を採用している。なお、道路桁剛結方式の長周期系構造とすることにより7径間部では設計震度 $K_{hm}=0.08$ (周期 $T=2.6\text{sec}$)にまで低減でき、高橋脚PC併用橋の合理的、経済的設計が可能となった。

PC桁の施工は道路桁、鉄道桁ともディビダーク工法により行ったが、道路桁拡幅部では歯車と電動モーターによる横移動装置を用いた特殊ワーゲンを採用している。

4Pに接続して1周するループ橋(連続鋼箱桁)では、ゴム沓(リング沓)ならびに全方向移動可能(橋軸直角方向変位120mm)な伸縮装置を採用している。

(4) 番の州高架橋

番の州高架橋は、南備讃瀬戸大橋の四国側アンカレイジ7Aを起点とする延長約2,940mの高架橋である。側面図を図1.1.12に、その全景を写真1.1.4に示す。

本橋は地盤が悪く、かつ高橋脚という条件が重なり、列車走行の安全性を確保するために動的解析等種々の検討を行っている。その結果、橋脚高(41～81m)に比べて比較的スパンが短い(約72m)構造物となっている。

上部工は、起点側が中央支間長180mの3径間連続鋼トラス、その他は3～5径間連続の鋼箱桁(道路)とPC桁(鉄道)である。

下部工は、トラス部が鋼製ラーメン橋脚、その他は耐震壁を有するI形断面のRC橋脚で、基礎はφ3m、平均長さ49m(最大74m)のかつてない規模の大口径長尺リバース杭(平均27

本/基)である。

上部工の架設は、トラス部が大ブロック架設と張出し架設の併用、道路鋼箱桁は大型クレーンによるベント工法、鉄道PC桁はディビダーク式カンチレバー工法で施工した。

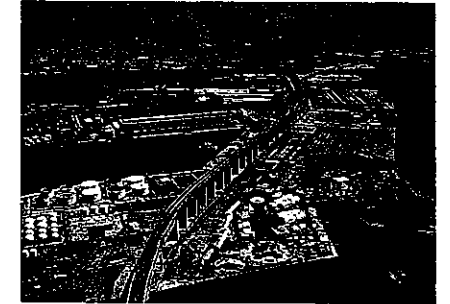


写真1.1.4 番の州高架橋

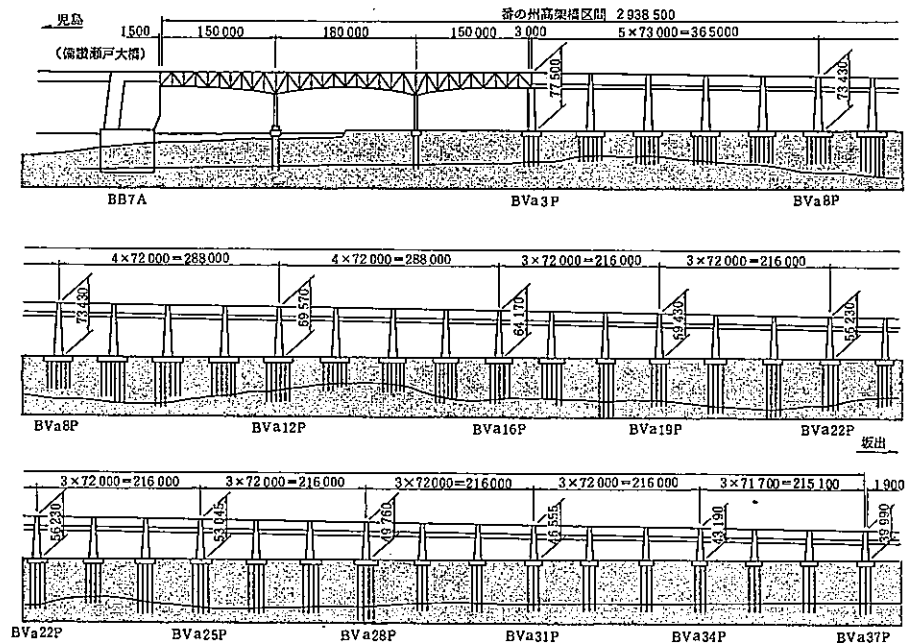


図1.1.12 番の州高架橋側面図