

音戸大橋開通 60 周年記念誌



表紙の説明

江戸時代末期に活躍した浮世絵師、二代歌川広重（1826年～1869年）の『諸國六十八景』シリーズのうち49番目の「安芸音戸」の図である。

全68図中、一面の雪景色を描いた2図のうちの一図であり、貴重な存在とも言える本作は、「ヒロシゲブルー」とも称される青のグラデーションが、「音戸の瀬戸」の美しい雪景色を鮮やかに引き立てているのである。

まえがき

♪ 船頭可哀や 音戸の瀬戸で 一丈五尺の櫓がしわる～

この名調子で知られる「音戸の舟唄」は、日本三大舟唄にも数えられ、その舞台となる「音戸の瀬戸」とは、かつて「東洋一の大軍港」と称された呉港の南端に位置する警固屋町と、対岸の音戸町を隔てる小さな海峡のことである。

最も狭い所では幅わずか 90m であるが、呉港・広島港と阪神・四国・関門方面の航路とを最短経路で接続するため、大きいものでは 1,000 t 級の船舶をはじめとして一日 700 隻が航行する重要な航路であり、別名「瀬戸内銀座」とも呼ばれている。

その間を縫うように往来するのは、「日本一短い定期航路」として知られる「音戸渡船」の小型船であり、最大 5 ノット (時速 10km) にもなる速く複雑な潮流の中を横切りながら、かつては 1 日 250 往復していたという、兩岸を結ぶ唯一の交通手段であったのである。

船の動力がエンジンとなる以前は、船頭が櫓をしわらせながら必死で漕いでいたところから、音戸の瀬戸が「船頭さん泣かせ」であったことを唄ったのが、冒頭の一節というわけである。

さて、その船頭さん泣かせの「音戸の瀬戸」を開削したとされるのが、時の権力者であった平清盛であり、宮島・厳島神社の巫女とのラブロマンスがもたらした副産物として出来上がった今日の「日招き伝説」は、地域に根付くアイデンティティともなっている。

この伝説の真偽については諸説あるとして、その伝説が真実であるならば、清盛公によって切り離され「島」となった音戸町 (倉橋島) を、再び「陸続き」としてみせた「音戸大橋」の架橋事業は、清盛公の偉業に勝るとも劣らない、地域の人々の願望と情熱が生み出した、まさに「夢の架け橋」と言えるのである。

その完成から今年で 60 年の節目を迎えるにあたり、改めてその偉業を多くの方に再認識していただくとともに、「地域の宝」として末永く大切に利用していただければとの思いを込め、ここに記念誌として残すものであります。



目次

| | | | |
|------------------|----|-------------------|----|
| 1 呉市の歴史 | 1 | 4-5-2 料金所付近 | 20 |
| 1-1 呉市の沿革 | 1 | 4-5-3 橋梁部 | 21 |
| 1-2 音戸の瀬戸の変遷 | 2 | 4-5-4 踏掛版 | 21 |
| 2 音戸大橋の歴史 | 3 | 4-6 照明設備 | 22 |
| 2-1 架橋の背景 | 3 | 4-6-1 道路照明 | 22 |
| 2-2 架橋に至る経緯 | 3 | 4-6-2 航路標識灯 | 22 |
| 3 音戸大橋の概要 | 4 | 4-6-3 電気配線・配管 | 22 |
| 3-1 位置図 | 4 | 5 ランガー桁の載荷試験 | 23 |
| 3-2 平面図 | 4 | 5-1 試験の目的 | 23 |
| 3-3 橋梁一般図 | 4 | 5-2 試験概要 | 23 |
| 3-4 橋梁諸元 | 4 | 5-2-1 試験項目 | 23 |
| 3-5 計画概要 | 5 | 5-2-2 静的荷重試験の結果 | 23 |
| 3-6 主橋梁形式の比較検討 | 6 | 5-2-3 動的荷重試験の結果 | 24 |
| 3-7 螺旋式高架橋の比較検討 | 7 | 6 音戸大橋の通行料金 | 25 |
| 3-7-1 構造形式の比較 | 7 | 7 開通とその効果 | 26 |
| 3-7-2 線形の比較 | 7 | 7-1 開通式 | 26 |
| 4 音戸大橋の建設 | 8 | 7-2 観光名所「音戸の瀬戸」 | 26 |
| 4-1 下部工 | 8 | 7-3 全建賞を受賞 | 26 |
| 4-2 上部工 | 9 | 8 その後の音戸大橋 | 27 |
| 4-2-1 主橋梁の構造概要 | 9 | 8-1 主な補修等の履歴 | 27 |
| 4-2-2 主橋梁の架設 | 10 | 8-2 床版補強工事 | 28 |
| 4-2-3 側橋梁の構造概要 | 12 | 8-2-1 床版補強の背景 | 28 |
| 4-2-4 側橋梁の架設 | 12 | 8-2-2 補強工法の選定 | 28 |
| 4-3 2層半螺旋式高架橋 | 13 | 8-2-3 仮設工事 | 29 |
| 4-3-1 構造概要 | 13 | 8-2-4 床版下面の断面修復 | 29 |
| 4-3-2 構造諸元 | 14 | 8-2-5 パネルの製作 | 30 |
| 4-3-3 出口部の交差点計画 | 14 | 8-2-6 架設工 | 31 |
| 4-3-4 主桁形式 | 15 | 8-3 耐震補強工事 | 32 |
| 4-3-5 螺旋式高架橋の施工 | 15 | 8-3-1 耐震補強の背景 | 32 |
| 4-3-6 基礎杭の腐食対策 | 16 | 8-3-2 補強工法の選定 | 32 |
| 4-4 呉側ループ道路 | 17 | 8-3-3 橋脚補強 | 33 |
| 4-4-1 ループ道路の構造概要 | 17 | 8-3-4 落橋防止構造 | 34 |
| 4-4-2 跨線橋の構造概要 | 17 | 9 第二音戸大橋の建設 | 36 |
| 4-4-3 土工部の施工 | 18 | 9-1 事業の経緯 | 36 |
| 4-4-4 跨道橋下部工の施工 | 19 | 9-2 事業の効果 | 36 |
| 4-4-5 跨道橋上部工の施工 | 19 | 10 これからの音戸大橋 | 37 |
| 4-5 舗装 | 20 | 付録 | |
| 4-5-1 ループ道路部 | 20 | 呉市は橋のワンダーランドじゃー！！ | |

※掲載した写真のうち、キャプションに★印のあるものは、呉市より提供いただきました。

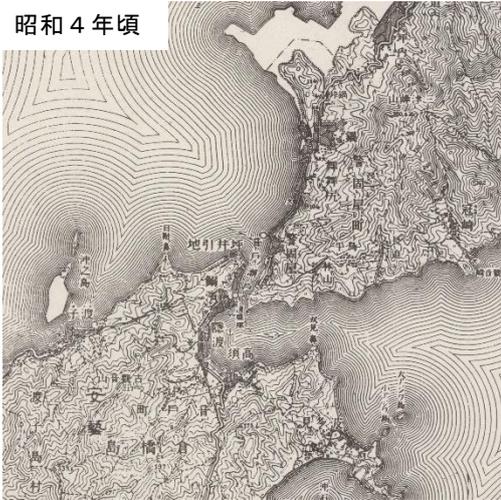
1 呉市の歴史

1-1 呉市の沿革

| 年号 | 西暦 | できごと |
|---------|--------|------------------------------------|
| 明治 19 年 | 1886 年 | 第 2 海軍区鎮守府の位置を安芸郡呉港に設定 |
| 明治 22 年 | 1889 年 | 呉鎮守府開庁 |
| 明治 35 年 | 1902 年 | 宮原村・荘山田村・和庄町・二川町が合併し呉市誕生 |
| 明治 36 年 | 1903 年 | 呉～広島間の鉄道が開通 |
| 明治 39 年 | 1906 年 | 瀬戸島村を改称し音戸町誕生 |
| 大正 14 年 | 1925 年 | 呉都市計画区域の指定（呉市，阿賀町，警固屋町，吉浦町，広村） |
| 昭和 3 年 | 1928 年 | 阿賀・警固屋・吉浦の 3 町を呉市に合併 |
| 昭和 7 年 | 1932 年 | 渡子島村と音戸町が合併 |
| 昭和 13 年 | 1938 年 | 国道 32 号（呉～広島間道路，現在の国道 31 号）が開通 |
| 昭和 15 年 | 1940 年 | 呉海軍工廠において戦艦「大和」進水式 |
| 昭和 16 年 | 1941 年 | 仁方町・広村を呉市に合併 |
| 昭和 20 年 | 1945 年 | 枕崎台風により死者 1,154 人，負傷者 440 人 |
| 昭和 28 年 | 1953 年 | 呉市記念日を 10 月 1 日と制定 |
| 昭和 31 年 | 1956 年 | 安芸郡天応町・昭和村と賀茂郡郷原村を呉市に合併 |
| 昭和 33 年 | 1958 年 | 音戸の瀬戸拡張整備が完成し 1,000 t 級船舶の航行が可能となる |
| 昭和 35 年 | 1960 年 | 音戸町一周道路が開通 |
| 昭和 36 年 | 1961 年 | 音戸大橋が開通 |
| 昭和 37 年 | 1962 年 | 日新製鋼呉工場第 1 高炉に中国地方で初めて火が入る |
| 昭和 42 年 | 1967 年 | 42 年災害により死者 88 人 |
| 昭和 48 年 | 1973 年 | 早瀬大橋が開通 |
| 昭和 49 年 | 1974 年 | 音戸大橋が無料化される |
| 平成元年 | 1989 年 | 広島呉道路の天応～呉間が開通 |
| 平成 6 年 | 1994 年 | 呉市と周辺 12 町が呉地方拠点都市地域に指定 |
| 平成 8 年 | 1996 年 | 広島呉道路（クレアライン）が全線開通 |
| 平成 13 年 | 2001 年 | 芸予地震（震度 5 強）により死者 1 人 |
| 平成 15 年 | 2003 年 | 下蒲刈町を呉市に合併 |
| 平成 16 年 | 2004 年 | 川尻町を呉市に合併 |
| 平成 17 年 | 2005 年 | 音戸町など 6 町を呉市に合併し新生・呉市誕生 |
| 平成 25 年 | 2013 年 | 警固屋音戸バイパス（第二音戸大橋）が開通 |
| 平成 27 年 | 2015 年 | 東広島呉自動車道が全線開通 |
| 平成 28 年 | 2016 年 | 全国で 46 番目の中核市に移行 |
| 平成 30 年 | 2018 年 | 西日本豪雨災害により死者 25 人 |
| 令和 3 年 | 2021 年 | 音戸大橋開通から 60 周年を迎える |

1-2 音戸の瀬戸の変遷

昭和4年頃



音戸町とともに渡子島村の表記も見える

昭和23年頃



坪井沖には沈没したままの戦艦伊勢が残る

昭和36年1月頃



ループ道路が姿を現し工事が急ピッチで進む

昭和37年7月頃



音戸大橋が完成し本土と島が陸続きとなる

平成21年4月頃



音戸の瀬戸を挟み第二音戸大橋の建設が進む

現在



2つの朱赤のアーチが音戸の瀬戸を結ぶ

出典：国土地理院

2 音戸大橋の歴史

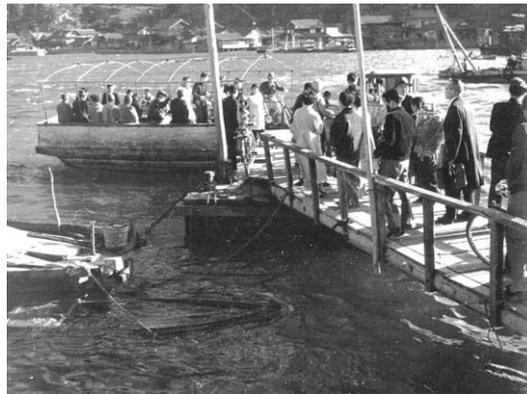
2-1 架橋の背景

呉から距離的に近い倉橋島からは、通勤・通学などで音戸の瀬戸を往来する人が多く、明治42年には小型の発動機船による旅客の輸送が行われるようになる。

最盛期には、1日平均250往復し、6,000人の人と2,000台の軽車両を運搬するまでになるのであるが、船舶の大型化が進む戦後の時代になると海難事故が多発するようになる。

このため、昭和26年度から運輸省港湾局（現・国土交通省）による音戸の瀬戸航路の拡張整備が行われ、1,000t級船舶の安全な航行が可能となったのである。

一方、時を同じく昭和27～28年ころには、音戸町（現・呉市音戸町）が公営渡船の運航を計画していたが、拡張整備に伴う大型船舶の増加により、これを横切るように運航する渡船の安全性が危惧されるとともに、本土に比べあらゆる面において開発の立ち遅れてきた状況を改善するためには、架橋が不可欠であるとの島民の切なる願いが結集し、昭和31年には「音戸架橋促進期成同盟会」が結成され架橋促進運動が本格化すると、昭和34年には日本道路公団の有料道路事業として、建設大臣より事業が認可されたのである。



架橋前の渡船はいつも満員だった ★

2-2 架橋に至る経緯

| 年月日 | 西暦 | できごと |
|-------------|-------|-------------------------|
| 昭和26年11月 | 1951年 | 運輸省直轄により音戸の瀬戸拡張整備工事が始まる |
| 昭和27～28年ころ | 1952年 | 音戸町により公営渡船の運航計画が持ち上がる |
| 昭和31年1月 | 1956年 | 音戸架橋促進期成同盟会が結成される |
| 昭和31年4月16日 | 1956年 | 日本道路公団が発足する |
| 昭和32年 | 1957年 | 日本道路公団において事前調査に着手する |
| 昭和34年3月23日 | 1959年 | 建設大臣より音戸大橋が事業認可される |
| 昭和34年4月 | 1959年 | 音戸橋工事事務所が開設される |
| 昭和35年2月13日 | 1960年 | 呉側取付道路起工式が行われる |
| 昭和35年4月23日 | 1960年 | 音戸大橋起工式が行われる |
| 昭和36年11月20日 | 1961年 | 工事完了検査が行われる |
| 昭和36年12月3日 | 1961年 | 音戸大橋開通式が行われる |

3-5 計画概要

音戸大橋の計画にあたっての主な課題は、次のとおりである。

- ① 航路確保のため桁下高を相当高くとらねばならないこと
- ② 架橋地点の航路幅（90m）を狭めないため海中に橋脚を設置しないこと
- ③ 音戸側は人家が密集しており移転費用が多額となること

①及び②について、先に運輸省が行った音戸の瀬戸拡張整備が完成し、1,000 t 級船舶の安全な航行が確保されたばかりであったため、道路公団側は、航路幅を狭める海中橋脚の設置を回避した上で、桁下高 23.5m を確保する案を提示したが、運輸省側からは、将来の 3,000 t 級船舶の航行を見据え、桁下高を 35m 確保するよう求められた。

桁下高 35m を確保するとなると、取付道路の高さがさらに高くなり、③にも大きく影響するため、全体の事業費が増大し、架橋そのものの実現をも左右しかねないことから、慎重に検討を重ねた結果、音戸の瀬戸の不規則で激しい潮流や、直角に屈曲した音戸の瀬戸南側の地形的要因により、さらなる大型船舶の航行は技術的に極めて危険となるなどの理由により、現状の 1,000 t 級船舶の航行を可能とする、桁下高 23.5m を確保することで承認された。

これにより、③について、従来の技術であれば 600m 程度の直線スロープ式取付道路が想定される場所であったが、この方法では、元々の音戸町中心部から入口が離れてしまうため、利便性が大きく損なわれるばかりか、多くの人家が移転対象となることで、事業費が増大し、有料道路事業としての採算性が望めなくなることが懸念された。

そこで、この課題を解決するため発案された秘策が、当時世界でも類を見なかった、我が国では初となる「2層半螺旋式高架橋」であり、呉側の「のの字型ループ道路」とともに、音戸大橋の特徴的な取付道路の採用によって、難題は見事に解決された。



螺旋式高架橋により桁下高を確保した音戸大橋

3-6 主橋梁形式の比較検討

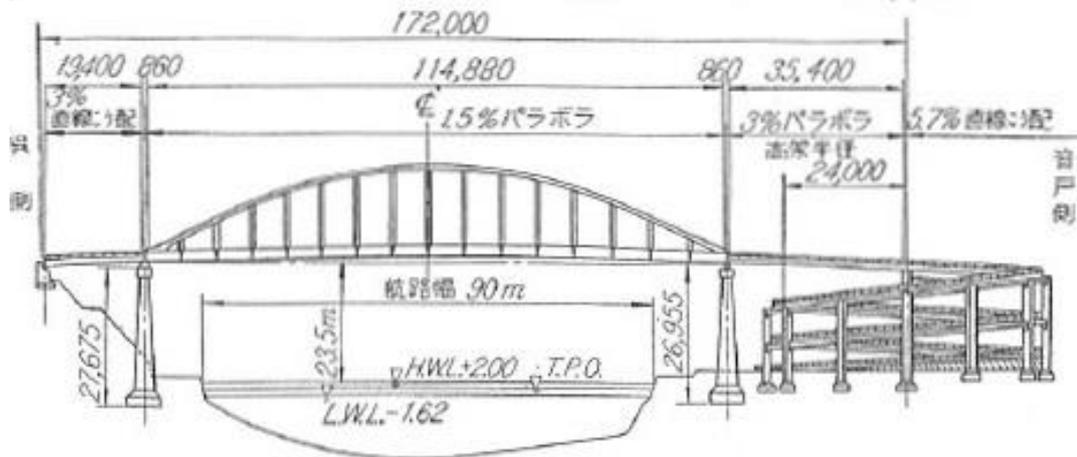
音戸の瀬戸を1,000t級船舶が航行できる、桁下高23.5mとすることとなった主橋梁の形式については、鋼橋では、アーチ橋、ローゼ橋、ランガー橋といったアーチ系の橋のほか、トラス橋、吊橋、さらにはPC（プレストレストコンクリート）工法によるラーメン橋について比較検討が行われた結果、鋼橋のランガー橋（第1案）と、コンクリート橋のPCラーメン橋（第2案）について、さらに詳細な検討が行われることとなった。

このころ、宮城県では旧北上川に架かる鋼ランガー橋の天王橋（昭和34年完成、支間長112m）、神奈川県では相模湖（相模ダム）に架かるPCラーメン橋の嵐山橋（昭和34年完成、支間長75m）が相次いで完成しており、技術的にはいずれの形式でも音戸大橋での適用は可能であると見込まれ、主橋梁の工費もほぼ同じであった。

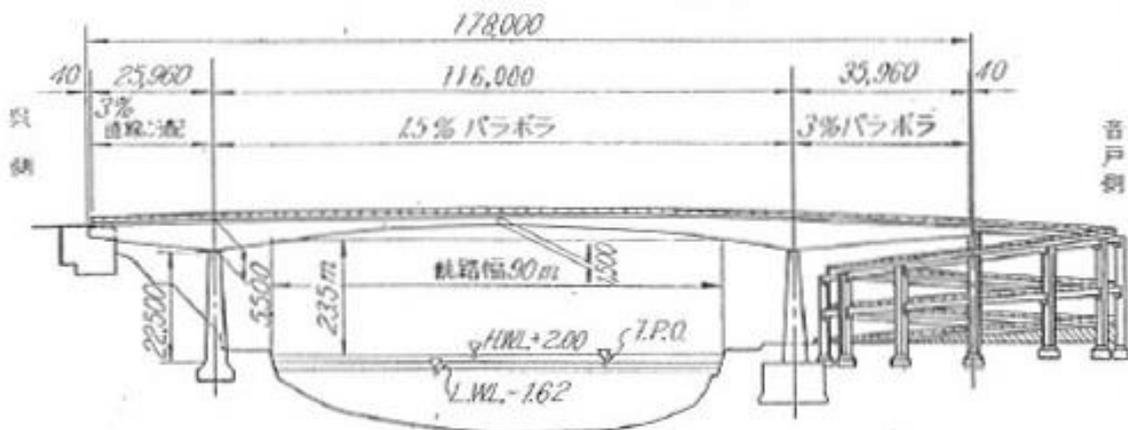
このため、取付高架橋などを含む全体の工費や施工性に加え、将来の維持補修費、さらには完成後に観光名所となることを見据えた景観性をも考慮した上で、当時としては独特であった、設計付き見積方式による工事入札によって、鋼ランガー橋に決定した。

なお、音戸大橋の鋼ランガー橋は、当時の道路橋としては日本一の規模であった。

第1案 鋼ランガー橋（採用）



第2案 PCラーメン橋



3-7 螺旋式高架橋の比較検討

音戸大橋を構成するもうひとつの橋である、螺旋式高架橋については、当時としては本邦初の試みであり、構造及び走行性能にも影響する線形について詳細な検討が行われた。

3-7-1 構造形式の比較

構造形式については、大別して以下の3案で比較を行った結果、門型2層ラーメン橋脚を採用した。

また、桁形式についてR C T桁，P C桁，R C単純床版について検討した結果，曲線橋での適用が容易なR C単純床版を採用した。

| 門型2層ラーメン橋脚 | 内側柱+突出桁 | 2層式1本柱 |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | | |
| 最もシンプルな構造であり解析が確実に行える | 開放感がありスマートだが解析が容易でない | 最もモダンな構造であるが解析が複雑である |
| 採用 | | |

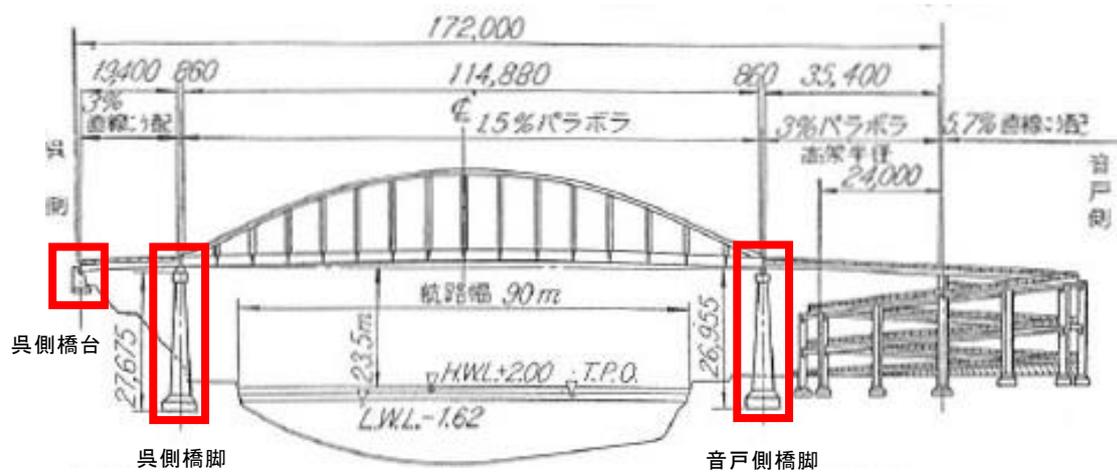
3-7-2 線形の比較

線形については、以下の2案について、実物大の平面模型を作製し、乗用車，トラック，バスなどによる走行試験を行い，走行速度，ハンドルやアクセルの操作回数の測定，運転手への聞き取りなど行った結果，当初の計画を見直した上で，真円形を採用した。

| 長円形 | 真円形 |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| | |
| ハンドルやアクセル操作は真円形より多いが直線部では離合がスムーズである | ハンドルやアクセル操作は長円形より少ないが全て曲線のため離合しづらい |
| | 採用 (ただし模型より幅員を拡げた) |

4 音戸大橋の建設

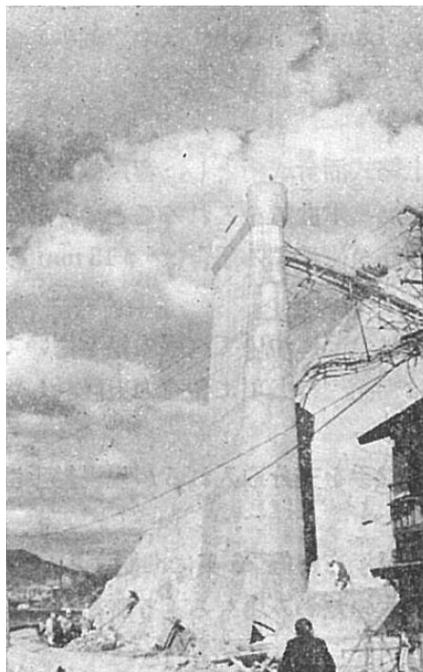
4-1 下部工



下部構造は、呉側橋台1基、呉側橋脚1基、音戸側橋脚1基であり、音戸側合成桁の螺旋式高架橋側の橋脚は、高架橋の1号橋脚と共用した。

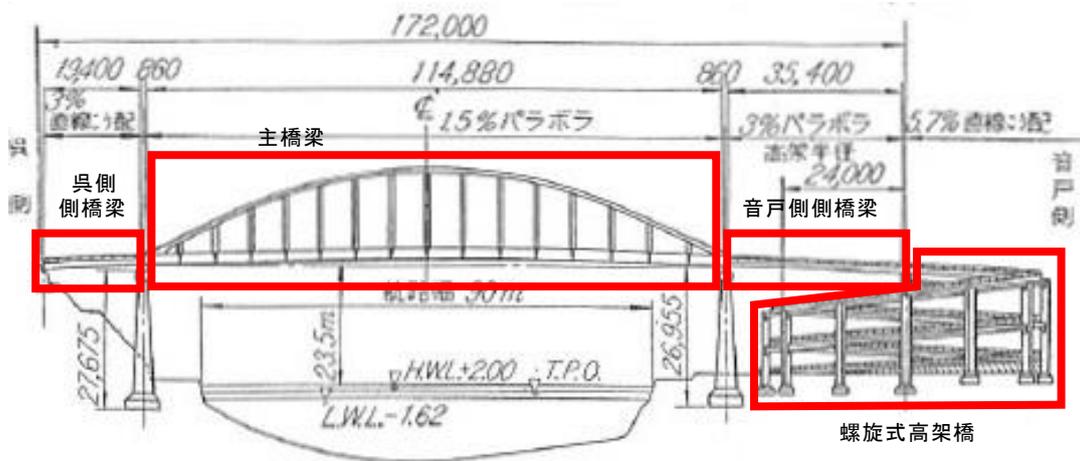
基礎形式は、呉側橋台及び呉側橋脚を重力式基礎（ベタ基礎）、音戸側橋脚は井筒式基礎（オープンケーソン工法）を想定していたが、ボーリング調査の結果、海岸擁壁の施工時に投入された捨石の下部に、予想以上に良好な地盤が分布していることが判明したため、捨石を除去し重力式基礎に変更した。

呉側橋台の地盤は、良好な風化花崗岩（真砂土）であったが、基礎底面の下部10m程度の位置に、防空壕による空洞が存在したため、予めモルタルポンプにより空洞を充填し、不慮の崩落による変位に対処して橋台を施工した。



呉側橋脚の完成状況

4-2 上部工



4-2-1 主橋梁の構造概要

補剛桁は中路式とし、上フランジは路面上 90cm として、高欄を兼ねる構造としたため、補剛桁の上フランジ幅は全て一定としたが、弦材（アーチ）の結合する両端部は、弦材を取付可能な幅とするため上フランジの板縁から、ウェブ（腹板）に傾斜した板を取付け、弦材からの応力を十分に伝達させる形状とした。

弦材は、高さ 45cm、幅 46cm の密閉箱型溶接組立断面とし、内部は添接部近くに隔板を設けて気密構造とした。

弦材と補剛桁をつなぐ吊材は、充腹構造の H 型断面を採用し、上側の幅は弦材の幅に合わせ、下側の幅は補剛桁の上フランジの幅に絞った形状とすることで、硬いイメージの鋼橋の中に、図らずも柔らかさとオシャレな印象を与えるデザインともなっている。

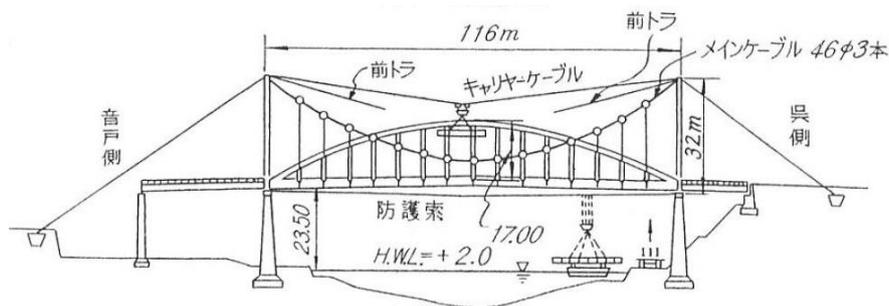


幅の異なる弦材と補剛桁の間も違和感なく取付いている

4-2-2 主橋梁の架設

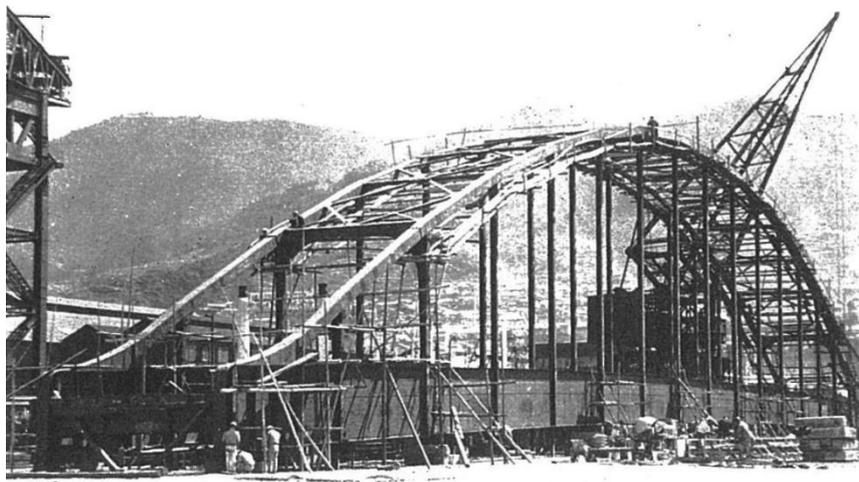
主橋梁の架設は、桁下が 23.5m 以上と高所である上に航路でもあるため、足場の設置が困難となることから、両岸に建てた塔からケーブルを張り渡し、橋体を支持する「ケーブルエレクション工法」により行われた。

下図のとおり、両岸の橋脚上に高さ 32m の架設用鉄塔を建て、左右の外側に径 60mm の部材運搬用 10 t キャリヤーケーブルを各 1 本、その内側に橋桁を吊るための径 46mm × 3 本で構成するメインケーブルを各 1 本、中央には小部材運搬用 5 t キャリヤーケーブル 1 本が張り渡された。



ケーブルエレクションの概要図

架設現場におけるケーブルエレクションの準備と並行し、ランガー桁の製作工場では、構造物が所定の精度で組み立てられるかどうかを事前に確認する、全体仮組立の検査が行われ、寸法などの精度や部材相互の取り合いなどに問題のないことを確認した。

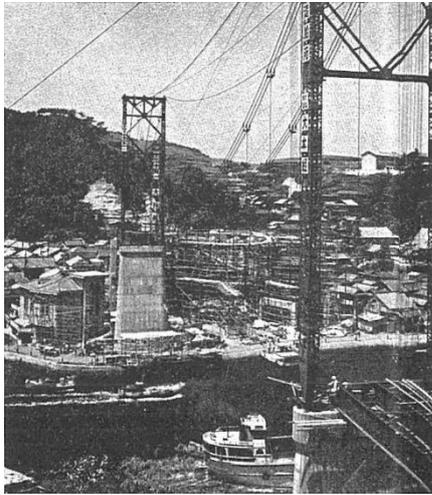


製作工場で行われた全体仮組立

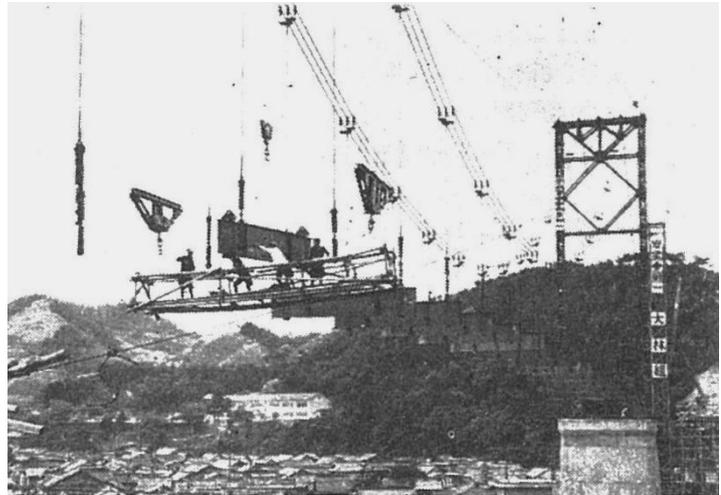
全体仮組立検査に合格したランガー桁は、いったん全て分解され、トレーラーにて陸上輸送し架設現場に搬入されると、次の順序により架設を行った。

| 架設順序 | 架設内容 |
|------|----------------------------|
| ① | すべての横桁をメインケーブルに懸垂 |
| ② | 補剛桁を両岸から中央に向かって横桁に仮締め |
| ③ | 縦桁→下横構→吊材→弦材（アーチ）→上横構の順で架設 |

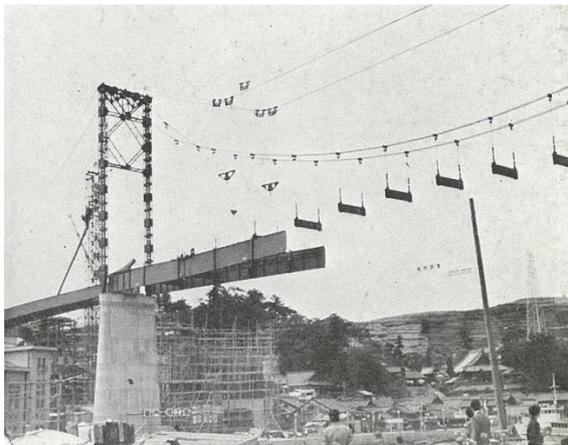
各部材は、取付けごとに予め計算してあるメインケーブルの伸び、サグ（垂れ下り量）、鉄塔の傾斜などを計測し、その都度調整を行いながら架設を進めた。



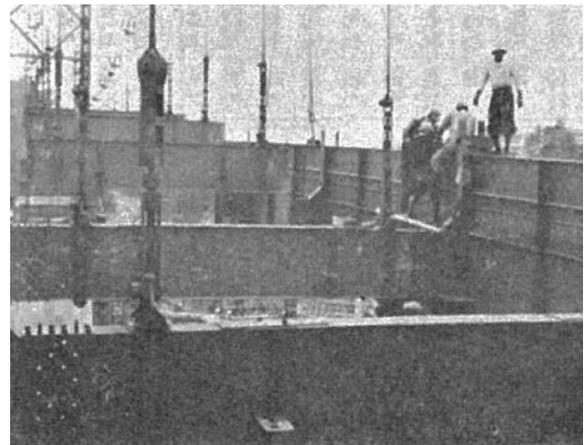
架設前の状況



横桁の架設



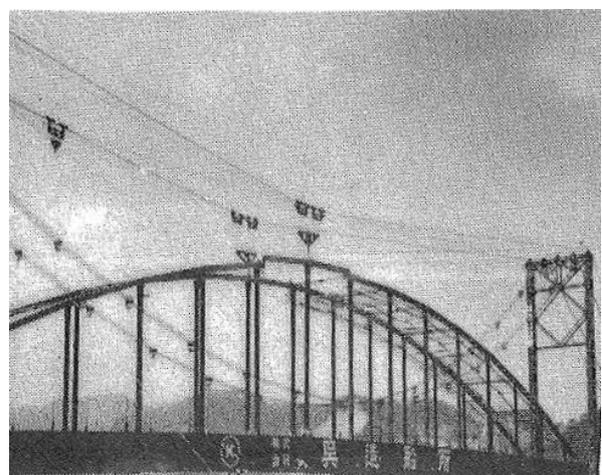
補剛桁の架設



補剛桁の仮締め



弦材（アーチ）の架設



弦材（アーチ）の閉合

4-2-3 側橋梁の構造概要

呉側、音戸側の両側橋梁には、鋼桁と鉄筋コンクリート床版を一体化した、合成桁を採用しており、その主要寸法は以下のとおりである。

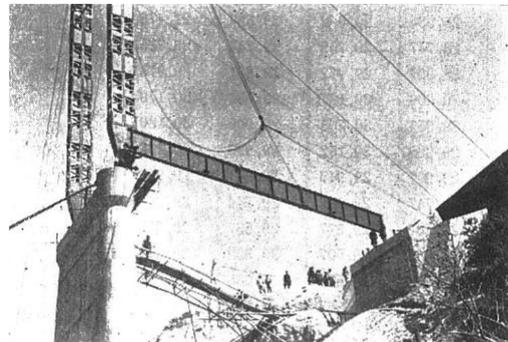
| | 呉側 | 音戸側 |
|---------------------|----------------------|------------------------------|
| 設計荷重 | 一等橋 TL-20 | 一等橋 TL-20 |
| 橋長 | 20.00m | 36.00m |
| 支間長 | 19.40m | 35.40m |
| 車道幅員 | 6.00m | 6.00m |
| 鋼重 | 14.73 t (SS41 材) | 37.57 t (うち SM50A 材 25.02 t) |
| m ² 当り鋼重 | 122kg/m ² | 174kg/m ² |
| 腹板高 | 1.30m | 1.80m |
| 縦断勾配 | 3%直線 | 3%放物線 |

4-2-4 側橋梁の架設

側橋梁の合成桁は、それぞれ添接を行った状態で海上輸送され、呉側については、桁を鉄塔によって吊上げ、背面のアンカー付近に設置したウインチによって、所定の位置に引き込んで架設した。また、音戸側については、鉄塔と高架橋の1号橋脚の上に建てた丸太柱による相吊りによって、所定の位置まで吊上げて架設した。



音戸側側橋梁の架設 ★



呉側側橋梁の架設

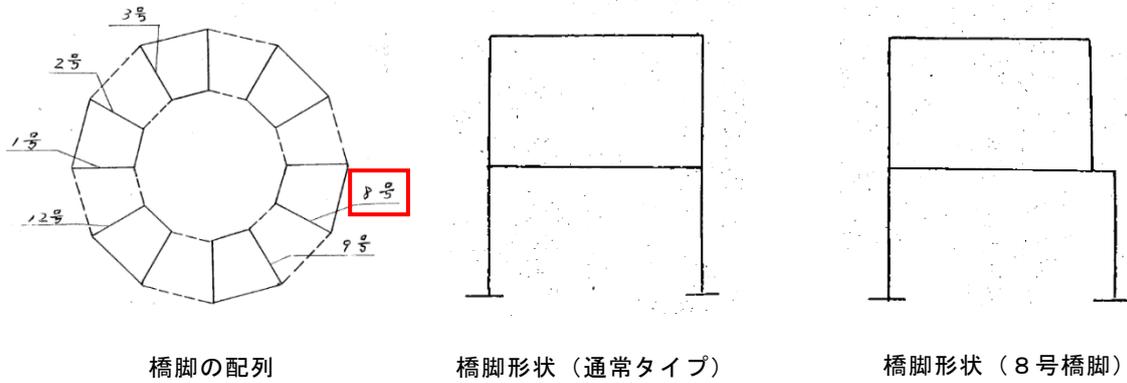


桁架設が完了した音戸大橋の主橋梁

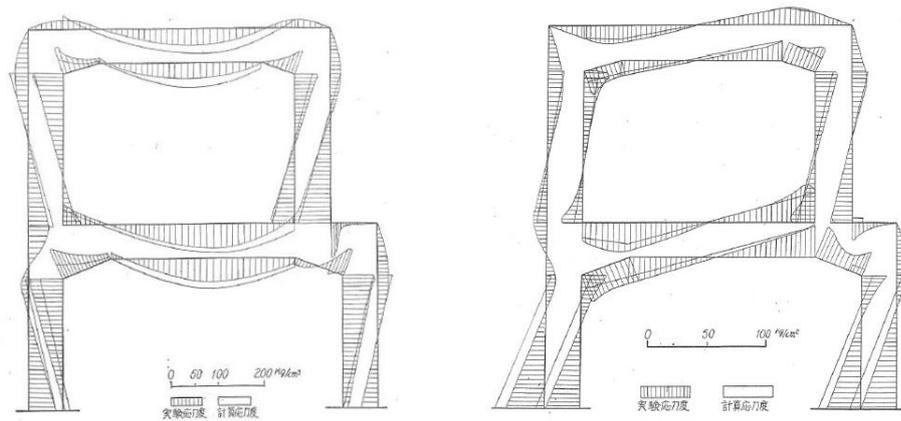
4-3 2層半螺旋式高架橋

4-3-1 構造概要

螺旋式高架橋の橋脚は12基で構成され、このうち11基については一般的な門型2層ラーメン構造であるが、高架橋出口の交差点形状が特殊な線形となるため、8号橋脚については、脚柱を2m外側に拵げた変形の門型2層ラーメン構造となった。



このことから、8号橋脚については詳細な応力計算に加え、光弾性実験により応力計算の照査を行い、問題のないことを確認した。



周辺応力度比較図（左：常時，右：地震時）



8号橋脚（赤枠内）

4-3-2 橋梁諸元

| | |
|------|----------------------------------|
| 橋脚 | 門型2層ラーメン 12基（うち1基は変形門型2層ラーメン） |
| 主桁形式 | 中空式単純RC床版 24連（1径間あたりの支間長 12.55m） |
| 中心半径 | 24m |
| 縦断勾配 | 5.7% |
| 横断勾配 | 8%片勾配 |
| 総延長 | 432m（高架橋部 301.6m 道路部 130.4m） |
| 有効幅員 | 9.5m |
| 設計速度 | 30km/h |

4-3-3 出口部の交差点計画

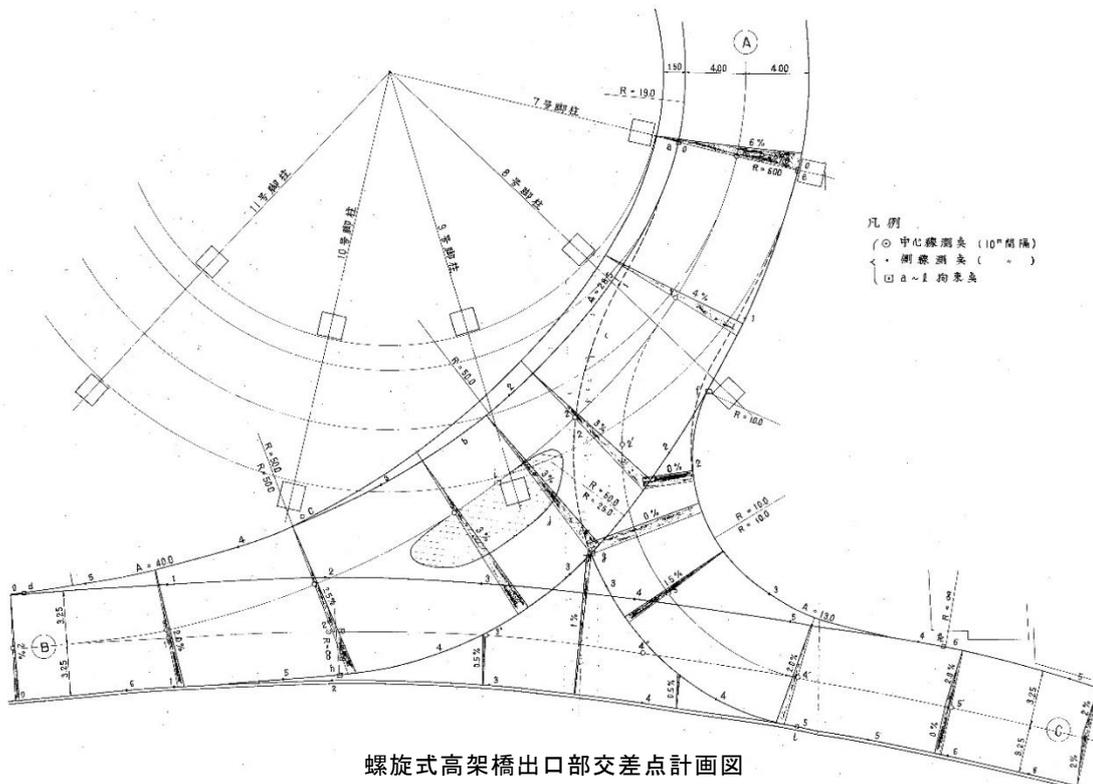
螺旋式高架橋出口部は、ごく限られた空間内での接続となるため、交通量の多い方向の動線をスムーズにした変則T字型交差点の形状とした。

特に、片勾配については、主方向となる④⇔⑥（音戸大橋⇔音戸中心部）を基準として、8%から2%に滑らかに変化させた。

次に④⇔③（音戸大橋⇔江田島方面）の片勾配は、④⇔⑥の接合部0%から最大2%とし、終点部では2%の放物線へと滑らかに変化させた。

最後に⑥⇔③は、排水勾配の確保を考慮しながら横断勾配を擦り付けた。

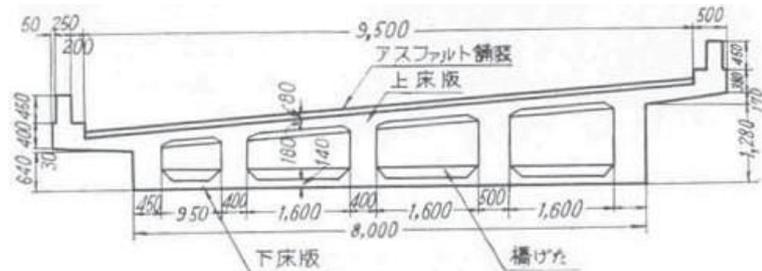
平面線形としては、直線部と円弧部の中間をつなぐ緩和曲線に、当時まだあまり馴染みのなかった「クロソイド曲線」を採用したことにより、中心半径の小さい螺旋式高架橋にあって、自然なハンドル操作により運転手に負担の少ない走行環境を実現した。



螺旋式高架橋出口部交差点計画図

4-3-4 主桁形式

門型2層ラーメン橋脚をつなぐ主桁形式については、数種類の比較により、横方向の荷重配分も理論的で、外観も良好であり、同時期に名神高速道路でも計画されていた、中空式単純RC床版を採用した。



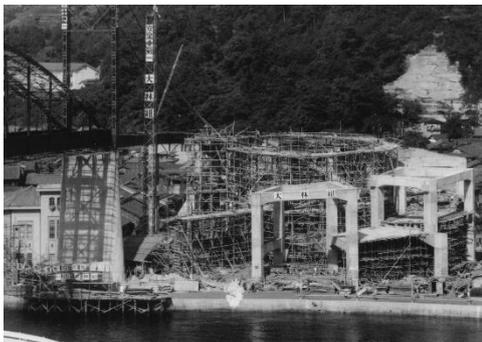
中空式単純RC床版断面図

4-3-5 螺旋式高架橋の施工

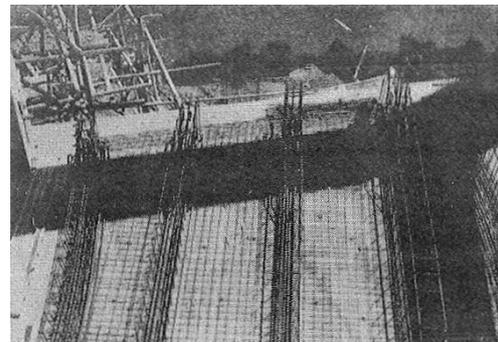
床版のある断面を図で表現すると、上図のように5本のT桁と桁底面をつなぐ下床版の形状となるが、実際の施工では、両外桁は曲線桁、中桁は直線桁としたため各点において桁高が変化する上、8%の横断勾配と5.7%の縦断勾配によって合成勾配は10%を超える。

さらに、床版を支える橋脚の支持梁が水平であるため、床版すべてで「ひねり」が生じることとなり、コンクリートの表面を正確に仕上げるため、非常に難易度の高い施工を余儀なくされた。

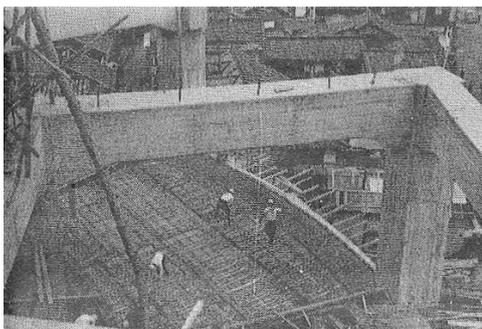
この課題に対しては、各床版当たり25箇所でき高さ管理を行い、流動し硬化するコンクリートの仕上げに苦戦しながらも、立体的に滑らかな螺旋を描く床版を完成させた。



施工中の螺旋式高架橋 ★



下床版と桁の配筋（両外桁は曲線桁）



上床版の配筋



滑らかな螺旋を描く床版 ★

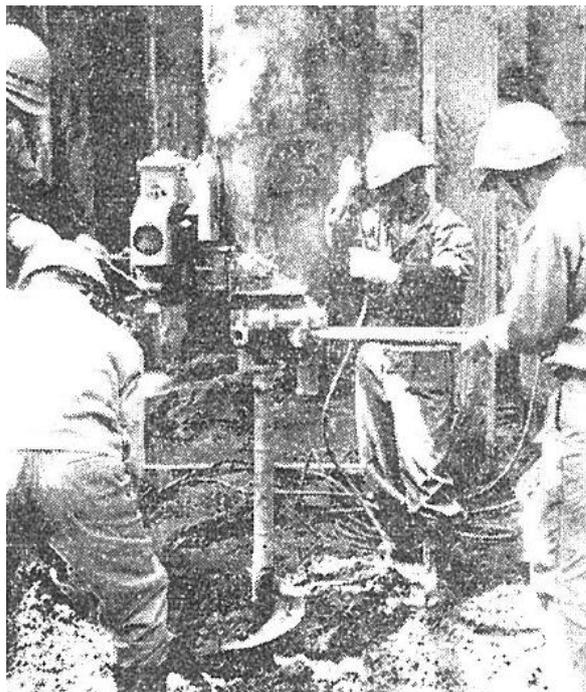
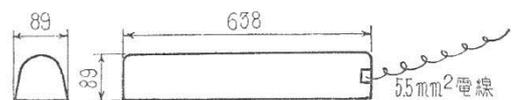
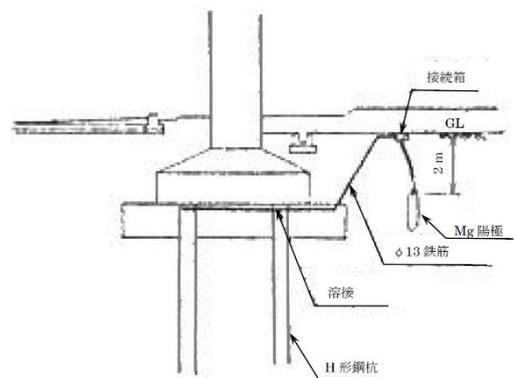
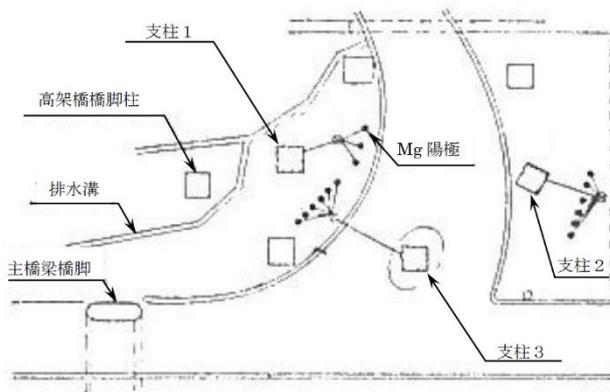
4-3-6 基礎杭の腐食対策

螺旋式高架橋の設置される海岸線は埋立地であり、良好な支持地盤は深さ5～9mの位置となるため、費用比較により一部の橋脚では、H形鋼の基礎杭30本で支持している。

この杭が、海水の影響によって腐食するのを防ぐため、電気防食を施工している。

防食の対象は、比較的規模が小さく、防食電流も小さいため、マグネシウム(Mg)陽極を使用した流電陽極方式を採用し、バックフィル(石膏、ベントナイト、芒硝を3:6:1に混合したもの)の中に入れ、布袋に詰めて地中に埋設している。

| | 支柱1 | 支柱2 | 支柱3 |
|------------------|----------|----------|----------|
| 防食対象 (H300×H300) | φ=3m×10本 | φ=5m×10本 | φ=5m×10本 |
| 防食面積 (㎡) | 36 | 72 | 72 |
| 防食電流 (mA) | 360 | 720 | 720 |
| 陽極本数 | 3 | 6 | 6 |
| 不通電電位 (-mV) | 630 | 630 | 630 |
| 通電電位 (-mV) | 830 | 830 | 830 |



左上：配置平面図

右上：配置断面図

右中：Mg陽極詳細図

右下：Mg陽極（バックフィル内）

左下：アースドリルによる埋設状況

4-4 呉側ループ道路

4-4-1 ループ道路の構造概要

呉側から主橋梁までのアプローチは、狭いスリバチ状の谷地形を利用して、橋面まで約20mの高低差を上る580mの区間である。

縦断勾配は、大部分が5.4%～6%であり、曲線半径15m～50mのS字カーブと、途中1箇所の立体交差（跨道橋）を組み合わせた「の字型ループ道路」となっている。

連続するカーブの緩和曲線には、螺旋式高架橋と同様にクロソイド曲線を採用しており、窮屈な中にも快適な走行性を実現した。

沿道には、ツツジや桜が植えられ、観光名所・音戸大橋の特徴的な景観を形成している。

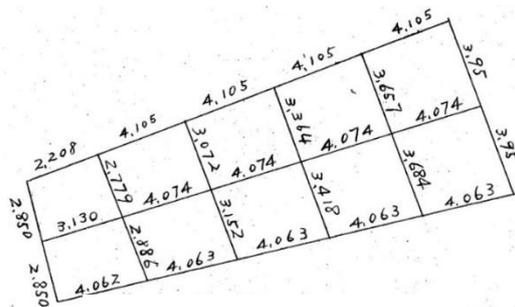
| | |
|--------|--|
| 延長 | 580m（うち跨道橋 20m） |
| 幅員 | 車道幅員 5.5m 全幅員 6.5m（最大拡幅量 3.3m） |
| 勾配 | 最急縦断勾配 6% 最大片勾配 8% |
| 最小曲線半径 | 15m（緩和曲線にはクロソイド曲線を採用） |
| 土工量 | 切土 29,000m ³ 盛土 7,000m ³ 捨土 20,000m ³ |

4-4-2 跨道橋の構造概要

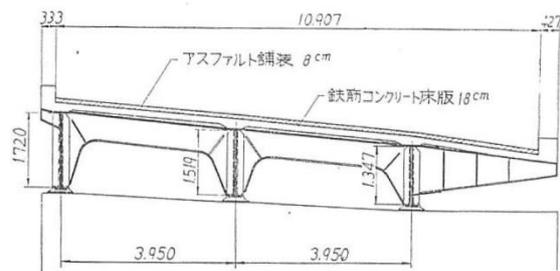
本跨道橋は、半径20mの曲線内に位置し、かつ、クロソイド曲線を含む平面線形であるため、拡幅量を考慮した幅員は8.0mから10.9mに変化し、これに加え、縦断勾配が5.4%、横断勾配は5.5%から8.0%に変化する、極めて特異な条件を有している。

上記の条件を踏まえ、座標計算により主桁と横桁の各格点の長さを設定した。

橋体は、比較検討の結果、活荷重合成桁を採用したが、全体を通じて曲面となるため、ねじれに対する安全性を高めるため、横桁を強固にする代わりに、下横構、対傾構を取りやめ、計算を簡略化するとともに、床版厚の減少に努め鋼重の軽減を図った。



主桁及び横桁骨組図



起点側断面図

| | |
|---------------------|----------------------|
| 橋長 | 20.0m |
| 車道幅員 | 8.0m～10.9m（拡幅量により変化） |
| 橋台 | 扶壁式鉄筋コンクリート橋台 |
| 主桁形式 | 単純活荷重合成桁 |
| 鋼重 | 24.133 t |
| m ² 当り鋼重 | 133kg/m ² |

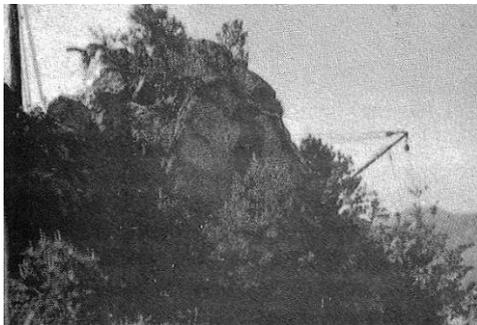
4-4-3 土工部の施工

呉側の起点部から跨道橋までの間は、高さ 30m、法長 40mにも及ぶ切土法面の処理が難関となった。

この箇所の頂上付近には、巨大な転石が露出しており、施工を誤れば転石が崩落し、直下の県道の通行や、付近の家屋に被害を及ぼす恐れがあったことから、斜面の中腹に堅固な落石防護柵を設置し、県道の通行を一時制限しながらの施工となった。

巨大な転石は、背後から根掘りを行い、裏側に引き込み小さく破碎し、ウインチで吊り下ろしたほか、φ500mmの鋼管を通して斜面下に投下して搬出した。

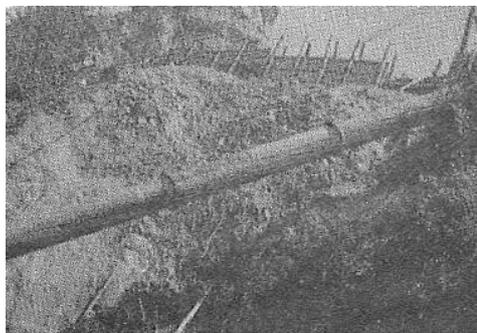
路面の形成にあたっては、片勾配のすりつけが非常に複雑となったため、中心線に加え、内側線、外側線にもクロソイド曲線を設定したほか、両側で縦断勾配が急変する箇所に対しては、縦断曲線を挿入して滑らかな路面となるよう工夫した。



斜面頂上付近に露出した転石



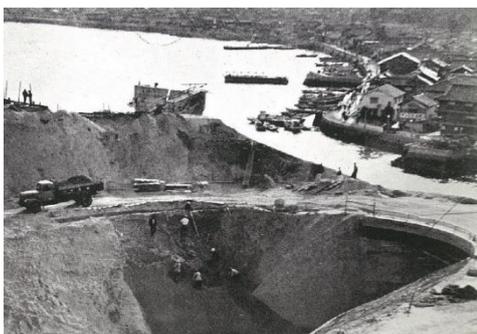
転石背後の根掘り・引き込み状況



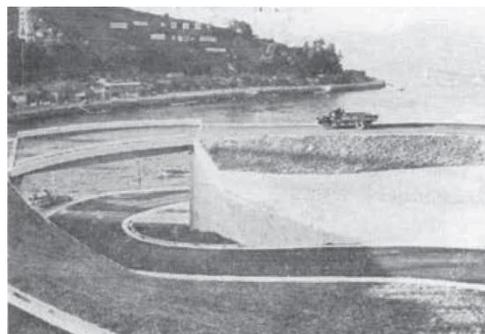
破碎した転石を鋼管により投下搬出



埋戻前の起点付近の扶壁式擁壁



ループ道路の土工工事

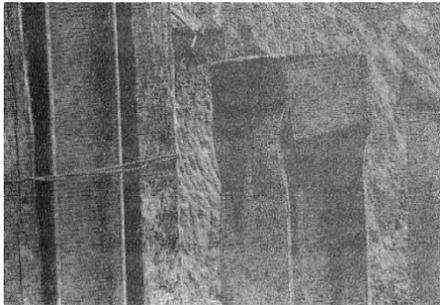


クロソイド曲線による滑らかな線形

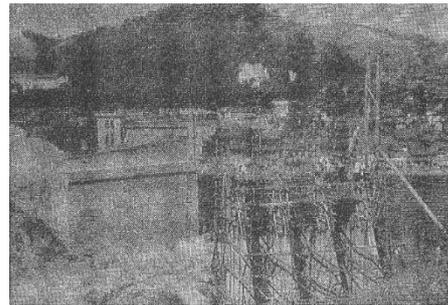
4-4-4 跨道橋下部工の施工

当初設計では、正確なボーリング調査の実施が難しかったため、直接基礎の扶壁式RC橋台として概略設計していたが、土工の進展により正確な橋台位置が測定された段階で、詳細な調査を行った結果、支持層が深い位置に確認されたことから、当時としては新しい試みであったH形鋼（300mm×300mm）の杭による支持方式に変更した。

杭の打込み設備としては、二本構（H=14m）、20HPウインチ、重錘0.8tを使用した。途中でやや硬い層が介在したため、杭頭部の損傷が激しく、その補強や杭の鉛直度の保持には注意と労力を要した。



打撃により変形した杭頭部

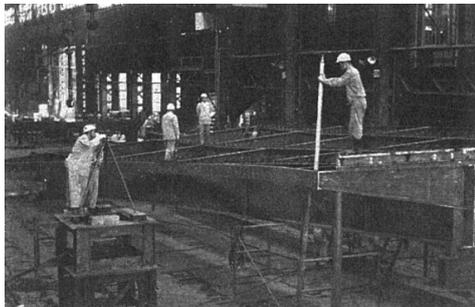


奥側：1号橋台（海側）
手前：2号橋台（山側）

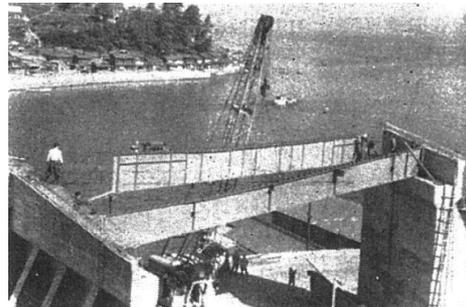
4-4-5 跨道橋上部工の施工

3本の主桁間隔は、2.85mから3.95mに変化し、床版の横断勾配は3～5%であるため、桁の製作は大変困難なものとなった。

部材の原寸や組立の際には、「直角の箇所があったら疑ってかかれ」と指示があったとの逸話が残るほど、変化に富んだ複雑な形状であったことを裏付けるものでもある。



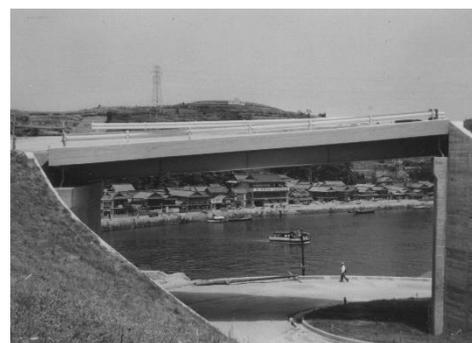
仮組立検査の状況



主桁の架設状況



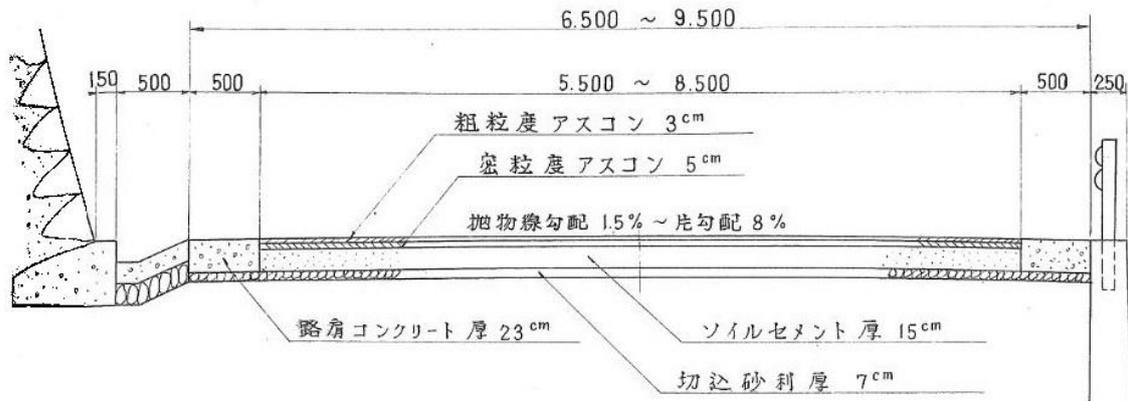
架設が進む主桁（外側突出桁取付前）



ひねりも見事な跨道橋 ★

4-5 舗装

4-5-1 ループ道路部



ループ道路舗装構成図

土工部となる、ループ道路の舗装厚について、計画当初は 30cm を予定していたが、工事の進んでいた昭和 35 年に「アスファルト舗装要綱」が出版されたことから、この要綱に基づき、設計 C B R 法により舗装厚を見直すこととなった。

この時点では、舗装の下地となる路床が完成前であったため、施工と並行して試験用に造成した盛土を用いて現場 C B R 試験を行い、舗装厚を決定した。

その後、路床は当初の予定通り施工を完了していたため、路床上に 7 cm のセレクト材で下層路盤を構築したのち、上層路盤は、現地で発生した真砂土にセメント 5 % を混合した 15cm のソイルセメント層を舗設して、コスト縮減を図った。

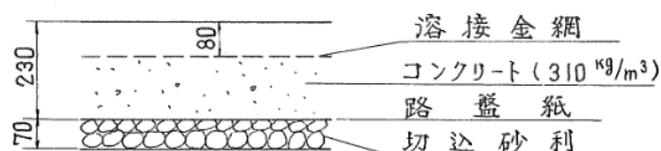
基層には、密粒度アスコン 5 cm、表層は、複雑な平面・縦横断線形であることを念頭に、すべり止め舗装として粗粒度アスコン 3 cm を舗設した。

4-5-2 料金所付近

従来の有料道路において、料金所付近の舗装がアスファルトである場合、停車する自動車から漏れ出した油分による路面のカットバックや、制動による路面のわだち掘れが生じ、その維持補修に苦慮することがあった。

このため、舗装構成の連続性の観点から、アスファルトの路面にエポキシ樹脂をコーティングすることで、カットバックを防止する案もあったが、効果の信頼性に乏しく、制動によるわだち掘れの防止にはならないとの結論に至り、アスファルト舗装に替え、コンクリート舗装を採用することとした。

コンクリート版厚は、車道部との接続性を考慮し 23cm とし、溶接金網は $\phi 6$ mm 網目 15cm を使用した。



料金所付近舗装構成図

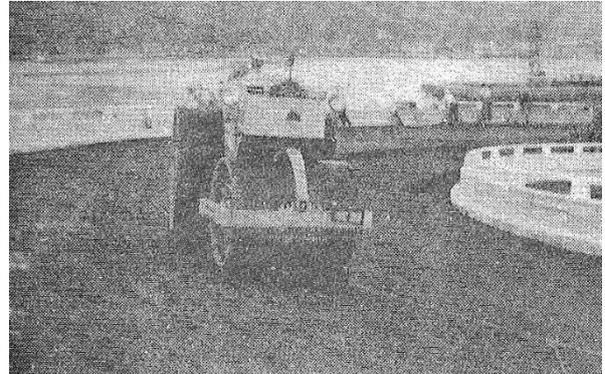
4-5-3 橋梁部

主橋梁では、コンクリート床版上に、5 cmの密粒度アスコンで表層とした。

螺旋式高架橋及びびループ道路の跨道橋では、5 cmの表層上に、すべり止め舗装として粗粒度アスコン3 cmを舗装した。



主橋梁舗装状況



螺旋式高架橋舗装状況

4-5-4 踏掛版

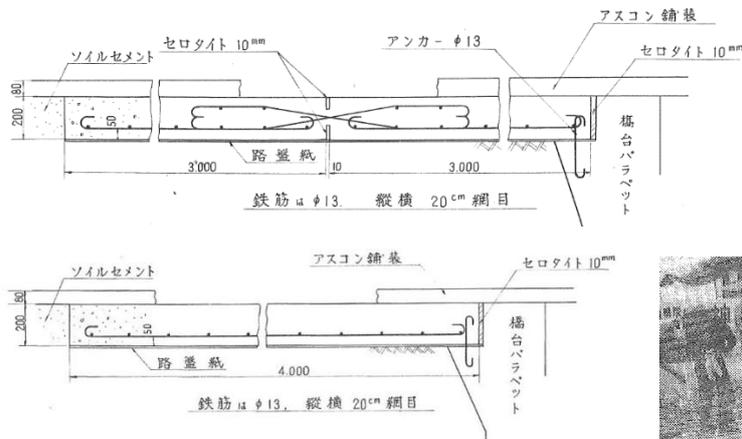
新設の道路や橋梁などにおいて、舗装が完了し、供用開始後間もない橋台背面やカルバート背面に段差を生じ、走行車両に不快感を与えるという事象が起こることがある。

これは単に背面土の転圧不足が原因である一方、十分に転圧を行っている場合であっても構造物との強度の違いにより、回避するのが難しい問題でもある。

この段差を緩和する方策として、名神高速道路でも「踏掛版」を計画していたことから、音戸大橋でも試験的に施工することとした。

施工対象は計8箇所あり、埋戻の範囲によりL=6 mもの（ヒンジ構造）と、L=4 mもの（一枚版）を使い分けて施工した。

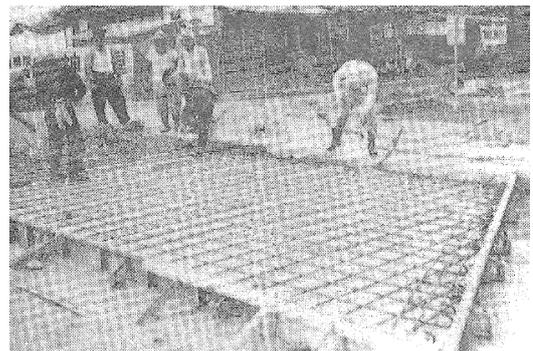
本工事においては、埋戻の転圧も入念に施工したことから、従来に比べ段差の緩和に相当程度の効果があったようである。



上：踏掛版（6 m：ヒンジ構造）

中：踏掛版（4 m：一枚版）

右：踏掛版配筋状況



4-6 照明設備

4-6-1 道路照明

本工事区間は、曲線半径が小さい区間が連続し、走行車両に対して緊迫感の高い構造であるため、特に主橋梁及び螺旋式高架橋では、設計速度（ $V=30\text{km/h}$ ）で走行する車両が、前照灯を消した状態でも十分走行可能な明るさの確保を目標とした。

また、開通後に観光名所となることも視野に、スマートな構造や色彩とすることにも配慮して検討を行った。

4-6-2 航路標識灯

音戸の瀬戸の航路幅は、水深5mの本航路60mと、その両側に水深3mの補助航路が15mずつの計90mで構成され、主航路は1,000t級の船舶が航行する重要な航路である。

このため、本航路の幅と桁高を標示するため、本航路の中心線上及び、本航路の両端線上にあたる補剛桁の下フランジに、計6基の航路標識灯を設置した。

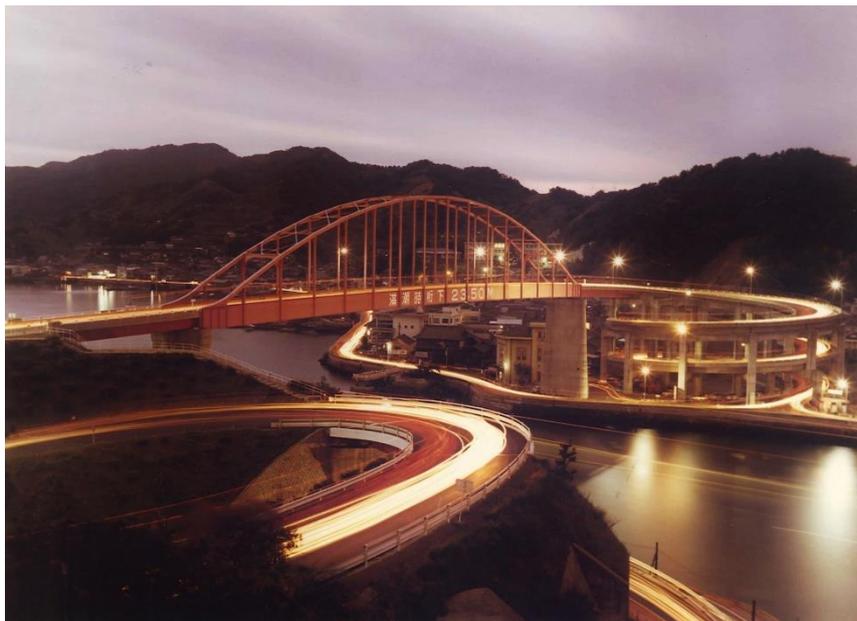
4-6-3 電気配線・配管

電力は、音戸側より200Vの低圧電力を受けることとし、高架橋1号橋脚下に設置した受電設備に供給され、ここから各灯具に2回路に分けて配線した。

これは、深夜の交通量が日中に比べ減少することが考えられるため、約2/3の照明灯を深夜に消灯できるように配線したためである。

配線は、すべて埋設方式で行い、路面や法面では、地中に埋設したトラフやヒューム管内を、主橋梁では、地覆に配置した配管内を、高架橋では、柱や梁に埋め込んだ鋼管内を通すことで、細部にわたって美観を損なわないように配慮した。

また、ケーブルは、沿岸部の厳しい環境を考慮して、耐久性の高い材質を使用した。



道路照明に照らされた音戸大橋

5 ランガー桁の載荷試験

5-1 試験の目的

音戸大橋は、中央径間 116mのランガー桁と、その両側を活荷重合成桁（20m，36m）で構成する橋長 172m，有効幅員 6 mの一等橋である。

ランガー桁は、一般的に振動量が大きいことが欠点とされているが、その性状に影響する要因については未だ十分に明らかとは言えず、我が国有数の規模を誇る本橋の完成を機に、ランガー桁の応力状態や振動性状を実測することで、今後の維持管理に役立てるとともに、将来の同種橋梁計画の参考となりうる基礎資料を得る目的で、載荷試験を実施した。

5-2 試験概要

5-2-1 試験項目

| 試験項目 | 試験内容 | 試験方法 |
|--------|--|---|
| 静的荷重試験 | <ul style="list-style-type: none">主構部のたわみや応力状態の測定及び解析床組の応力，荷重配分の程度，合成作用等の検討 | コンクリートブロックを満載した荷重トラック 6 台（約 12 t / 台）を使用し，12 通りの載荷状態で，たわみ量・ひずみ量を計測する。 |
| 動的荷重試験 | <ul style="list-style-type: none">荷重トラックによる定位置における衝撃試験走行による橋体の振動，衝撃係数等の検討 | 荷重トラック 1 台（13 t / 台）を使用し，後輪を高さ 18cm の木台から静かに落下させる。 荷重トラックを 3 通りの速度（10，25，40（km / h））で橋の中央を走行させる。 |

5-2-2 静的荷重試験の結果

| 考察項目 | 考察内容 |
|--------------|---|
| たわみ | 主構補剛桁格点のたわみは，計算値の 70～80%であり妥当と考えられ，期待通りの剛性を持つものと認められる。片側車線のみ載荷の場合，橋体の立体的な剛性による荷重分配作用が認められる。 |
| アーチリブの軸応力 | アーチリブ上下縁の測定応力より求めた重心軸位置の応力は計算応力と一致する。片側車線のみ載荷の場合，たわみと同様の荷重分配作用のあることが応力比にも表れている。 |
| アーチリブの 2 次応力 | ローゼ桁の近似解法により，アーチリブ上下縁の応力を計算し，測定応力と比較した結果，良好に評価できることを確認した。 |
| 補剛桁の応力 | 測定応力に対して，床版を含めた合成断面としての補剛桁の計算応力が全般的に良好であり，床組との協力作用が大きいことを確認した。 |
| 床組の応力 | 縦桁の応力は 1 格間ごとの単純桁と考えるのが実状に近く，横桁は合成桁として機能していることも認められた。 |

5-2-3 動的荷重試験の結果

荷重トラックによる定位置衝撃及び走行試験より、本橋では、全般的に振動応力による振幅が小さく、かつ、1つの基本振動が卓越しないため、振動を強く感じない。

荷重トラック後輪を、木台から落下させる衝撃試験より得られた振動周期は、補剛桁と床版を含めた合成断面とみた場合の計算値に近く、また、減衰状態も緩慢である。

よって本橋では、立体構造としての効果が活かされ剛性も大きく、かつ、橋体が十分に弾性的であり、通常の車両走行による振動も小さく、合理的な設計・施工であったことを確認できた。



ひずみ計測機器設置状況



ひずみ計測機器類



静的荷重試験（並列配置）



静的荷重試験（縦列配置）



動的荷重試験（衝撃試験）



動的荷重試験（走行試験）

6 音戸大橋の通行料金

音戸大橋は、有料道路事業により建設されたため、その事業費は、通行料金によって償還されることとなる。

当時の通行料金体系は、下表のとおりであるが、料金所の営業時間は午前5時から午後12時までの間であったため、これ以外の深夜の時間帯は無料で通行可能であった。

なお、事業費の償還は昭和49年7月末をもって完了し、翌8月1日より無料化され、以降は広島県の管理となり、現在に至っている。

(通行1回当り) 単位：円

| 車種 | 普通自動車 | | 小型自動車 | | 乗合型自動車 | | 特殊自動車 | 小型二輪 及 軽自動車 | 原動機付自転車 自転車 軽車両 | 人 (12才以上) |
|----|-------|-----|-------|----|--------|-----|-------|-------------------|-----------------------|--------------|
| | 乗用 | 貨物 | 乗用 | 貨物 | 路線 | その他 | | | | |
| 料金 | 120 | 150 | 80 | 80 | 200 | 250 | 250 | 20 | 10 | 5 |

回数券は31回につき1回、110回につき10回割引いたします。



料金所と音戸大橋

7 開通とその効果

7-1 開通式

昭和 36 年 12 月 3 日、島民の悲願であった音戸大橋はついに開通した。

時代の最先端技術の粋を結集して完成した「夢の架け橋」を一目見ようと集まった観衆は、5 万人とも 7 万人とも言われ、その模様は、正午のテレビニュースでも全国に生中継され、呉市始まって以来の人出と紹介されるほどであった。

ここに、平清盛の手により切り離され「島」となった音戸町は、現代の人の手により、およそ 800 年ぶりに再び陸続きとなったのである。



大勢の島民も渡り初めした開通式 ★



パレードの車列と大勢の見物人 ★

7-2 観光名所「音戸の瀬戸」

「日本で初めて本土と島に架かる橋」、「我が国初の螺旋式高架橋」の謳い文句に加え、開通翌年には、音戸大橋を見下ろす丘陵地に日陰棚やトイレを新設した「音戸の瀬戸公園」の整備も順次進み、瞬く間に県内屈指の観光名所「音戸の瀬戸」となっていた。

特に、呉側のループ道路内を中心に植えられた桜やツツジは、音戸の瀬戸の代名詞とも言える風景であり、毎年、県内外からも多くの観光客が訪れるようになるのである。



音戸大橋での記念撮影（昭和 37 年頃）



満開のツツジと音戸大橋（令和 3 年）

7-3 全建賞を受賞

全建賞（全日本建設技術協会）は、我が国の良質な社会資本整備の推進と、建設技術の発展を促進するために設けられた賞であり、音戸大橋架設工事は、県内の事業としては、昭和 34 年度の国道 2 号旭橋架設工事に次いで、2 例目の受賞（昭和 36 年度）となった。

8 その後の音戸大橋

8-1 主な補修等の履歴

| 年度 | 内容 | 数量等 |
|---------|------------------------------------|----------------------|
| 昭和 49 年 | 橋梁照明修繕 | 1 式 |
| 昭和 53 年 | 塗替塗装 | 5,949 m ² |
| 昭和 58 年 | 主橋梁・支承部点検整備 | 1 式 |
| | 螺旋高架橋・桁及び橋脚補修 | 19.6 m ² |
| 昭和 61 年 | 沓座補修 | 1 式 |
| 平成元年 | 航路標識灯補修 | 4 灯 |
| 平成 3 年 | 起重機船衝突による損傷補修 | 1 式 |
| 平成 4 年 | 路面補修 | 4,700 m ² |
| | 塗替塗装 | 5,760 m ² |
| | 健全度調査・補修設計 | 1 式 |
| 平成 8 年 | 床版応力度調査 | 計 24 箇所 |
| | 主橋梁・床版補強並びに電力ケーブル取替 | 172m (計 850m) |
| | 舗装補修・橋面防水 | 3,759 m ² |
| | 螺旋高架橋・ひび割れ補修等 | 1,005m |
| 平成 9 年 | 排水管取替 | 24m |
| 平成 10 年 | 塩害対策塗装 | 839.2 m ² |
| 平成 12 年 | 螺旋高架橋・B 活荷重検討調査 | 1 式 |
| 平成 13 年 | 主橋梁・耐震性能調査及び耐震補強設計 | 1 式 |
| | 螺旋高架橋・コンクリート塗装 | 397 m ² |
| 平成 14 年 | 呉側 (A 1) 橋台及び法面補強 (アンカー工) | 計 26 本 |
| | 螺旋高架橋・耐震性能調査及び耐震補強設計 | 1 式 |
| 平成 15 年 | 呉側 (P 1) 橋脚 RC 巻き立て補強 | 1 式 |
| 平成 16 年 | 振動調査等 | 1 式 |
| 平成 17 年 | 呉側 (P 1) 及び音戸側 (P 2) 橋脚耐震補強 | 1 式 |
| 平成 18 年 | 螺旋高架橋・橋脚耐震補強 (桁等連結) | 計 46 本 |
| 平成 19 年 | 主橋梁・橋脚耐震補強 (落橋防止対策) | 計 20 本 |
| | 橋梁補修調査 | 1 式 |
| 平成 21 年 | 螺旋高架橋・コンクリート補修 | 3.2m ³ |
| 平成 23 年 | 螺旋高架橋・ひび割れ補修及び表面被覆 | 178 m ² |
| 平成 24 年 | 航路標識灯更新 (LED 化) | 6 灯 |
| | 通信管理設備更新 | 1 式 |
| | 舗装補修 | 4,090 m ² |
| 令和 2 年 | 照明灯具更新 (LED 化) | 螺旋高架橋を除く全て |

8-2 床版補強工事

8-2-1 床版補強の背景

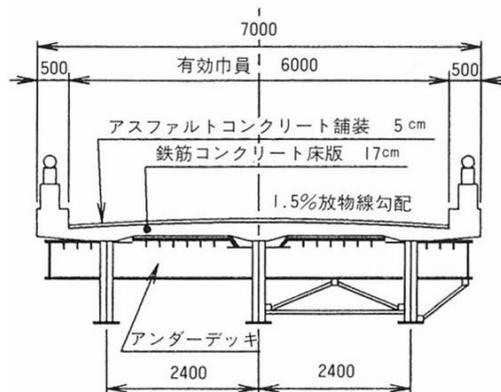
音戸大橋の設計荷重は、昭和31年に制定された鋼道路橋設計・製作示方書に基づき、一等橋のTL-20で設計されているが、貨物輸送における労働力不足、貨物輸送の効率化、国際物流の円滑化などを背景とした車両の大型化に対する社会的要請に対応して、平成5年に「道路構造令」が改正され、設計自動車荷重が引き上げられることとなった。

音戸大橋は、本土と倉橋島を結ぶ唯一の道路橋として、昭和36年の完成以降、交通量の増加や車両の大型化による疲労損傷に加え、海上橋であるがゆえの塩害や中性化などの劣化現象も現れ始めていたことから、主橋梁のRC床版の補修も兼ねて、新たに規定されたB活荷重(TL-25)に対応した補強工事を行うこととなった。

8-2-2 補強工法の選定

補強工法の選定にあたっては、事前に行った床版応力度調査の結果も踏まえ、主に、構造特性、施工特性、将来の維持管理特性の3つの要素に着目し比較検討を行った。

その結果、損傷が進行した床版に対しても十分な補強効果が期待でき、交通量の多い橋梁においても供用しながらの施工が可能であり、既設橋梁の剛性の向上や、たわみ応力を大幅に低減することによる床版の損傷の進行を抑制できる工法である、「アンダーデッキパネル工法」を採用した。



アンダーデッキパネル断面図

アンダーデッキパネルの主な特徴

- ・既設の床版の強度は期待しなくとも良い
- ・補強工法でありながら床版打替えと同等の効果が得られる
- ・死荷重の追加による主桁の応力度増加分は、活荷重耐荷力の増大により補える
- ・交通規制の必要がほとんどなく、供用しながら施工が可能
- ・床版張出し部分についても拡張対応が可能
- ・施工後は、床版の寿命検討が不要となる
- ・部分的な補修にも対応が可能
- ・既設の床版とパネルを一体化させることで、主桁の補強効果も期待できる

8-2-3 仮設工事

施工に先立ち、呉側斜面に仮設ヤードを構築するとともに、主橋梁の下面全体を覆うように吊り足場を設置した。

この吊り足場により、桁下高が 1.2m 低くなることから、海上保安庁をはじめとした海事関係に事前周知を図るとともに、航路標識灯が足場で隠れるため、一時的に移設した。



仮設ヤード施工中



仮設ヤード完了



吊り足場の外観



吊り足場の内部

8-2-4 床版下面の断面修復

床版は、車両通行に伴う輪荷重の影響を直接受ける部材であり、一部に損傷を生じると急速に悪化する傾向があり、本橋は、特に厳しい自然環境に曝される海上橋でもあるため、コンクリートの浮き、剥離、鉄筋露出、などの損傷が広範囲に及んでいた。



コンクリートの剥離



鉄筋の露出

このため、アンダーデッキパネルの設置に先立ち、不良箇所を除去し、元通りにコンクリート断面を修復するとともに、床版下面とパネルの間隔を均一にするため、清掃を兼ねたケレン作業を行い、不陸の修正を行った。



①不良箇所の除去（はつり）



②鉄筋の防錆処理（錆止め）



③断面修復完了



④ケレン作業完了

8-2-5 パネルの製作

アンダーデッキパネルの製作は、床版の修復作業と並行して工場で行われ、現地での計測結果や既設添架物の位置確認の結果を踏まえて部材を加工し、予め決められた精度基準により、工場内で仮組立検査を行った。

仮組立検査に合格した部材は、3層の下塗り塗装を行ったあと、現地へ輸送した。



工場製作の状況



仮組立検査

8-2-6 架設工

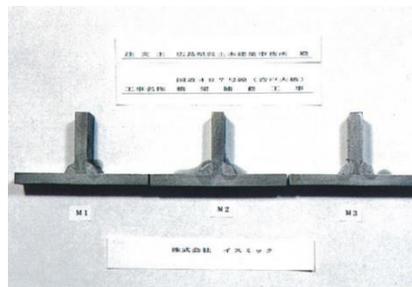
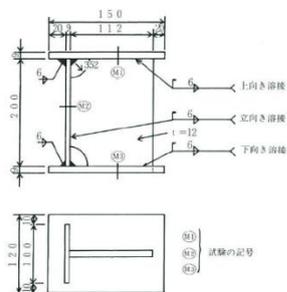
パネルの架設に先立ち、架設の支障となる既設添架物の移設や、本橋の電力ケーブルなどの撤去とともに、既設の下横構及び対傾構については、接合しているリベットを撤去し、高力ボルトにより仮復旧した。

パネル取付用ブラケットの現場溶接にあたっては、予め現場において試験片による溶接施工試験を行い、施工条件、溶接性能、欠陥発生の有無を確認した。

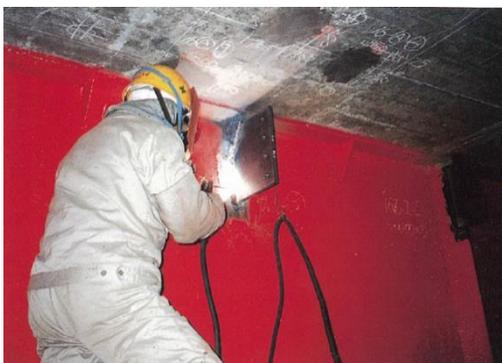
溶接されたブラケットは、外観や脚長の管理及び浸透探傷試験を行い適正に設置した。

続いて、足場上に準備した台車にパネルを搭載して搬入し、仮復旧していた下横構と対傾構を取り外し、添架物等に傷を付けぬようチェーンブロックにより慎重に吊上げ、床版下面とパネル上面の間隔が均一になるよう、ジャッキで微調整しながら設置を行った。

取付後は、下横構をトルシア形高力ボルトにより、直ちに本復旧したのち、既設床版とパネルの間にある2mm程度の隙間に、エポキシ系充填剤を流し込んで密着させた。



左：試験片の形状及び寸法 右：試験片



現場溶接の状況



溶接探傷試験



パネル設置状況



パネル設置完了

8-3 耐震補強工事

8-3-1 耐震補強の背景

地震大国とも呼ばれる我が国において、その脅威をまざまざと見せつけた出来事と言え
ば、平成7年に発生した兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）であり、高速道路の高架橋が
延々と倒壊する映像は多くの国民を震え上がらせたわけである。

これを機に、我が国のあらゆるインフラも「耐震補強」の必要性が叫ばれるようになり、
橋梁においては平成17年に「緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム（以下「プロ
グラム）」が策定され、昭和55年より古い道路橋示方書を適用した橋梁のうち、特に優先
的に対策を実施する必要がある橋梁の耐震補強を行うこととなった。

本土と倉橋島を結ぶ唯一の道路橋である音戸大橋も、緊急輸送道路に架かる橋であるこ
とから、プログラムに基づき耐震補強工事が実施された。

8-3-2 補強工法の選定

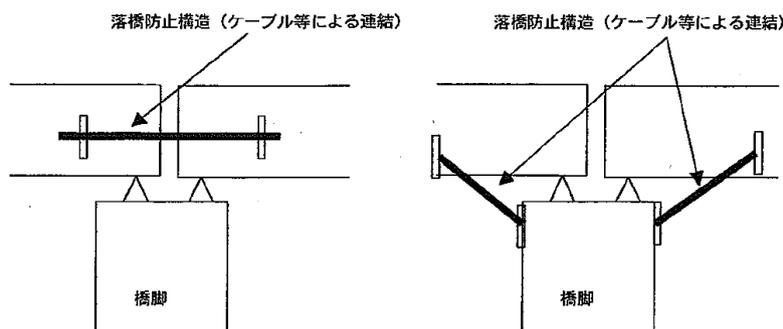
緊急輸送道路は、大規模地震時における救助・救援活動や緊急物資輸送のために極めて
重要な役割を担っており、大規模地震時に緊急輸送道路がネットワークとして有効に機能
するよう、倒壊や落橋を防止するための耐震補強を行う必要がある。

本橋では、プログラムで示されたマニュアルにより、以下のとおり耐震補強を行った。

| | | | |
|------|---------------|------------------------|---------------------------|
| 施工条件 | 右記以外 | 陸上部施工などコスト 縮減が図れる場合 | 補強対策部位が常時水中 など特殊な条件の場合 |
| 工法 | 繊維材巻立て 工法※ | 鉄筋コンクリート巻立 て工法 等 | 上部構造慣性力の分散化 (免震化を含む) 等 |

※繊維材巻立て工法により、段落し部の補強を優先的・限定的に実施する。

鉄筋コンクリート製橋脚の補強工法



(A) 2連の上部構造を相互に
連結する構造の例

(B) 上部構造と下部構造を
連結する構造の例

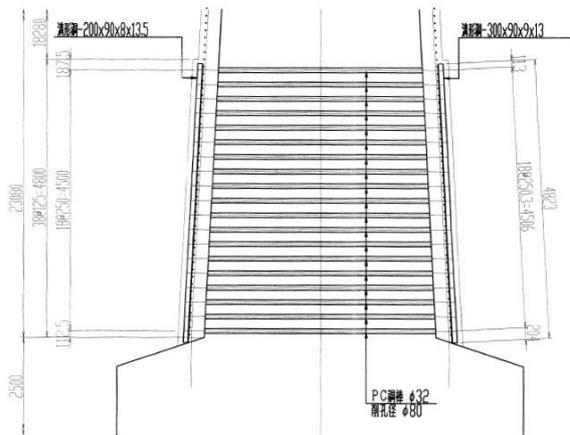
落橋防止構造の例

橋脚補強は、呉側、音戸側とも、鉄筋コンクリート（RC）巻立て工法を採用した。
落橋防止構造は、主橋梁では（B）を、螺旋式高架橋では（A）を採用した。

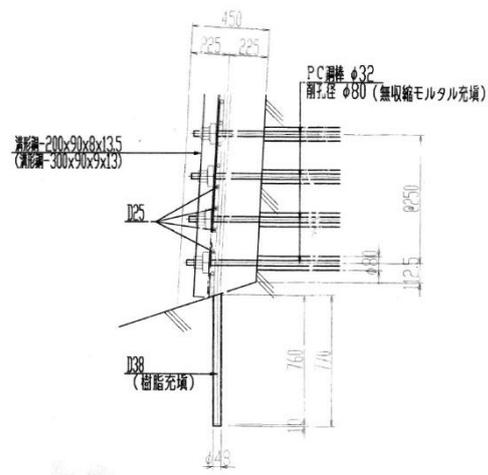
8-3-3 橋脚補強

本橋における鉄筋コンクリート巻立て工法は、橋脚躯体を鉄筋コンクリートで巻立てるとともに、橋脚基部において長辺側（橋軸直角方向）の両側壁面に立てかけるように配列した溝形鋼を、断面貫通型のPC鋼棒（中間貫通PC鋼棒）で連結し、両側からはさみ込むように一体化させた構造である。

また、巻立てた鉄筋コンクリートの軸方向鉄筋を、1本おきにフーチングに定着させ、溝形鋼と両端をボルトで締着させた中間貫通PC鋼棒の併用により、コンクリート断面を拘束することで、躯体基部における曲げ耐力の増加を図っている。



橋脚基部の断面図



橋脚基部の補強詳細図



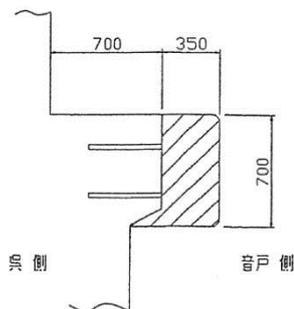
左：着工前 右：完成 （上段：呉側 下段：音戸側）

8-3-4 落橋防止構造

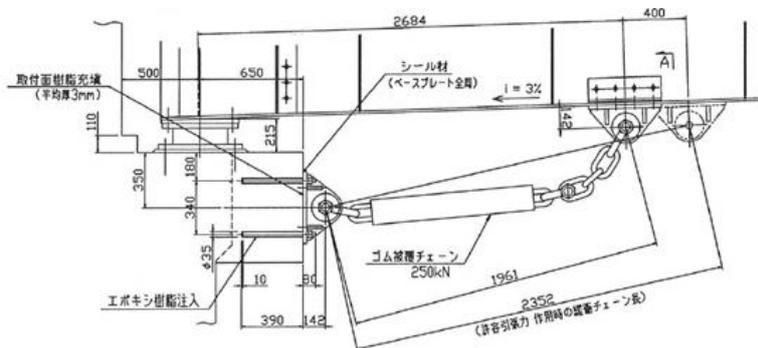
落橋防止構造とは、地震等により、橋梁上部構造が落下するのを防止する目的で設置するものであり、耐震補強では、橋台や橋脚の桁かかり長を拡幅（縁端拡幅）したり、上下部構造間に予期せぬ大きな相対変位が生じた場合でも、桁が桁かかり長を超えて落下するのを防ぐため、落橋防止装置を設置するものである。

主橋梁では、縁端拡幅と落橋防止装置の併用を、また螺旋式高架橋では、隣接する桁同士及び橋脚同士を連結する装置による落橋防止構造を採用した。

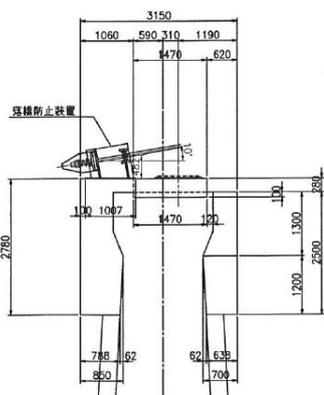
主橋梁用



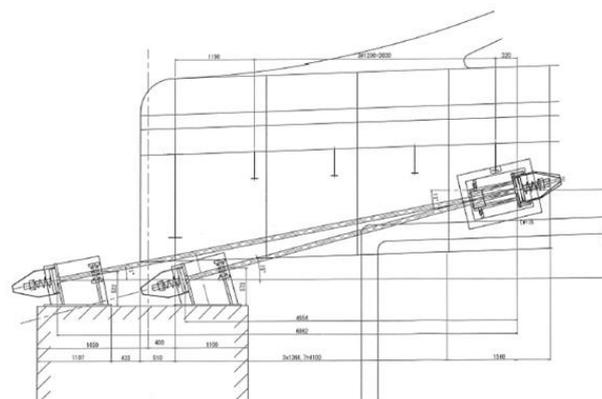
橋台の縁端拡幅



落橋防止装置（ゴム被覆緩衝チェーン）

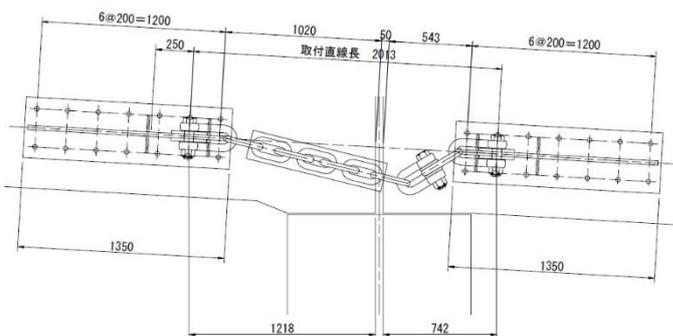


橋脚の縁端拡幅

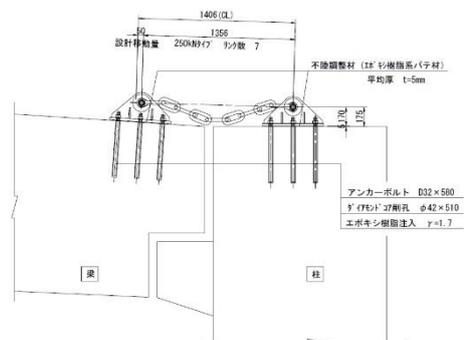


落橋防止装置（PC連結ケーブル）

螺旋式高架橋用



落橋防止装置（ゴム被覆緩衝チェーン）



つなぎ梁落下防止用チェーン

ゴム被覆緩衝チェーン（主橋梁）



PC連結ケーブル



ゴム被覆緩衝チェーン（螺旋式高架橋）



つなぎ梁落下防止用チェーン



各左：着工前

各右：完成

9 第二音戸大橋の建設

9-1 事業の経緯

昭和 36 年の音戸大橋の開通以来，生活が一変した島民は様々な場面で橋の恩恵を受け
る一方，音戸大橋周辺では，車両の大型化や通行料の無料化をはじめとした交通環境の変
化により，徐々に渋滞が慢性化して行くのであった。

また，かつて異彩を放った螺旋式高架橋には歩道がなく，その大きな高低差ゆえに歩行
者から敬遠され，交通の安全確保や緊急輸送道路の多元化が課題となっていた。

このため広島県では，これらの課題克服と周辺地域の交流促進による観光の活性化など
を目的として「第二音戸大橋」を建設することとして，平成 7 年度より事業に着手した。



朝夕の渋滞が慢性化した音戸大橋

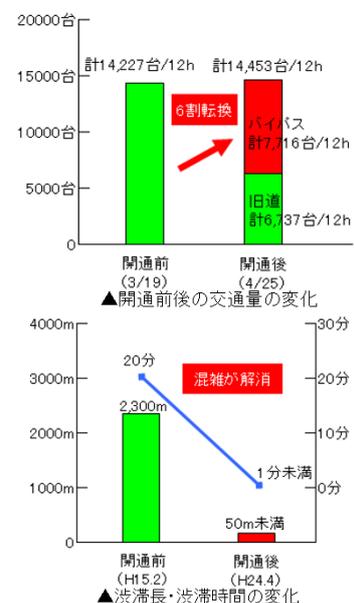
9-2 事業の効果

第二音戸大橋は，音戸大橋の北側約 350m の音戸の瀬戸に架かる，橋長 492m，アーチ
支間長 280m の，中路式鋼ニールセンローゼ固定アーチ橋であり，アーチ橋としては国内
有数の規模を誇る。

平成 23 年 4 月 24 日には，15,000 人を超える観衆が見守る中，我が国では初となる，空
中ジョイントによる中央径間大ブロッカー一括架設が無事に成功し，平成 25 年 3 月 27 日
の開通以降は 2 橋による交通分散が進み，混雑は見事に解消された。



第二音戸大橋大ブロッカー一括架設



10 これからの音戸大橋

ここまで、音戸大橋の生い立ちから現在までの経過を振り返りながら、生みの苦しみや、取り巻く環境の変化に応じた補修や補強などの経緯を紐解いてきた。

また、時代の変化は新たなニーズを生み、ついには第二音戸大橋の誕生にも至った。

かつて、橋の材料が土や木であった時代には、老朽化の進行も早く、「橋守」と呼ばれる職人が補修などを手掛け、橋を常に見守っていた。

やがて、橋の材料がコンクリートや鋼となると、その耐久性の良さから「永久橋」とも呼ばれ、ともすれば「一度架ければ永遠に存在し続けるもの」との誤解を与えていたのかも知れない。

しかし現実を目を向けると、平成 24 年に発生した中央自動車道笹子トンネルのコンクリート天井板落下事故の発生以来、我が国のインフラを取り巻く環境は一変し、「永久橋」の誤解も浅はかな妄想に過ぎないのだということを思い知らされたのである。

事実、音戸大橋でもこの 60 年の間には、幾度となく補修や補強が繰り返され、適切に維持管理された結果、今日までいつでも自由に音戸の瀬戸を渡ることができているのである。

無論、この状態を常に維持することは、我々道路管理者としての責務ではあるが、その一方で道路利用者の皆様も、陸海の通行ルールを遵守し、誰もが安心して利用できるよう心掛けてほしいのであり、特に、ゴミの散乱や、橋の寿命を著しく損ないかねない過積載通行は、厳に慎むよう、この場を借りて重ねてお願いしたいのである。

昨今、橋の設計にあたっては、適切な維持管理が行われることを前提に、目標とする供用期間を 100 年と設定されており、特に音戸大橋のように架け替えが容易でない橋の場合には、さらなる長期間の供用が求められてもいる。

音戸大橋にとって、これからの 40 年は、これまでの 60 年よりもさらに適切な維持管理が不可欠となるだけに、音戸大橋を取り巻く一人一人が「橋守」の気持ちを心に留めて、これまで以上に優しく見守っていただきたいのである。



あとがき

この記念誌の編集集中に飛び込んできた二つのニュース。

「日鉄第一高炉の送風停止」と「音戸渡船の廃止」。

戦禍に翻弄された呉において、音戸大橋とともに戦後の呉の象徴でもあった「高炉」と「航路」が、音戸大橋開通 60 年の節目に相次いで失われようとは、何の因果であろうか。

我が国において、初めて本土と島をひと跨ぎに架けた橋として、県民を熱狂させ、県内屈指の観光名所「音戸の瀬戸」の顔として、「呉」の名を全国に轟かせてきた音戸大橋にとっても大きな岐路となった節目の年、折しも新型コロナウイルス禍の混沌に飲み込まれ、観光のみならずあらゆる活動に暗い影を落とす今日にあって、これからの未来に向けて、音戸大橋やその周辺地域のあり方とはいかなるものかということ、今一度考えさせられるキッカケとなったわけである。

地域の宝として長年愛され、地域をつなぐ橋として県民の生活を支えてきた音戸大橋を、多くの先輩諸氏が大切に育て上げてきた 60 年の思いと重みを受け止め、現在を生きる我々も、しっかりと次の世代へと受け継いでいかねばならない責任を改めて感じるのである。

この記念誌を最後まで読んでいただいた皆様にとっても、音戸大橋を通して改めて地域への愛着を感じ、あるいは呉市や広島県の魅力に触れる一助となり、願わくはコロナ禍終息の折には音戸の瀬戸へも足を運んでいただければ幸いの限りであります。

令和 3（2021）年 12 月



呉市は橋のワンダーランドじゃー！！

【付録】



全国広しと言えど、ひとつの自治体の中に、これだけ多くの大規模な橋が架かるのは呉市だけです。呉市にお越しの際には、『橋のワンダーランド』を巡る旅も、ぜひお楽しみください。



これらの橋の詳しい情報は、広島県ホームページ『行ってみよう・撮ってみよう・渡ってみよう「ひろしまの橋」』でもご紹介しています。『ひろしまの橋』で検索してみてください。

音戸大橋開通 60 周年記念誌

令和 3（2021）年 12 月

制作：広島県西部建設事務所呉支所

〒737-0811

広島県呉市西中央 1 丁目 3-25

電話 0823-22-5400（代表）

