

市道坂下津1号線

九島大橋



事業概要

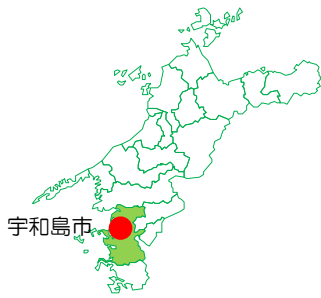
九島は、宇和島市の中心部から直線で約4kmに位置する周囲約12kmの島で、蛤地区、百之浦地区、本九島地区の3つの集落に、人口905人（426世帯）が暮らしています（平成28年2月29日現在）。

また、今や絶滅したとされる「ニホンカワウソ」が最後に保護された場所（昭和50年）としても知られています。

九島大橋が完成するまでは、島民は、内地を結ぶ唯一の交通手段である1日9便のフェリーに頼った生活を送るなど、離島であるがゆえに、医療・就学・経済活動の面で多くの課題を抱えており、架橋は島民の長年の悲願でした。

昭和62年に島民からの強い要望を受け、本架橋の実現に向け、調査、検討を進め、平成20年度から本格的な調査が開始され、平成22年度には、国の補助事業として採択されました。平成24年度に、愛媛県へ橋梁本体工事を委託、建設工事に着手し、平成28年3月に完成しました。

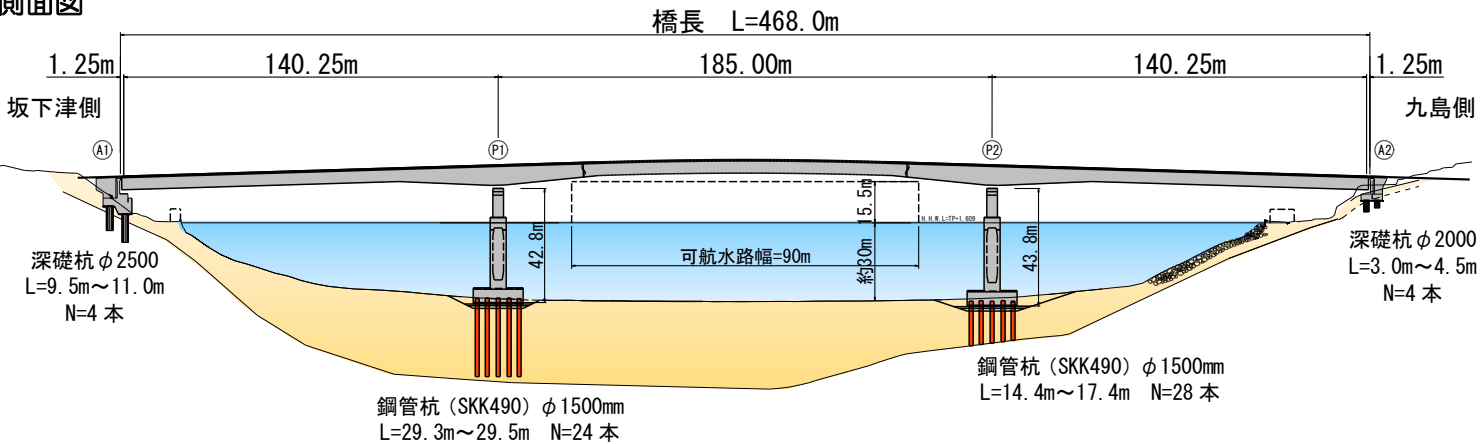
九島大橋は、日常生活での不便の解消や、医療、福祉等の行政サービスを向上させるだけでなく、災害時の島民の避難路や支援物資運搬路としての役割も果たす「命の架け橋」とと言えます。



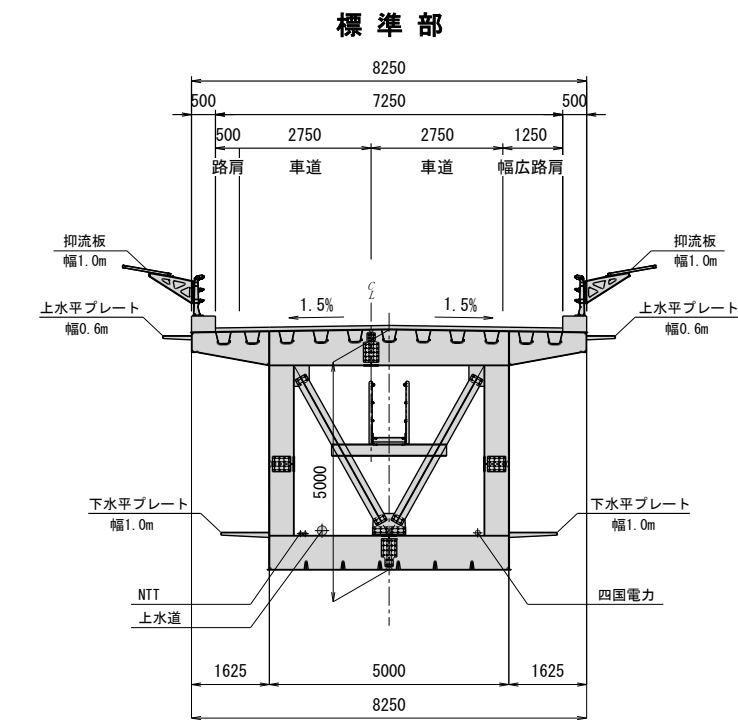
九島全景

九島大橋

側面図



断面図



橋梁諸元

橋	長	全長 L=468.0m
支	間	140.25m+185.00m+140.25m
道	路	規格 第3種第4級
設	計	速度 30km/h
路	線	名 市道坂下津1号線
荷	重	A活荷重
形	式	上部工 鋼3径間連続鋼床版桁橋 下部工 張出式橋脚(RC橋脚・鋼管杭基礎) 張出式橋台(深礎杭基礎)
有	効	幅員 7.25m
舗	装	ゲースアスファルト舗装: t=75mm
床	板	鋼床版: t=16mm
総	鋼	重量 2.724t (桁重量: 2.655t)
使	用	橋脚部 設計基準強度 σ _{ck} =30N/mm ² 橋台部 設計基準強度 σ _{ck} =24N/mm ²
使	用	鋼材 上部工 SM490Y, SM400, SS400, S10T, F10T 下部工 SKK490
使	用	鉄筋 エポキシ樹脂塗装鉄筋 SD490, SD345
防	食	方法 鋼道路橋塗装・防食便覧 外面: アルミニウム・マグネシウム合金溶射 内面: D-5(重防食)
公	共	添架物 上水道、電力、電話
適	用	示方書 道路橋示方書・同解説Ⅰ～Ⅳ(平成24年3月) 鋼道路橋設計便覧(昭和55年4月) 道路橋耐風設計便覧(平成19年12月)

品質確保

◇橋脚のプレキャスト化

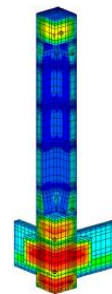
橋脚を陸上で製作することで、水中施工に比べ、品質および作業効率を向上させました。

◇温度応力ひび割れ解析

FEMによる温度応力解析を行い、橋脚躯体部については、ひび割れ制御鉄筋の配置や保温養生対策を行うことにより、有害なひび割れを防ぎました。



ベルタイプ基礎



温度応力解析

耐久性向上（塩害対策）

◇エポキシ樹脂塗装鉄筋の使用

橋脚躯体内の鉄筋に、エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用することで、外部からの塩化物イオン（塩分）の侵入による耐久性の低下を防ぎました。

◇アルミニウム・マグネシウム金属溶射の採用

桁の外面には、塩分の遮断効果の高いアルミニウムと強度のあるマグネシウムを溶射（熔融状態の物質を吹き付けて被膜を作る）しています。

溶射皮膜の上には、耐久性に優れた「ふっ素塗装」を施しています。

これにより、長期間の品質の確保が期待されます。



エポキシ樹脂塗装鉄筋



金属溶射状況

施工性向上・環境対策

◇水中不分離性コンクリートの使用

橋脚据付後、鋼管杭と橋脚のフーチング部との場合には、成分の不分離性と高い流動性を持つ「水中不分離性コンクリート」を使用しました。これにより、海中であっても、フーチングの隅々まで充填が可能となり、また、濁水の発生による養殖魚への影響を抑えました。

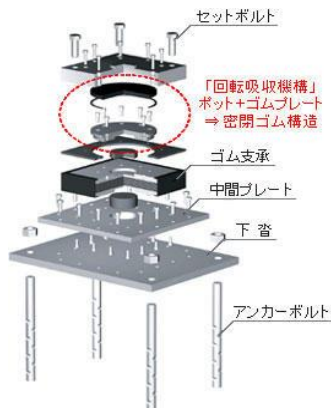
地震対策

◇免震支承の採用

地震時の橋桁の揺れを抑えるため、支承には「免震支承（超高減衰ゴム支承：HDR-S）」を採用しました。



ゴム支承

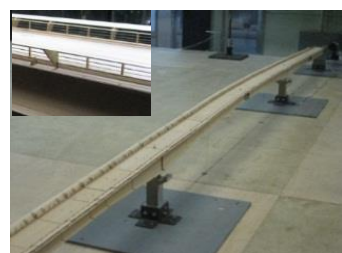


◇主桁の耐風対策

架橋地点が、風の影響を受けやすい海峡にあることや、桁の断面が、幅員に対する桁高の比が大きいため、耐風安定性を確保する必要性がありました。このため、風洞模型試験をもとに、主桁には「上・下水平プレート」を設置し、橋面上には「抑流板付防護柵」を設置しました。



部分模型試験（1/50）



全橋模型試験（1/100）



全橋模型試験（1/100）



上・下水平プレート（→部）



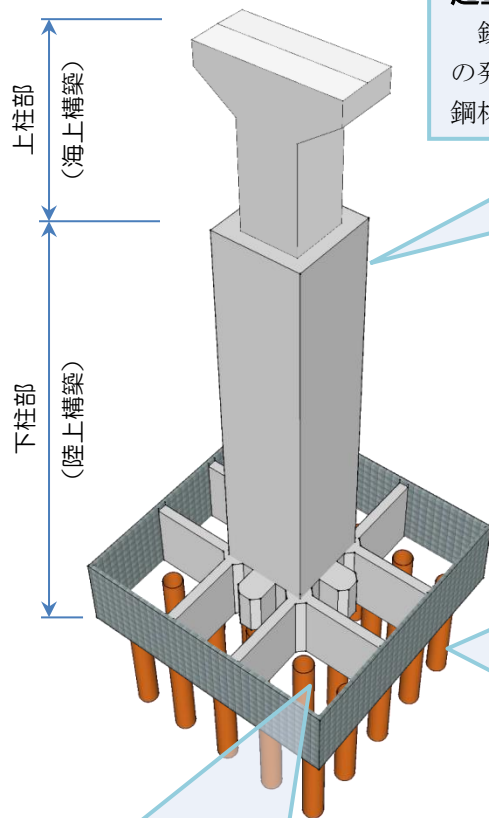
抑流板付防護柵

下部工工事①（橋脚の製作）

九島大橋の最大の特徴は、水深約30mの海底に設置する「コンクリート製橋脚」とその「基礎構造」です。また、この橋脚の構造形式は、その形状が柄のついた鐘に似ていることからベルタイプ基礎と呼ばれています。本橋では、あらかじめ海底に鋼管杭を打設、その上に、陸上で製作した重量約3,500tの橋脚を大型起重機船で吊り下ろし、一括据付する工法を採用しました。

本橋は、ベルタイプ基礎の設置水深として国内最大級となります。

橋脚一般図（P1 橋脚）



起重機船による吊上げ時の対策

鉄筋への応力を低減させること、また、橋脚自重による躯体への過度な引張応力度の発生やひび割れの発生を避けるために、柱の内部とフーチングの隔壁部には、P C 鋼材によるプレストレスを与えました。

鋼管杭の打設

打設に先立ち、平面位置のズレを防ぐために、格子状の鋼製枠である「導枠」をあらかじめ海底部に沈設しておき、その枠内に最長で約60mの鋼管杭を打設しました。特に、杭の位置決め、鉛直度管理には、光波による計測に加え、杭打ちのオペレーターにもリアルタイムに状況が確認できるように、望遠カメラ付トータルステーションを使用しました。



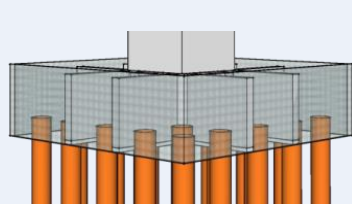
導枠



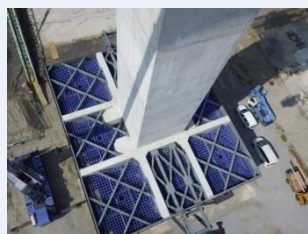
望遠カメラ付トータルステーションと映像

水中不分離性コンクリートによる杭頭結合

杭との結合を図るため、フーチング部を鋼製枠によるスリット構造としました。また、海底部の鋼管杭と橋脚との結合は、水中不分離性コンクリートによる「A結合」を採用しました。打設はC P 船（2軸強制練）により行いました。また、水中不分離性コンクリートについては、打設に先立ち試験施工を行いました。



杭頭結合（A 結合）



フーチング部のスリット構造(写真:P2)

なぜ水中不分離性コンクリートを使うの？

- ①高い流動性により、充填性、セルフレベリング性に優れています（大水深下での締固めが不要）。
- ②ブリーディングやレイタンスがほとんど生じないため、鉄筋との付着性が優れています。
- ③コンクリート成分が分離しにくく、汚濁水の発生を抑えることができます。

◇水中不分離性コンクリートの試験施工

なぜ試験施工が必要？このコンクリートは、①道路橋示方書には規定されていない材料であること、②大水深の水中施工で施工難易度が高いこと等から、事前に設計計画時における要求性能を満足するための施工の確実性を確認しておく必要があるためです。

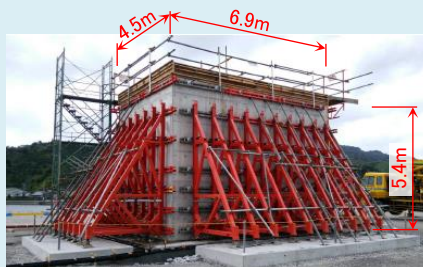
試験施工の確認事項

（１）施工について

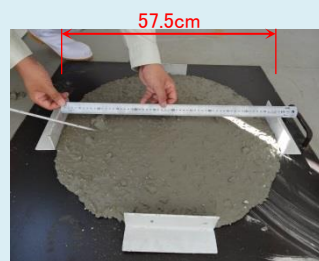
- ①水中不分離性コンクリートの流動性および充填性確認
- ②打込み時の筒先管理高さ確認

（２）設計について

- ③水中不分離性コンクリートの強度確認
- ④エポキシ樹脂塗装鉄筋との付着強度確認



試験供試体全景



スランブフロー

下部工工事②（橋脚の据付）

◇国内最大の起重機船による橋脚の据付

橋脚の据付は、国内最大の4, 100 t吊起重機船（海翔）により行いました。

基礎杭上への据付の規格値は、平面位置「±150 mm以内」、高さ「±100 mm以内」であり、高い精度が求められ、陸上からの光波測距計による測量で位置を調整し、陸上の測量担当と海上の船やクレーン担当が密に連絡を取りながら慎重にそして丁寧に作業を進めました。

○起重機船による据付時の対策

フーチング部の「鋼製側板」には、据付時に鋼管杭（導杭）を通すための「ガイド」を設けました。



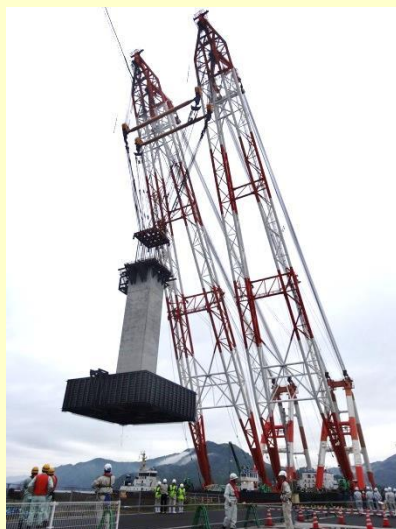
鋼製枠



鋼管杭ガイド



玉掛け作業



坂下津岸壁での地切り



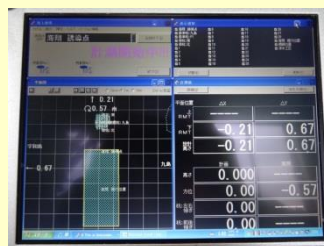
吊曳航状況



据付状況（矢印は導杭）



玉掛け完了



位置誘導（船上）



据付確認状況

上部工工事①（橋桁の工場製作から輸送）

橋桁は、工期の短縮を図るため、2つの側径間ブロックを長崎の工場で、中央径間ブロックを千葉の工場で作しました。

◇品質確保・精度管理のための工夫

溶接：箱組立では溶接品質確保のため、溶接姿勢が下向きとなるよう、上面（デッキ）を下面で箱組立後、反転作業を行いながら、溶接、仕上げを行いました。

仮組立：箱桁ブロックの製作精度の確認のための仮組立検査については、工場塗装前にデジタルカメラでの3次元計測によるシミュレーション仮組立と、現地大ブロック継手部は実仮組立による確認を行いました。



箱組立後の反転作業



シミュレーション仮組立



中央径間ブロック

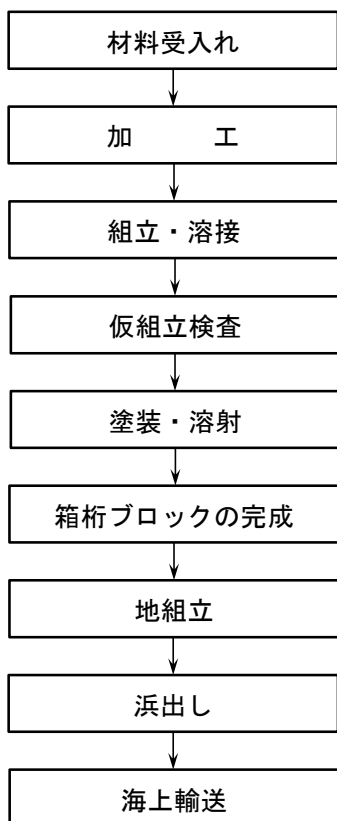


クレーンによる浜出し
（側径間ブロック）



海上輸送（側径間ブロック）

●施工フロー



上部工工事②（大ブロック架設）

◇大型起重機船による一括架設工法の採用

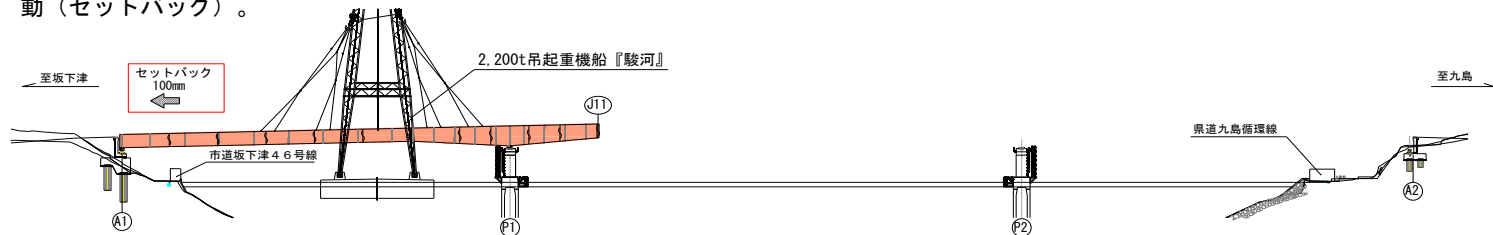
架橋位置は、内地と九島間を往復するフェリーや、他の島へ向かう航路となっているほか、漁船が通航するため、水路の開鎖時間が最小限となるよう、2,200t吊起重機船（駿河）による「大ブロック架設工法」を採用しました。なお、架設は3つの大ブロック（側径間×2、中央径間）に分割し行いました。



大ブロック架設（中央径間）

STEP1 側径間（坂下津側）架設

坂下津側の側径間（1,050t）架設時に、中央径間ブロックの架設を容易にするため、あらかじめ支点を坂下津側に100mm移動（セットバック）。



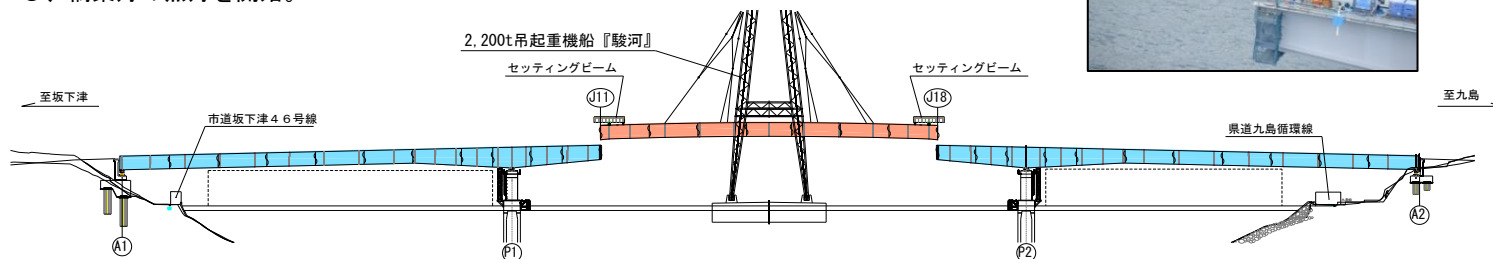
STEP2 側径間（九島側）架設

九島側の側径間（1,050t）を架設。



STEP3 中央径間架設

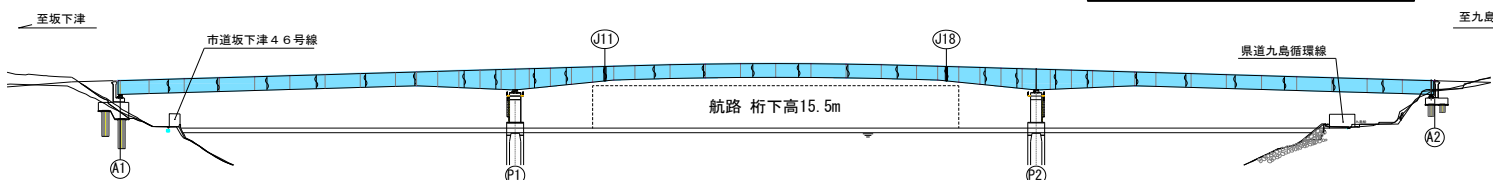
中央径間（750t）をセッティングビームで支えながら落とし込み架設し、架設完了後は仕口調整（セットフォー・端支点部調整）し、橋梁灯の点灯を開始。



STEP4 架設完了

仕口調整後、継手の連結。

上面（デッキ）は溶接、側面（ウェブ）、下面（下フランジ）は高カボルトにより連結。



橋梁標識

◇橋梁標識・橋脚灯

本橋には、橋梁下を通航する船舶に対して、「橋梁の保護と航行安全の確保」を目的として、橋桁の中央径間及び側径間に、航路標識である「橋梁標識」（簡易標識）を設置しました。

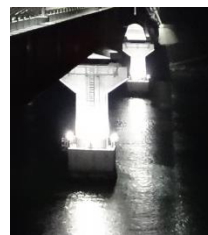
また夜間、「橋脚への衝突防止」を目的として、橋脚には「ライトアップ照明」を設置しました。



左側端標（緑）



中央標（白）



ライトアップ照明

橋梁用防護柵

◇抑流板付防護柵

本橋の防護柵は、支柱は、粉体塗装を施した「鋼製」、横梁は「アルミニウム製」です。

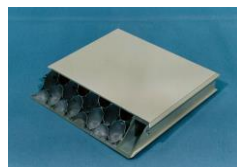
特に、耐風対策としての抑流板は防護柵と一体化させており、その抑流板は、アルミよりも融点の低い「ろう材」によりアルミ板を両面から貼り合わせた「ろう付けアルミハニカムパネル構造」を採用しました。



抑流板付防護柵

<アルミハニカムパネルの特徴>

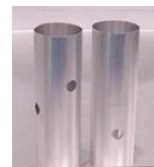
ハニカムコアは、ほとんどが空気層のため同じ大きさのアルミ板に比べて軽量であり、ハニカム構造により非常に高い強度と剛性を兼ね備えています。



ハニカム（蜂の巣状）構造



断面詳細



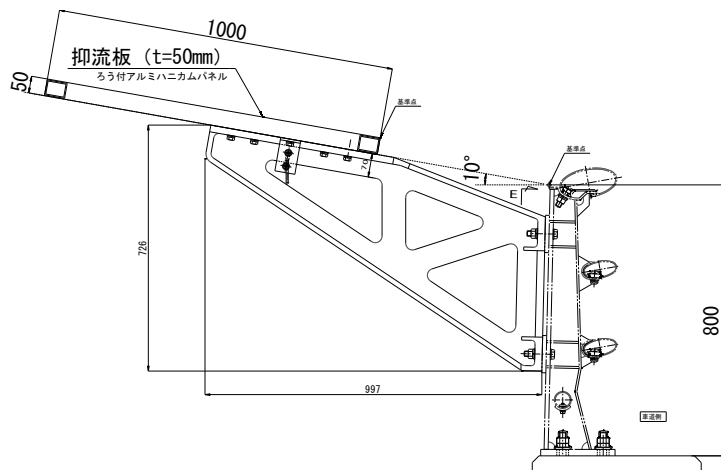
丸コハニカム

◇静荷重試験の実施

「防護柵の設置基準・同解説」に基づき、抑流板ブラケット設置状態での静荷重試験により性能を確認しました。



静荷重試験



抑流板付防護柵詳細図

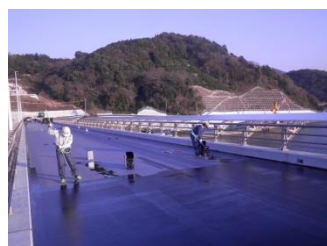
橋面舗装

◇グースアスファルトと改質アスファルトによる橋面舗装

橋面の舗装は、たわみ（揺れ）が大きい鋼床版上となります。そこで、基層は、たわみ性に優れ、接着性、不透水性が高い「改質グースアスファルト舗装」、表層は、たわみ追従性を持つ「ポリマー改質アスファルト舗装（Ⅲ型-WF）」を採用しました。



鋼床版の表面処理



接着剤の塗布



クッパによる混合物の供給



グースマシンの舗装

位置図



※交通アクセス（九島大橋まで）

- 松山方面から：朝日IC下車後 車で約15分
- JR宇和島駅から路線バスで20分

- 愛南方面から：坂下津IC下車後 車で約10分

開通までの経緯

- 昭和62年
九島連合自治会が架橋を市に陳情
- 平成3年
九島架橋促進協議会発足
- 平成7年
九島架橋準備委員会の設置
- 平成20年
海峡部測量調査、道路・橋梁予備設計の実施
- 平成22年
「社会資本整備総合交付金事業」に採択
- 平成23年
道路・橋梁詳細設計を実施
- 平成24年
橋梁本体工事の施行を愛媛県に委託（橋長468m）
- 平成25年
橋梁本体および坂下津工区取付道路工事着手工事着手
- 平成26年
上部工・下部工（橋台部）・九島工区取付道路工事着手
- 平成28年2月
橋梁本体工事完成
- 平成28年4月
開 通

宇和島市 建設部 建設課
〒798-8511 愛媛県宇和島市曙町1番地
TEL：0895-24-1111