

白石橋の施工

CONSTRUCTION OF SHIRAIISHI BRIDGE



辻本 敦亘¹⁾



板井 博司²⁾

SYNOPSIS

Shiraishi Bridge is a 68.0m long pedestrian bridge located in Shirahama, a famous tourist resort in Wakayama Prefecture. The bridge is a hybrid cable-stayed bridge, having a reinforced concrete tower and a steel box girder with reinforced concrete slab.

In the following lines, the design and construction of the bridge is presented in outlines, together with a report on the studies on the dynamic behaviour of the cables, including the results of field measurements of the damping coefficient.

1. まえがき

白石橋は、和歌山県西牟婁郡白浜町大字湯崎の梶原谷川に架けられた橋長68.0m、幅員3.0mの歩道橋である(図-1, 写真-1)。

本橋は、和歌山県の発注により白浜町のふるさと創生事業とタイアップし、観光のメッカ白浜町に新たに建設される遊歩道の一部をなすものである。

本橋の完成により、名勝三段壁を望んだ後、三段壁を起

点とした海岸線の林道を遊歩し、橋上からの展望も十分に楽しめるであろう。

本橋は、三段壁をイメージした鉄筋コンクリートの主塔と鉄筋コンクリート床版を有する鋼箱桁とから構成される複合斜張橋である。

本文では、この複合斜張橋の下部工(橋台、主塔、アンカーブロック等)の施工および上部工(主桁、ケーブル等)の架設概要を報告するものである。

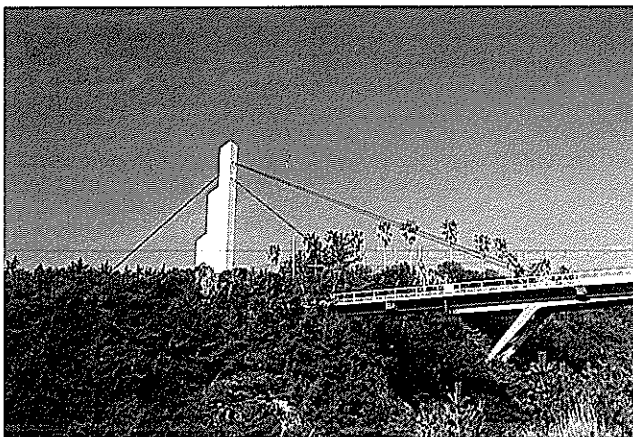


写真-1 完成状況

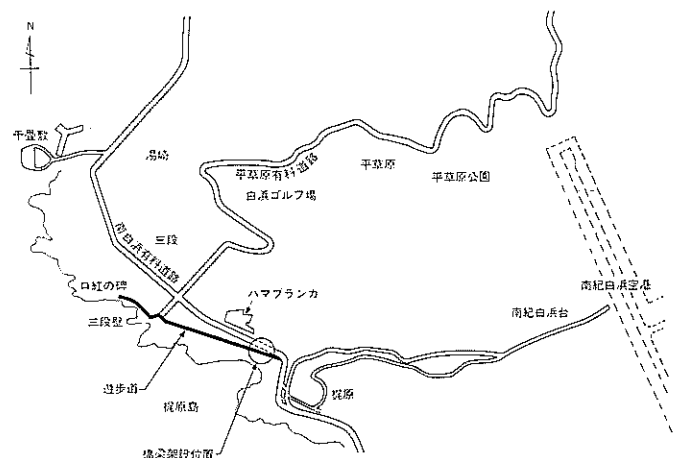


図-1 位置図

1) 本店 設計技術部 設計課 主任技師 Atsunobu TSUJIMOTO
 2) 本店 工事部 工事課 主任技師 Hiroshi ITAI

2. 構造概要

本橋は、路面からの深さが25m以上もある谷間に架かること、および、シンボリック的の形状を有する橋梁形式が望まれたことなどから、他礎式の複合構造斜張橋が採用された。

図-2には、一般図を示す。また、本橋の構造および工事概要は、表-1に示すとおりである。

表-1 工事概要

橋格	歩道橋
形式	複合構造斜張橋
橋長	68.000 m
支間長	67.000 m
有効幅員	3.000 m
床版	鉄筋コンクリート床版 (t = 160mm)
主桁	逆台形鋼箱桁 (腹板高h = 1.000 m)
塔	鉄筋コンクリート構造 (高さh = 27.000 m)
ケーブル	DINAアンカーケーブル (最大径φ 199mm)
鋼重	80.9 t
工期	平成元年12月20日 ~ 平成2年9月25日

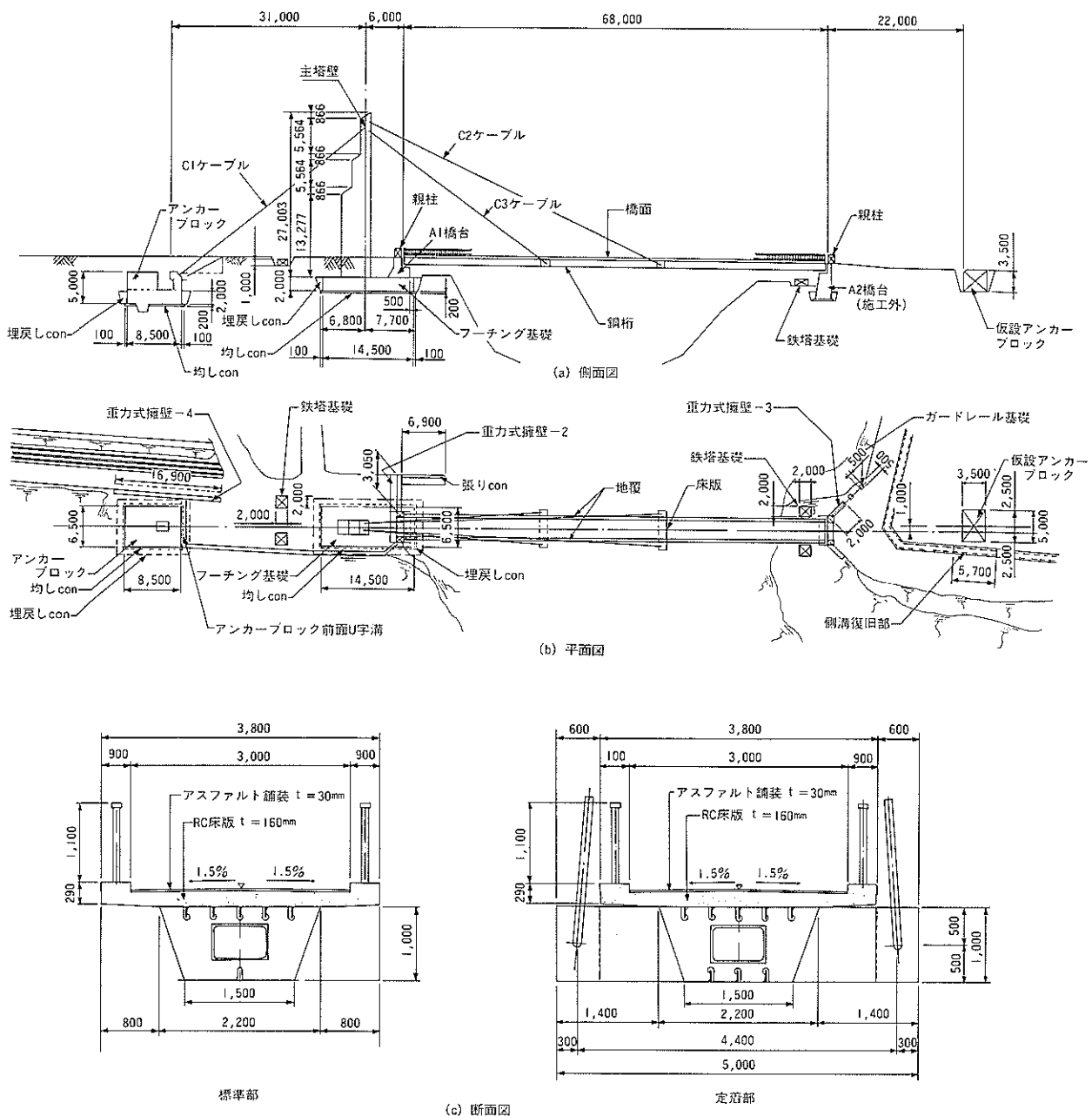


図-2 一般図

3. 設計概要

3.1 景観に対する配慮

本橋は三段壁の近くでもあり、そのイメージを主塔・主桁・高欄等で、表現するために下記のような工夫を加えた。

(1) 主塔

主塔は三段に段差を付け、表面には化粧型枠を用いて凹凸をつけて岩肌を表現した。また、三段壁に打上げる波をイメージした白色の吹付け塗装を施した。

(2) 主桁

三段壁下の海を表現するために主桁には青色の塗装を施した。

(3) 高欄

三段壁に打ち寄せる白波をイメージした銀色のアルミ高欄を使用するとともに、白浜町の町花である「はまゆう」をレリーフパネルにして組み込んだ。

(4) 避雷針

図-3に示すように、主塔の外観を壊さないよう平面的な避雷針を採用した。

3.2 プレストレス力の導入法

他碇式で非対称の斜張橋であるため、アンカーブロック側のケーブルにプレストレス力(250ft)を与えて、死荷重作用時には主塔基部に曲げモーメントが発生しないように

した。しかし、これを一度には導入できないので主塔の架設ステップに応じたプレストレス力を、順次導入する方法を採用した。

3.3 ケーブルの制振構造

本橋は、海岸線に位置していること、および、吊構造でもあることから、耐風対策を念頭にケーブル定着部には、図-4に示すような防錆処理を兼ねた制振装置を組み込んだ。以下に、この制振装置の特徴を述べる。

- a. 硬度の異なるバックアップ材とシール材とをケーブル端部のシース管内に層状に積み重ねることでダンパー効果が期待できる。
- b. シール材をケーブルとシース管との間に注入することにより、アンカー部への水の進入を防ぐことができる。
- c. 上述の装置は、シース管内に組み込まれるため、美観についても何等问题とはならない。

3.4 コンクリートアンカーブロック中のアンカーフレームの施工法

コンクリートアンカーブロックには、ケーブル定着用の鋼製アンカーフレームが埋め込まれている。このアンカーフレームは、ケーブルに張力が生じたときの変形量が大きく、フレーム前面のコンクリートにひびわれが生じる可能

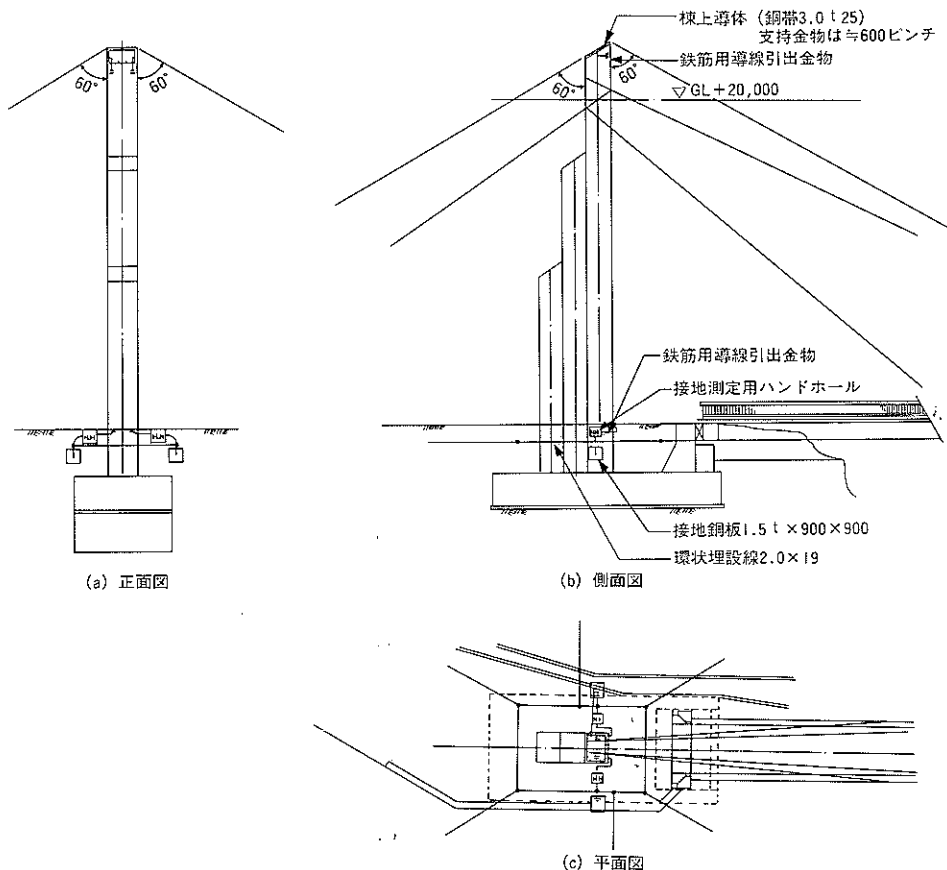


図-3 避雷設備工

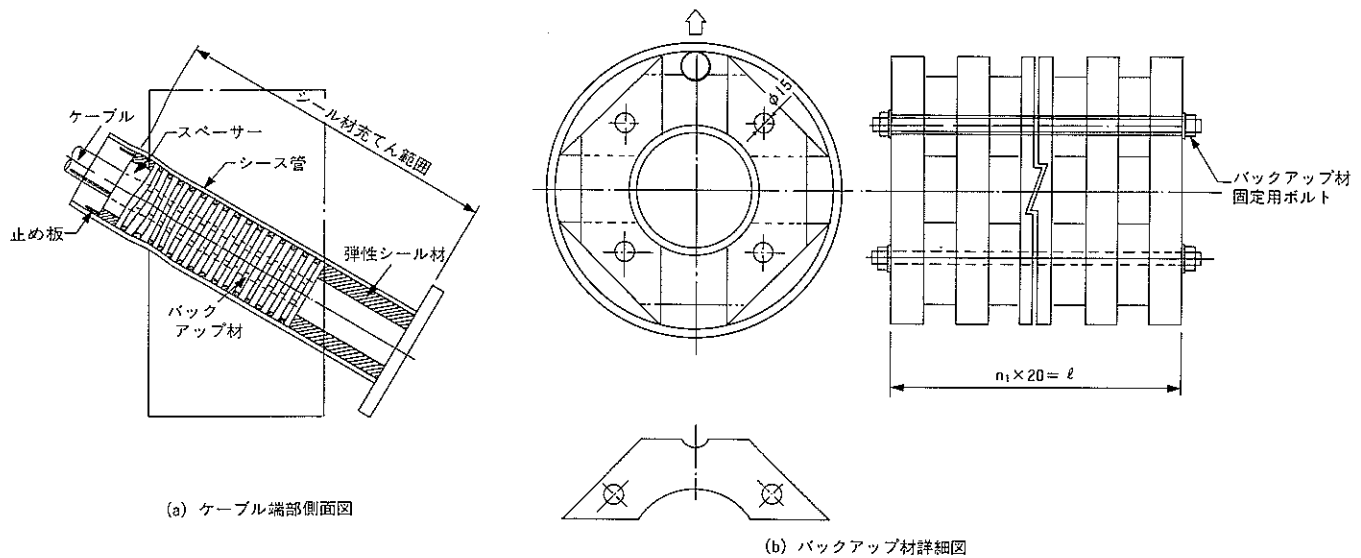


図-4 ケーブル端止水及び制振構造

性が高いものと考えられた。そこで、フレームの前面に発泡スチロールを接着し、フレームおよびアンカーボルトのコンクリートとの接触面にテーピングを施すことにより、アンカーフレームの支圧部分以外がコンクリートブロック中で容易に変形できるようにした（写真-2）。

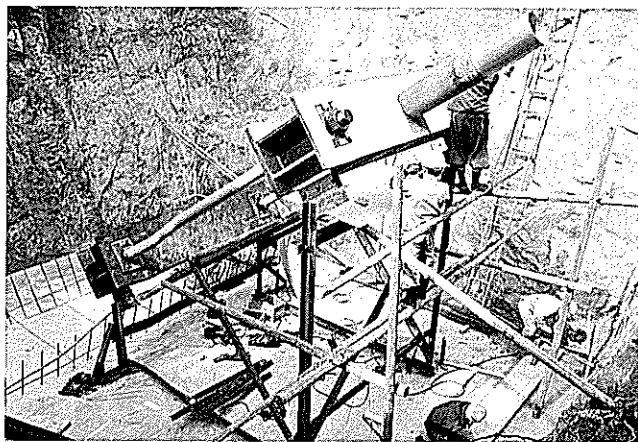


写真-2 ケーブルアンカーフレーム（C1ケーブル）



写真-3 施工前の状況

4. 架設地点の概要および架設工法の選定

4.1 架設地点の概要

本橋の右岸および左岸は、梶原谷を挟み断崖となっており、橋面下の谷底は入江になっている。また、この入江までは急勾配の狭い地道しかない状況であった（写真-3）。

4.2 架設工法の選定

主桁の架設工法は、下記の条件を考慮して選定した。

- 橋面下の谷底は、上述のとおり使用できない。
- ケーブルを架設する時に、右岸および左岸に大型クレーンを配置する場所が確保できない。
- 右岸において、アンカーブロックと主塔壁との距離がかなりあり、周辺の雑木を切り除いて搬入路を確保すれば、部材の荷取りおよびクレーンの設置が可能となる。
- 左岸には既設道路があり、容量20tクラスのクレーンおよび機材の搬入ができること、ならびに、ケーブルクレーン用のアンカーブロックを設置するスペースを確保することが可能である。

以上のa.～d.の条件に加え、ケーブルを架設する際の作業性のことも考慮して、最終的にケーブルエクシジョン（直吊）工法を採用した。

5. 施工概要

本工事の施工は、図-5に示す施工フローチャートに基づいて行った。また、表-2には実施工程表を示す。

5.1 主塔および下部工の施工

(1) コンクリートアンカーブロックの施工

現地測量の後、まず林道にかかる防風林の雑木を撤去し、大型ブレーカーおよびバックホーにて岩地盤の掘削を行った。掘削断面は、深さ5.0m、幅8.5m、掘削延長12.0mであった。

つぎに、DINAケーブル（バックケーブル）をセットするためのアンカーフレーム、およびケーブルクレーン用のア

ンカーフレームを設置した。また、ケーブルの引き込み、緊張、張力調整に用いるセンターホールジャッキを操作するためのマンホールも設けた(写真-4)。なお、このブロックのコンクリート体積は350.0m³であり、これに作用するケーブル張力は342.7tfである。

このコンクリートブロックの施工に際し最も苦慮した点としては、工期を短縮するためDINAケーブルの製作と主塔および下部工の施工とを平行して行ったので、ケーブルの長さが決定されており、アンカーフレームの据え付け高さ、および、主塔からの据付水平距離をシム量などで調整できる最小限の誤差範囲内におさえる必要があったことがあげ

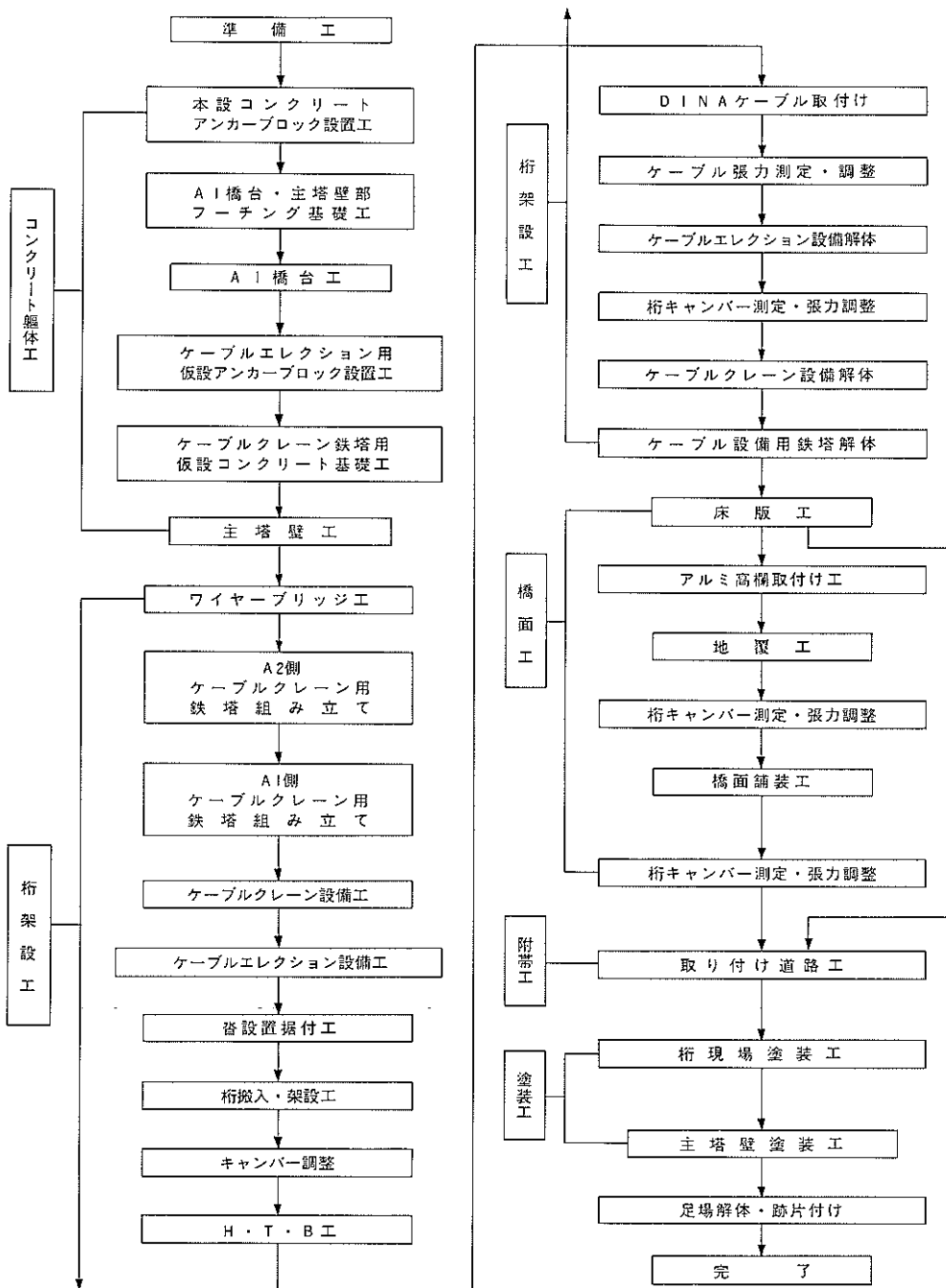


図-5 施工フローチャート

表-2 工程表

工種	年月	平成21年										
	平成元年	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
設計照査		—										
材料・購入品手配		—	—									
原寸・工場製作			—	—	—	—						
施工計画・準備工		—	—									
アンカーブロック 設置工・(本設)				—	—							
A1橋台・主塔壁 フーチング基礎工				—	—							
アンカーブロック 設置工・(仮設)					—							
鉄塔用仮設基礎工						—						
主塔壁工												
ワイヤーブリッジ 落下防止ネット工												
A1・A2側 ケーブル鉄塔組立												
ケーブル設備工												
沓据付・桁架設工												
DINAケーブル 取付け工												
張力測定・調整												
橋面工(床版他)												
取付け道路工												
現場塗装工												
足場解体・跡片付												

られる。

(2) フーチング基礎の施工

主塔およびA1橋台の位置を、光波測距機にて正確に測量し、これらの位置を基準にしてフーチングを施工した。掘削断面は、深さ5.0m、幅8.5m、掘削延長18.0mであった。

主塔およびA1橋台の基礎となるこのフーチングは岩定着であるため、コンクリートの定着面を整形・清掃した後に、均しコンクリートを打設した。さらに、フーチングの鉄筋

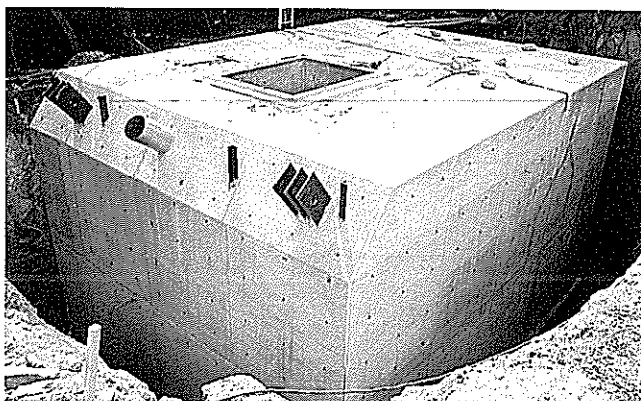


写真-4 ケーブルアンカーブロックの施工状況

を配筋するとともに、主塔、および、A1橋台の基礎鉄筋を配置して、型枠を組み立ててコンクリートを打設した。なお、コンクリート体積は275.0m³であった。

(3) A1橋台の施工

フーチング部に埋め込んだ基礎鉄筋に橋台の鉄筋を結束・配筋し型枠を組み立てた後、橋台下面のコンクリートを打設した。A1橋台には水平方向の固定支承が設置されるので、支承のアンカーボルト用の箱抜管をセットした後、コンクリートを打設した。

(4) 架設用のアンカーブロックおよび鉄塔基礎の設置

架設用アンカーブロックの設置のためA2橋台後方22mの位置を掘削し、架設用ケーブル設備のアンカーフレームをセットした後、コンクリートを打設した。

A1側の鉄塔基礎は、主塔の中心よりアンカーブロック側に12.0mの位置に設置した。また、A2側の鉄塔基礎は、A2橋台の支承の中心から3.0mの位置に設置した。

(5) 主塔の施工

主塔は、フーチングの天端より塔頂部までの高さが27.0mあり、三段壁をイメージする側面形状を有していること、および、外壁面に特殊型枠を使用する必要があったことから、施工に際し種々な検討と工夫を加えた。

埋め戻しにより土中に埋まるフーチング近傍については通常の型枠を使用し、地表より上の部分には特殊型枠を用いた。主鉄筋としてはD32を使用し、10mの長さの鉄筋を圧接して塔上部まで組み上げて行く必要があった。そこで、鉄筋の圧接位置、塔形状変化位置、コンクリートのボリュームおよび特殊型枠の割り付け等に関して慎重に検討し、コンクリートの打設回数を決定した。

発泡スチロール製の特殊型枠（57cm×96cm）は、通常のコンクリートパネル（90cm×180cm）とは形状・寸法が異なるため、通常の型枠を打設回数ごとの形状寸法に組み上げた後、特殊型枠の割付を行い釘で固定した（写真-5）。

また、主塔先端に埋めこまれる本設ケーブルを固定するための鉄骨は、とくに設置精度に十分注意して施工した。

写真-6には、主塔壁面の施工状況を示す。

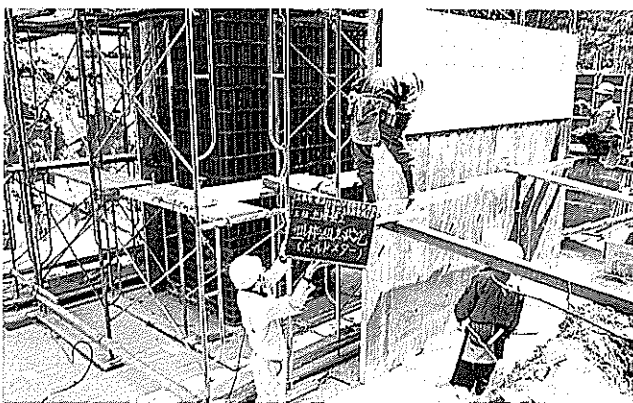


写真-5 主塔の型枠の組立状況

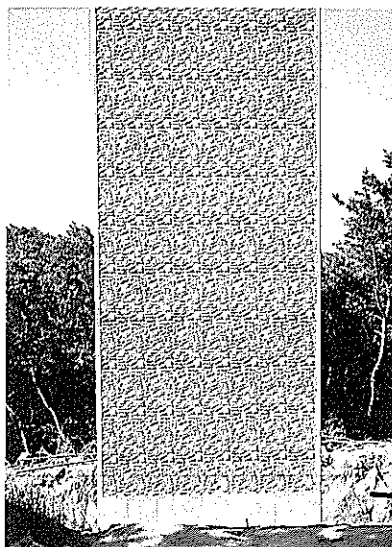


写真-6 主塔の施工状況

5.2 主桁の架設

(1) ワイヤブリッジ工

主桁の架設に先立ち、橋梁面より谷底までの深さが25mあることから、作業の安全性を確保するため、ワイヤブリッジ（落下防止用キャッチネット）を設置した。A1・A

2橋台の側面の両側にワイヤー固定用の金具をセットしたワイヤーを緊張した後、A1側で安全ネットを取り付けA2側へと送り出していった。

(2) 鉄塔の組立て

20t吊の油圧クレーンによりA1側に20m、A2側に21.5mの高さの門型鉄塔を転倒防止材を施しながら組立た。中段および塔頭部に踊り場を設置し、さらに塔頭部にはケーブルクレーン設備用の治具を取り付けた。

(3) ケーブル設備工

A1側のアンカーブロック上にウインチを2台配置し、両岩のアンカーフレームにケーブルワイヤーを引き込むシーブをセットした後、クレーン用のトラックケーブルを取り付けた。そして、キャリアー・横桁索・巻上げ索等を設置してクレーン設備を完了した。

エレクション設備は、上述の設備を利用して設置した。エレクションハンガーの位置のマーキングおよび取付けを行うため、ゴンドラをケーブルクレーンにセットして、上下流のエレクションケーブルの同位置に取付けた。本設備のエレクションハンガーとしては、桁のキャンバーの調整を容易にするため、チェーンブロックを使用するとともに、これらには荷重計をセットした。

(4) 桁架設工

まず、支承の据付けを行った。つぎに、A1主塔側より荷取りを行い、エレクションケーブルに荷重が均等に作用するように、A1およびA2側の桁を交互に架設した。そして、最終的に、径間中央部のブロックを落とし込んだ（写真-7）。

架設時期が真夏であったため、温度変化等の影響が最も小さい早朝にキャンバーを測定し、調整を繰返して、高力ボルトの締め付けを行い架設を完了した。

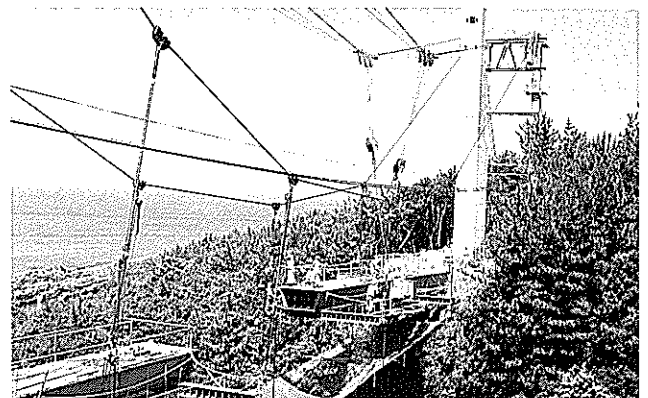


写真-7 主桁の架設状況

(5) DINAケーブルの取付け

バックケーブルの主塔側から20t油圧クレーンを用いてケーブルを吊上げ、アンカーブロックのマンホール部に設置したセンターホールジャッキ（容量：600tf）にて、ケーブルの引込みを行った。その他のケーブルは、桁上に展開した後20t油圧クレーンとケーブルクレーンの相吊により、

A2側からA1側へ向けて取付けを進めた(写真-8)。すべてのケーブルの引き込みを完了した後、バックケーブルより順次緊張して張力を導入した。

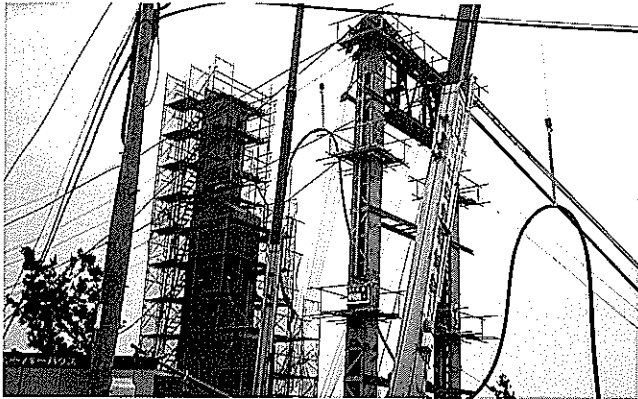


写真-8 ケーブルの架設状況

(6) ケーブル設備の解体

エクシジョン設備の解体は、組み立て時とは逆の順序で行った。その際、主桁側の上・下流ケーブルの張力の不均等を修正するため、この時点においても張力調整を行った。

(7) 床版工

床版コンクリートは、ケーブルに張力が均等に生じるように打設順序等に注意してポンプ車で打設した。真夏の施工であったので十分な養生を行った。その後、アルミ高欄の取り付け、地覆コンクリートの打設を行った。

6. ケーブルの張力調整および対数減衰率の測定

6.1 ケーブルの張力調整

床版および地覆を施工した後、主桁のキャンバーを考慮しながらケーブル張力の調整を行った(写真-9)。ケーブルの張力は、温度変化による測定誤差が極力含まれないようにするため早朝に測定した。そして、午前中に調整シム量を算出し、午後から張力の調整作業を行った。最終的に、ケーブルの張力は設計値に対して±5%の誤差の範囲内に入り、キャンバーも十分精度よく管理できた。



写真-9 ケーブル張力の測定

6.2 ケーブルの対数減衰率の測定

ケーブル端部の止水構造および制振構造については、これまでの実施例を調査・分析し、施工性に関しても改良を加えた(写真-10)。この制振構造の制振効果に関しては、ケーブルの減衰率などを測定して検討を加えた。

図-6には、各ケーブルの対数減衰率の変化を示す。

この図からわかるように、制振構造の施工前に比べ施工後では、対数減衰率が2~4倍になっている。したがって、今回採用した制振構造は、減衰率を高めるのに効果があったものといえよう。



写真-10 ケーブルの制振装置の取付状況

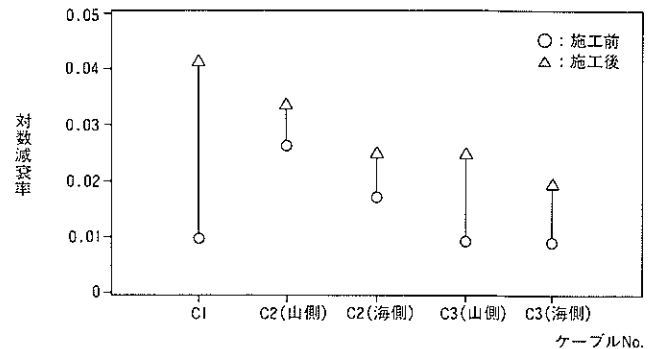


図-6 ケーブルの対数減衰率の測定結果

7. あとがき

以上、鉛山橋(白石橋)の工事概要を報告したが、本工事の施工途中においては、大型台風が2度にわたって白浜に上陸し、台風対策およびその後の片付けに苦慮したことが今でも記憶に新しいところである。幸いにも、この時期には工事の大半を完了しており、取り付け道路の施工を残すだけであったので、被害を受けることなく工事を完了できた。

近年、橋梁も地域性と環境に調和した意匠および構造になりつつある中で、観光地白浜で本橋の工事の担当ができたことと、本工事の着工から完成に至るまで、御協力を賜った田辺土木事務所の関係各位、ならびに白浜町の方々に深く感謝申し上げます。