

保津川上路アーチ鉄道橋の架設

The Construction of the Hozugawa Railway Bridge

松本 泰成*
Yasunari MATSUMOTO

Summary

The Hozugawa Railway Bridge is a deck arch bridge constructed in a narrow valley for San-in Lines of the Japanese Railways.

This report describes the cable crane method of using diagonally hanging, construction facilities for the block weighing of more than 50 tons and the construction of an earth anchor for the cable anchor, in conjunction with the construction of the above-mentioned bridge.

1. まえがき

山陰本線の京都・園部間の複線電化工事の一環として京都保津川溪谷をまたぐ5橋梁のうち、園部方の第4及び第5保津川橋梁の架設工事を担当した。(図-1)

保津川溪谷は、京都でも有数の景勝地として名高く、景観に調和するようデザインされた橋梁の架設計画に当たっては、仮設備の設置などにもできるかぎり地形に手を加えないよう求められた。

このような自然条件から、工事は工事用道路を設けず片押しの形で進められたため、対岸での仮設備の設置はヘリコプター、仮ケーブルクレーンを用いるなど工夫を要した。

また、第4橋は国鉄初の上路式の鋼2ヒンジソリッドリブアーチであり、この大断面箱桁の架設には、吊能力30tの大型ケーブルクレーンを2系統設けるとともに、大反力の斜吊設備を必要とした。

これらのケーブルのアンカーとして、アンカーブロックは景観上からも設けられないため、地山へのアースアンカー工法を用いた。鋼桁の架設に用いたアースアンカーとしては最大級の反力を持つ設備である。

本文では、この第4橋と第5橋の架設の特徴について報告する。

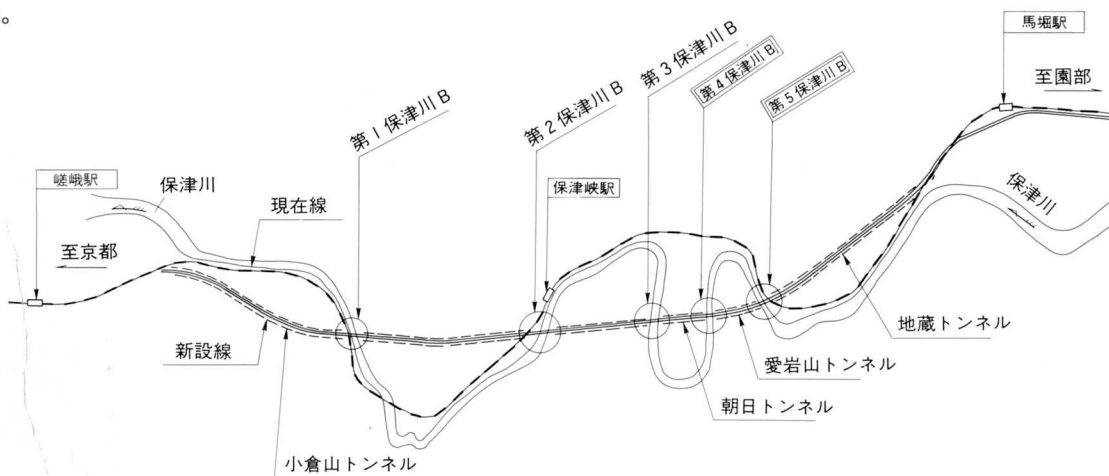


図-1 施工位置図

* 宮地建設工業(株)技術部技術二課

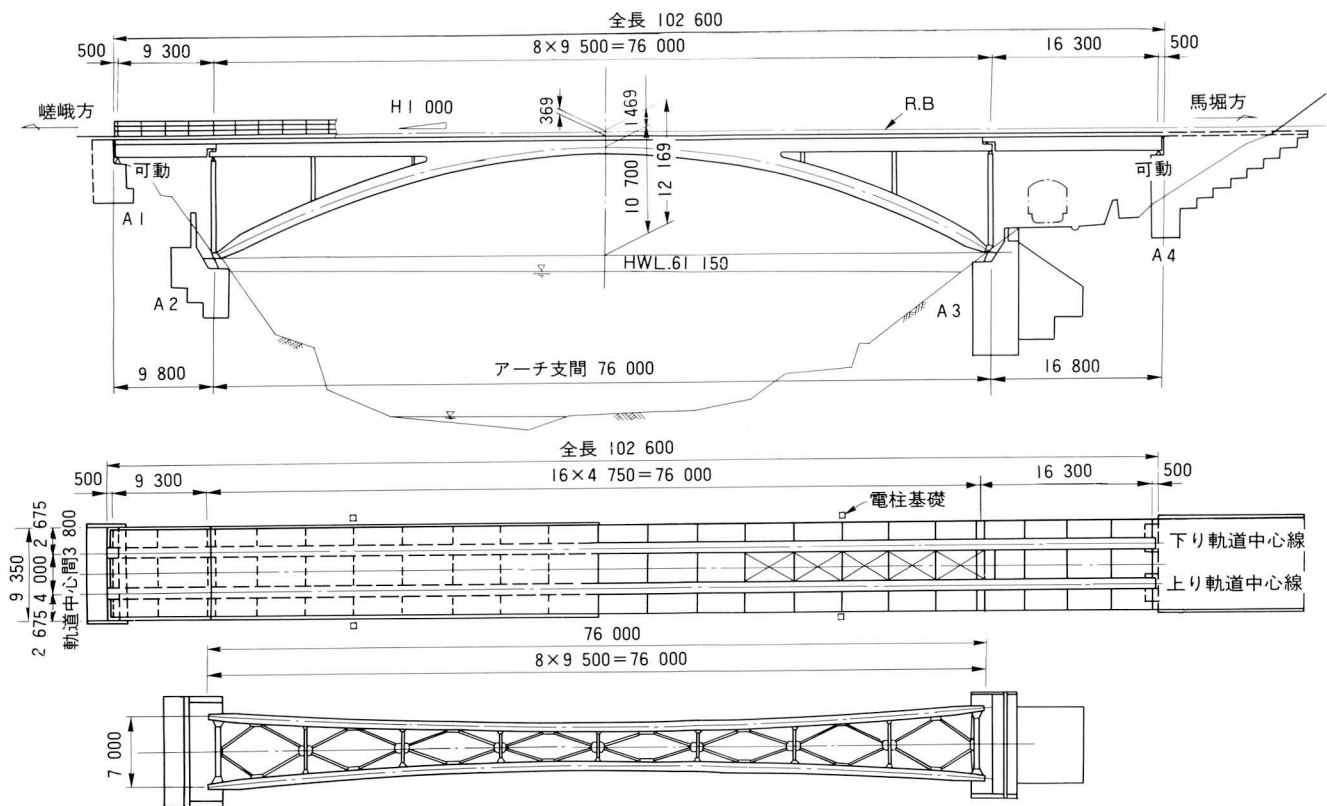


図-2 第5保津川橋梁一般図

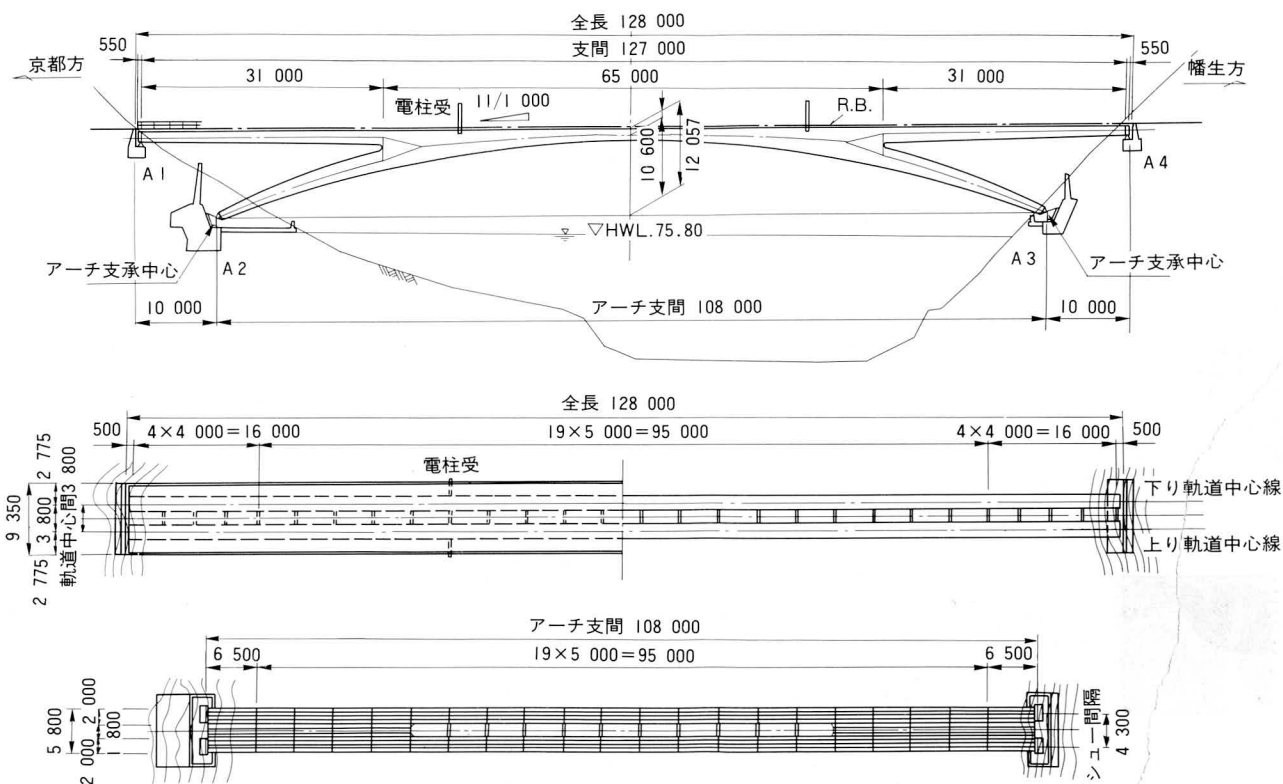


図-3 第4保津川橋梁一般図

2. 橋梁概要

表-1に橋梁の諸元を示すが、第4橋がアーチ支間108.0m、第5橋がアーチ支間76.0mという鉄道としては大型の上路補剛アーチ橋である。

また錆安定化処理をした耐候性無塗装橋梁として、そのデザインとともに景観に合うよう期待されている。両橋の一般図を図-2と図-3に示す。

表-1 橋梁諸元

	第5保津川橋りょう	第4保津川橋りょう
架橋位置	保津峡・馬堀間17.500km	保津峡・馬堀間17.073km
線路等級	2級線	2級線
設計活荷重	KS-16	KS-16
橋長	101.600m	128.000m
アーチ支間	76.0m	108.000m
橋梁型式	スラブ軌道直結式 上路補剛アーチ桁	スラブ軌道直結式 上路補剛アーチ桁
鋼重	530.6 t	864.2 t
平面線形	直線	直線
縦断勾配	11/1000	11/1000

3. 架設要領

(1) 概要

本橋梁の架設にあたっては、このルートの一連の工事が、馬堀方を基地にして、片押しでしか部材搬入が出来ないため、地蔵トンネルを工事用道路として、第5橋の架設を行い、次に第5橋を工事用道路として、愛宕トンネルの施工、さらに第4橋の架設という順にての施工となった。第5橋については、架設地点が、保津川と山陰本線を跨ぐ渓谷、また、第4橋についても保津川を跨ぐ渓谷に位置しており、2橋共に、ケーブルクレーンによる斜吊工法で架設を行なった。

(2) 架設手順

まず、第5橋についてみると、A₁、A₄側の桁架設用ケーブルクレーン(20t吊)用アンカーの施工と、A₂、A₃橋台の沓アンカーフレームの据付けは、下部工事用の簡易ケーブルクレーン(2.9t吊)を利用した。

アーチ固定沓の据付後、A₁、A₄橋台に架設用ケーブルクレーンの鉄塔の建方を行なったが、対岸に重機が入れないため、前述の簡易ケーブルクレーンで鉄塔建方用ジブクレーン(2t吊)をA₁に組立て、鉄塔材を荷捌きして、ジブクレーンで一部材ずつ組立て、クライミング工法により鉄塔の建方を行った。A₄側については、構台栈橋を利用して、トラッククレーンで建方を行なった。

鉄塔建方後のアーチ閉合および高力ボルト本締めまでの架設順序は次のとおりである。

- ① ケーブルクレーン(20t吊)張り渡し、設置
- ② A₂、A₃橋台に斜吊鉄塔を設置(ケーブルクレーンを使用)
- ③ 斜吊鉄塔に斜吊設備を取付け。
- ④ アーチ部材の架設、閉合(斜吊にて逐次剛結)
- ⑤ 斜吊設備の解放、撤去(アーチ部のH.T.B本締め後)
- ⑥ 補剛桁架設
- ⑦ 吊り足場防護工の設置
- ⑧ H.T.Bの本締め

第4橋についても、同様な手順である。図-4に、施工手順図を示しておく。また、図-5に施工要領図を示しておく。

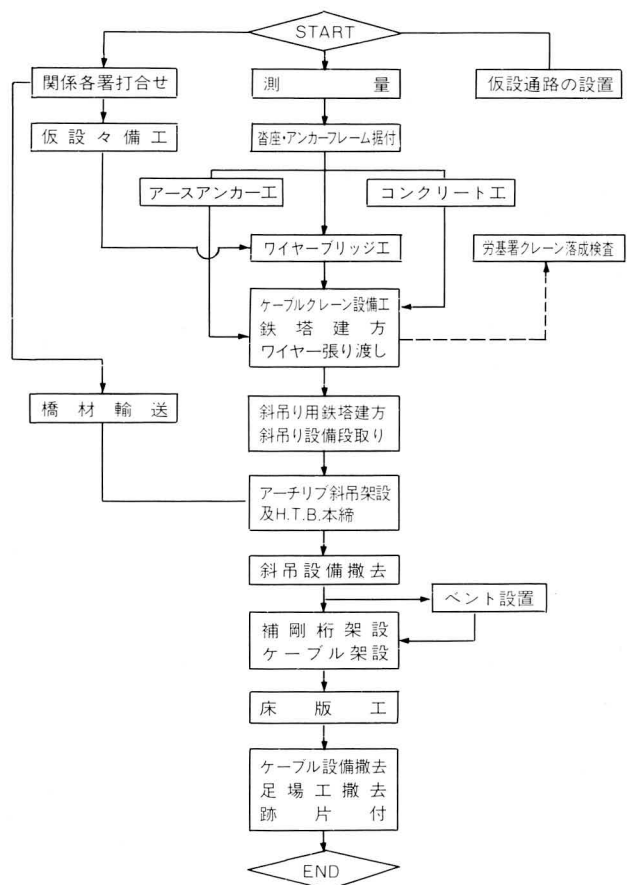
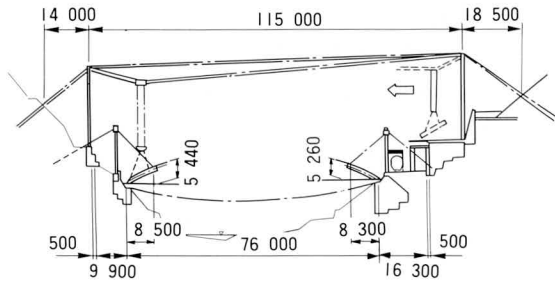
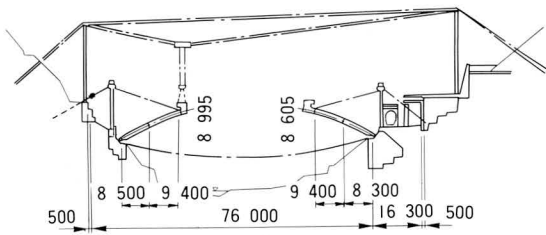


図4 施工順序図

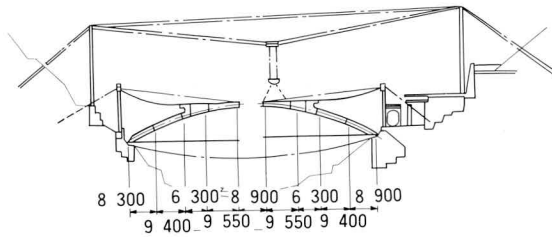
①アーチリブ斜吊架設(1)



②アーチリブ斜吊架設(2)



③アーチリブ斜吊架設(3)



④補剛桁架設

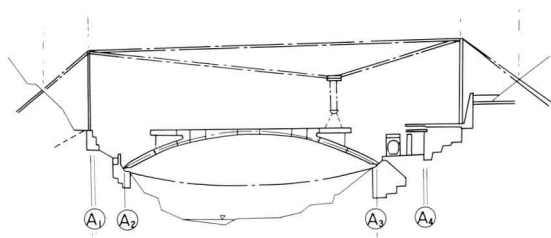


図-5 施工要領図

写真-1・2に第5橋の架設状態を、写真-3・4に第4橋の架設状況を示す。

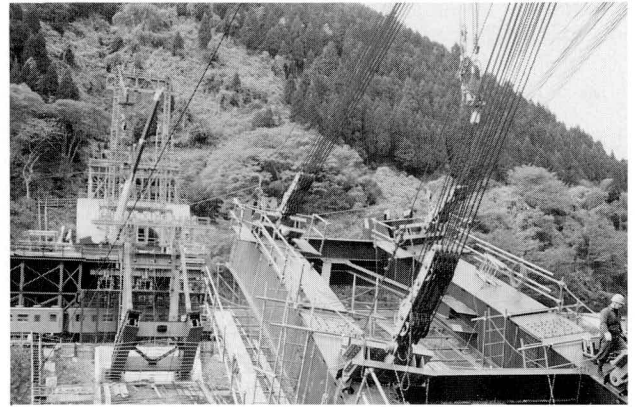


写真-1 第5橋のアーチの架設

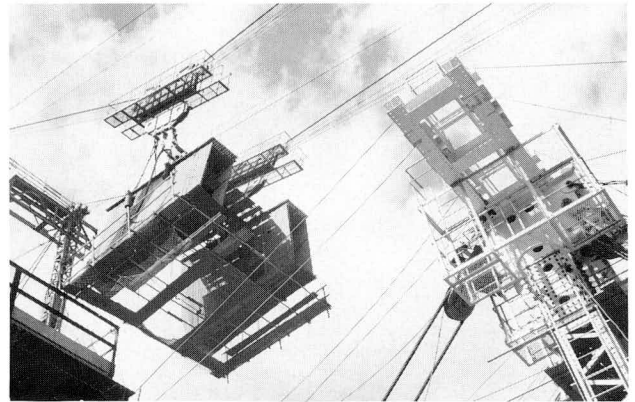


写真-2 ブロック組みしたアーチリブ



写真-3 第4橋隅角部断面の架設



写真-4 第4橋のアーチの架設

(3) 測量と沓の据付

アーチの固定沓を桁架設前に完全に固定するに当って、アーチ支間の測量精度が、橋体出来上がりキャンバー及び架設時残留応力等に直接大きな影響をおよぼすため、工場の仮組検査記録、架設時の気温等を考慮して、沓の測量と据付けを入念に行なった。測量は光波測距儀を用いて行ない、架設時点での据付け誤差は支間で第5橋については+3mm、第4橋については-5mm、鉛直方向については2橋共1mm程度であった。良好であると判断できたので橋体を仮組状態のまま架設を行なった。

(4) ケーブルクレーン設備

ケーブルクレーンの仕様と主要資材を表-2に示す。第4橋では、大断面のソリッドリブアーチの隅角部の架設ブロックが54tとなり、ケーブルクレーンは30t×2系統の設備を必要とした。これは山間部としてはきわめて大型の設備である。

表-2 ケーブルクレーンの仕様と主要資材

	第5保津川橋りょう	第4保津川橋りょう
ケーブルスパン	L=118.000m	L=146.800m
ケーブル系統	2系統	2系統
定格荷重	20.0t×2	30.0t×2
門型鉄塔	A ₁ □800×800×24.652m B=7.0m	□800×800×28.890m B=7.0m
	A ₂ □800×800×27.652m B=7.0m	□800×800×25.890m B=7.0m
中央サグ量	f=11.0m	f=13.0m
左右高低差	H=3.95m	H=20.055m
運搬索	1-66φ	2-66φ
捲上索	1-20φ	1-20φ
往行索	4-20φ	4-20φ
ウインチ	50HP複胴ウインチ×2台	75HP複胴ウインチ(油圧)
アンカー	アースアンカー	アースアンカー

(5) アースアンカーの施工

ケーブルクレーンと斜吊索のアンカーは、急斜面の岩盤である事から、アースアンカー工法を採用した。工事完了後の景観上の配慮からも、的を得た工法である。

設計は“アースアンカー設計・施工基準”(土質工学会)に基づいて行なった。安全率は、荷重の偏心および繰返し荷重等によるアンカー耐力の低下を考慮して、Fs=2.5とした。施工したアースアンカーの諸元を表-3に示す。

アースアンカーは検討の結果、当社では実績のない、SEEEケーブル(F360)を用いることにした。図-6にスペーサーを取付けたケーブルを示す。

表-3 アースアンカーの諸元

ケーブルクレーン	種別	第幾橋	計画荷重	引張鋼材 (SEEEストランド)	定着長		自由長		アンカー本数(本)
					(M)	(M)	(M)	(M)	
ケーブルクレーン	運搬索	第5	110.0t	F-200(19×9.5φ)	13	5	18	4	
		第4	75.0t	F-160	8	4	12	8	
	A ₁ 控索	第5	30.0t	F-70(7×9.5φ)	4	5	9	2	
		第4	25.0t	運搬索と兼用	—	—	—	—	
	A ₂ 控索	第5	20.0t	F-70(7×9.5φ)	3	5	8	2	
		第4	25.0t	運搬索と兼用	—	—	—	—	
斜吊り	A ₁ 側	第5	70.0t	F-160(7×15.2φ)	9	5	14	2	
		第4	212.0t	F-360	15	5	20	4	
	A ₂ 側	第5	85.0t	F-160(7×15.2φ)	10	5	15	2	
		第4	212.0t	F-360	15	5	20	4	

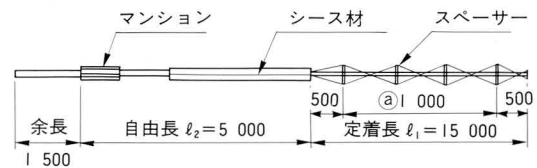


図-6 SEEEケーブル

施工に当っては、図-7の施工順序図に従い以下の施工手順によった。

- ① φ45mmのボーリングロッドにφ165mmのケーシングパイプを取付け、清水を送りながら着岩するまで穿孔する。
- ② 孔壁を保護したあと、φ140mmのビットにて所定の深度まで穿孔する。穿孔深度は20mである。
- ③ 穿孔後、ケーブルをケーシングパイプ内に挿入。
- ④ あらかじめケーブルに取付けておいたグラウトホースに注入ホースを取付け、グラウトポンプにより、モルタルを圧送し、孔口より注入したモルタルと同濃度のものがリークする迄注入した。セメントミル

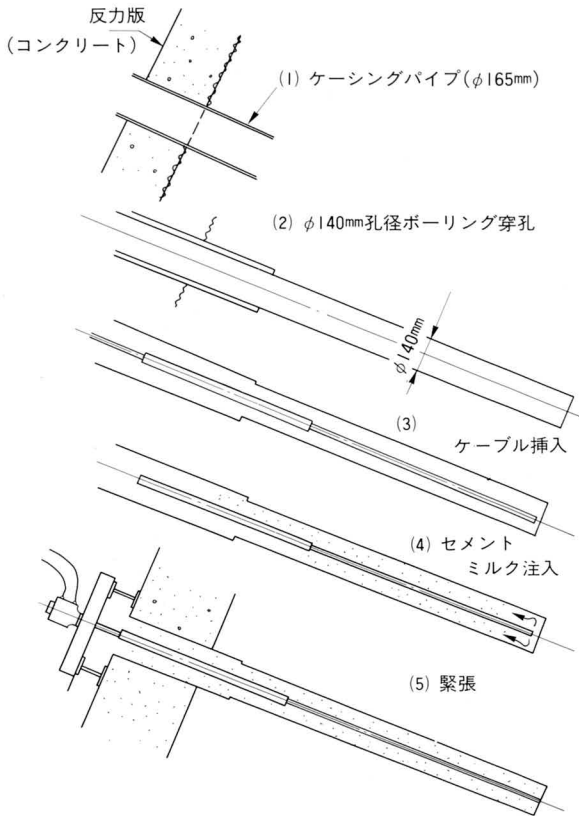


図-7 アースアンカー施工順序

ク的设计基準強度は240kg/cm²として配合を行った。セメントミルクの配合表は表-4とした。

- ⑤ 注入完了後、3日の養生期をおき、ストロングホールドジャッキにて緊張を行ない、結果を“緊張管理図”にて管理した。

表-4 セメントミルクの配合表

設計基準強度	フローの範囲	混和剤	単 位 量 (kg/m ³)		
			セメント	水	混和剤
240kg/cm ²	14±3秒	G F-630 C×1%	1370	562	13.7

アンカーの引張り試験方法については、計画引張り荷重Pに対して、

※第1サイクル 0.2P⇔0.4P⇔0.6P

※第2サイクル 0.6P⇔0.8P⇔1.0P

※第3サイクル 0.6P⇔0.8P⇔1.0P⇔1.2Pの要領で行なった。なお荷重保持時間は1行程当り10分として、除荷重時間は1分と2分、履歴内の荷重時間も1分、2分単位として試験を行なった。また試験結果の判定は次式によって行ない、実測値の伸びΔlが次式の範

囲に入っていればアンカーの状態が正常であると判定した。

F200T (19×9.5φ) についてみると、伸びの上下限值と実測伸びは以下ようになる。

$$\Delta l_1: \text{下限の伸び (cm)} = \frac{(P-P_0) \times l_f \times 0.8}{A_s E_s}$$

$$\Delta l_2: \text{上限の伸び (cm)} = \frac{(P-P_0) \times (l_f + l_a/2)}{A_s E_s}$$

Δl : 実測の伸び (cm)

P₁ : 設計荷重 (t) = 110 t とする

P : 緊張荷重 (kg) = 1.2P₁ = 132 t

P₀ : 初期荷重 (kg) = 0.2P₁ = 22 t

l_f : 鋼線の自由長 (cm) = 500cm

A_s : 鋼線の断面積 (cm²) = 10.42cm²

E_s : 鋼線弾性係数 (kg/cm²) = 1.0×10⁵kg/cm²

l_a : 定着長 (cm) = 1300cm

とすると

$$\Delta l_1 = \frac{(132-22) \times 10^3 \times 500 \times 0.8}{10.42 \times 1.85 \times 10^6} = 2.27 \text{ cm}$$

$$\Delta l_2 = \frac{(132-22) \times 10^3 \times (500 + 1300/2)}{10.42 \times 1.85 \times 10^6} = 6.54 \text{ cm}$$

試験結果は、表-5に示すように、平均伸び量 Δl = 5.9cmとなり Δl₁ < Δl < Δl₂ と計算値を満足する。

施工中も閉合直前には伸び量が上限値 (Δl₂) に近くなるケースもあり、載荷時の伸び量については、常時チェックを行い荷重のバランス等に十分注意して架設を進めた。試験の結果を表-5に、また、引張試験の状況を写真-5に示す。

表-5 P=132t 載荷時のワイヤーの伸び量

試験本数	1本目	2本目	3本目	4本目	平均
伸び量	5.6cm	6.1cm	5.3cm	6.4cm	5.9cm

(6) 斜吊設備

斜吊りの方法としては、前方斜吊り索と後方控索を鉄塔頂部で別々に固定する塔頂固定形、または前方斜吊り索と後方控索を1本のワイヤーで、鉄塔頂部をスライドさせてアンカー迄通す、鉄塔頂部フリー形の2形式が考えられる。前者の方法を斜吊り点数の少ない第5橋に、前者と後者の併用方法を斜吊り点数の多い第4橋に適用した。なお、斜吊りについては2点の吊点を用意し、架設は斜吊り索を盛り替えながら、常に1点の斜吊りとして計画を行った。また、第4橋の場合は閉合時のキャン

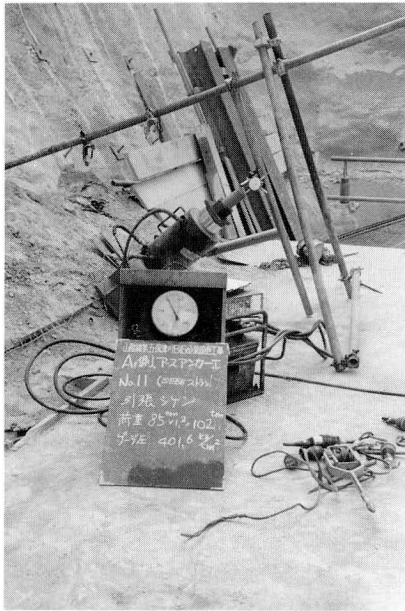
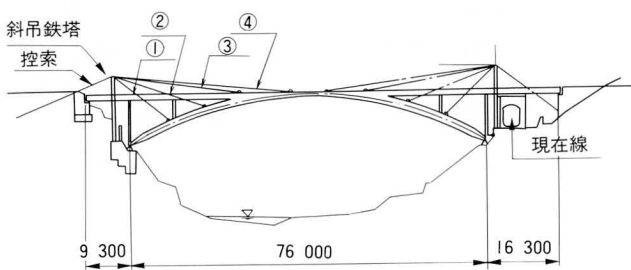


写真-5 アースアンカー引張試験

バー保持として、3段目の斜吊り索をアーチ閉合まで残して使用した。図-8、9に斜吊り段数と、計画張力を示す。

(7) リブアーチの架設と閉合

アーチリブの架設は、すべてケーブルクレーンを使用した。部材の取込みは、A₄橋台方の桁組立場でトラッククレーン（第5橋は45t吊油圧式、第4橋はクローラー

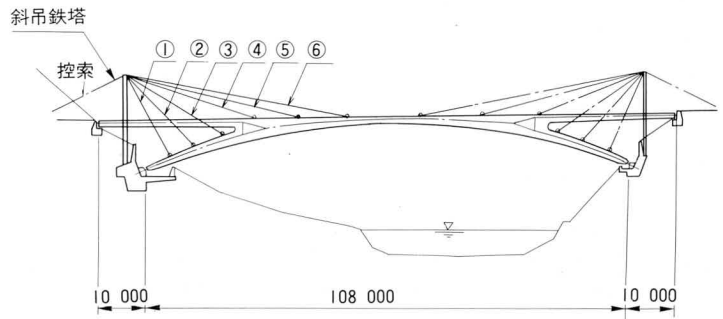


○内数字は斜吊点数を示す

<計画張力>

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
斜吊索	60.2 t	59.6 t	104.2 t	120.2 t
控索	56.7 t	64.7 t	118.8 t	137.9 t
張力差	3.5 t	-5.1 t	-14.6 t	-17.7 t

図-8 斜吊り段数と張力(第5橋)



	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
斜吊索	85.3 t	74.4 t	71.2 t	118.7 t	160.3 t	214.1 t
控索	26.4 t	43.8 t	56.0 t	105.7 t	152.3 t	208.7 t
張力差	58.9 t	30.6 t	15.2 t	13.0 t	8.0 t	5.4 t

図-9 斜吊り段数と張力(第4橋)

クレーン150t吊を使用)を使用してブロック組みを行ない、ケーブルクレーン2台で相吊りにより、両岸より中央部に向かい交互に架設した(図-5参照)。閉合については50mmの開きが出る計画で上げ越し量を設定し、閉合時は、後方控索のアンカー付きにセットしているシリンダーブロック(150t)を前方に繰り出す事によって閉合作業を行なった。(写真-6、7)

(8) 支柱および補剛桁の架設

中間及び端柱については、桁組立場で組立て、キャリヤー2台で相吊りにより一括架設を行なった。

第5橋補剛桁については、アーチリブより両支点に向かってベントを使用して1ブロックずつ組立てた。

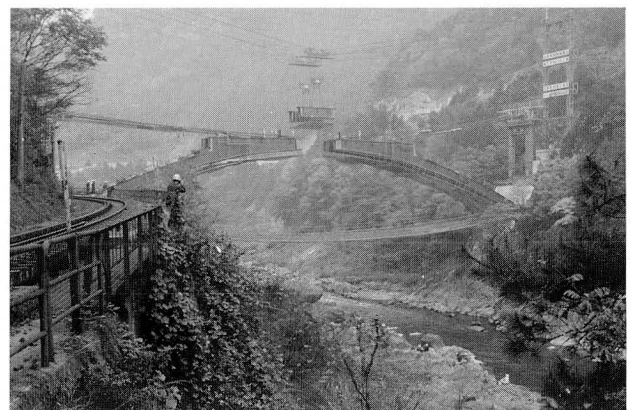


写真-6 第5橋のアーチの閉合



写真-7 アーチ部材の閉合(第4橋)

次の作業が進められている。特に、62年3月のJRへの引き継ぎ時期に重なった事で行程はもとより、関係者のご苦労は大変なものであった。国鉄の関係者をはじめ、資料の提供にご協力いただいた、飛鳥建設株式会社の関係者の方々には誌上を借りてお礼申し上げます。

また、鋼桁の製作は、第4橋は(株)横河橋梁製作所、第5橋は川崎重工業(株)である。両社の担当者にも工事にあたりお世話になりました。

住友金属工業(株)の製品ニュース110号では、耐候性鋼板橋梁として、第4橋の施工状況の写真が多数取上げられており、参考にさせていただきました。

4. あとがき

景勝地として名高い渓谷での、きびしい条件の中での架設工事も完了し、現場では本橋梁を工事用道路として

グラビア写真説明

浜岡原子力館

太平洋を前にして、東に富士、西に浜名湖、どこまでも続く白い砂丘と緑の松林、白い砂と青い空と海とのコントラストが美しいここ浜岡に、昭和51年中部電力株式会社初の原子力発電所が運転を開始しました。以来53年の2号機、62年の3号機と共に、中部地区の家庭や工場、会社へ電気を送っています。

浜岡原子力館は、原子力発電のPRのため、約20億円余をかけ発電所内に建設される建物です。展示物は実物大の原子炉の模型や、半円球型スクリーン映像などが設置されます。鉄骨は建物が大変斬新でユニークな型をしているため、柱・梁とも、共通性が少なく、曲げ加工が多く、大変複雑で難しい鉄骨でしたが、精度よく施工する事が出来ました。(田中)

神祇大社殿一の鳥居

神祇大社殿が都内から、伊豆高原サボテン公園前の広大な地に移転するに伴い、建物の他、鳥居の建立も計画された。ゆるやかな斜面に自然石を配した用地の造成がなされ、建物も木の香りのすばらしい本格的木造建築である。古来の神社建築に造詣の深い設計者も、鳥居については、大きな材木や石材の入手が困難であることに頭を痛めておられたようであった。また、当地を襲った伊豆沖地震のこともあり、構造物として十分な耐震性のチェックが必要でもあった。そこで、当初は鉄筋コンクリート構造で計画されていた模様であったが、当社の鋼製鳥居が、その耐久性、色調、構造物としての安定性等、施主・設計者の理解が得られ、ここに実現をみたものである。本件が静岡方面における実績として、今後の展望に結びつけば幸いである。(織田)