

(70) 茶間川橋の施工

本州四国連絡橋公団 川戸 彰
 本州四国連絡橋公団 大川 宗男
 鹿島・安藤 J V 正会員 ○ 尾鍋 卓巳

1. はじめに

茶間川橋は、本州四国連絡道路(神戸・鳴門ルート)の明石海峡大橋から約1.5km地点の淡路島北端に位置する。本橋の構造形式としては、地形条件等から鉄筋コンクリート(RC)固定アーチ橋が(図-1)、アーチリングの架設工法としては、斜吊材を用いた張出し架設工法(ピロン工法)が採用されている(図-2、図-3)。わが国の長大支間のRCアーチ橋は、ほとんど本工法あるいはトラス工法を用いて張出し架設されているが、アーチリングの中央部にメラン材と呼ばれる鋼製部材を併用して早期閉合を図るのが一般的であり、本橋のようにメラン材を使用せずアーチリングをすべてピロン工法で施工するのは、わが国初である。本稿ではアーチリングの張出し架設の施工実績について報告する。

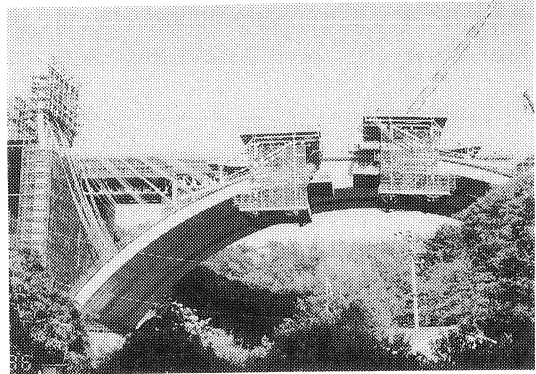


写真-1 現場全景

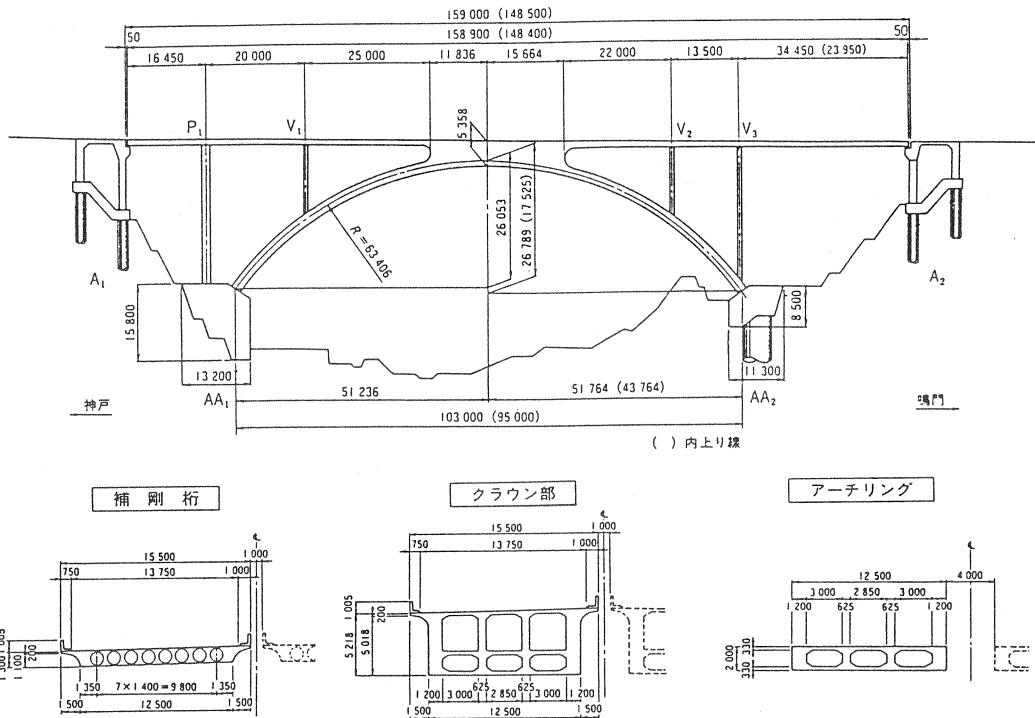


図-1 全体一般図

2. 基本計画

2-1 構造概要

本橋の全体一般図を図-1に示す。茶間川橋は、県道バイパスと本四道路上下線の合計3橋アーチ橋が並列して建設され、地形条件より、各橋で橋長、アーチ支間が異なるが、景観を考慮してアーチリングの軸線・桁高、鉛直材の位置を一致させている。アーチリングの軸線は $R=63.406m$ の単円で、スパン・ライズ比が1/3.9と大きく、アーチリングの勾配が急である。

2-2 架設計画

施工順序および張出し架設時の構造系を図-2、図-3に示す。なお、下り線で使用した斜吊材(SBPR 930/1180 $\phi 32mm$)は、アーチリング閉合後に撤去し、上り線の斜吊材、あるいは補剛桁のPC鋼棒に転用する。

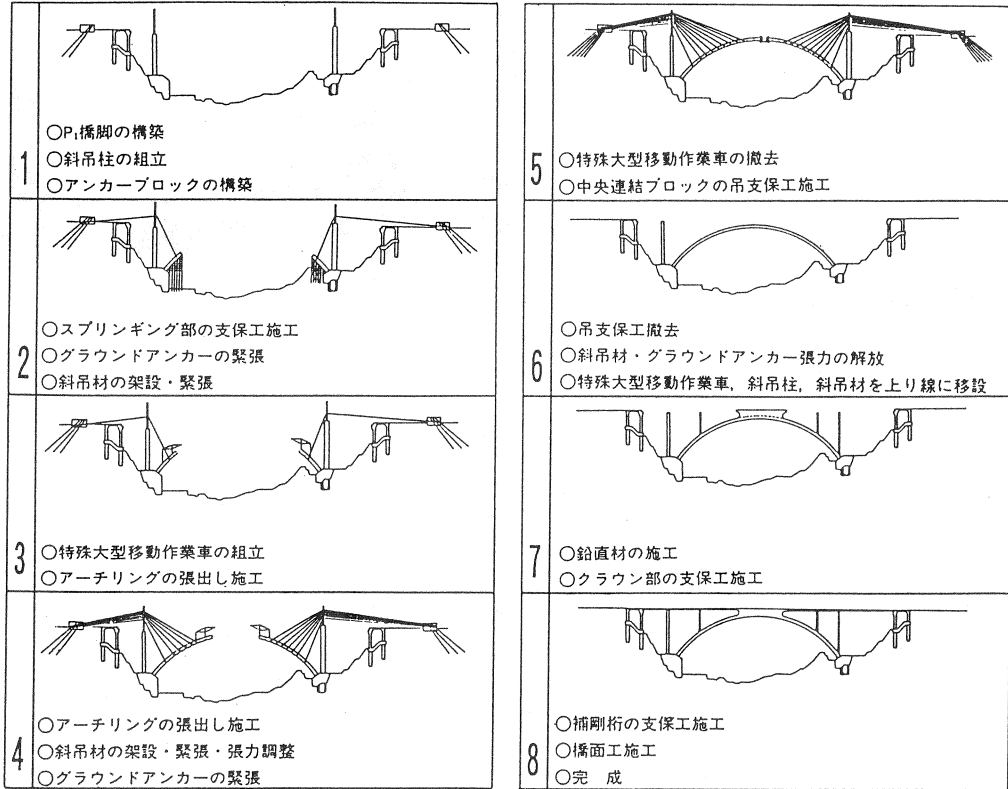


図-2 施工順序図

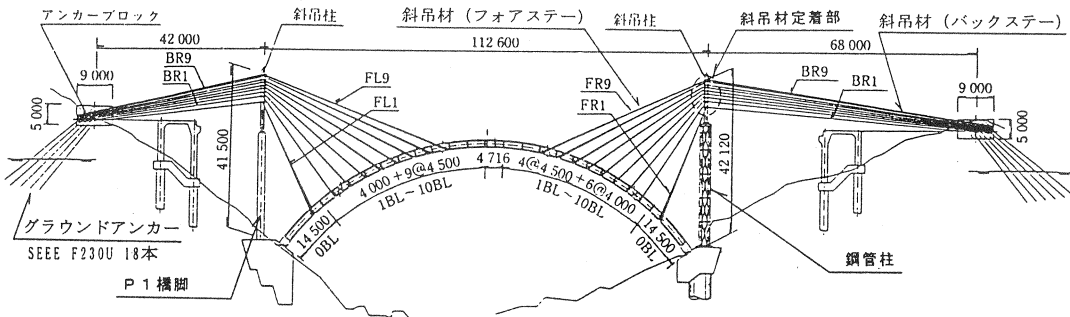


図-3 張出し架設時の構造系

3. 施工実績

3-1 概要

アーチリングの施工では、特殊大型移動作業車組立て用のスペースとして、スプリング部14.5mを接地式支保工により構築したのち、張出し架設を開始した。張出し架設では、各ブロックの構築に並行して、斜吊材の架設、応力調整によりアーチリングの応力度を制御するとともに、荷重の増加に合わせてグラウンドアンカーの緊張を実施した。中央連結ブロックの施工は、特殊大型移動作業車の解体後、吊支保工により行い、アーチリング閉合後、斜吊材、グラウンドアンカーの張力を解放した。

3-2 斜吊材

(1) 斜吊材の架設

バックステイの架設については総足場上での直接架設が可能であったが、フォアステイについては空中架設となったため、各ブロック構築のサイクル工程に影響を与えないこと、架設中に斜吊材自身に有害な変形を与えないことがポイントであった。このため、簡易ケーブルクレーン方式による空中架設を採用した結果、満足できる結果を得た(図-4)。施工手順は次のとおりである。

- ① 斜吊材(PC鋼棒)の先端のホールド金物にPC鋼棒引込みワイヤーを取付ける。
- ② 電動チェーンブロックと2台のウインチを用いてPC鋼棒を1本分引き上げる。
- ③ 2本目、3本目を接続し引上げた後、アーチリングの埋込PC鋼棒と調整用PC鋼棒を用いて接続する。
- ④ 上部のPC鋼棒引込みワイヤーと電動チェーンブロックを巻下げ、1本目のPC鋼棒先端と斜吊柱に取付けた引込用PC鋼棒を接続する。
- ⑤ 電動チェーンブロックを巻き下げ、ナイロンスリングをフリーにしてウインチ2台でキャリヤハンガー引込みワイヤーとPC鋼棒引込みワイヤーを特殊大型移動作業車(ワーゲン)に巻戻し、次の斜吊材の架設作業に移る。

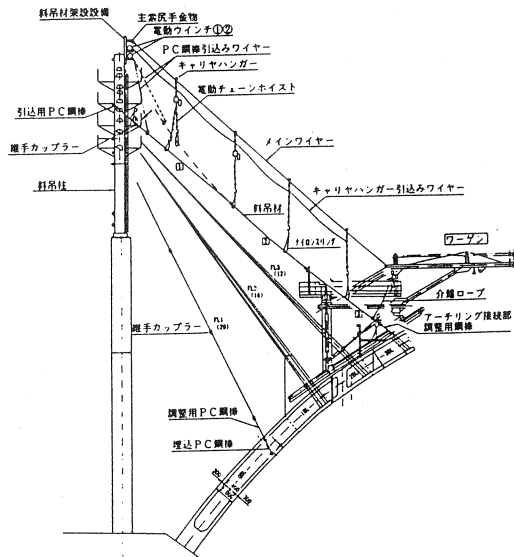


図-4 斜吊材架設要領図

(2) 応力調整

緊張箇所は斜吊柱の斜吊材定着部とし、アーチリングおよび斜吊柱に偏荷重を与えないように、油圧ジャッキ4台(フォアステイ、バックステイ、左右対称)により同時緊張を実施した。緊張管理にあたっては、高い精度で緊張力を管理する必要から、各ジャッキに取り付けた圧力センサーの計測値をパーソナルコンピュータに転送し、緊張力をリアルタイムで画面表示するというシステムを使用した(図-5)。作業手順は下記のとおりである。

- ① 斜吊材架設後、架設用足場を緊張作業用に盛替え、20tfセンターホールジャッキにより3tf/本程度の緊張力でたるみ取りを行う。
- ② 緊張作業中のアーチリングおよび斜吊柱の弾性変形を考慮し、緊張順序に応じた緊張力を各斜吊材に導入する(一次緊張)。
- ③ 各斜吊材の張力の確認を行う(二次緊張)。

二次緊張における張力の確認の結果では、緊張力の管理基準 $\pm 1.0\text{tf/本}$ に対し、緊張力のバラツキは最大 $\pm 3\text{tf/本}$ 程度であったので、張力の微調整を実施した。

なお、1サイクルの工程の中で、平均3回の斜吊材の応力調整が必要であったが、上記の緊張力計測システムを使用し、各ジャッキの緊張力を一か所で集中的に管理した結果、限られた時間内で緊張作業を能率的に実施することができた。

(3) 斜吊材の転用

架設中の曲げ変形の影響が大きいと考えられる定着部の斜吊材は転用しないこととした。下り線の張出し架設終了後、解体した斜吊材を仕分け・点検を実施したところ、塑性曲げを生じたものは無かった。また、引張試験を実施した結果、弾性係数、破断強度等の低下は見られなかった。

3-3 グラウンドアンカー、アンカーブロック

グラウンドアンカーは、張出し架設中のアーチリング自重等を斜吊材を介して最終的に支持し、架設時の構造系の生命線とも言える重要な構造物である。したがって、十分な安全性を確保するよう以下のように対処した。

- ① 詳細設計に先立ち、ボーリング調査およびグラウンドアンカーの引抜き試験を実施して、定着地盤の位置および地山とアンカー体との付着強度(周面摩擦抵抗値)を確認した。
- ② 緊張材は、再緊張が可能なこと、および使用期間が長いこと、自由長部の防食を考慮し、ナット定着で2重防食タイプのものを使用した。
- ③ アンカーブロックの支持地盤が、埋戻し土になる部分については、コンクリート($\sigma_{ck}=18N/mm^2$)により支持地盤を置き換えた。

3-4 アーチリングの構築

(1) 特殊大型移動作業車

本工事で使用した特殊大型移動作業車(4メインフレーム)は、最大傾斜角55度のアーチリングを自走して移動し、アーチリングの勾配が変化しても、メインフレームを常に水平に保つことができるように、従来の大型移動作業車をアーチ橋用に改造したものである(図-6)。

(2) 型枠

アーチリングの型枠は、隣接する県道バイパス茶間川橋がアーチリングを曲線で施工していること、アーチリングの曲率が大きいことを考慮して、R加工した曲線型枠を使用した。それぞれの型枠の要求品質および施工条件と構造を表-1に示す。

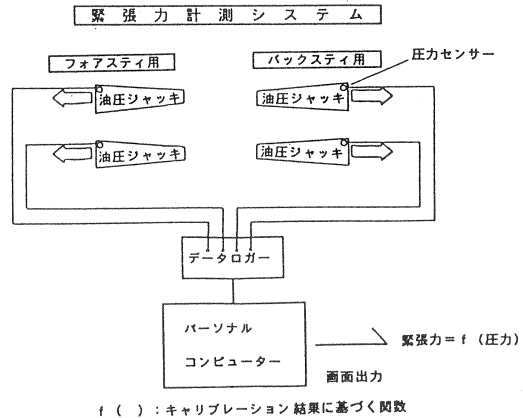


図-5 緊張力計測システム

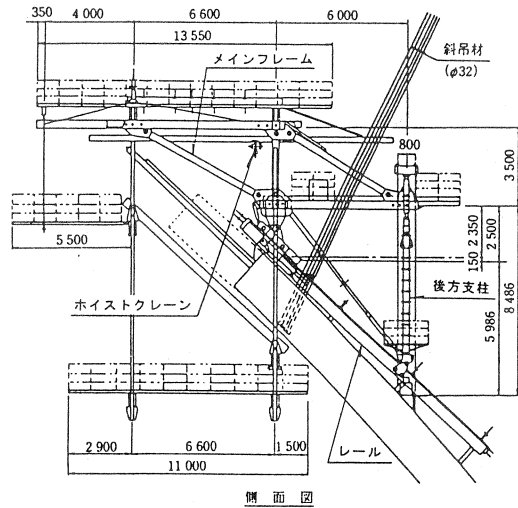


図-6 特殊大型移動作業車

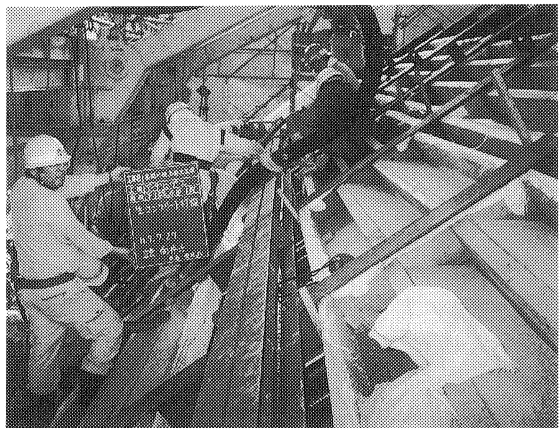


写真-2 押え型枠

表-1 型枠の要求品質および施工条件と構造

部 位	要求品質および施工条件	型枠構造と特徴
外型枠 ウェブ外面 下スラブ下面	<ul style="list-style-type: none"> ・転用回数が多い(上下線で20ブロック)。 ・コンクリートの仕上がりが良い。 ・型枠表面に錆が発生しない。 ・桁高が変化しない一定断面である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ステンレス型枠 ・特殊大型移動作業車と共に移動
押え型枠 上スラブ上面	<ul style="list-style-type: none"> ・空気バクが少なく、美観、耐久性が良い。 ・コンクリートの打込みが容易。 	<ul style="list-style-type: none"> ・余剰水と気泡を排出可能な繊維型枠 (900×1800) ・コンクリートを打込みながら、移動、セット
内型枠 ウェブ内面 上スラブ下面 下スラブ上面	<ul style="list-style-type: none"> ・転用回数が多い(上下線で20ブロック)。 ・脱型、移動が容易。 ・桁高が変化しない、一定断面である。 ・内空高さが低く(1.34m)、組立、解体が困難。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ステンレス型枠 ・縮小、拡大が可能な移動式型枠

押え型枠は、写真-2で示すように、橋軸方向にR加工したH-200を設置し、そのフランジをガイドとして自由にスライドできる構造とした。コンクリート打設時には、投入・締固めのスペースとして上面数ヶ所をあけておき、押え型枠1枚分の打設が終了したら次の押え型枠をスライドさせてキャンバーで固定する方法とした。

内型枠は、底版鉄筋組立後、断面を縮小して移動可能なボックス型枠とした。下スラブ上面には、気泡防止のための穴(φ5mm、縦横10cmピッチ)と、コンクリート充填確認用の点検口(1ボックスに付4ヶ所)を設けた。

(3) コンクリート

アーチリングのコンクリートはアーチリング下部の作業ヤードまたは、隣接する県道バイパスよりコンクリートポンプ車1台で圧送し、先端のフレキシブルホースを、特殊大型移動作業車に装備されているホイストクレーン(1tf)で支持して打設した。打設量は1回当たり56~63m³である。打設方法を図-7に示す。

コンクリート打設の施工条件と、実施した対策および留意点をまとめると表-2のようになる。なお、コンクリート打設の手間と労力および仕上りを考えると、今後は高流動コンクリートの使用が望ましいと考えられる。

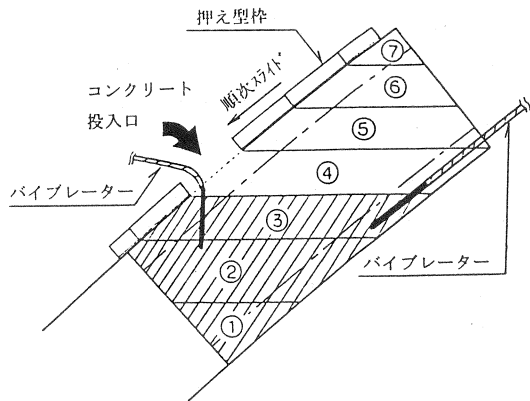


図-7 コンクリート打設方法

表-2 コンクリートの施工条件と対策および留意点

施 工 条 件	対 策 お よ び 留 意 点
<ul style="list-style-type: none"> ・全断面が型枠で閉塞されている。 ・スラブ厚が薄い(t=330mm)。 ・スラブ内の鉄筋(D32@80, 170)、PC鋼棒(φ32@250)が過密。 	<ul style="list-style-type: none"> ・流動化剤を使用して、スラブを15cmとした。ベーススラブに応じて添加量を調節し、添加後のスラブロスを最小にするため、打設直前に添加した。 ・下スラブの締固めを確実にするため、妻枠にバイブレーター差し込み用の穴を設け、棒バイブレーターにより締固めを行った。
<ul style="list-style-type: none"> ・σ_{ck}=40N/mm² ・早強セメント使用。 ・スラブ 8cm。 	<ul style="list-style-type: none"> ・押え型枠および内型枠には、壁バイブレーターを使用し、木槌等で充填を確認しながら打設した。
<ul style="list-style-type: none"> ・運搬時間が長い(約50分)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・押え型枠の構造をスライド式とし、打設時間の短縮を図った。

(4) 施工サイクル

張出し架設におけるアーチリング1ブロック当りの標準的な施工サイクルの実績を表-3に示す。最も日数を要したのが下り線の①および②ブロックの21日、最短は12日で、平均は下り線15.9日、上り線13.6日、全体14.9日であった。このように上り線においては下り線よりも平均で2.3日短縮することができたのは、作業手順、作業方法の改善による各工種単位での短縮と、繰返し作業による作業員の熟練が大きな要因であると考えられる。

表-3 施工サイクル

工種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
コンクリート打設																
養生																
PC緊張																
ワーゲン移動																
底版型枠セット																
底版鉄筋組立																
内型枠移動																
斜吊材、フッカー																
上床鉄筋組立																
PC組立																
押え型枠組立																
打設準備																

3-5 情報化施工

(1) 概要

計測管理にあたっては、施工中の安全性確保の観点から、グラウンドアンカー張力の推移等を常に監視することとした。またアーチリングの品質確保の観点から、斜吊材張力やアーチリング応力度等を計測し、設計計算の妥当性を確認することとした。計測項目、計測機器およびその台数は、表-4に示すとおりとし、アンカーブロックの変位などを常時観測する必要から、2時間毎に自動計測を行った。

表-4 計測項目および計測機器

計測項目	計測機器	数量
グラウンドアンカー張力	センターホール型荷重計	10台
アンカーブロック水平変位	ワイヤ式変位計	4台
斜吊材張力	センターホール型荷重計	32台
アーチリング応力度	有効応力計	20台
斜吊柱応力度	ひずみゲージ	8枚
斜吊柱傾斜	据置型傾斜計	5台
温度	熱電対	16台

(2) 計測管理結果

グラウンドアンカーについては、当初の予測を上回る張力の減少および増加が見受けられたため、安全管理値の上下限値を満足するように、再緊張や張力緩和により対処し、安全性を確保した。

斜吊材張力、アーチリング応力度等の推移は概ね設計値どおりであったが(図-8)、設計と異なる傾向が見受けられた場合には、原因を究明し、安全面、品質面に与える影響が軽微であることを確認したうえで施工を進めた。

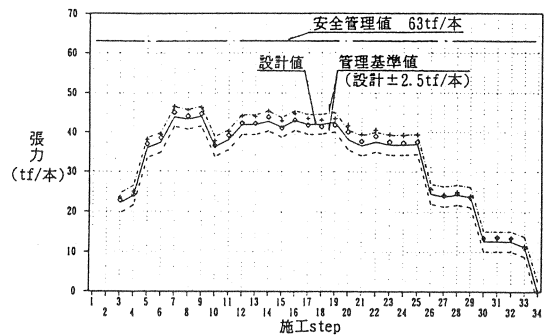


図-8 斜吊材張力

4. おわりに

本工事では、1997年7月現在、下り線については橋体完成、上り線についてはアーチリング、鉛直材の施工を完了し、補剛桁の施工を残すところであり、11月に完成の予定である。

今後、本工事で得たノウハウを同種工事に反映していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 川戸・大川・和田・吉井：茶間川橋の設計，プレストレストコンクリート，Vol. 38, No. 5, PP. 58~68, SEPT.-OCT., 1996