

二股分岐アーチリブを有する臙大橋の施工

福岡県 八女土木事務所

荻島 清隆

住友建設(株)・(株)富士ピー・エス共同企業体

寺山 守

同 上

正会員 ○ 柴田 雅俊

同 上

正会員 玉置 一清

1. はじめに

臙大橋は、周辺環境との調和と躍動感をテーマに、アーチリブの桁高を変化させながら、クラウン部からスプリング部にかけて平面的にも拡幅し、さらにスプリングまでの45m区間は二股に分岐させた特徴ある構造形式を有するRC固定アーチ橋である。架設工法としては、ピロン・メラン併用斜吊り張出し架設工法を採用している。また、アーチリブの分岐に伴い鉛直材も逆V字形としている。補剛桁は連続PC中空床版である。本橋の施工には、コストの縮減・環境の保全を目的に下記の施工方法を採用している。

- 1) 二股分岐部のアーチリブの吊り支保工材として、中央部のメランを先行使用し使用鋼材を軽減
- 2) 自動視準トータルステーション、LAN等を用いた全自動計測システムを構築し、高度な情報化施工を採用することで、バックステーをPC材のみで施工しコンクリート巻立てを省略(第10回PCシンポジウムにて報告)
- 3) 斜吊り材・バックステーのPC材はアーチリブ閉合後、補剛桁の主ケーブルとして転用

本論文では、アーチリブの吊り支保工部施工、張出し施工部のメラン架設およびその後のメラン巻立て・クラウン部の施工について報告する。

2. 橋梁概要

2.1 工事概要

橋梁一般図を図-1に、工事概要および主要数量を表-1, 2に示す。

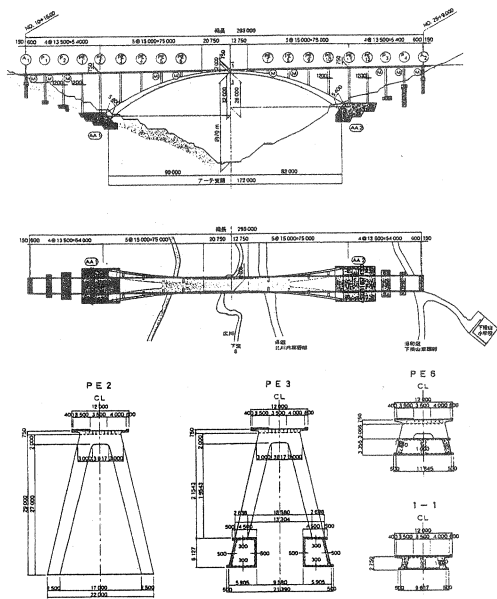


図-1 橋梁一般図

表-1 工事概要

路線名	一級町道下横山東西線		
橋梁名	臙大橋		
架橋位置	福岡県八女郡上陽町大字下横山字臙		
道路規格	第3種・第3級		
構造形式	鉄筋コンクリート固定アーチ橋		
橋長	293.0m		
アーチ支間	172.0m		
補剛桁支間	4@13.5m+5@15.0m 5@15.0m+4@13.5m		
幅員	(車道)7.5m+(歩道)3.5m		
縦断勾配	1.462%		
横断勾配	2.0%		

表-2 主要数量

項目	仕様	数量	使用箇所
コンクリート	$\sigma_{ck}=40\text{N}/\text{mm}^2$	5614 m^3	アーチリブ、補剛桁
	$\sigma_{ck}=30\text{N}/\text{mm}^2$	1395 m^3	鉛直材
	$\sigma_{ck}=24\text{N}/\text{mm}^2$	12242 m^3	アーチアバット
鉄筋	S D 3 4 5	1157 t	アーチ上部工
		485 t	アーチアバット
P C 鋼棒	SBPR930/1180	51 t	補剛桁
		52 t	アーチリブ
メラン材	SM400~570	603 t	

2. 2 施工概要

施工順序を図-2に示す。本論文では前述のとおり、施工順序2～5について報告する。写真-1に施工順序3の吊り支保工部の施工状況を示す。

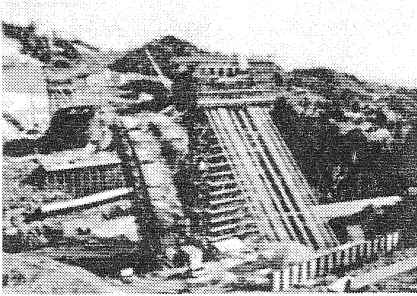


写真-1 吊り支保工部施工状況

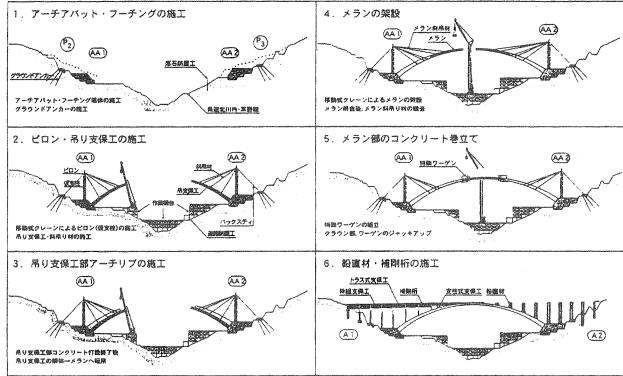


図-2 施工順序図

3. 施工

3. 1 ピロン柱・吊り支保工の施工

1) ピロン柱

本橋では、アーチリブ及び鉛直材の形状の特殊性により、エンドポストとして汎用性のある大型の鋼製ベント支柱（仮支柱8柱1組）を採用し、その上に組立・解体の容易な工場製作の鋼製ピロン柱（9本）を組立て一体化させる構造としている。また、ピロン柱頭部についてはバックステー・斜吊り材の張力を均等に各ピロン柱そして仮支柱に伝達させるため、立体骨組み解析を行いトラス型の繋ぎ材を配置した。

2) 吊り支保工の施工

二股分岐部のアーチリブの施工には、中央部で使用するメランを吊り支保工の主材として先行使用した。吊り支保工には、線形調整と支保工の一体化を図るために横桁ブロックを2箇所設けた。組立は移動式クレーンでの単材架設とし、架設用足場として高所作業車を使用した。なお、組立用ボルトとして、解体を考慮しリバースタイプのトルシア型高力ボルトを採用した。

3) 斜吊り材及びバックステーの施工

吊り材としては、PC 鋼棒（SBPR930/1180）を採用しているが、アーチリブ完了後補剛桁の主ケーブルとして転用する計画であるため、メラン鋼材と同様に工場にてジンクリッチプライマー塗装を行った。

架設は、吊り支保工及びピロン柱側にそれぞれ定着部の鋼棒を先行配置し、中間部については地上で所定の長さに繋ぎ断熱材を巻き付けた後、PC 鋼棒に有害な変形を与えないようにクレーンの相吊りで1本ずつ慎重に行った。断熱材の選定に当たっては、事前に屋外試験を実施し断熱効果を確認するとともに、材料そのものの耐候性（紫外線劣化）も考慮した。なお、前述のとおり本橋のピロン柱・仮支柱は鋼製部材のみ使用し、バックステーも PC 鋼棒のみの柔構造であるため、アーチリブコンクリートの施工ステップに合わせてピロン柱・アーチリブコンクリート等の応力を確認しながら段階的に斜吊り材を増設した。

3. 2 吊り支保工部アーチリブの施工

アーチリブ軸線長約 185m の内、吊り支保工部アーチリブの施工長は起点側約 49m・終点側約 48m である。打設ブロックは各々、二股分岐部が1～5ブロック・分岐が一体になる6ブロック及びメランアンカーフレームを埋め込む7ブロックに分割して施工した。1及び7ブロックは無垢断面、その他のブロックは写真-2の

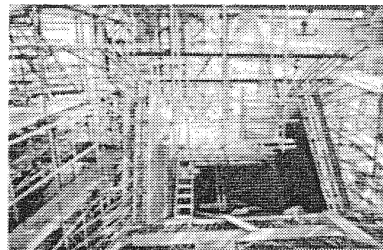


写真-2 吊り支保工部断面(片側)

ように外側ウェブが傾斜した2主桁1室が2列の構造である。標準ブロックの打設順序は下スラブ・ウェブを先行し、ウェブ間の上スラブを後打ち施工した。

使用コンクリートの配合は本橋の特性（部材厚、傾斜するウェブ、鉄筋・PC鋼棒の配置、プラントからの運搬時間等）を考慮し、高性能AE減水剤を使用してスランプを18cmとした。なお、スプリング部については、マスコン対策として、普通セメントに変更し施工を行った。また、アーチリブはスプリング部で最大40°に傾斜しているため、コンクリートのエアアバタの防止・耐久性の向上を目的に気泡抜き繊維シートを貼った押さえ型枠を使用した。

3.3 吊り支保工の解体

吊り支保工部のアーチリブ施工完了後吊り支保工の解体を行った。写真-3に吊り支保工解体状況を示す。支保工は斜吊り材とは別に配置したPC鋼材で吊下ろすことで、コンクリートから型枠支保工を剥離させた後、油圧クレーンの作業空間を確保して、型枠支保工及び吊り支保工本体の解体を行った。吊下ろし装置は、アーチリブ上に油圧ジャッキを4台配置し、PC鋼より線(12T15.2)を使用するものである。吊下ろし中は計測システムにて吊り材の張力・鋼材の応力等をチェックし安全性の確保につとめた。

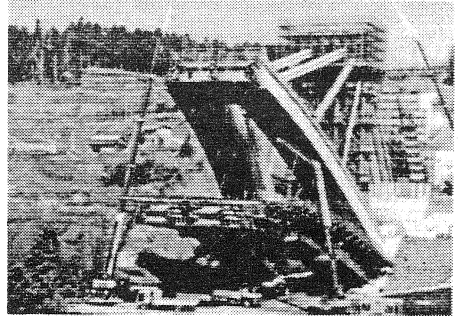


写真-3 吊り支保工解体

3.4 メランの架設

メラン鋼材は、全長約88mを19ブロック（基部×2BL、標準ブロック×16BL、閉合ブロック×1BL）に分割し製作しており、標準ブロックの桁長は約5mである。重量は、基部は一体形状で約245KN、その他は主構1本当たり最大約78KNである。

1) 基部

基部は、吊り支保工解体前の足場を利用しクレーンの相吊りで架設を行った。基部の高さ・橋軸方向の出長調整は、架設前に予め既設ブロックに埋め込んだ鋼材に高さ・距離を測量し、マーキングをすることで行った。また、据付完了後精度を再チェックした後、間詰め部に無収縮モルタルを注入した。なお、基部の橋軸方向の据付け位置は、メラン工場検査時の温度と閉合時の予想温度差による部材長の差等を考慮して決定した。

2) 標準ブロック

標準ブロックの架設は使用できる揚重機械の制限上、150t吊りタワークレーンによる単材架設とした。架設用足場としては、施工の省力化・工程短縮を目的に写真-4のようなメラン架設用移動作業足場を開発し使用した。架設は、架設の終了したメラン上に移動作業足場を据付け、その作業床上に枠組足場を組立、メラン主構を吊り込み後その足場上で添接板及びボルトの組立て締付けを行う。水平な作業床上で作業できるため、作業効率が向上するとともに、墜落・落下物による災害の危険が殆どなくなった。

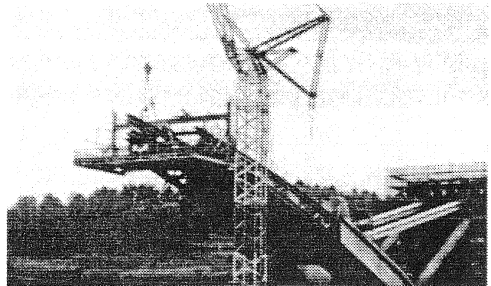


写真-4 メラン架設状況

メラン架設後主構の添接ボルトの本締め前に、高さ・方向の微調整を行った。架設精度は良好であった。なお、4及び7ブロック目には斜吊り材を配置し高さ調整した後、次のブロックの架設を行った。

3) 閉合ブロック

閉合ブロックのメランは、主構の片側添接部を25mm長く製作し、ボルト孔は主構切断後の縁端距離を考慮し明けておいた。閉合前の現地測量後、主構の余長の切断・添接板の孔明けをして落とし込み架設する計

画であった。実際には、昼夜の温度差の大きい夏場の架設となったため、閉合の3ブロック前から測量を実施しデータをまとめていくと、閉合架設前にスパン調整を行う必要があることが判明した。そこで、自動計測システムにより、測量時と架設時の温度差による微妙な差異を早期に把握・分析し、事前に斜吊り材の張力調整をおこなった。その結果、当初の予定通りの遊間 20mm で架設を完了した。

3. 5 メラン部アーチリブの施工

メラン施工部の施工長は約 88 mで、ブロック割りはアーチリブのライズに差があるため、起点側 10 ブロック、終点側 8 ブロックの施工である。なお、標準ブロック長は 5 mである。6 ブロックからクラウン部との同時施工となり補剛桁の上面まで一体構造となる。図-3 にメラン鋼材巻立の施工ステップを示す。

1) 特殊作業車

メランを併用してアーチリブを張出し施工する場合、施工性・工程日数を考慮すると、メラン周りの配筋(下スラブ・ウェブ)は特殊作業車の移動に先行して組立てる必要がある。そこで、本橋では、施工ブロックを跨ぐ形で、後方は既設ブロック・前方はメラン鋼材に荷重を支持するメラン巻立て専用が開発された特殊作業車を使用し、先行鉄筋組立足場、アーチリブの拡幅、クラウン部へのジャッキアップの作業性・安全性の向上を目的に改良を行った。移動は特殊作業車前方に配置した油圧ジャッキにて引き上げることで行った。写真-5 に特殊作業車を示す。

2) メラン鋼材巻立て

メラン施工部のアーチリブは、3 主桁 2 室の台形箱桁断面であり、下スラブ幅は約 14.2m ~ 10.6m、上スラブ幅は約 12.6m ~ 9.7m、桁高は約 3.7m ~ 2.0m に変化している。本橋で使用しているアーチリブ主鉄筋(D32)の継手方法は機械式継手の一つである冷間圧着継手で設計されている。吊り支保工部では計画通りの施工を行ったが、メラン鋼材巻立て時にはメランと底版型枠で作業空間が制約されるため、圧着の作業性が落ちる。そのため、ねじふし鉄筋に変更し、無機グラウト注入式のカップラー継手に変更して施工を行った。なお、施工ブロック 5m での経済性は冷間圧着継手と同程度であったが、作業性は良好であった。

コンクリートは吊り支保工施工部と同様に高性能 AE 減水剤を使用し、5 ブロックまでは押さえ型枠を使用した。また、巻立て中のコンクリート応力度の改善を目的として、上スラブ内に PC 鋼棒 (SBPR930/1180, φ 32) を配置し各ブロック毎に緊張を行った。なお、メラン鋼材の横構・対傾構等は、ボックス内の通路の確保及び施工性を考慮し、メラン主構の応力度を確認しながら、可能な限りコンクリート打設後次ブロック内に入る分を解体することとした。

3. 6 自動計測システム

本橋では、前述のとおりバックステイを PC 鋼材のみとし、ピロン柱も鋼材のみとした斜吊り張出し架設工法を採用しており、施工ステップ毎に変化する複雑な構造系を有している。そこで、国内最高水準の精度を誇る自動視準トータルステーション(写真-6)による変位計測と、斜吊り材張力、コンクリート及び各鋼材の温度・応力測定等の各種計測器を組み合わせた計測システムを導入し、施工中の安全管理及び形状管理の精度向上及び省力化を図った。測定は 1 時間毎に自動計測し、無線ネットワークにより事務所に転送さ

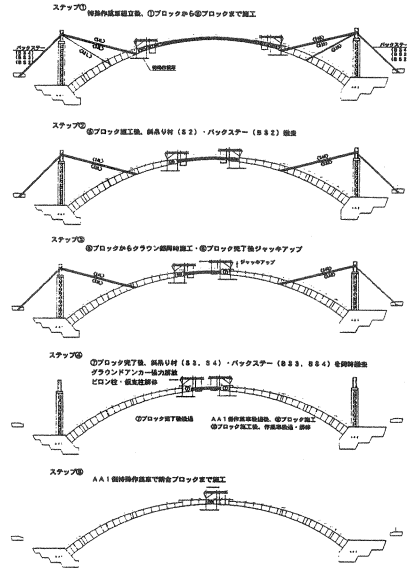


図-3 メラン鋼材巻立施工 ステップ

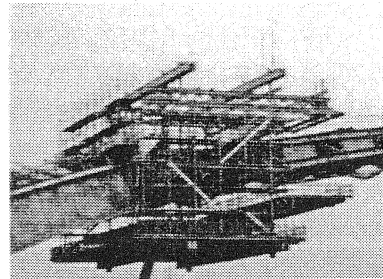


写真-5 特殊作業車

れる。事務所内では LAN を構築し、作業所全員のパソコンから計測結果を確認出来るようにしている。

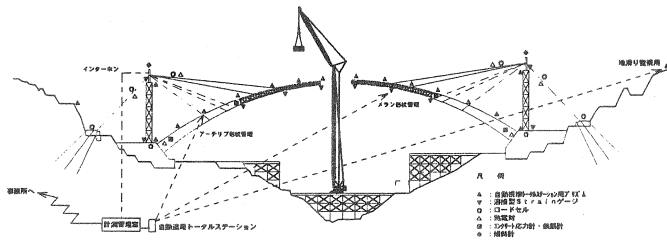


図-4 計測内容



写真-6 自動視準トータルステーション

1) 安全管理

①アーチリブ施工

アーチリブ施工中の安全管理として、基礎構造物の挙動の監視(アーチアバット、バックステー固定フーチングの変位及びグラウンドアンカーの張力変動)、斜吊り材・バックステーの張力測定、ピロン柱・メラン鋼材の応力測定等を行った。施工ステップ毎の変位及び応力の実測値と計算値を計測結果一覧表に表示させることで、リアルタイムに安全性の確認が出来た。なお、計測結果は施工ステップでの計算値とほぼ一致した。図-5に計測結果一覧表の中からメラン応力部を抜粋した。凡例のように数字の色が変わることで、一目で現在の応力状態がわかるようにしている。

メラン応力 (N/mm ²)				+ : 引張	
	上流側	中桁	下流側		
J1u	12.6	-7.5	51.9		
J6d	114.2	-109.6	-112.9		
J8u	137.5	-112.9	-123.8		
J8d	191.6	-163.2	-189.0		
J10u	6.5	7.3	11.7		
J10d	219.1	-216.8	-216.0		
J14u	118.6	-114.9	-128.7		
J18u	41.8	20.4	9.7		
グラウンドアンカー張力					
中央	1231.7				KN
上流	1235.6				KN

管理値以上 赤色
 管理値の 80%以上 橙色
 50%以上 緑色

図-5 計測結果一覧表の抜粋

②地滑り監視

本橋の終点側に地滑りの兆候があり、自動視準トータルステーションのプリズムを設置し計測システムに組込んで監視している。通常はアーチリブの形状計測と同様に1時間毎に測定を行うが、大雨後等危険性が高くなれば連続計測に切り替え監視体制を強化している。

2) 形状管理

本橋では温度変化による影響が大きい為、実測値を標準温度 20℃に換算して形状管理を行った。

①吊り支保工部アーチリブ

吊り支保工部でのアーチリブ形状は、基本的には吊り支保工組立時の組立て形状で決まるため吊り支保工施工時に正確に底版型枠をセットしたが、施工中の上げ越し誤差を極力小さく押さえるため、主要ブロック小口付近にプリズムを設置し、斜吊り材の張力及びスプリングのコンクリート応力測定と合わせて総合的に判断し、斜吊り材による高さの微調整を行った。その結果、スプリング部から約 49m の吊り支保工部アーチリブ先端で計画値に対する誤差は -15mm 程度と良好な精度であった。

②メラン架設

本橋のメランは工場にて仮組を行っているが、実際の組立てでは単材での張出し架設となるため、仮組時との形状誤差がでる恐れがある。また、施工は日中に行うため温度による変動が大きいことが予想された。そこで、吊り支保工部の既設コンクリート部及び既設メランにプリズムを設置するとともに、既設コンクリート及びメラン鋼材の温度を測定し自動計測に組み込むことで、架設時のメラン形状を迅速に把握し施工精度の向上に役立てた。また、自動計測により日照の影響による横ざりが生じることが判明したため、測量時に補正を行うことが出来た。

メラン閉合に際しては、自動計測の結果から鋼材形状の安定している架設時間を設定するとともに、鋼材の変形量を予測し夜間の標準巻き尺による実測測量と合わせて、閉合ブロックのメラン切断長及び添接板の孔明け位置を決定した。また、架設日当日は、1日の気象データから判断し架設時間の気温が測量時の値と数度異なることが予想されたため、事前に斜吊り材を調整し補正を行った。なお、メランの切断長は計画-5mm・閉合時のボルト孔間隔は計画+1mmと精度は良好であった。図-6にメラン閉合時の高さの推移を示す。

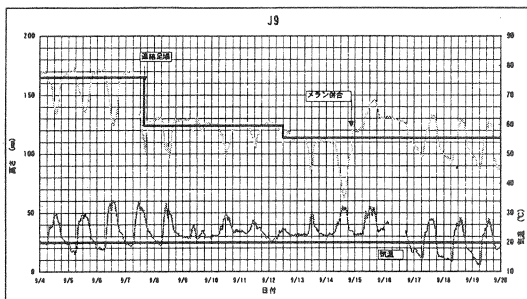


図-6 メラン閉合時高さの推移

③メラン鋼材巻立て

メラン架設完了後、施工ブロック小口位置でのメラン形状測量を行い、アーチリブの施工位置をメランからのかぶりとして算出し、その寸法どおり施工を行なうこととした。ただし、自動計測による形状チェックは夜間のデータを解析することで行った。その結果、6ブロックで誤差が目立ち始めクラウン部の施工時最大15mmの補正を行った。図-7にメラン巻立て時の高さの推移(クラウン部)を示す。

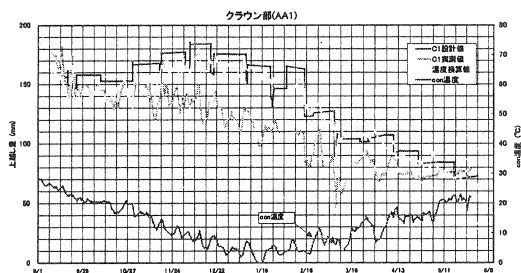


図-7 メラン鋼材巻立て時高さの推移

4. おわりに

以上、わが国で初めての施工となった二股分岐アーチリブを有する龐大橋の施工報告を行った。現在、アーチリブが閉合し、両側径間より逆V字形の鉛直材及び補剛桁の施工中であり、その躍動感あふれる姿を顕しつつある。本年度中の完成予定である。

最後に、本橋の計画及び設計・施工に当たりご指導、ご協力いただいた関係各位に対し、深く感謝の意を表す次第である。

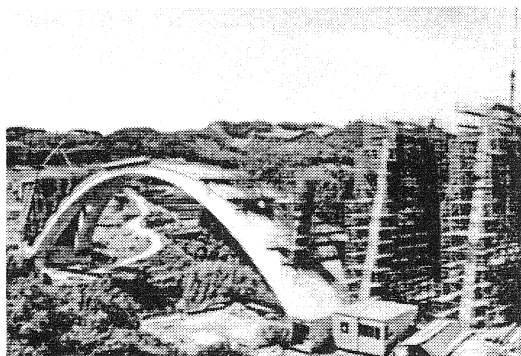


写真-7 2001.7.1全景

参考文献

- 1) 本村, 武末, 寺山, 柴田: 龐大橋の設計と施工、コンクリート工学、Vol.38, No. 7, 200.7 (p. 46~51)
- 2) 本村, 寺山, 柴田, 玉置: 龐大橋における情報化施工、プレストレストコンクリート技術協会第10回シンポジウム論文集 (p. 645~650)