

合成アーチ巻立て工法によるワルミ大橋の施工

銭高・竹中土木・國場JV 正会員 ○梶川 晋
 沖縄県北部土木事務所 道路整備班 班長 佐久本 典英
 沖縄県北部土木事務所 同班 主任技師 前川 智宏
 銭高・竹中土木・國場JV 手島 清逸

1. はじめに

ワルミ大橋は、^{なきじんそん}今帰仁村仲宗根から^{うんでんぼる}名護市運天原に至る一般県道屋我地仲宗根線の道路新設事業の一環として、^{やがじ}沖縄本島北部に位置する本部半島と屋我地島を連絡する海峡横断橋である。

橋種の選定では、周辺の自然環境との調和、屋我地航路の確保から中間橋脚を設ける必要のない上路式RC固定アーチ橋を選定している。補剛桁には、ポストテンション方式PC中空床版を採用している。

本橋の特徴として、アーチリブの施工に合成鋼管巻立て工法を採用している。アーチ支間 210m は、本工法で架設するRCアーチ橋としてわが国最長となる。

現在、2次補剛桁、3次補剛桁の施工中である。本報告では、1次補剛桁の施工からアーチリブ巻立ての施工を中心に報告する。なお、設計概要に関しては、参考文献1)を参照して頂きたい。

2. 工事概要

本橋の工事概要を以下に示す。図-1に断面図、図-2に全体一般図を示す。

工事場所 : 沖縄県今帰仁村天底～名護市我部地内
 道路規格 : 第3種2級 設計速度 V=50km/h
 活荷重 : B活荷重
 橋長 : 315.0m
 桁長 : 314.7m
 アーチ支間 : 210.0m
 アーチライズ : 22.400m(AA1側), 39.400m(AA2側)
 支間長 : 313.6(26.3+25.0+3@20.0+60.0+5@24.0+22.3)
 幅員 : 10.0m(車道 3.25×2, 歩道 2.0m, 他路肩)
 平面線形 : R=∞～A=250
 縦断勾配 : \2.0% VCL=50.0m \6.0%

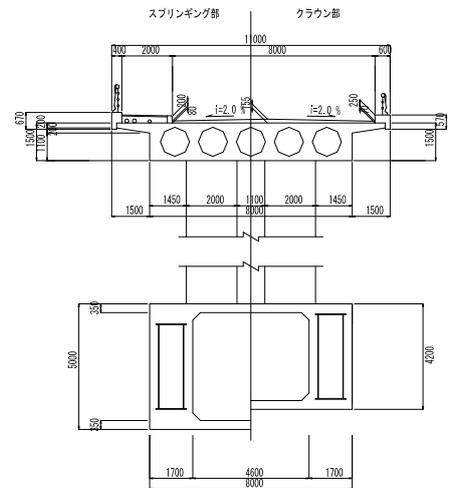


図-1 断面図

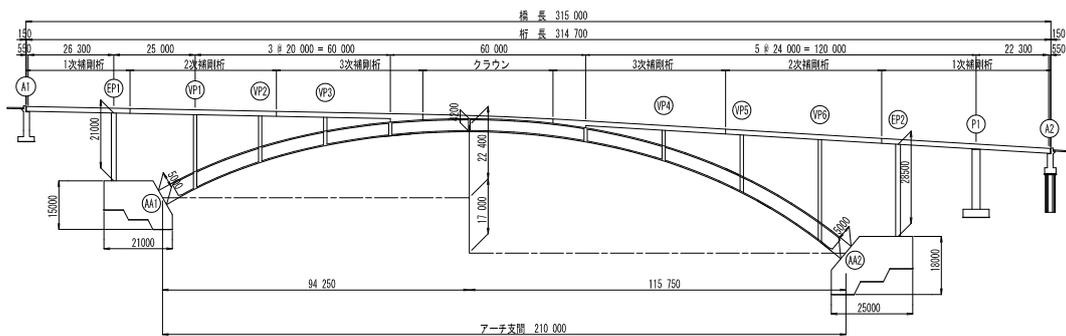


図-2 全体一般図

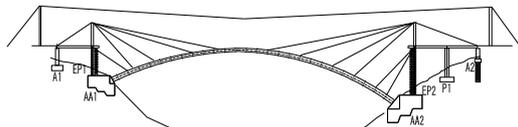
3. 施工順序

本橋の施工順序を図-3に示す。

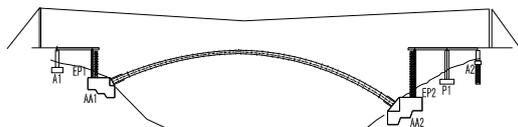
①基礎・下部・1次補剛桁の施工



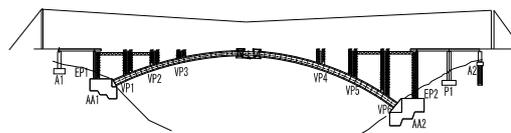
②鋼管の架設



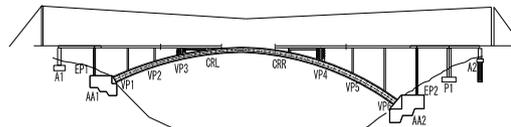
③スプリングング、鋼管充填コンクリートの施工



④合成鋼管巻立ておよび鉛直材の施工



⑤2次補剛桁、3次補剛桁の施工



⑥クラウン部、橋面の施工

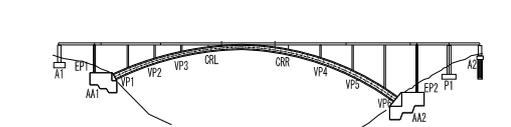


図-3 施工順序図

4. 施工報告

(1) 1次補剛桁の施工

1次補剛桁は、くさび結合式支保工により施工を行った。振動機の締固め能力を考慮して打上げ高さが50cmとなるよう3層に分け、コールドジョイントの発生を防止するため、打込み区画は橋軸方向に10m程度として打設した。

PC鋼材は、9S15.2のエポキシ被覆鋼より線を使用し、補剛桁は分割施工を行うため、エポキシ被覆鋼より線に対応した接続具を新たに開発した。1次補剛桁の施工完了から2次補剛桁の施工まで約20ヶ月程度施工期間があき、接続具がその間むき出しとなる。このため、接続具に防錆キャップを取り付け防錆キャップ内にウレタンを注入し防錆処理を行った。

(2) 鋼管の製作

鋼管の主構は、SS400, SM490Yを使用し、ウェブ厚17mm フランジ厚30mm, 幅1000mm, 高さ3400mmの角形鋼管である。

アーチリブコンクリートの施工は、鋼管アーチを巻立てて行う。このため、その架設精度は出来形精度の支配的要因となる。詳細設計では、アーチリブ部材は巻立てコンクリート施工後鋼管部材を無視しRC部材としているが、上げ越し計算では巻立てコンクリート施工後鋼管の剛性を考慮して鋼管アーチ架設からクリープ終了までの変位を算出した。その変位を上げ越し量として鋼管にキャンバーを設け、30ピースに分割して製作を行った。製作時のキャンバーの最大値は、約500mmである。

(3) 鋼管の架設

鋼管の架設は、ケーブルエレクション(斜吊り)工法にて行った。

斜吊り鉄塔は、地組みを行いケーブルクレーン(25.0t吊2系統)によりEP1, EP2に建て込み後、斜吊り鉄塔頂部にサドルを取り付け、前方索、後方索を設置した。

鋼管の支承はケーブルクレーンにより所定の位置まで運んだ後、レバブロックにより据付の方



写真-1 鋼管架設状況

向調整を行い、あらかじめアーチアバットにセットしたアンカーボルト (PC 鋼棒) に支承を据付けた。据付角度の微調整は、ナットとジャッキにより行った。

鋼管は、今帰仁側作業基地に地組用架台を設け鋼管地組 (1 ピース最大重量約 40t) ・吊り足場の取り付け後、ケーブルクレーンにて所定の位置まで運び、チェーンブロックにより架設勾配に調整を行い、鋼管ジョイント部を高力ボルトで締め付けて連結を行った。連結後、斜吊り索を鋼管に取り付け、ケーブル調整装置にジャッキを設置し、鋼管の高さ及び張力の調整を行った。

閉合前に鋼管の架設高さを斜吊索にて調整し、測量を行い閉合ブロックの寸法を決定した。鋼管の切断・ボルト穴の調整は現場で行った。

鋼管は、仮設部材であることと閉合ブロックで調整を行うことから、工場での仮組検査は省略した。

(4) アーチスプリングング部の施工

アーチスプリングング部は、部材寸法 (幅 8.7m, 高さ 5.0m) が大きく、無垢な断面であるため温度応力によるひび割れの発生が予想された。このため、3 次元 FEM 温度応力解析を行い、事前にひび割れ対策を施す必要があった。以下に温度応力解析結果及びひび割れ対策を示す。

予想ひび割れ幅は、コンクリート標準示方書の最大ひび割れ幅とひび割れ指数との関係より算定を行った。

許容ひび割れ幅は、施工場所が海上であることから土木学会・コンクリート工学協会の耐久性確保の観点から最も厳しい 0.10mm とした。

解析モデルを図-4 に示す。構造物の対称性を考慮し、1/2 モデルで解析を行った。

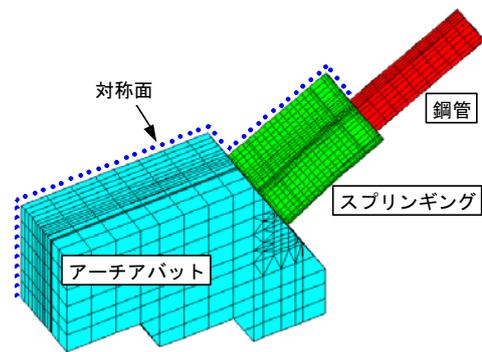


図-4 解析モデル

解析結果からスプリングング端部、内部において予想ひび割れ幅が 0.10mm を超える結果となり、ひび割れ対策を行う。ひび割れ対策の比較表を表-1 に示す。

スプリングング端部では、格子状に配置されている鉄筋を D16@250 から D16@125 ヘランクアップすることにより、許容ひび割れ幅を満足する結果となった。

スプリングング内部に発生するひび割れについては、膨張材を添加することにより温度低下に伴う収縮量を低減し、ひび割れの抑制を行った。膨張材を添加することでひび割れの抑制につながるが、予想ひび割れ幅は、許容ひび割れ幅を満足する結果とならなかった。しかし、内部は躯体表面とは異なり厳しい環境条件とはならないと考え、ある程度のひび割れ幅を許すものとした。

施工後、側面部分に数本ひび割れが発生していたが 0.10mm 以下で、スプリングング端部にはひび割れの発生は見られなかった。このことから、補強鉄筋、膨張材の効果を確認することができた。

施工は、鋼材による支柱式支保工で行った。スターラップに半円形のフックがあるため、底版の型枠組立より鉄筋を先行して組立を行った。コンクリート打設では、桁高が高いためトレミー管を用いて行った。

表-1 ひび割れ対策比較表

対策工法	低発熱型セメント	膨張材の添加	打設区画の細分化	鉄筋補強
概要	発熱速度及び発熱量の小さなセメント材料を使用することにより、硬化時の温度上昇を低く抑える。	硬化後の温度低下・乾燥収縮によるコンクリートの収縮に対し、膨張材を添加することで収縮量の低減ならびにひび割れの抑制を図る。	打設区画を細分化することにより打設量を減らし、硬化時の温度上昇を低く抑える。	鉄筋量を増加させることにより、発生するひび割れの分散化、最大ひび割れ幅を低減させる。
適用性	温度応力、自己収縮の低減には効果があるがコストアップとなる。また、沖縄県に低発熱型セメントがないため入手が困難である。	外部拘束や温度降下時の温度応力に対する効果が得られる対策であるが、コンクリートの仕様変更が必要となる。	打設回数増加による施工工程の遅延、部材自体が角度をもっているため打ち継ぎ面の処理が困難であるため適さない。	スプリングング外面(上下側面)および部材内部には、鉄筋が密に配置されているため、コンクリートの充填性を考慮すると適さない。しかし、妻部には配置鉄筋に余裕があり、補強鉄筋の配置は可能。
評価	×	○	×	△

（5）充填コンクリートの施工

コンクリート数量は約 1430m³あり、8 回に分割して打設を行った。ポンプ車の圧送距離が長い箇所では、高圧配管を用いて施工を行った。鋼管は、2 主構であるため片側 12m³（生コン車 3 台分）を先行して左右交互に打設を行った。片側を 12m³先行して打設するため、片側のみ荷重が載荷される。このため、打設時の対傾構および横構の安全性の検討を行い、応力度が許容応力度を満足していることを確認した。

打設時に鋼管の天端付近、隅角部に充填検知センサーを取り付け、充填確認を行った。また、コンクリート硬化後打音確認を行い、鋼管上フランジにφ20の孔を削孔して充填確認を行った。ブリージング、沈降等で生じた空隙については、無収縮モルタルの注入により充填を行った。なお、夏場での作業となった為、作業員は20分交代の2班で行った。

（6）アーチリブ巻立て

巻立ての施工は、移動作業車により行う。AA1 から AA2 までのブロック数は、合計 49 ブロックあり、1 ブロックあたりの施工長さは 4.0m（水平長）である。

移動作業車は、上部と下部に分割して地組みを行いケーブルクレーンにより架設を行った。移動作業車は、前方を鋼管アーチ上、後方を既設ブロックで固定させる構造とした。

移動作業車は、電動油圧ジャッキ、ポンプを用いて総ネジ PC 鋼棒を緊張することにより移動を行った。

巻立ての施工では、移動作業車に前方作業台を設けて、鉄筋を先行して組立を行った。型枠の転用回数が多いため、外枠はステンレスフォームを使用し、大枠として移動作業車から吊下げ、横移動できる構造とした。鋼管の通しボルト（φ27）を利用し異形ナットを用いて通しボルトとセパレータを接合できるようにした。

天端の被せ型枠は浮き上がりを防止するため、H 型鋼を橋軸方向に設置してフランジを利用し、型枠をキャンバーにより固定した。コンクリートの硬化状態を確認しながら、被せ枠を外して金ごてにより天端仕上げを行った。

打設は、左右の打ち上がり高さを均等にし、打ち上がり面を水平に保ちながら行った。

4. おわりに

平成 21 年 5 月現在、アーチリブ巻立ての施工を行っており本年 12 月にアーチクラウン部の施工が完成する予定である。本報告が、今後の同種工法の施工に参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 梶川晋, 佐久本典英, 米須清彦, 秋山博: ワルミ大橋の概要, 第 16 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 2007. 10, pp97-100
- 2) 佐久本典英, 前川智宏, 松永昭吾, 嶋田紀昭, 手島清逸, 山花豊: ワルミ大橋の設計・施工, 橋梁と基礎, 2009 vol. 43, pp31-37



写真-2 鋼管充填状況



写真-3 移動作業車