

【工事報告】

楡原アーチ橋上部工事

Report on the Construction of NIREHARA-Arch Bridge

林 昭男 *

Akio HAYASHI

酒井 光晴 **

Mitsuharu SAKAI

小西 精一 ***

Seiichi KONISHI

下築 勇満 ****

Yuumitsu SHIMOYANA

本工事は神通川に架かる鋼上路式アーチ橋の製作・架設工事である。横構や対傾構が省略された合理化アーチ橋という構造の特徴を有し、また、 $R=700m$ の道路線形に対応するため3本のアーチリブを配置して、垂直材の取付位置を横断面毎に変化させた特殊な構造である。現場は豪雪地域に位置することから、冬期施工は作業効率を悪化させるだけでなく、安全・品質に悪影響を及ぼすことが予想され、工程短縮を図り冬期施工を回避する必要があった。架設はケーブルエレクション斜吊工法を採用し、兼用鉄塔設備により工程短縮を図った。

1. はじめに

本橋は岐阜県高山市から富山県富山市に至る地域高規格道路「富山高山連絡道路」の一部を構成する「猪谷楡原道路」(全長約 6.6km)に位置し、神通川に架かる鋼アーチ橋である。当該区間は大雨による通行規制区間(連続雨量 120mm)となっており、通行規制区間を解消することで幹線ネットワークを充実させることにより、経済活動の活性化や生活環境改善を図ることを目的として整備された。位置図を図-1に示す。



図-1 位置図

2. 工事概要

本工事の工事概要を以下に記す。

- ・工事名 楡原アーチ橋上部工事
- ・工事箇所 富山県富山市布尻～楡原
- ・発注者 北陸地方整備局 富山河川国道事務所
- ・工期 自 平成 18 年 6 月 30 日
至 平成 20 年 3 月 3 日
- ・構造形式 鋼上路式アーチ橋
- ・橋長 137.0m
- ・支間長 補剛桁 136.0m アーチリブ 126.0m
- ・幅員 10.7m
- ・総鋼重 約 1,100ton
- ・使用鋼材 SM570, SM490, SM400
- ・架設工法 ケーブルエレクション斜吊工法

構造の特徴として、横構や対傾構といった横荷重抵抗部材を省略し、コスト削減を図った合理化アーチ橋を採用していることが挙げられる。また、本橋は道路線形が $R=700m$ の区間に位置するため、アーチリブを3本配置してアーチリブ同士をつなぐ横支材上に垂直材を配置し、横断面毎に垂直材の取付け位置を変化させて道路線形に対応する構造としている。構造一般図を図-2に示す。

* 技術本部 設計技術部 マネジャー

*** 技術本部 若松工場

** 技術本部 若松工場 マネジャー

**** 技術本部 工事部 マネジャー

(单位: mm)

A 3D wireframe model of a curved truss structure. The structure is composed of a series of interconnected members forming a truss. It is curved along its length. A coordinate system is shown at the left end, with the x-axis pointing left, the y-axis pointing down, and the z-axis pointing out of the page. The structure is supported at the left end by a fixed support and at the right end by a roller support.

3. 設計概要

本橋は横構や対傾構を省略した合理化アーチ橋である。通常配置される横構や対傾構は、横荷重に対する強度を確保する以外に、協働して橋の立体的剛性や座屈強度を高める働きがある。本橋はそれらが省略されているため、部材の座屈に対する安全性を照査する必要があり、アーチリブに着目した弾性座屈固有値解析を実施し、解析結果の座屈固有値から道示Ⅱ 13.4 に準拠し有効座屈長を算出して断面照査を実施した。

アーチリブ、横支材は狭小な箱断面形状であり、特にアーチリブの基部やアーチリブと横支材の結合部は非常に狭隘なスペースでの工場組立や現場施工が必要となる。作業効率の悪化や溶接等の品質確保が懸念されたため、設計的根拠を明確にしたうえで可能な限り構造の改善を図った。

4. 1 狭隘部の施工

解析ケースは、実際に施工する床版コンクリート打設手順のステップ毎 3 ケース（合成床版のせん断剛性未考慮）と、完成系の活荷重載荷時 6 ケース（合成床版のせん断剛性考慮）を実施し、十分な座屈強度を有していることを確認した。

前述の通り、本橋梁形式は主部材の断面剛性を高め、横構や対傾構といった部材を省略した構造となっている。加えて、箱断面形状の横支材の控え材がアーチリブ内に配置されていることにより、格点部が厚板で構成された狭小な空間となり、完全溶け込み溶接の品質が確保できる施工方法を検討する必要があった。完全溶け込み溶接部の施工において、適正なトーチ角度の保持やアーク点を目視出来ることは品質確保の重要な要素の一つである。そのため、原寸作業に3次元CADを適用し、立体的な視点で狭隘箇所での構造検討を行い、出来る限りの構造の簡素化及び作業空間の確保、不可視部の排除を図った。今回行った狭隘部の構造改善の一例を図-4に示す。

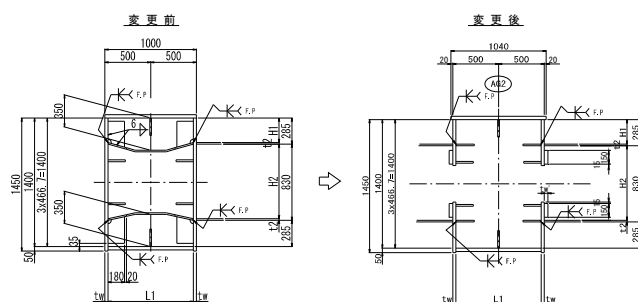


図-4 アーチリブと横支材の格点部 (単位: mm)

また、補剛桁における狭隘箇所ではCAD上で検討した原寸資料を基に発泡ウレタン素材を使用した実寸モデルを作成し、作業性を確認するとともに板組み、開先形状、組立て順序を決定した。

以上の結果、必要性能を維持しつつ、溶接品質を落とすことなく狭隙部の施工を確実に実施した。

(2) 現場作業性の改善

アーチ頂点（クラウン）付近は垂直材が短い仕口同士で直接取合う構造であり、密閉された箱桁構造となっている。現場では添接部近傍に設けた作業用ハンドホールから添接作業時の高力ボルト挿入や、塗装作業を行う必要があり、施工性確保が課題であった。そのため、製作前に前述同様に実寸モデルによる作業性確認を行いハンドホール位置等の構造詳細を決定し、また、写真－１に示すように仮組立てにおいても確認を行った。



写真一 1 現場施工性確認

4. 2 溶接効率の向上

狭小箱内では溶接作業者が窮屈な姿勢を取り続けることとなり、作業効率の低下が懸念される。また、溶接量が多い構造であるため、作業者の負荷軽減対策として極力、自動溶接を適用することとした。

(1) FA溶接機の適用

一般に橋梁工場における自動化ラインは直線橋を対象としたものが多く、アーチリブの曲線や本橋の補剛桁の様な折れ桁には適さないことが多い。しかしながら、本橋では写真-2に示すようにアーチリブ腹板のすみ肉溶接の多電極溶接機適用や、補剛桁の首溶接へI桁製作ラインを積極的に適用するなどして、作業効率の向上に努めた。



写真-2 FA溶接機の適用

(2) 簡易自動溶接機の適用

アーチリブ及び垂直材の外面隅肉溶接，補剛桁のスティフナ溶接には，写真-3に示す自走台車による簡易自動溶接を適用し，作業効率の向上を図った。



写真-3 簡易自動溶接機の適用

4. 3 仮組立における精度管理

本橋は組立高さがスパンセンターで約 30m となり、クレーン設備の制約から、写真-4、5に示すようにアーチリブは面組み、補剛桁は床組みとして仮組立てを行った。



写真-4 補剛桁仮組立



写真-5 アーチリブ仮組立

補剛桁とアーチリブを分割して仮組立てするため、全体形状を直接確認することは出来ない。そのため、アーチリブおよび補剛桁の出来形を計測し、その計測結果から数値シミュレーションを行い、垂直材の取り合いならびに全体形状の出来形を確認した。

また、仕口同士が直接取合うアーチクラウン付近は架設時に調整の余地がほとんどないこと、補剛桁架設の基準位置となる部材であることから、写真－6に示す通りアーチリブ・補剛桁の重複立体仮組立を行った。

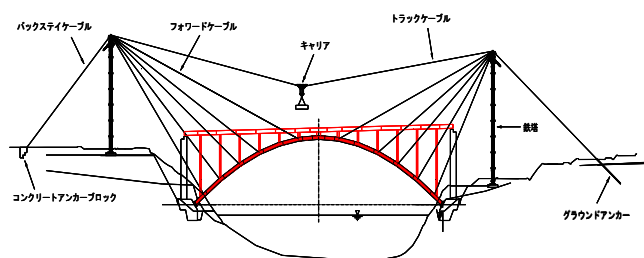


写真－6 重複仮組立

5. 現場施工

5. 1 架設方法

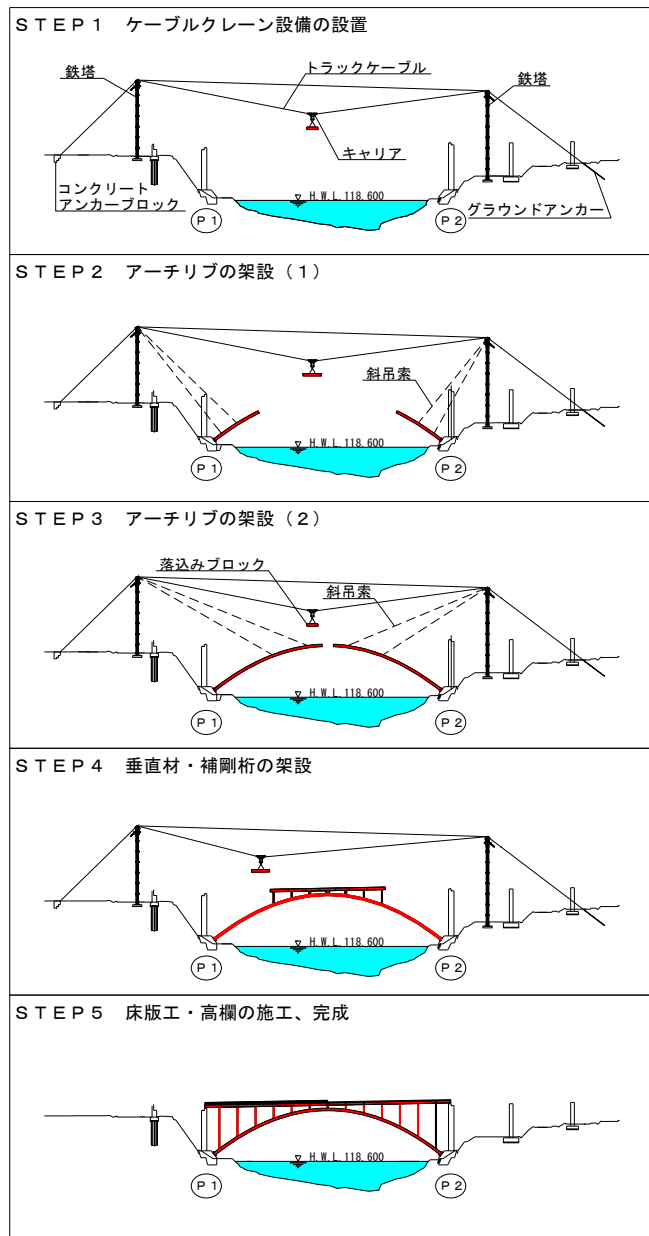
本橋は神通川に架かる橋梁であり桁下空間の利用ができないため、ケーブルエレクション斜吊工法を採用した。同工法は一般的にケーブルクレーン設備とケーブルエレクション設備を分離して施工するが、本工事では大型資機材による兼用鉄塔を採用し、組立・解体作業の削減により工期短縮を図った。架設計画図を図－5示す。



図－5 架設計画図

鉄塔高さ約 50m、鉄塔支間 196m、ケーブルクレーンは 2 系統とし、吊能力は部材重量から 30t/系統とした。ケーブル定着部は、P1 橋脚側をコンクリートブロック、P2 橋脚側をグラウンドアンカーとした。

架設ステップ図を図－6に、施工状況を写真－7～10に示す。



図－6 架設ステップ図



写真－7 アーチリブ架設状況



写真-8 垂直材・補剛桁架設状況



写真-9 合成床版架設状況



写真-10 完成

5. 2 アーチリブ架設時の形状管理

アーチリブは基部側から架設を行い、2本の斜吊索を順次盛り換えながら連結していった。斜吊索は3本のアーチリブのうち外側のみを支持し、中央のアーチリブは横支材を連結することで形状を保持した。

アーチリブを架設するにあたり、架設段階ごとの出来形形状の管理が重要であり、架設に先立って図-7に示すモデルを用いた解析により算出した架設段階ごとの部材変位を出来形管理値として、逐次管理を行った。計測点はアーチリブと横支材の交点とし、写真-11に示すプリズム反射板を設置するなどして計測作業の効率化を図った。

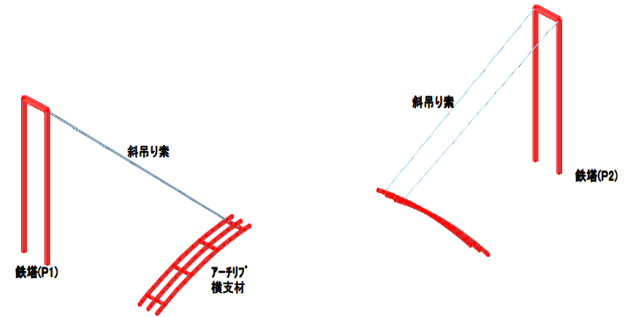


図-7 出来形管理用解析モデル



写真-11 出来形計測

斜吊索は2本の斜吊索で順次盛換えながら架設するため、先端部の1本で支持できる能力を有しているが、閉合時は先端部の1本で支持した場合にアーチリブ自重による変形で仕口が上方を向き、閉合部材の連結が困難となる。そのため、2本の斜吊索により仕口角度を調整しながら閉合を実施した。閉合時の状況を写真-12に示す。



写真-12 アーチリブ閉合

出来形形状の管理に加えて、斜吊索張力や鉄塔の倒れ、鉄塔基礎沈下等も逐次監視し確実に安全な施工を実施した。

5. 3 コンクリート施工の寒中対策

工程短縮の諸施策により合成床版のコンクリート打設は11月中旬に完了することができたが、地覆コンクリートの一部が12月の打設施工となり、日平均気温が5℃を下回る状況での施工を余儀なくされた。そのため、写真-13に示すように、ジェットヒーター+ビニールダクトにより所定の養生温度を確保できる対策を講じた。

5. 4 その他

(1) 安全対策

橋梁下の神通川では漕艇(競技用ボート)が日々往来しており、落下物等への対策が重要であった。例えば、添接



写真-13 寒中養生

作業時は添接部をメッシュシートで覆うなどして落下物対策を講じた。また、常時満水位で 2.0m のクリアランスを確保するようにワイヤーブリッジを計画した。

一方、ケーブルクレーン設備に対する安全対策として、過巻き防止リミット装置を設置し、ウインチ部にはワイヤーの乱巻きや誤作動等の防止を図るため、CCD カメラを設置してオペレーター室でリアルタイムにモニタリングできる対策を講じた。

(2) 環境対策

架設位置周辺に絶滅危惧種クマタカの生息・繁殖が確認されており、桁架設時のドリフトピンの打込みやインパクトレンチ締付け作業による騒音発生で、クマタカの抱卵期～育雛期に悪影響を及ぼす可能性があり、発注者主導により騒音測定ならびに営巣観察が実施された。また、鉄塔設備やワイヤーケーブル等の架設資機材についてもクマタカの生態に配慮した対策を講じた。

6. おわりに

本工事は、平成 20 年 2 月 29 日に完成検査を無事に終えて工事を完了し、また、「猪谷楡原道路」のうち本橋を含む庵谷～楡原間 (L=3.0km) が、平成 22 年度に 2 車線供用を開始する予定である。

最後に、本工事を実施するにあたりご指導頂いた北陸地方整備局富山河川国道事務所の方々、ならびに施工に携わって頂いた関係各位には、本書面を借りて厚くお礼申し上げます。



写真-15 完成写真②



写真-14 完成写真①