

上路式RC固定アーチ橋の施工 —高滝ノ沢橋におけるロアリング架設工法の採用—

佐藤 徹¹・金子 恵造²・鹿島 康一³

¹～³北海道開発局 函館開発建設部 江差道路事務所 (〒043-0025 北海道檜山郡江差町字泊町172番地)

高滝ノ沢橋は、北海道南部渡島半島に位置する一般国道 277 号の雲石道路整備事業 (L=5.4km) において、急峻な渓谷地形に架橋中の「上路式RC固定アーチ橋(橋長 L=163.0m, アーチ支間長 l=112.0m)」である。本稿は、アーチ橋としては北海道初となる「ロアリング架設工法」の採用に至った。その経緯と、その技術的所見について報告するものである。

キーワード：RC固定アーチ橋、設計・施工、ロアリング架設工法

1. はじめに

一般国道277号は、江差町を起点として、八雲町に至る延長約60kmの幹線道路であり、日本海側と太平洋側を横断し、道央方面と檜山南部の物流、観光等を支えるほか、国道5号で通行止め等が発生した場合の函館～道央方面の迂回路としても重要な役割を担うものである。

このうち雲石道路整備事業は、山間部に位置し、地すべり・落石・雪崩が発生しやすいため防災対策が必要な箇所があり、また急カーブ・急勾配が連続し幅員が狭いことから、これらの諸問題の解消を図ることを目的として平成25年度の供用を目指して事業を進めている。

本論稿は、雲石道路整備事業(図-1)の内、現在施工中であり、北海道初となる架設工法を採用する高滝ノ沢橋の設計・施工について報告するものである。

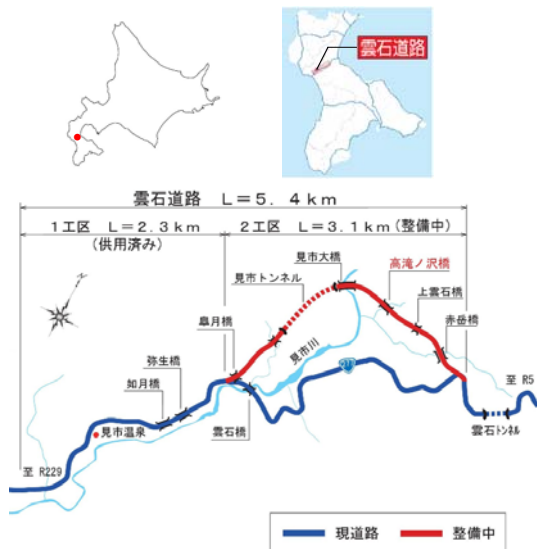


図-1 位置図

2. 橋梁形式および架設工法の選定

本橋梁の架橋位置は、強固な岩盤で形成される急峻な地形(渓谷)である。橋梁形式は、中間に橋脚を設置するより1スパンでアーチを形成する方が経済性・施工性で有利となることから本形式を採用した(図-2)。

◆橋梁諸元◆

構造形式：上路式RC固定アーチ橋
橋長：L=163.0m
支間長：16.5m+128.5m+17.0m
アーチ支間長：l=112.0m
アーチライズ：r=17.4m

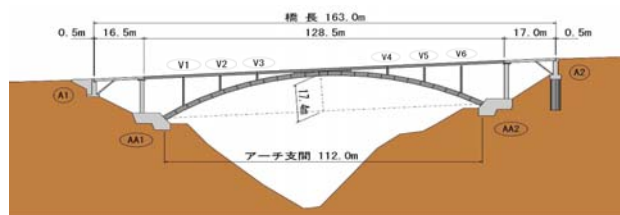


図-2 高滝ノ沢橋_側面図

本橋架設工法の選定にあたり、北海道でのRCアーチ橋の施工実績が少なく複数の架設工法が考えられる為、民間の高度な施工技術を求める事により工事の品質をより高めることが期待できる高度技術提案型総合評価方式を採用した。その結果、現受注者が橋梁規模と架設地点の地形地質特性(背面施工ヤードを確保可能、硬質な岩盤)および、架設時の構造系がシンプルで施工管理が容易であること、大規模な仮設機材や架設時補強が不要となること、架設時間が短く厳冬期前にアーチリブの構築が完了できるなど、本橋梁には最適な架設工法と考えられるロアリング工法が提案され、これを採用した。

3. ロアリング工法

(1) ロアリング工法の概要

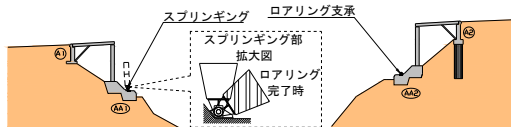
コンクリート橋の架設は、橋梁の構成要素である構造部材をどのように施工するかが重要なポイントである。施工時の構造系が不安定となる場合は、補強工法を用いて架設することとなるが、理想的な架設は、架設時と完成時の構造がほとんど変わりなく、部材を有効に働かせながら施工する方法である。

アーチ橋は、アーチアクションによって構造が成立するものであり、小規模なアーチ橋は支保工上で施工するのが一般的である。しかし、本橋のような大規模で架橋位置が急峻な渓谷地形となると、一般的には張り出し架設とならざるを得ず、アーチリブが閉合するまでのアーチアクションが期待できない。そのため、架設時の構造は完成時の構造と全く違うものとなることから、架設のために部材補強が必要となり、その分コストアップの要因となる。

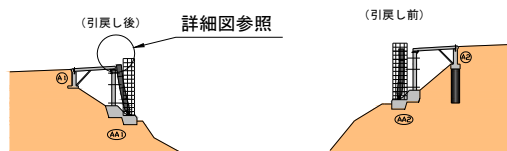
一方、ロアリング工法は、アーチリブをほぼ鉛直方向に立てて構築し、最後にアーチリブを回転して閉合する工法である。この工法は、アーチリブを鉛直に構築することで斜吊り材を不要とし、回転するときも背面から吊り支持することでアーチリブに擬似的なアーチアクションを発生させ、完成時の応力状態に近づけることにより、架設時の部材補強や補助工法を低減することが可能となり、他工法に比べ経済的な架設工法である。

以下に本橋の架設順序（ロアリング架設工法）図を示す（図-3）。

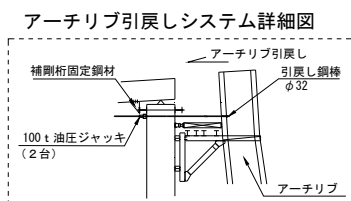
◆Step-1；ロアリング沓・スプリングング施工



◆Step-2；1~4ブロック施工・引戻し



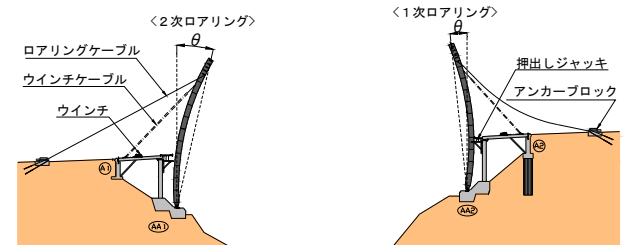
- ・引戻し；アーチリブ5~12ブロックを鉛直方向に構築するため、1~4ブロックの施工完了後、後方へ引き戻す（例_A-1側）。



◆Step-3；5~12ブロック施工・アンカーブロック施工 ロアリングケーブル挿入

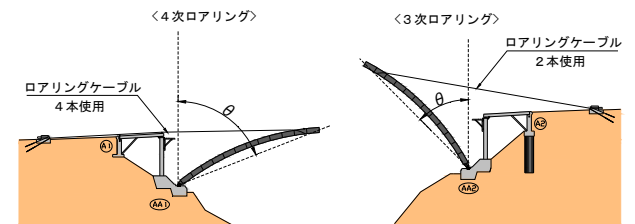


◆Step-4；1次ロアリング・2次ロアリング



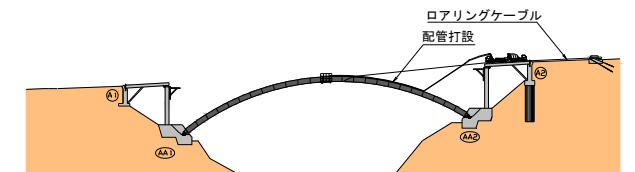
- ・1次ロアリング；押し出シジャッキにて強制回転
例_A-2側<< $\theta = 2^\circ \sim 6^\circ$ >>
- ・2次ロアリング；ウインチにて自重回転
例_A-1側<< $\theta = 6^\circ \sim 13^\circ$ >>

◆Step-5；3次ロアリング・4次ロアリング



- ・3次ロアリング；
ロアリングケーブル2本にて自重回転
例_A-2側<< $\theta = 13^\circ \sim 45^\circ$ >>
- ・4次ロアリング；
ロアリングケーブル4本にて自重回転
例_A-1側<< $\theta = 45^\circ \sim$ 最終>>

◆Step-6；アーチ閉合部施工・アンカーブロック撤去



◆Step-7；鉛直材施工・補剛桁施工・

クラウン部補剛桁施工 ~ 完成

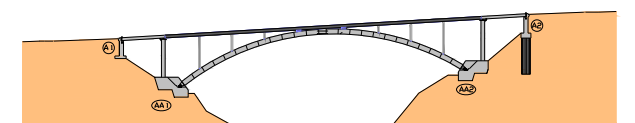


図-3 アーチリブ架設順序図

(2) 段階式ロアリング工法*の採用

ロアリング工法は、アーチリブ背面よりジャッキとケーブルを用いてアーチリブを支持しながら回転降下させる工法であることから、ロアリングの回転角度に応じて留意事項が異なる。このため、受注者の提案により傾斜角ごとに安全性と施工性を考慮できる段階式ロアリング工法を採用した。

【1次ロアリング】

初期段階においては、アーチリブの重心が回転支点の鉛直線上後方にあり、ロアリングケーブルに張力が作用しない。したがって、1次ロアリングではエンドポスト上端に設置した押しジャッキ（写真-1）を用いてアーチリブを押しながら回転作業を行った。



写真-1 押しジャッキ設置状況

【2次ロアリング】

重心が前方に移動してもケーブルが低張力状態においては、PC鋼材のくさび式定着工法の安全性が低下することが懸念されるため、くさび式ジャッキを使用する前にウインチシステム（写真-2）を用いてアーチリブの回転作業を行った。



写真-2 ウインチ設置状況

【3次・4次ロアリング】

段階ごとに増加するケーブル張力に応じて、ロアリングジャッキ（写真-3）を用いて回転作業を行った。

3次ロアリング（写真-4）は、ロアリングジャッキ2台の稼働での回転作業とし、4次ロアリング（写真-5）は、ロアリングジャッキ4台の稼働で回転作業を行

った（写真-6・7；ロアリング完了時）。

アーチリブ閉合時の施工誤差は、基準高さで0mm、橋軸直角方向のずれは10mmとそれぞれ許容値の20mm、30mm以内に収めることができた。



写真-3 ロアリングジャッキ



写真-4 A2側3次ロアリング状況



写真-5 A1側4次ロアリング状況



写真-6 A2側4次ロアリング完了時状況

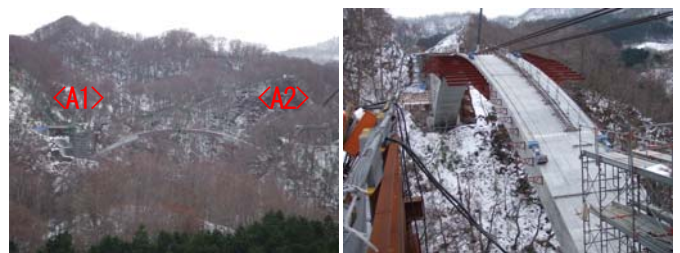


写真-7 A1側4次ロアリング完了時状況

4. ロアリング工法に係わる技術

(1) SM式ロアリング支承[※]の採用

ロアリング工法ではアーチリブの回転に伴い、支承反力の作用方向が変化する。そのため、受注者の提案によりSM式ロアリング支承を用いて、アーチリブ軸線に対して直交する傾斜面と水平面との両方で支持する構造とした。傾斜面はアーチ軸力を効率的に支持し、水平面はアーチリブ構築時の反力を支持すると共に施工性と設置精度の向上を期待するものである（図-4）。

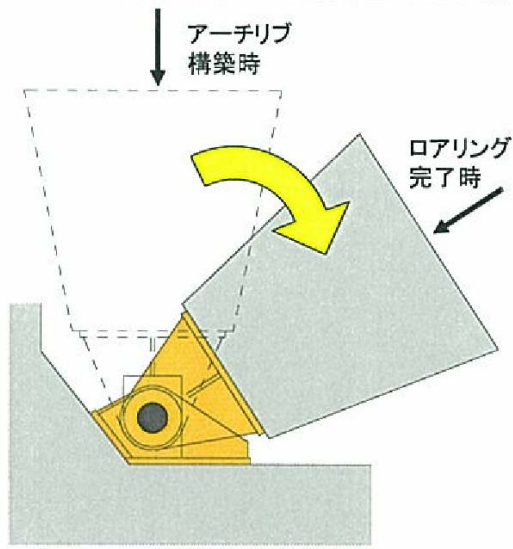


図-4 SM式ロアリング支承

また、ロアリング終了時の出来形は、ロアリング支承の左右のピンの軸線により精度が決定される。このため、通常は左右独立している支承を1本のピンにて一体化し、支承2基の回転軸線を完全に一致させるものとした（写真-8）。



写真-8 連結ピン設置状況

(2) 新メラン工法[※]の採用

メラン工法とは、RCアーチ橋の架設において早期にアーチ構造を構築して安定させることを目的とし、本設

のアーチリブ構築前にあらかじめ鋼メラン材によりアーチ形状を形成する工法である（図-5）。

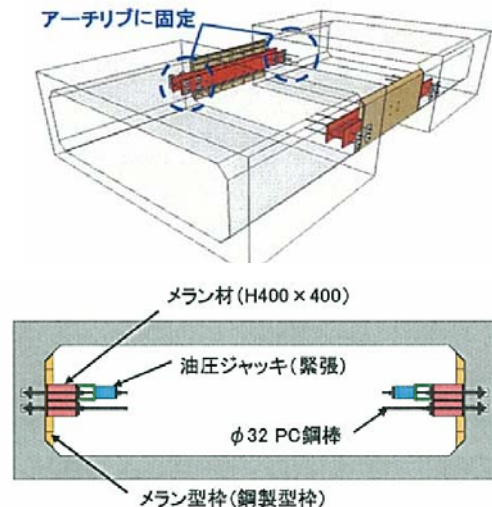


図-5 新メラン工法によるアーチ閉合

厳冬期を迎える本工事においても、受注者の提案により早期閉合と閉合部施工時の安定化を目的として本工法を採用した。メラン材はアーチリブ構築後、アーチリブ内に設置し、ロアリング終了後、両側をメラン材にて連結した（写真-9）。

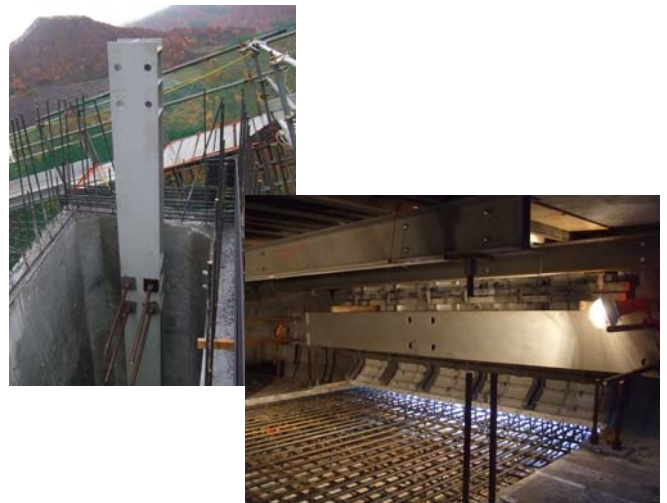


写真-9 メラン材設置状況 (左)
メラン材連結・メラン型枠設置状況 (右)



写真-10 閉合部コンクリート打設状況

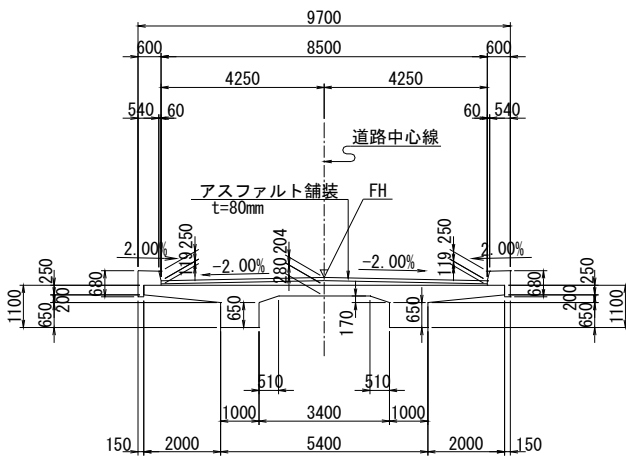
5. 鉛直材・補剛桁施工

鉛直材はV1～V6の6箇所施工し、施工高さは2.630m～12.970mである。本橋は架橋位置が積雪寒冷地の山間に位置することから気象条件が特に厳しく、アーチ部の施工後に引き続き鉛直材のコンクリートを打設する場合、施工済みアーチリブ本体のコンクリート温度が低下しているため、大規模な雪寒仮囲いを施工し冬期養生を行ったとしても鉛直材基部との継ぎ目に温度差が生じ不具合が発生する可能性が考えられる。また、鉛直材はアーチリブ上に構築することから、作業通路の傾斜が最大36°程度となり、風雪や凍結により作業時の墜落・滑落災害の発生リスクが非常に高くなる。さらに、荒天による作業中止が頻繁に発生することも考えられるため、本橋のアーチ部の併合後に引き続き行う鉛直材・補剛桁の施工は、厳冬期(平成25年1月～平成25年3月)を休止期間とし、平成25年4月から施工を開始し品質及び安全の確保を図った。(写真－11)



写真－11 鉛直材施工状況

鉛直材の施工が完了後、補剛桁の施工を行った(写真－12)。補剛桁の標準断面図を図－6に示す。



図－6 補剛桁標準断面図



写真－12 補剛桁施工状況

6. 橋面工施工

補剛桁の施工が完了後、以下の施工を行い本橋梁は完成となる。

- ・ 地覆コンクリート
- ・ 車両用防護柵
- ・ 橋面防水
- ・ 橋面舗装

7. おわりに

「高滝ノ沢橋」は、アーチ橋としては北海道初の「ロアリング工法」を採用した橋梁である。本橋梁のような山岳地帯において厳冬期を回避したアーチ部材の架設を行う橋梁形式・施工方法の採用に際し、本事業で得られた知見及び施工技術が同様の設計・施工の一指標となれば幸いであると考えます。

年内に鉛直材・補剛桁・橋面工の施工を完了し、今年度中の完成を目指している。

<参考>

※三井住友建設(株)の特許工法である。