

段階式ロアリング工法を用いたアーチ橋（高滝ノ沢橋）の施工

三井住友建設(株) 北海道支店 土木部	正会員	○濱本 泰弘
国土交通省 北海道開発局 函館開発建設部		金子 恵造
三井住友建設(株) 北海道支店 土木部	正会員	志田 淳
三井住友建設(株) 土木本部 土木設計部	正会員	永元 直樹

1. はじめに

高滝ノ沢橋が位置する一般国道 277 号「雲石道路」は、山間部に位置し、落石・土砂崩壊・雪崩等の特殊通行規制区間、危険箇所および現道隘路区間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いる事業である（図-1）。

本工事は総合評価落札方式のうち、入札時にアーチリブの施工方法の提案を受け付ける高度技術提案型の試行工事である。本橋は、急峻な V 字谷に架設されるアーチ支間 112.0m の上路式 RC 固定アーチ橋であり、アーチリブの施工方法は、その地形や冬季は厳寒地となる気候条件、さらには工程管理・品質管理・精度管理・安全管理の面を総合的に判断し、段階式ロアリング工法を採用した。

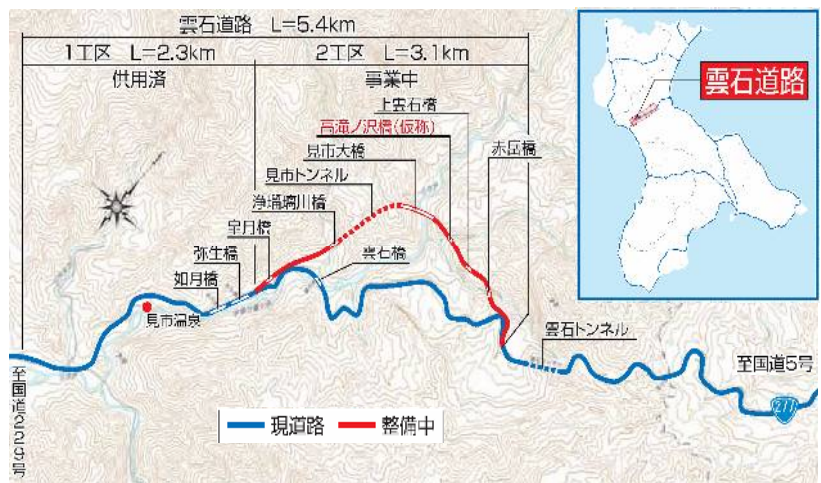


図-1 雲石道路事業の概要

2. 工事概要

工 事 名：一般国道277号 八雲町 高滝ノ沢橋上部工事

発 注 者：国土交通省 北海道開発局 函館開発建設部

架橋位置：北海道二海郡八雲町熊石大谷地区

工 期：平成 24 年 2 月 3 日～平成 26 年 2 月 24 日

橋長：163.0m アーチ支間：112.0m 有効幅員：8.50m 縦断勾配：5.92%（図-2）

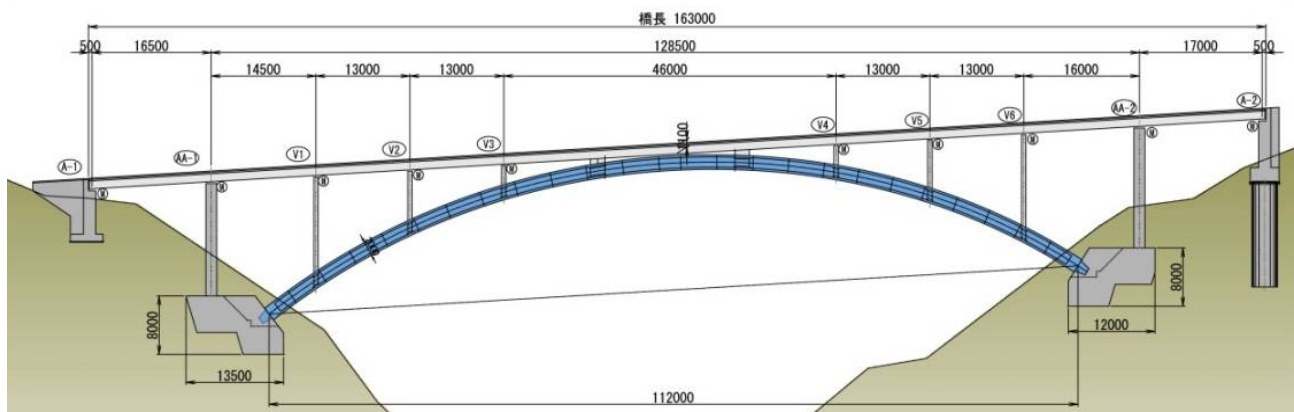


図-2 橋梁一般図(側面図)

3. SM式ロアリング支承の採用

当工事におけるロアリング工法では支承反力方向が鉛直方向から水平方向へ約 70° 変化する（アーチリブ製作完了時：鉛直反力 $V=8680\text{kN}$ 水平反力 $H=1500\text{kN}$ 閉合直前： $V=8270\text{kN}$ $H=10820\text{kN}$ ）。また、支承の据付精度がアーチリブ閉合の出来形に大きな影響を与える。そのため、全方向に対して最も合理的な支承構造であるとともに、支承 2 基の回転軸線を完全に一致させた連結ピン構造である SM 式ロアリング支承を採用した（写真-1）。支承の据付後は回転試験を行うことにより、軸線のずれおよび最終角度まで異常なく回転するかの確認を行った（写真-2）。

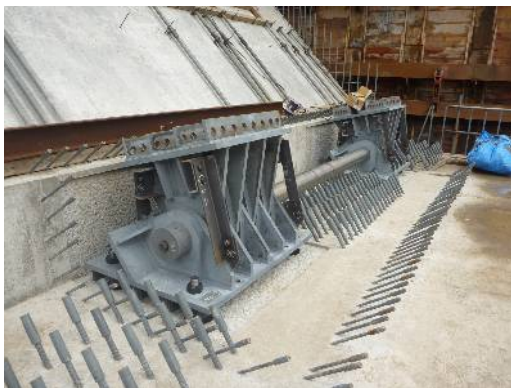


写真-1 ロアリング支承据付完了



写真-2 ロアリング支承回転試験

4. アーチリブの施工

4.1 アーチリブのブロック数

アーチリブはほぼ鉛直に立てた状態で分割施工するが、ブロック長を約 5.0m として分割数を減少させる事により工程短縮を図った。AA1, AA2 アーチリブをそれぞれ 12 ブロックとし、実働 9 日のサイクルで施工を行った。図-3 にアーチリブの断面詳細図を示す。

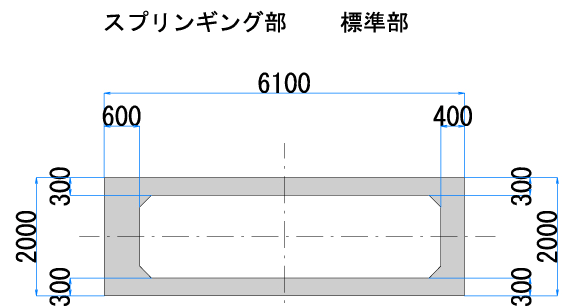


図-3 アーチリブ断面詳細(標準部)

4.2 アーチリブの施工

アーチリブの施工足場は地形条件・経済性・工程を考慮し、総足場工法を採用した（枠組足場高さ AA1 : 63.2m AA2 : 64.4m）（写真-3）。アーチリブ 1~4 ブロックの施工完了後、5~12 ブロックの傾斜角度を鉛直方向に補正するため、アーチリブの引戻し（7° 傾斜させる）作業を行い、作業完了後はアーチリブの転倒防止のための仮固定を行った（図-4）。仮固定後、足場を組替え 5~12 ブロックの施工を行った。



写真-3 足場組立完了(12ブロック施工時)

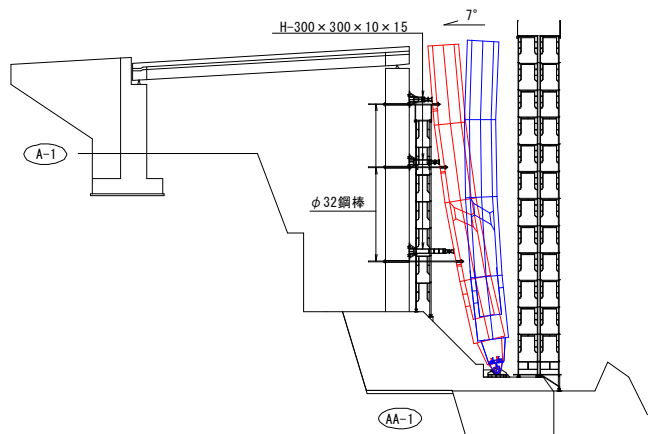
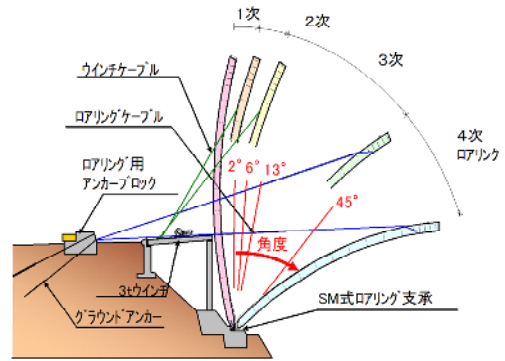


図-4 引戻し後仮固定計画図

5. 段階式ロアリング工法による施工

ロアリング工法による架設では、ロアリングケーブルを長尺にわたり送り出す必要があるため、くさび定着式の大容量ケーブルを使用するのが一般的である。しかし、ロアリングの初期段階における低張力状態ではくさびの定着が完全ではなく、ケーブルが抜け出す危険性がある。そのため、角度ごとに対応した機械を使用し、段階的にロアリングを行うことで安全性を確保するとともに、低張力状態でのロアリング作業日数を短縮することが有効である。本橋では、ロアリング作業を4段階に分けて行った。概要を図-5に示す。



段階 (角度)	使用機械	仕様・規格	台数	備	考
1次 (2° ~ 6°)	押し出しジャッキ	100t 150st	4台	山留材 (MS300)	
2次 (6° ~ 13°)	3tウィンチ	11kw	2台	ウィンチケーブル 6*37 A種 φ20 2本	
3次 (13° ~ 45°)	ロアリングジャッキ	500t 350st	2台	ロアリングケーブル 27S15.2	2本
4次 (45° ~ 最終)	ロアリングジャッキ	500t 350st	4台	ロアリングケーブル 27S15.2	4本

図-5 段階式ロアリング概要

5.1 アーチリブの回転角度の計測方法

アーチリブ回転時は以下の3通りの計測により管理した。

- 1) アーチリブに取り付けた角度計による測定 (写真-4)
- 2) 定点からアーチリブ先端 (12 ブロック) までの距離を光波距離計で計測
- 3) 各箇所に設置した荷重計の値を計測し、回転角度ごとの設計荷重と比較

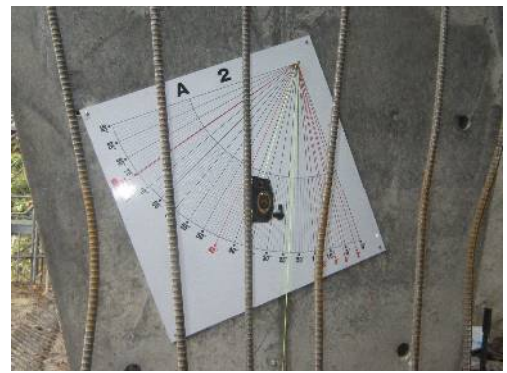


写真-4 角度計

5.2 1次ロアリングの施工

押し出しジャッキを左右に各2台ずつ計4台配置した。内側2台、外側2台を1組とし交互にアーチリブを押し出しながら200mmの山留材 (微調整は100mmの山留材や木製キャンバー材で行う) を接続した。この作業をウィンチケーブルに張力が移行するまで (2° ~ 6°) 繰り返して行った (写真-5)。その際、左右のジャッキストロークをmm単位で計測するとともに、ジャッキに取り付けたひずみ計でジャッキにかかる荷重を計測し、左右で大きな差がないことを確認しながら作業を行った。1次ロアリング時はウィンチケーブルをフェールセーフとして安全性を確保した。



写真-5 1次ロアリング施工状況

5.3 2次ロアリングの施工

ウィンチケーブルへの張力移行後、左右に配置した3tウィンチを操作し、荷重計の計測値が左右で大きな差がないことを確認しながらロアリングケーブルへ張力が移行するまで送り出し作業を行った (6° ~ 13°) (写真-6)。各ケーブルの張力を以下に示す (表-1)。2次ロアリング時は、ロアリングケーブル (2本) をフェールセーフとして安全性を確保した。



写真-6 2次ロアリング施工状況

表-1 2次ロアリング最終時のケーブル張力

		単位: kN	
2次ロアリング (13° 時点)	ウィンチケーブル (6*37 A種 φ20 2本)	AA1	1,118
		AA2	968
	ロアリングケーブル (27S15.2 2本)	AA1	749
		AA2	712

5.4 3,4 次ロアリングの施工

3,4 次ロアリングの施工には全ジャッキが連動し、個別に張力とストロークの両方を制御することが可能な連動制御型のロアリングシステムを採用した。ジャッキシステムは能力 4900kN 最大ストローク 350mm のものを 3 次ロアリングでは 1 組 (2 台), 4 次ロアリングでは 2 組 (4 台) 使用 (写真-7) し、制御室のモニターで張力とストロークを一括管理した。3 次ロアリング (13° ~45°) はウィンチ設備の解体, 撤去後にロアリングケーブル 2 本を 1 ストローク 300mm で送り出した。その際、4 次ロアリングで使用するロアリングケーブル 2 本をフェールセーフとし、安全性を確保した。45° まで送り出し作業が完了した段階で 4 本のロアリングケーブルの張力が均等になるように調整を行った。その後の 4 次ロアリング (45° ~最終角度) は 1 ストローク 270mm で送り出し作業を行った (写真-8)。3,4 次ロアリング時の最大張力を表-2 に示す。



写真-7 ロアリングジャッキ



写真-8 4 次ロアリング状況

表-2 3,4 次ロアリング時ケーブル張力

		単位: kN	
3次ロアリング (45° 時点)	ロアリングケーブル (27S15.2 2本)	AA1	5,313
		AA2	5,114
4次ロアリング (最終角度時点)	ロアリングケーブル (27S15.2 4本)	AA1	11,000
		AA2	11,431

※最終角度: AA1-68.3° AA2-74.7°

6. あとがき

段階式ロアリング工法を採用した結果、従来工法と比較して低張力状態時におけるロアリング作業 (2,3 次ロアリング) の施工性を向上させたことで、合計 4 日 (片側 2 日) でロアリング作業を完了することができた (写真-9)。そのことにより、アーチリブ閉合部コンクリート打設までの不安定な状態を局力短くでき、安全性の向上にもつながった。以上のことから、アーチ橋のロアリング工法による架設において、本工法は有効であると思われる。本原稿執筆時点では鉛直材の施工を行っており、その後、補剛桁 2,3 次施工、橋面工と施工を行い、2013 年 11 月に完成予定である。高品質かつ景観に調和した美しい橋梁の建設を目指している。



写真-9 ロアリング完了全景

最後に当工法の施工にあたり、御指導・御助言を頂いた関係者各位に感謝の意を表するとともに、本稿が今後のアーチ橋架設工法の更なる発展の参考となることを期待する。

参考文献

- 1) 渡邊, 星原, 川浦, 越智: 新ロアリング工法を用いたアーチ橋 (亀山城橋) の施工, プレストレストコンクリート技術協会, 第 12 回シンポジウム論文集 (2003-10)