

一般国道452号五稜道路における 施工の課題と解決策について

旭川開発建設部 旭川道路事務所 第三工務課 ○菅沼 亮輔
今野 強幹
赤川建設興業株式会社 小橋 隆之

一般国道452号は、夕張市を起点とし、旭川市に至る延長約110kmの幹線道路である。当該道路の旭川側に位置する五稜道路は林道を進んだ先に位置し、道路や通信など十分なインフラが未整備の条件下で、工事を進めることが求められる。本稿では、トンネル工事の初期段階である、トンネル起点坑口部の垂直縫地ボルトの施工に要する法面工・仮設工について、北海道の地域特性も踏まえた課題と解決策を記す。

キーワード：環境負荷低減、i-Construction、モノレール、バギー

1. はじめに

近年、デジタル化をはじめとした科学技術の進歩により、工事現場においても効率的な施工が進められている。その一方で、例えば道路を新設する際には、必ずしも既存道路や通信環境といったインフラが十分に整備されていない事がある。

そこで本稿では、上述したインフラをはじめとする施工環境が十分に整っていない条件下において、また北海道という地域特性も踏まえて、「令和5年度 一般国道452号 美瑛町 台の下山改良工事」を例に課題と解決策を紹介し、アナログもしくはデジタル単体で対処するのではなく、それぞれの利点を活用することの重要性を説くことを目的とする。

2. 概要

(1) 一般国道452号・五稜道路について

一般国道452号は、夕張市を起点に旭川市に至る延長約110キロメートルの幹線道路である。このうち五

稜道路は、通行不能区間の解消を図り、地域間交流の活性化及び物流の効率化の支援を目的とした延長11.7kmの事業である(図-1 参照)。本事業の整備により、芦別市と美瑛町間の通行不能区間が解消され、芦別市から旭川空港までの所要時間が夏で25分(冬は28分)短縮され、上川中南部圏と中空知圏を結ぶ新たな交通ネットワークが形成される¹⁾。

当該事業の旭川側に位置する五稜道路は、台の下山トンネル、オイチャヌンペ大橋、瑠辺薬山トンネルの3構造物の建設が計画されている。これら3構造物を同時に工事着手することは現場条件から難しく、終点側に位置する台の下山トンネルから順次施工していく計画である。そのため、この台の下山トンネルの着手が遅れると、全体工程に影響を及ぼすため、極力早くにトンネル施工に着手することが求められる。

(2) 台の下山トンネルについて

五稜道路の施工着手にあたり、台の下山トンネル起点側坑口には崖錐堆積物が厚く分布し、トンネルの施



図-1 位置図

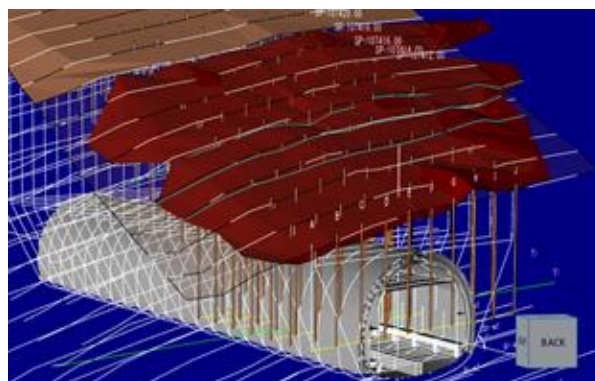


図-2 トンネル坑口周辺図(BIM/CIMモデル)

工によって地山が緩み、地すべりを引き起こすおそれがあることから、貫通前にトンネル坑口周辺の斜面对策工（垂直縫地ボルト工）が必要となった(図-2 参照)。しかし、このトンネル坑口は山奥にあり、急傾斜地にも位置していることから3つの課題があった。1つめは既存道路では、直接トンネル坑口までアクセスできず、別途工事用道路を整備する必要があり、工事用道路の整備に時間や経済面でコストを要すること。2つめは現場が山奥にあり通信圏外であること。3つめは熊や鹿をはじめとした野生動物対策や、積雪対策といった北海道の地域特性から生じる課題があること。

3. 施工上の課題と解決策

(1) 工事用道路について

既存道路として、美園林道(3.04km)とその美園林道から本線方向に伸びる森林作業道(1.15km)がある(図-3参照)。美園林道は幅員が3.0m～4.0mであり、曲線の厳しい

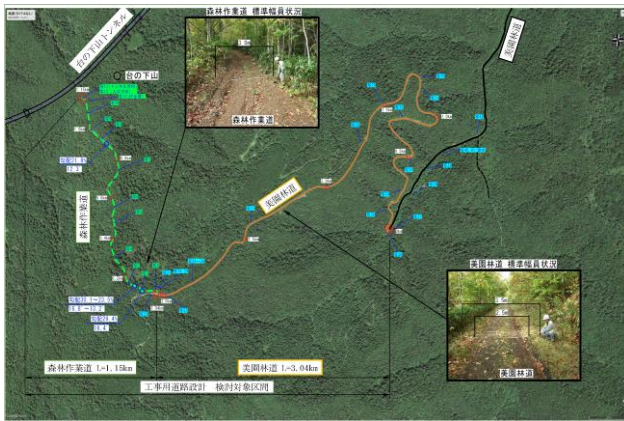


図-3 運搬経路図

区間は局所的であるが、沢水による路肩決壊、倒木や路面洗掘等が見られた。森林作業道はさらに幅員が狭い3.0mと狭隘であり、縦断勾配は最急で30.1%(16.8度)と傾斜が大きい。この急傾斜により、垂直縫地ボルト工で用いる大型ボーリングマシン等をキャリアダンプで運搬する事は、過去に施工実績がなく安全面から不適切な状況である。またこれらの既存道路を利用して、トンネル坑口まで約500m届かない状況であり、かつ森林作業道の終点は斜面上部となっておりそこからトンネル坑口までは、急な下り傾斜となっている。まず美園林道では路面を敷砂利等で改修し、運搬方法をキャリアダンプにすることで、十分な幅員がなくても資機材等を運搬できるよう工夫をした。続いて森林作業道からトンネル坑口までの資機材等の運搬については次の3種類について比較検討をした(表-1参照)。

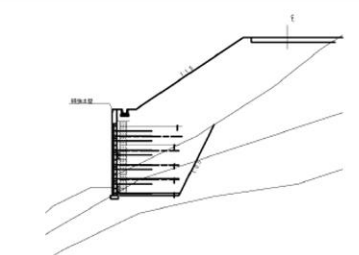
1) 工事用道路+モノレール

美園林道から斜面上部までは既設森林作業道を改良し、キャリアダンプにて資機材を運搬する。また、斜面上部からトンネル坑口までは、モノレールにて資機材を運搬する案である。工事用道路区間は約20度の急勾配区間があり、クレーンでの搬入は不可となる。またモノレール(重量3t未満)は、バックホウ等の大型重機の運搬はできず、1回当りの運搬量が限定的という制約もある。

2) 工事用道路+ケーブルクレーン

1)と同様に既設森林作業道を改良しキャリアダンプにて資機材を運搬する。また、斜面上部からトンネル坑口までは、ケーブルクレーンにて資機材を運搬する案である。1)と同様にクレーンでの搬入は不可となる。一方で、ケーブルクレーン

表-1 資機材運搬方法比較表

	①案：モノレール+工事用道路	②案：ケーブルクレーン+工事用道路	③案：工事用道路（新規造成）
施工事例			
運搬方法	・美園林道から施工斜面上部までは、既設森林作業道を改良し、不整地運搬車にて資機材を運搬する。また、斜面上部から施工箇所までは、モノレールにて資機材を運搬する。	・美園林道から施工斜面上部までは、既設森林作業道を改良し、不整地運搬車にて資機材を運搬する。また、斜面上部から施工箇所までは、ケーブルクレーンにて資機材を運搬する。	・美園林道から起点側坑口まで工事用道路新設し、資機材を運搬する。
運搬能力他	・モノレール（重量3t未満）は、バックホウ等の大型重機の運搬は不可であり、1回当りの運搬量も限られる。また、積雪による損傷を防止するため、冬期の仮撤去が必要である。 ・工事用道路区間は、約20°の急勾配区間があるため、クレーンの搬入は不可である。	・ケーブルクレーンは、バックホウ（0.5m ³ 級）程度であれば運搬可能。また、積雪による影響がないため、冬期の仮撤去が不要である。 ・工事用道路区間は、約20°の急勾配区間があるため、クレーンの搬入は不可である。	・トラック（10t）やクレーンの走行が可能であり、他家より運搬可能量も多い。
経済性 （直経工事費）	・施業道改良（L=1.1km） C=31百万円 ・モノレール（4年リース、再設置・仮撤去含む）約L=441m C=74百万円（レール賃料等はR5.1の見積単価を反映） ・合計 C=105百万円	・施業道改良（L=1.1km） C=31百万円 ・ケーブルクレーン（全損） L=518m C=67百万円 ・合計 C=118百万円	・工事用道路新設（擁壁、仮橋含む）約L=2.8km C=1,454百万円 ※地すべりや落石が確認された場合は対策費が必要
施工性 （工期）	・モノレールの資機材は比較的軽微なため、設置は容易である。 N=8ヵ月（施業道改良含む）	・資機材の運搬、施工は人力となる。 N=10ヵ月（施業道改良含む）	・擁壁（1,517m）、仮橋（1,020m）の区間が多く、工期を要する。 N=40ヵ月
評価	・運搬能力に劣るが、経済性、施工性に優れる。 O	・①案より運搬能力で優れるが、経済性、施工性で劣る。 Δ	・他家より経済性、施工性に劣る。 X

は、バックホウ(0.5m³級)程度であれば運搬可能で、積雪による影響がないため冬季の仮撤去は不要となる。

3) 工事用道路(新規造成)

美園林道からトンネル坑口まで工事用道路を新設し、資機材を運搬する案である。トラック(10t)やクレーンの走行が可能であり、他案よりも運搬可能量が多い。

上記3案の検討に際し、経済性と前述の全体工程の観点から仮設道路の整備に時間を掛けられないことの2点が考慮され、1)モノレール+工事用道路が採用された。まず森林作業道の改良として、狹隘箇所では簡易整地、伐木等による幅員の確保、縦断勾配の急傾斜に対しては、擦り付けや摩擦係数の大きな岩砕を敷き、かつキャリアダンプよりも登坂能力に長けているクローラダンプを採用した。次にモノレール区間については、急傾斜により、該当エリアの伐木やレールの設置等を機械施工することが難しく、人力、手作業で行った(図-4参照)。

(2) 通信環境について

トンネル坑口が山奥にある本工事では、通信網の不十分さが課題であり、現場の進捗確認や情報共有が困難である。そこで通信環境の改善策として、衛星インターネットコンステレーションを活用した(図-5参照)。

衛星インターネットコンステレーションとは、数千機の低軌道周回衛星によって提供されており、従来の衛星通信サービスに比べて大幅に高速かつ低遅延のデータ通信を実現するものである²⁾。これを利用することで、山間部やトンネル坑口付近など電波が届かない建設現場において、高速かつ安定したインターネット接続環境を実現でき、遠隔地からでも現場の映像や情報をリアルタイムで確認することができる。

現場でこのシステムを活用し、Webカメラシステムを施工場所に導入することで、現場の映像のストリーミングを可能とする。これにより、関係者は遠隔地からでも現場の進捗状況をリアルタイムで把握することができ、必要な指示や判断を行うこともできた(図-6参照)。加えて、映像やデータの共有も円滑に行えたため、意思決定の迅速化やコミュニケーションの改善にも寄与した。

また衛星インターネットコンステレーションを活用したWebカメラシステムは、作業効率の向上やリスクの軽減にも貢献した。現場に行かずともリモートで現場の状況を把握できるため、現地への移動時間やコストを削減することができた。

以上のことから、衛星インターネットコンステレーションの活用は、通信環境の整備が課題となる場所や非常時の緊急連絡手段としても大きな価値を持つ。今回の工事を通じて得た経験と成果を踏まえ、将来的に

は他のプロジェクトや災害復旧などでも、このような衛星インターネットコンステレーションを活用した通信網の構築やリモート監視システムの導入が進められることが期待される(令和6年能登半島地震で活用実績有³⁾)。

(3) 北海道の地域特性について

北海道という地域特性から、熊や鹿といった野生動物への対策と積雪による影響を考慮する必要がある。

1) 野生動物対策について

美園林道付近では、熊や鹿の目撃情報が頻繁に



図-4 モノレールによる施工状況



図-5 設置した衛星インターネットコンステレーション



図-6 現場WEBカメラ

報告されており、現場では作業員が熊の鳴き声を聞いたりするなど、野生動物との遭遇による安全上の懸念があった。このような状況から、現場の安全を確保するためには野生動物への対策が不可欠であった。

まず、熊対策としてはいくつかの措置を講じた。熊対策用ハンターを常駐させることで、現場の安全を確保した。ハンターは熊の出現や行動パターンを監視し、必要な場合には迅速かつ適切な対応を行った。また、現場作業員には熊スプレーや熊鈴の携帯を義務付けることで、万が一の熊との遭遇時に備えた。これにより、作業員の安全意識が高まり、熊との遭遇による事故はなく、被害のリスクを抑えることができた。次に、作業車への鹿衝突対策にも取り組んだ。鹿が道路や作業現場に突入することで、事故や作業の遅延を引き起こす可能性があった。この問題を解決するために、作業車に鹿笛を外付けた。鹿笛は、車の動きによって音が鳴り響き、鹿に対して接近を知らせる効果がある。これにより、鹿との衝突事故や作業の妨げを防ぐことができた。これらの措置により、野生生物による事故をゼロに収めることができた。

以上の対策により、美園林道付近での作業現場の安全性を向上させることができた。これらの対策は、現場の安全確保と作業の円滑化に有効であり、野生動物との遭遇によるリスクを最小限に抑えることができた。今後も引き続き、安全対策の徹底と現場の状況に応じた適切な対応を行うことが重要である。

2) 積雪対策について

美瑛町は一級地の積雪寒冷地域区分に属し、豪雪地帯でもある。そのため、この地域では積雪を考慮した工期設定や施工方法の選定が不可欠である。特に積雪がある場合、現場までの約 8km にわたる除雪作業が必要となり、非経済的であるため、降雪時期を避けた工期設定が行われている。さらに、越冬後には雪崩によるモノレールの損傷が懸念される。この損傷を防ぐため、モノレールの一時的な撤去が必要とされている。しかし、次年度早々に再びモノレールを使用するため、経済性と施工性(工期)の観点から、雪崩による影響を受けにくい基礎とレールを存置し、動力車と台車のみ仮撤去する事とした。

以上の対策により、経済性と施工性(工期)を考慮した事業が実現し、また安全性の確保にもつながることで、トンネル工事着工前のプロジェクトにおいて重要な要素となっている。

5. まとめ

本稿では、道路や通信など不十分なインフラ環境下における工事施工状況についてまとめた。経済性、時間、および施工性を比較検討しながら事業を進める中で、デジタルをはじめとした新技術の導入により、以前は困難を極めていた管理方法が現在可能となった一方で、現場条件によりアナログな方法でしか施工できない箇所があるということも分かった。

これまでの工事では、従来の手法では限界があった山奥での建設作業においても、施工業者は建設デジタルトランスフォーメーション(DX)に向けて積極的な取り組みを行ってきた。その結果、衛星を利用したライフラインの仮設やWEBカメラの設置など、山奥であることを無関係にするような革新的な技術が実現され、安価で取り組みやすいものとなっている。

その一方で、本工事のような急傾斜等の現場条件では、依然として人力の施工が求められ、また野生動物対策でも、従来の技術を利用しているという事実もある。

今後も続くこの工事においては、さらなる新たな技術の活用を求めるとともに、アナログ施工の利点も活かしつつ、トンネル工事の着手に向けた工程をスムーズに進める必要がある。

謝辞：この論文の執筆にあたり、多くの方々からご支援と助言をいただきました。心から感謝申し上げます。また、事業計画等に関して貴重なご意見と助言をいただいた大日本ダイヤコンサルタント 天羽啓太様にも心から感謝いたします。

参考文献

- 1)北海道開発局ホームページ：五稜道路
https://www.hkd.mlit.go.jp/as/douro_keikaku/a079110000005xj8.html
- 2)KDDI ホームページ：Starlink Business
<https://biz.kddi.com/service/starlink/>
- 3)KDDI 報道発表資料：スペース X と KDDI、能登半島の避難所に Starlink 350 台を無償提供
https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2024/01/07/pdf/pre ss_20240107.pdf