

朝日温海道路における先進導坑によるトンネル坑口部の施工方法について

小林 正憲¹・清水 彩也音¹

¹新潟国道事務所 村上出張所 (〒958-0268 新潟県村上市小川1313-1)

一般国道7号朝日温海道路(延長40.8km)事業では全線で多くのトンネルが計画されており、新潟国道事務所では、令和3年10月に1号トンネル、令和5年12月に4号トンネルが貫通した。4号トンネルの到達側(起点側)の坑口は、支持力確保のための置換えコンクリートを施工した後に貫通する計画であったものの、坑外からアクセスできない状況であったことから、先進導坑による貫通を行い起点側坑口の施工を行ったため、その施工方法について報告する。

キーワード 朝日温海道路, トンネル, 先進導坑

1. はじめに

朝日温海道路は、新潟県・山形県・秋田県の主要都市を結び青森県に至る延長約322 km(新潟空港IC～青森IC)の高規格幹線道路である日本海沿岸東北自動車道(以下日沿道)の一部を構成する道路であり、新潟県村上市の朝日まほろばICと山形県鶴岡市のあつみ温泉ICを結ぶ延長40.8 kmの自動車専用道路である(図-1)。平成25年度に事業化され、平成27年に用地買収に着手、平成29年に工事に本格着工したものである。

朝日温海道路全線では21本のトンネルが計画されており、新潟国道事務所ではそのうち、6本のトンネルを担当している(図-2)。令和3年10月に1号トンネルが貫通しており、現在は2号トンネルの掘削を進めているところである。

本稿では、令和5年12月に貫通した4号トンネルについて、到達側(起点側)の坑口は、坑外からアクセスできない状況であったため、先進導坑による貫通を行い、起点側坑口の施工を行ったため、その施工方法について報告する。



図-1 日本海沿岸東北自動車道全体図



図-2 朝日まほろばIC～あつみ温泉IC間

2. 朝日温海道路4号トンネル工事の概要

4号トンネルは新潟側から数えて4つ目の山岳トンネルであり延長1,185m、道路幅員12m、内空断面積は一般部が99.8m²、非常駐車帯部は116.4m²で計画され、掘削方法はNATM（ナトム）方式で施工した。

NATM方式とはニューオーストラリアトンネル工法とも呼ばれ、掘削したところにコンクリートを吹き付け、鋼製の支保を建て込み、ロックボルトを打設することで、地山自体の保持力を利用しトンネルが崩れるのを防ぐ工法である。4号トンネル工事は令和2年1月31日に「R1ー4 朝日温海道路4号トンネル工事」として安藤ハザマ・不動テトラ特定建設工事共同企業体と契約し、令和2年2月1日～令和7年3月15日の工期で工事を行った。

3. 先進導坑による施工方法について

(1) 貫通時における課題

4号トンネル工事は道路縦断勾配の関係上、終点である山形側から起点の新潟側に向けて掘削を行っており、起点側坑口は沢部に隣接していると同時に、断崖を含む急峻な斜面上に位置している（図-3）。また、起点側坑口の地盤の支持力が不足していると想定されていたため、支持力を確保するために置換えコンクリートを施工した後に貫通する計画であった。

しかし、起点側坑口に重機や車両がアクセスするための道路がなく、地形的な制約により工事用道路の造成が困難なことからトンネル貫通前に置換えコンクリートをどのように施工するか、が課題となっていた。

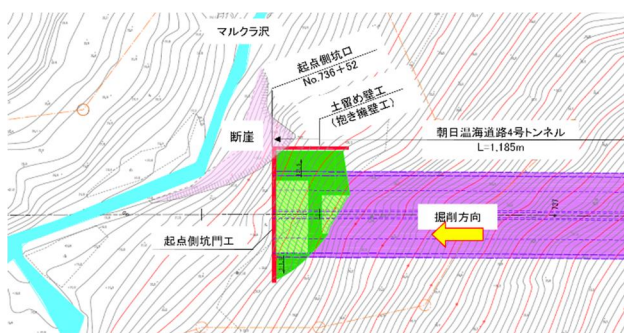


図-3 起点側坑口部の平面図

(2) 先進導坑による貫通

トンネル貫通前に置換えコンクリートを施工するため、先進導坑による貫通を行いトンネル坑内から起点側坑口にアクセスする方法を検討した。先進導坑とは、トンネル掘削の際に本坑に先立ち、並行して掘削される断面積の小さい坑道のことであり、通常は本坑トンネルの掘削断面が大きく、全断面工法などで一度に安全に掘削でき

ない場合や軟弱地盤などの不良地山を掘削する際に、先行変位を発生させることで本坑支保工に発生する変位や応力を低減させる場合に使用するケースが多い。

ただ、先進導坑による貫通では、貫通後に置換えコンクリートを施工するため、後工程の作業に干渉しない位置へ貫通させる必要があった。また、当初の設計では置換えコンクリートの支持層の位置を二段階で考えており、想定支持層①の上（図-4の青ライン）で支持力がとれなかった場合、想定支持層②の下（図-4の赤ライン）まで掘り下げて置換えコンクリートの範囲にする計画だった。そのため、再度掘削となった場合は、上部からの切り直し作業が生じてしまい、法面の吹き付け等は再施工となり、別途重機足場も必要になる。これらのリスクを回避するために、以下の手順で施工を行った。

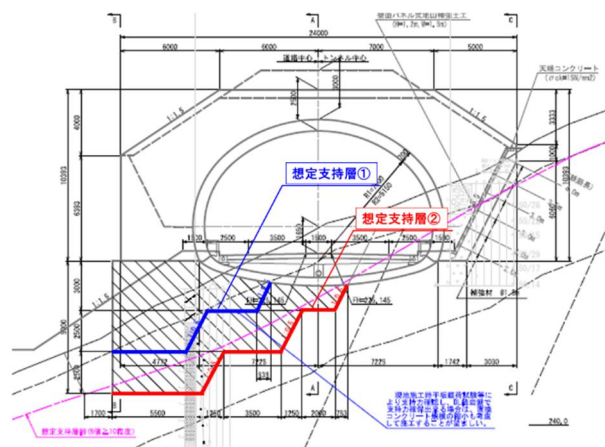


図-4 置換えコンクリート範囲計画図

(3) リスク回避のための施工手順

① ボーリング調査

まずはじめに、確実に支持力を確保するため事前にボーリング調査を行い、置換えコンクリートの掘削深さや範囲を確認した。

ボーリング調査の結果、深さ6mの置き換えコンクリート（V=390m³）が必要であることを確認した。ボーリング調査後の置換えコンクリート範囲を下記に示す（図-5）。

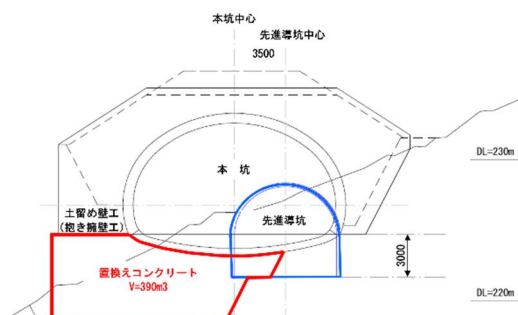


図-5 先進導坑貫通位置

②先進導坑の位置等検討・掘削

範囲が確定したため、次に先進導坑の貫通位置を検討した。

先進導坑の貫通位置は、沢水の切り廻しや置き換えコンクリートの底盤位置を考慮し、できる限り低く設定することにより工事用道路設置などの施工の負担を軽減できるため、可能な範囲で低くかつ施工に干渉しない位置とした（図-5）。

先進導坑の支保部材は、坑口法面の施工時荷重を考慮した組み合わせとした。

ロックボルトや注入式フォアボーリングなどの補助工法では、後施工となる本坑掘削時に容易に切断できるGFRP（ガラス繊維強化プラスチック製）ボルトという製品を使用した。GFRPとは、FRP（繊維強化樹脂）の中で、強度はありつつ比較的安価であるため、最も広く普及している製品で、今回使用したGFRPボルトは「軽量」で「容易に切断できる」等の特徴があり、将来の拡張掘削や鏡ボルトなど、後工程で切断が必要な場合に最適である。

また、先進導坑の断面は坑口部のヤード造成に伴う掘削機械が通行できるよう、約50㎡の縦長形状とした（図-6）。

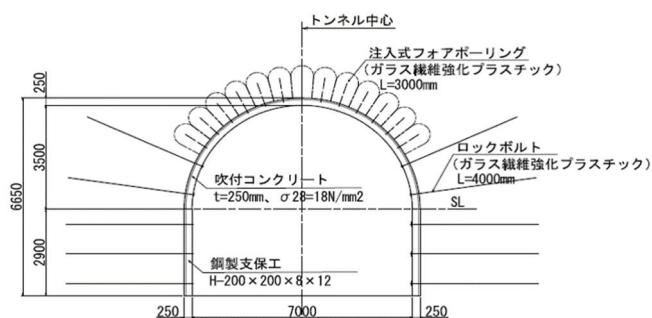


図-6 先進導坑断面図



写真-1 先進導坑掘削



写真-2 先進導坑貫通

③本坑掘削準備工

先進導坑貫通後、起点側坑口の伐採作業や沢水の切り廻しを行い、ヤードの造成を行った。その後、切土により露出した先進導坑の支保工は適宜撤去しながら置き換えコンクリートの床付け面まで掘削を行い、深さ6mの置き換えコンクリートを打設した後、セメントにて改良したズリで路面盤まで埋め戻しを行った。



写真-3 置き換えコンクリート施工

④本坑貫通掘削

本坑の上部において、崖錐堆積物が分布していたことから、補助工法としてAGF工法（注入式長尺先受工法）という、掘削作業に先行して鋼管を岩盤に打設し、薬液を注入してトンネル上部の地山を補強しながら施工を行った。

本坑は斜面に対し斜めに交差していることから、AGF鋼管の割り付けは不揃いとなったため、注入式フォアボーリングを補助的に使用して、貫通時の天端崩落を防止した。先進導坑の支保工撤去時にはバックホウ搭載型の鉄骨カッターで切断し、作業員の安全を確保して施工を行った。写真-1～5は施工状況の写真である。



写真-4 本坑貫通



写真-5 本坑断面完了

4. 終わりに

朝日温海道路4号トンネルの貫通点は、地形条件から通常の方法では貫通できない状況にあったが、施工方法を工夫することで先進導坑から本坑まで無事に貫通することができた（写真-6）。今回の事例と類似した現場も多々存在すると思われるが、先進導坑の1つの利用例として、今後他工事の参考になれば幸いである。



写真-6 施工完了

謝辞：本論文作成にあたり、ご指導くださりました受注業者様、情報提供や助言を下さいました関係者の皆様に感謝申し上げます。