

供用中のトンネルへ接続する NATM トンネルの施工

前田・荒井特定建設工事共同企業体 正会員 ○宮内 俊彦
前田・荒井特定建設工事共同企業体 正会員 梶山 孝司

1. はじめに

国道231号は、北海道札幌市を起点とし、石狩市を經由して留萌市へ至る総延長約129kmの主要幹線道路で、これまで落石や雪崩、越波による通行止めが発生しており、防災上の課題を抱えている。雄冬防災事業は、課題の解消を目的とした石狩市厚田区安瀬(ヤソスケ)から石狩市浜益区雄冬(オフユ)間の落石崩壊の危険箇所および吹雪や越波による通行規制の解消を目的とした延長11.6kmの防災対策事業である。この雄冬防災事業の一環である「新雄冬岬トンネル(仮称)」は、図-2に示すガマトンネルと雄冬岬トンネル(以下、「既設トンネル」という)を接続するバイパストンネル(新設トンネル区間L=1,555m)で、完成後は千代志別トンネルから雄冬岬トンネル間まで延長4,744m(覆道含む)の長大トンネルとなる。

本稿は、供用中の既設トンネルを接続するバイパストンネル分岐部施工について報告するものである。



図-1 位置図

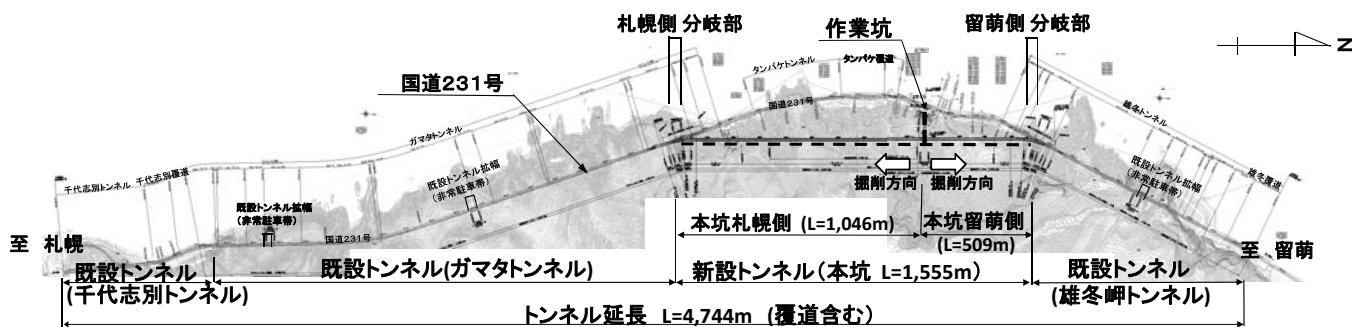


図-2 平面図

2. 新設トンネル区間の地質概要

当該地は新第三紀の火山岩体である「雄冬溶岩火山角礫岩層」および「岩老溶岩火山角礫岩層」を基盤とし、新第三紀の火山岩体である「浜益玄武岩類」が覆う構成となり、いずれも水平に近い構造で成層して分布する。

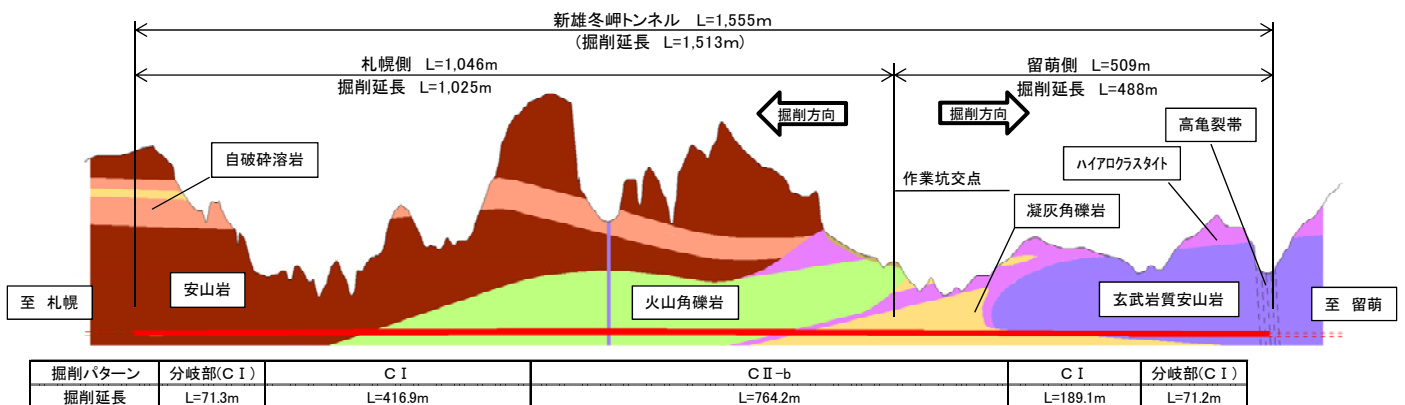
表-1に地質層序表、図-3に新設トンネル区間(以下、「本坑」という)の地質縦断図を示す。本坑の両端部は硬岩の安山岩が、中間部は中硬岩の火山角礫岩、凝灰角礫岩が分布している。なお、断層破碎帯等の脆弱部は存在しない。

キーワード：トンネル、NATM、分岐

連絡先 〒061-3101 北海道石狩市浜益区浜益 16-8 前田・荒井JV TEL 0133-79-5161

表－１ 地質層序表

		層 名		岩 相		備 考
第四紀	沖積世	沖積層		礫・砂・粘土		天狗山 雄冬山 浜益嶽 群別山 暑寒別岳 東群別山 玄武岩質岩脈 安産岩質岩脈 硫黄・珪石
		崖錐堆積層		岩 塊		
	洪積世	海成段丘堆積層		礫・砂・粘土		
		暑寒別火山群	雄冬群	輝石角閃石安山岩		
				輝石角閃石石英安山岩		
				黒雲母角閃石安山岩		
				角閃石輝石安山岩		
				角閃石安山岩岩質火山角礫岩		
			暑寒群	輝石角閃石安山岩		
		輝石安山岩				
新第三紀	鮮新世	浜益玄武岩類		角閃石玄武岩		
		岩老熔岩 火山角礫岩層	留萌層	玄武岩 輝石安山岩 輝石角閃石安山岩	泥岩	
	中新世	雄冬熔岩 火山角礫岩層	増毛層	輝石角閃石安山岩 石英安山岩	硬質頁岩	



図－３ 地質縦断面図

３．本坑掘削状況

本坑は両端部において、供用中の既設トンネルに接続する。本坑掘削において端部に坑口付けすると道路交通に影響を及ぼすため、先行して作業坑（横坑）を施工し、本坑にアクセスした。作業坑は、図－３に示す本坑を札幌側 1046m と留萌側 509m に分割する位置である。

地山は硬岩・中硬岩であるため、発破工法を検討したが発破による振動により国道 231 号への落石の懸念があったため、機械掘削で施工した。作業坑および本坑の掘削は、作業坑と本坑の交差部から札幌側 26m、留萌側 40m までを 1,300kg 級と 3,000kg 級のブレーカを使い分けて掘削し、延長が長い札幌側切羽の掘削機として自由断面掘削機(300kw 級 RH-10J)を配備し、先行して掘削した。札幌側切羽を 130m 掘削した時点で留萌側切羽に自由断面掘削機(200kw 級 RH-8J)を配備し、両切羽で同時に掘削を行った。地山は、割れ目が発達した火山角礫岩、凝灰角礫岩（地山等級 C II）で順調に掘削することができた。

札幌側切羽では 500m、留萌側では 250m 付近から硬岩の安山岩が出現し、留萌側切羽の自由断面掘削を 300kw

級(RH-10J)に変更し、両切羽で300kw級の自由断面掘削機が稼働する状況となった。徐々に割れ目がなくなり、強度は100MPaを超え、300kw級の自由断面掘削機では掘削困難となり、3,000kg級のブレーカと非火薬岩盤破砕材を補助的に併用して掘削を行った。両切羽とも分岐部まで安山岩が続いた。

4. 分岐部の施工

図-4に札幌側(ガマタトンネル)の分岐部の平面図を示す。分岐部は、完成後、非常駐車帯として利用する計画であり、非常駐車帯断面(以下、「分岐部非駐車部」という)で既設トンネルと接続し、標準断面(以下、「分岐部標準部」という)で既設トンネルと合流する。

分岐部の掘削前に、既設トンネル接続部の補強として裏込め注入工および補強ロックボルトを施工し、分岐部掘削時の道路交通を確保するためプロテクターを設置し、コンクリート充填工を行った。図-5に分岐部非駐車部および分岐部標準部の断面図を示す。

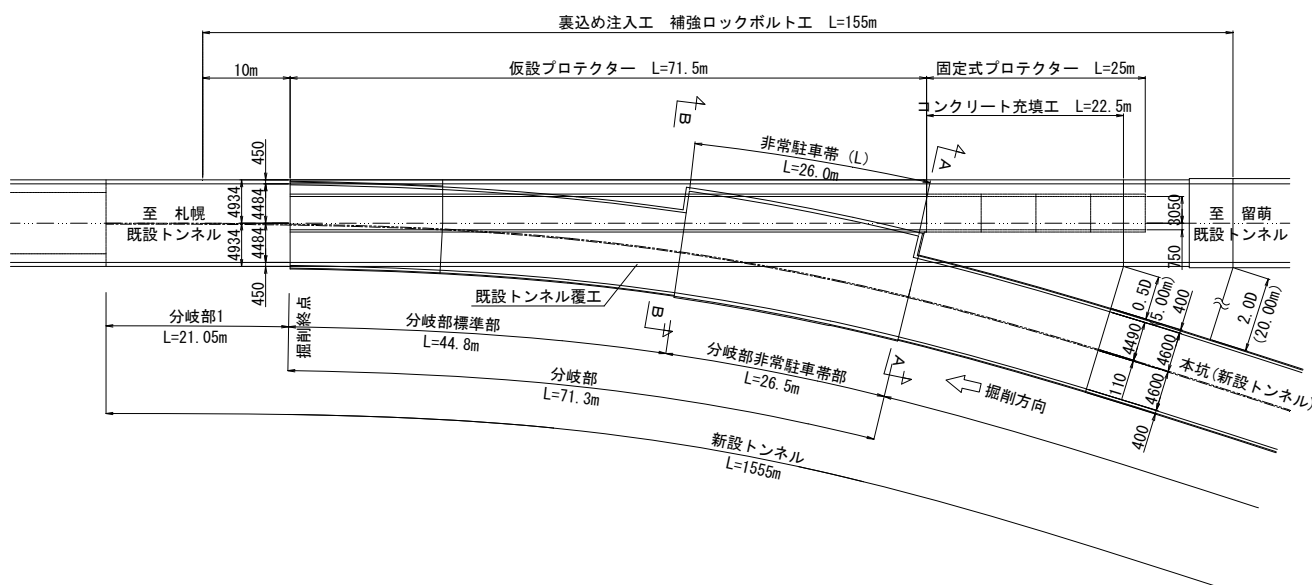


図-4 ガマタトンネル分岐部平面図(札幌側)

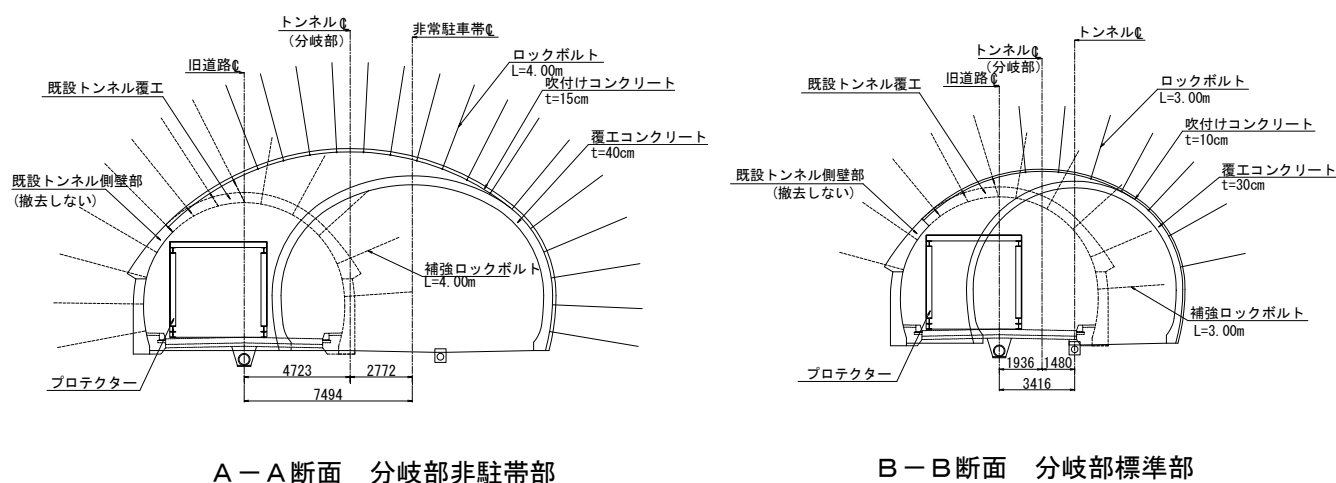


図-5 分岐部断面図

4-1 裏込注入工と補強ロックボルト

接続する既設トンネルは 1980 年代に在来工法で施工されたトンネルで、事前調査の結果、背面に空隙があることが判明し、分岐部掘削前に裏込め注入工が必要となった。

裏込め注入材は可塑性エアモルタルで、天端部に 3 箇所の注入孔(図-6)を削孔し注入した。既設トンネルを観察しながら、A 孔は定量注入(注入孔削孔時に体積を推定)、B 孔と C 孔は定圧注入(注入圧が 0.2MPa で終了)を行った。

分岐部裏込注入工完了後、補強ロックボルト(L=3~6m)を施工した。一部の補強ロックボルトは掘削断面内に位置するため切断を要するので

グラスファイバー製のロックボルトを使用した。補強ロックボルトは、既設トンネル周囲の地山を補強する目的や既設トンネル覆工コンクリート撤去時のコンクリート大塊の落下防止および残される既設トンネル覆工コンクリートの側壁(図-5)の転倒防止を有している。

4-2 プロテクター設置工とコンクリート充填工

分岐部では道路交通のあるなかで掘削するため、プロテクターを設置し交通の安全を確保した。プロテクターの内空は幅 3.8m、高さ 4.0m でプロテクター設置後、片側交互通行が必要となる。

プロテクターは本坑分岐部の掘削範囲外に固定式区間(L=25m)と掘削範囲内の仮設区間(L=71.5m)がある(図-4)。固定式区間は、プロテクター設置後、プロテクター背面にコンクリートを充填し既設トンネルとプロテクター間の空間を閉塞し、本坑切羽掘削に際して、より強固な構造とした。仮設区間のプロテクターは、掘削完了後、撤去した。

プロテクターの組立は、施工時の交通の安全性と工程を踏まえ、坑外のヤードにて組立て、夜間通行止めを実施し運搬(20t トレーラ)・設置した。

4-3 分岐部の掘削

分岐部の地山は、分岐部非駐帯部および分岐部標準部とも良好な安山岩(地山等級 C I)で、湧水は部分的に滴り落ちる箇所はあったものの支障となる状況ではなかった。分岐部非駐帯部は大断面であり、支保パターンは鋼製支保工は H-150(@1.2m)、吹付けコンクリート厚さ 15cm、ロックボルト L=4m の C II パターンで、分岐部標準部は鋼製支保工なしで吹付けコンクリート(t=10cm)とロックボルト(L=3m)の通常の C I パターンである。片側の既設トンネル覆工コンクリートの側壁を残し、天端に支保工を足付けする構造となる(図-5)。

分岐部到達 3m 手前付近から本坑切羽に既設トンネルの支保工(H-150~H-200)が隅から出現した。本坑切羽が分岐部に接近しても、既設トンネルの覆工コンクリートにひび割れ等の変状は見られず、健全と判断できたため可能な限り既設トンネルの覆工コンクリートを残しながら分岐部の掘削することにした。これは、既設トンネル覆工コンクリートを撤去すると、供用中の既設トンネルへの粉じん流出や、ブレーカー等の掘削時の騒音が一般車運転手への圧迫感を防ぐことを目的とし、既設トンネルの覆工コンクリートを残すことにより、安全性をより高められるためである。既設トンネル覆工コンクリートを撤去しないで掘削した範囲は、掘削が進むにつれ本坑は既設トンネル側にシフトし、掘削内空が徐々に狭くなるため掘削機械の旋回範囲等を考慮して

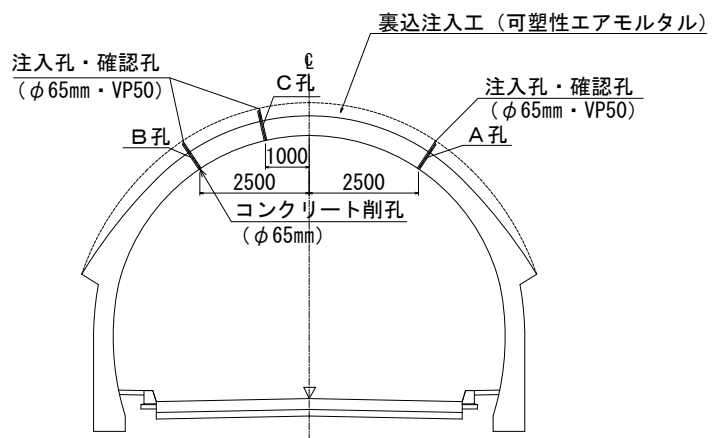


図-6 裏込注入工注入孔位置

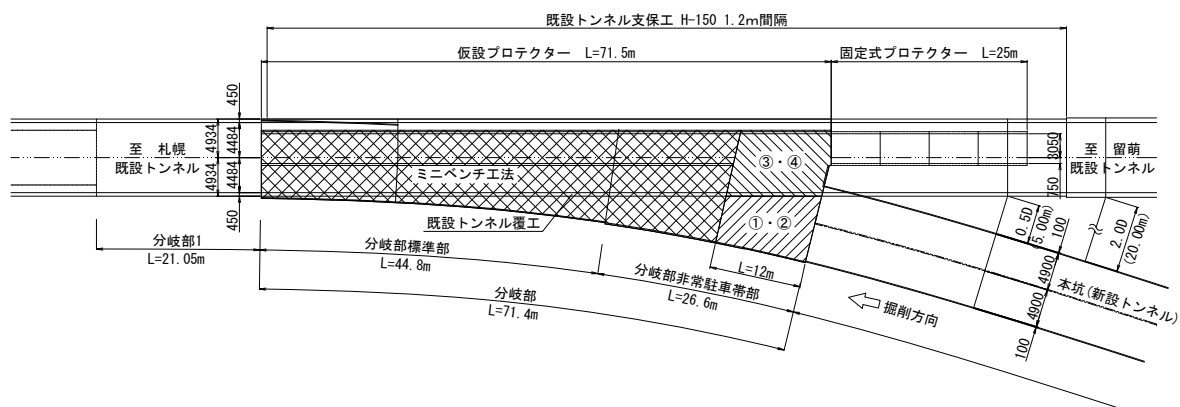
表-2 分岐部支保パターン

	分岐部非駐帯部	分岐部標準部
鋼製支保工	H-150@1.2m	なし
吹付けコンクリート	15cm	10cm
ロックボルト	L=4m 延長方向 1.2m ctc	L=3m 延長方向 1.5m ctc

延長 12m とし、この範囲は、以下の順序で掘削した(図－7)。

- ①上半片側半断面 12m 掘削(写真－1)
 - ②下半片側半断面 12m 掘削
 - ③既設トンネルの支保工および覆工を撤去(1 間分)
 - ④反対側の上半片側半断面を掘削(1 間分)
- (①および②完了後、③と④を1 間づつ繰り返す。)

その後は、1 間づつ既設トンネルの支保工・覆工を慎重に撤去しながらミニベンチ(ベンチ長 3m～5m)で上半・下半を掘削した。



図－7 分岐部掘削順序



既設トンネル支保工・覆工を残しながら上半半断面を 12m 掘削

写真－1 分岐部掘削状況



上記③④を繰り返し、12m 掘削完了した状況。

写真－2 分岐部掘削状況

4－4 分岐部の覆工・防水工

分岐部の覆工は、片側側壁部が供用中の既設トンネル走行路に位置するため、本坑の舗装、ジェットファンや照明等の設備、ライフライン、防災設備を完備し、道路交通を本坑に切り替え後の施工となる。現時点では、先に分岐部の覆工コンクリートを施工し、覆工背面に生じる空間はエアモルタルで充填する計画であるが、工程等を踏まえ検討中である。

5. おわりに

2013 年 4 月に作業坑を掘削開始し、2014 年 5 月に留萌側分岐部の掘削が完了。札幌側分岐部の掘削完了は 2014 年 9 月、覆工コンクリートは分岐部を除き 2015 年 6 月に完了した。

最後に、関係各位の皆様のご指導、ご協力に深く感謝申し上げます。



写真－3 分岐部施工状況(留萌側)