

国道461号（仮称）北沢トンネル本体工事 ～棚倉断層破砕帯を掘る～

内藤 俊行¹

¹茨城県 筑西土木事務所 河川整備課 (〒308-0841茨城県筑西市二木成615)

(仮称)北沢トンネル本体工事は、国道461号の難所である北沢峠をNATM工法により掘削した延長1,581mのトンネル工事である。本トンネルの地域は棚倉西縁断層と棚倉東縁断層に挟まれており、棚倉断層破砕帯を掘削することが想定された。そこで、切羽前方探査により、事前に地山状況を把握するとともに、岩質判定委員会による地山状況に応じた適切な支保パターンを選定に細心の注意を払い、掘削を進めた。本稿ではその結果について報告する。

キーワード トンネル工事、棚倉断層破砕帯、切羽前方探査、岩質判定委員会

1. はじめに

(仮称)北沢トンネル本体工事は、国道461号水府里美拡幅整備事業の横軸区間(茨城県常陸太田市下高倉町～折橋町)の難所にあたる北沢峠を最大土被り100mで貫く延長1,581mのトンネル工事である。位置図を図-1に示す。トンネル内空断面は約50m²の2車線道路であり、NATM工法(発破掘削方式)により両側から掘削を行った。本トンネルの整備により、袋田の滝や竜神大吊橋、花貫溪谷など県北地域を代表する観光地へのアクセスが向上し、広域的な周遊観光の促進が期待される。

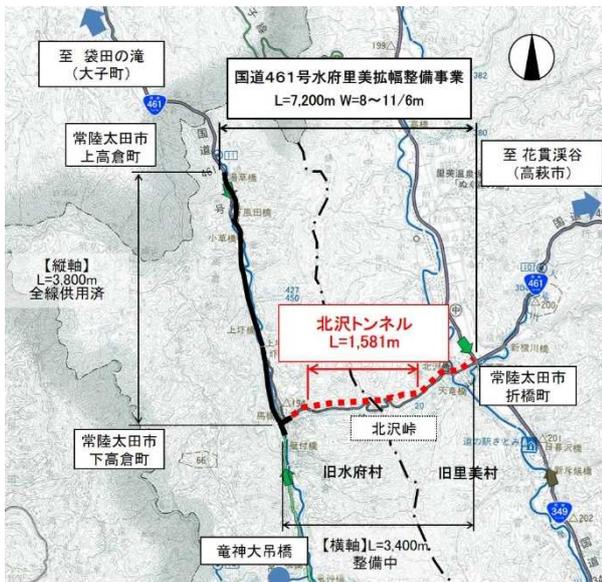


図-1 位置図

2. 工事概要

工事概要を表-1に、トンネル標準断面図を図-2に示す。

表-1 工事概要

工事名	(仮称)北沢トンネル本体工事
受注者	株木・根本・珂北JV (起点側) 三井住友・岡部・日興JV (終点側)
工事場所	茨城県常陸太田市下高倉町～折橋町
工期	2018年6月19日～2020年8月31日
工事内容	トンネル延長：1,581m (起点側工区811m、終点側工区770m) 掘削断面積：58.8m ² (標準部) 掘削工法：NATM工法 (発破掘削方式)

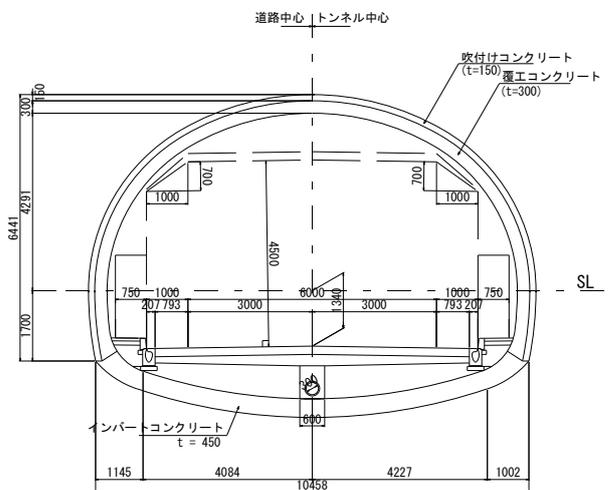


図-2 トンネル標準断面図 (D I-b)

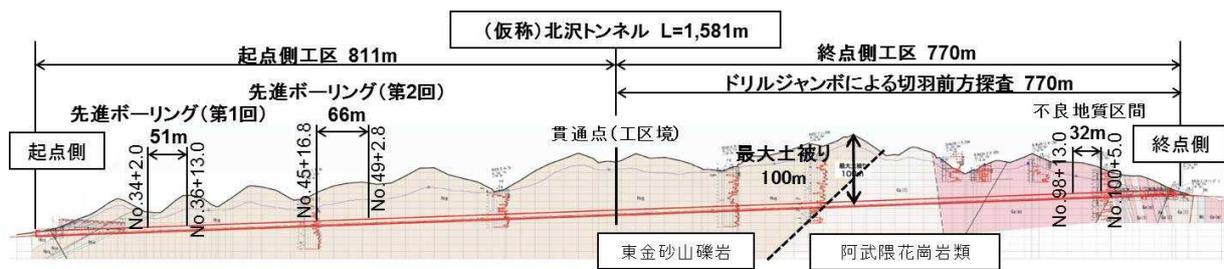


図-3 地質縦断面図

3. 地質概要

地質縦断面図を図-3に示す。本トンネルの地域は、茨城県北西部から福島県にかけて南北に縦断する棚倉西縁断層と棚倉東縁断層に挟まれている(図-4)。トンネル区間の地質は東金砂山礫岩と断層運動による変形を被っている阿武隈花崗岩類(以下、断層岩:断層ガウジ、カタクレサイト、マイロナイト)からなることが確認されていたことから、本トンネルは棚倉断層破碎帯を掘削することが想定された。

断層破碎帯の掘削は、突発的な多量湧水や脆弱な地質に起因する切羽、天端の崩落が懸念され、いかに事前に地山状況を把握し、安全に掘削していくかが大きな課題であった。そこで本トンネルでは切羽の前方探査により、事前に地山状況を把握するとともに、岩質判定委員会による地山状況に応じた適切な支保パターンの選定に細心の注意を払い、掘削を進めることとした。

4. 切羽の前方探査

(1) ドリルジャンボによる切羽前方探査(終点側工区)

a) 実施計画

トンネル終点側では工区の大部分が断層岩であることが想定されたことから、770mの全線にわたり、ドリルジャンボによる切羽前方探査(DRISS)を実施した。DRISSはドリルジャンボの削孔データを収集し、得られたデータから削孔区間の地山性状を評価するシステムである。本工区では天端両肩で3本(L=30m/本)、ラップ長5mを確保し、掘削進行25m毎に切羽前方探査を実施することとした(図-5)。

中でも既往の地質調査より弾性波速度2.0km/secの低速度帯が確認された区間(No.100+5.0~No.98+13.0)は、膨張性を呈する断層ガウジの存在が想定され、脆弱な不良地質区間として特に切羽や天端の崩落及び突発湧水が懸念された。

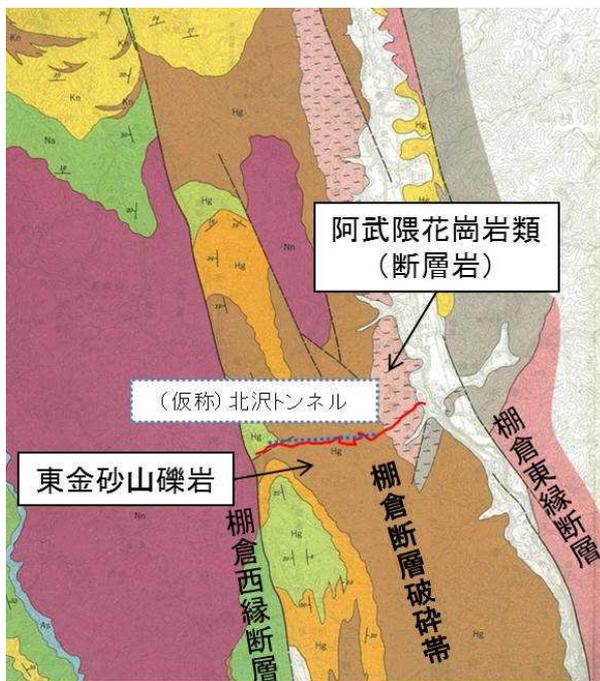


図-4 棚倉断層周辺新第三系地質図¹⁾に加筆



図-5 ドリルジャンボによる切羽前方探査の概要図と実施状況写真

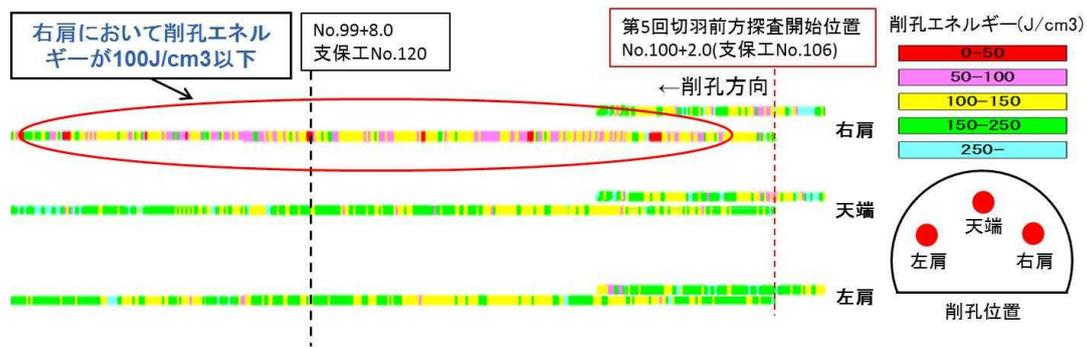


図-6 不良地質区間の切羽前方探査結果抜粋

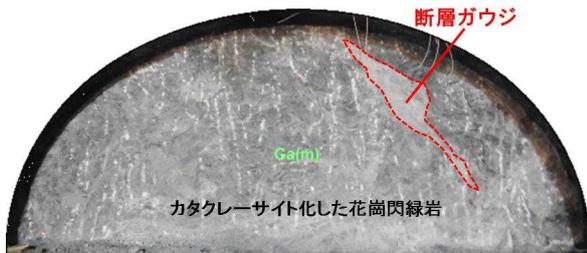


図-7 切羽状況 (No. 99+8.0)

b) 実施結果

不良地質区間の切羽前方探査の結果を図-6に示す。全体的に削孔エネルギーが $250\text{J}/\text{cm}^3$ 以下の軟質化した地山が続き、中でも右肩部においては削孔エネルギーが $100\text{J}/\text{cm}^3$ 以下となる脆弱な層を捉えたが、幸いにも削孔穴からの多量湧水は確認されなかった。この結果や岩質判定委員会の結果から当初の設計どおり不良地質に対応する支保パターン DII-A (A: 補助工法 AGF) により掘削を進めることとなった。脆弱な層を捉えた断面

(No.99+8.0) で実際に切羽を観察したところ(図-7)、全体的にカタクレーサイト化した花崗閃緑岩が分布しており、想定どおり右肩部には脆弱な断層ガウジが確認され、ドリルジャンボによる切羽前方探査の有効性が示された。こうして計 32 回にわたる切羽前方探査を実施し、事前に地山状況を予測することで、安全に掘削を進めることができた。

(2) 先進ボーリング (起点側)

a) 実施計画

トンネル起点側では既往の地質調査より弾性波速度 $1.5\text{km}/\text{sec}$ の低速度帯が確認され、多量湧水が懸念された 2 区間において、計 2 回 (第 1 回: $L=51\text{m}$ 、第 2 回: $L=66\text{m}$) の先進ボーリングを実施することとした(図-8)。

b) 実施結果

第 1 回先進ボーリング(図-9)では、延長 42m のコア採取を行い、コアから東金砂山層の礫岩が確認された。コアは細片化、砂状の破碎化が非常に顕著であり、全体のコア採取率は 68% 程度であった。本区間は全体的に強く風化した脆い岩盤で、固結程度は低いことが分かったが、湧水は $2\text{L}/\text{min}$ 程度と多量湧水は確認されなかった。

第 2 回先進ボーリング(図-10)では、延長 47m のコア採取を行い、コアから東金砂山層の砂岩、泥岩並びに花崗岩が確認された。コアは細片化、砂状の破碎化が顕著であり、全体のコア採取率は 80% 程度であった。本区間は風化作用を受けて軟質化しており、亀裂区間を多く含むことが分かったが、湧水は $0.6\text{L}/\text{min}$ 程度と多量湧水は確認されなかった。

計 2 回の先進ボーリングのいずれにおいても、想定どおり脆弱な地山が確認されたが、幸いにも多量湧水は確認されない結果となった。こうして先進ボーリングを実施することにより、事前に切羽前方の地山を直接確認し、突発的な多量湧水の予見をすることで、トラブルなく安全に掘削を進めることができた。



図-8 先進ボーリング実施状況



図-9 第 1 回先進ボーリングコア抜粋



図-10 第 2 回先進ボーリングコア抜粋



図-11 岩判定の流れと実施状況写真

5. 岩質判定委員会

本トンネルは棚倉断層破碎帯の急激な地質変化等に対応すべく、設計支保パターン変化点に加え、先述した切羽前方探査の結果を踏まえながら、適宜、岩質判定委員会（以下、岩判定）を実施した。岩判定は切羽における岩の硬さや亀裂等を確認し、その結果を点数化して地山を評価し、支保パターンの選定を行うものであり、茨城県常陸太田工事事務所（発注者）、茨城県建設技術公社（施工管理）、受注者、設計コンサルタント等により実施した。岩判定の流れと実施状況を図-11に示す。

岩判定のタイミングは日々の掘進長やその日の掘削サイクル及び切羽の変化状況により変わることから、受注者及び関係者と綿密に連絡をとりながら、現場を待たせることなく、最適なタイミングで立会いを行い、岩判定ができるよう取り組んだ。

また、切羽観察はこそく作業等により安全に観察できる環境を整えた上で、できるかぎり切羽に近づいて行いが、不安定となる地山の露出時間を最小限にできるように、事前に確認ポイントを明確にし、短時間かつ適切な切羽観察を心掛けた。

結果として総回数48回の岩判定を実施した（図-12）。トンネルの総延長を単純に回数で割ると掘進長約33mに1回の頻度で岩判定を実施したことになり、こまめな岩判定により棚倉断層破碎帯の掘削において、地山状況に応じた適切な支保パターンを選定し、安全性及び経済性を確保した合理的な施工を実現することができた。

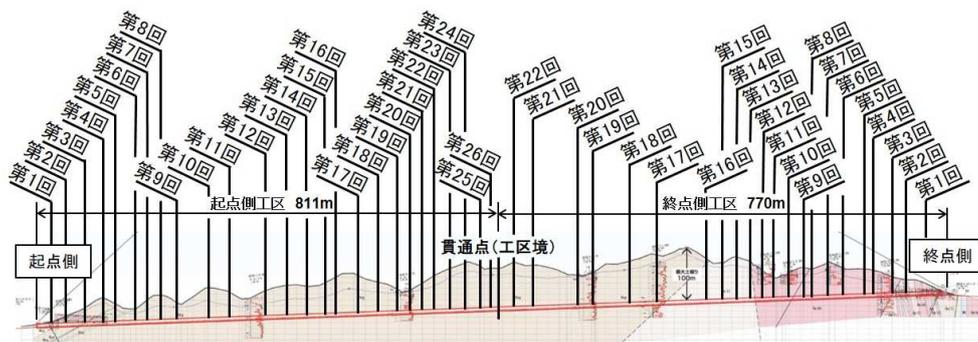


図-12 岩判定実施箇所

6. おわりに

本工事は、切羽前方探査による地山状況の把握及びこまめな岩判定による適切な支保パターンの選定、そのほか多くの技術提案や補助工法を駆使して、注意深く棚倉断層破碎帯の掘削を進め、2020年3月4日に無事故で貫通を迎えることができた（図-13）。現在は、トンネル内の設備工事を鋭意進めており、早期開通を目指している。

謝辞：本トンネルの施工ならびに論文作成にあたり、多大なるご指導、ご協力をいただいた関係者の皆様へ、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 茨城大学理学部：棚倉断層周辺新第三系地質図, 1992.3



図-13 貫通状況写真