

P10. 北海道のトンネルの地質的課題の事例調査と先進ボーリングの有用性について

Geological background of recent constructed tunnels in Hokkaido, Japan: for applicability of advanced boring

- 山崎秀策, 岡崎健治, 大日向昭彦, 倉橋稔幸, 伊東佳彦 (独立行政法人土木研究所寒地土木研究所)
Shusaku Yamazaki, Kenji Okazaki, Akihiko Obinata, Toshiyuki Kurahashi, Yoshihiko Ito
(Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Public Works Research Institute, Japan)

1. はじめに

トンネル掘削において先進ボーリング調査は、トンネル切羽前方の地質情報を直接採取することで、事前調査からは予想されていなかった突発湧水、強変状区間、断層帯のなど、施工および維持管理時に問題となる地質リスクの検出を可能とする調査である。北海道開発局発注の道路トンネル事業においては、原則的に先進ボーリング調査が実施されており、掘削先の地山情報を直前に把握することで、設計・施工の効率化に貢献している¹⁾。一方で、調査費用の経済性、先進コア試料の事前地質調査や当初設計への情報のフィードバック、施工完了後に変状・漏水などが生じた際のアーカイブとしての利用体制の構築などについて、十分な検討がされているとは言えない。

そこで本報告では、先進ボーリング調査の有用性の検証を目的として、北海道で近年掘削されたトンネルの地質的課題と、その地質的背景との関連性についてその概要を整理した。

2. 北海道の地帯構造区分の概要

2000年度以降に完成した北海道の道路・鉄道トンネル147事例を対象とし、既存の文献および地質図幅などから各トンネルの概要(位置, 延長, 施工期間など)、トンネル地山の主要な地質情報(地帯構造区分・年代・地層名・岩相など)について調査した。図-1に調査対象トンネルの位置を示す。

北海道の山岳トンネルの主要な掘削対象である基盤岩類の地帯構造区分は、西からジュラ紀付加体と白亜紀深成岩類を基盤とし、新第三紀以降の火山岩類が広く分布する渡島帯、前期白亜紀火山岩類を基盤とする礼文-樺戸帯、白亜紀の前弧海盆堆積物と付加体を主体とし、蛇紋岩類・変成岩類を伴う空知-エゾ帯、東西北海道との衝突による深成岩・変成岩類および白亜紀後期～古第三紀付加体を主体とする日高帯、古第三紀付加体からなる常呂帯、白亜紀後期～古第三紀海性堆積岩類からなる根室帯に大分され、それらは新第三系、第四系の火山岩・堆積岩によって被覆される(図-1)²⁾。

3. 近年の北海道におけるトンネル事業の概要

2000年以降の北海道のトンネル事業の特徴として、(1)老朽化した小断面トンネルの付け替え、(2)落石や崩落などの斜面災害の防災を目的とした付け替え・新設、

(3)北海道新幹線や高速道路などの大規模事業による直線性重視のトンネル掘削などが主要な事業であり、掘削長が1500mを超える事例が増えている(図-2)。

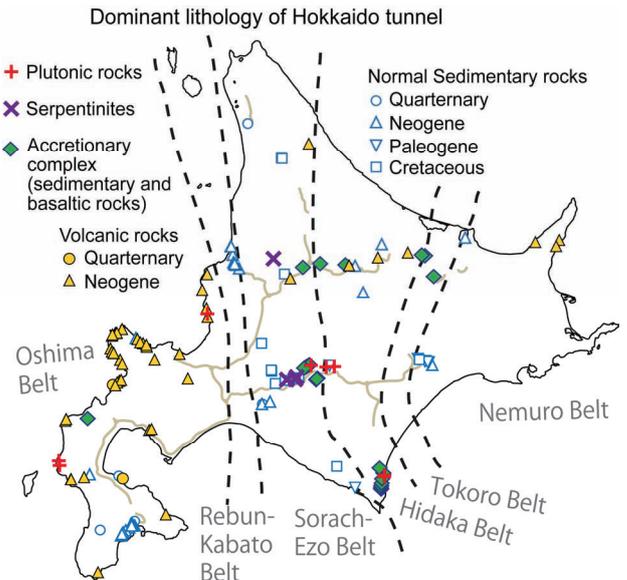


図-1 北海道トンネル(2000年以降)の分布と地山の主要地質分類。茶線は共用中の自動車専用道。

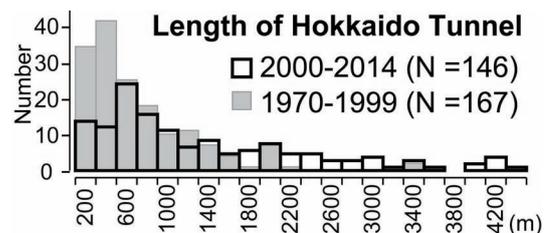


図-2 北海道のトンネル掘削長の変遷

4. トンネル地山分類について

これまで、道路トンネルの地山分類に用いられてきた岩相区分³⁾は、年代、岩種、層構造の有無を基準に5つに大別され、亀裂係数、一軸圧縮強度、弾性波速度などの物理検層との比較によってA~E区分の地山分類が行われてきた。しかしながら、地山分類への付加地質の特徴や、年代測定、岩石組成などの地球化学データなど、近年の地質学的知見の反映は遅れており、従来の岩相区分では捉えきれなかった地質リスクの検出を、全地球的なテクトニックセッティングとの関連や、広域的な応力場構造などを考慮した、次世代の地山分類について議論を行う余地があると考えられる。

本報告ではその足がかりとして、北海道の地質に適応される最小限の分類として、地質年代を第四紀、新第三紀、古第三紀、白亜紀以前の4区分に、岩相を溶岩・火砕岩類からなる火山岩類、整然層堆積岩類、付加体堆積岩（玄武岩・チャート・石灰岩などのブロックを含む）、蛇紋岩類、花崗岩～斑れい岩からなる深成岩類の5岩相に区分し、各トンネル地山の主要構成地質について解析を行った（図-3）。

海岸沿いの斜面崩壊等の防災を目的した事業では、第三紀の火山岩類を掘削する事例が多く、日本海側海岸域および知床半島のトンネル事業が目立つ（図-1）。また、都市間交通の迅速化を目的とした自動車専用道建設では、北海道中央部の山岳地域を横断するルートで計画され、空知-エゾ帯の蝦夷層群、神居古潭帯の蛇紋岩類、空知層群や日高帯の付加体堆積物などが高傾斜かつ複雑な構造を持った多様な地層群を掘削する事例が多く、後述のように地質問題に遭遇した事例が多い。

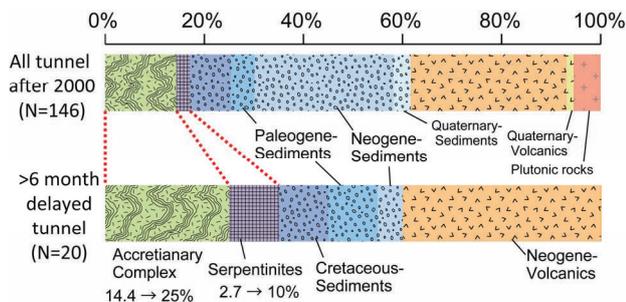


図-3 北海道のトンネルの主要な地質分類（上：2000年以降完成全146トンネル，下：工期途中で6ヶ月以上の工期延長を行ったトンネル）

5. 工期延長トンネルの地質背景

トンネル掘削における主要な地質の問題は、突発湧水、変状、重金属であり、これらの地質リスクが予測されていない場合、調査、設計変更、部材の新規発注などにより工期の遅れがもたらされる。そこで、当初計画工期より用地買収などの問題を除き、6ヶ月以上の工期延長が行われたケースを20例抽出した（図-3,4）。工期延長があったトンネルの地質は、明らかに付加体堆積物（日高帯日高層群、空知-エゾ帯イドンナップ帯など）と神居古潭帯の蛇紋岩類の割合が大きい。

神居古潭帯の蛇紋岩を主対象としたトンネルは4例あり、地すべり部および土被り100mを超える箇所掘削直後の大きな内空変異が確認され、Eパターンの特長支保構造と早期併合による対応がなされた⁴⁾。トンネル内空の変形係数は、特に葉片状蛇紋岩において相関関係が強いことから⁴⁾、葉片状蛇紋岩の分布と大土被り部が重なることが変状の要因の一つとなった可能性がある。また、付加体について、詳細は未検討であるが、褶曲、メラランジェ帯や異質ブロックの出現など、地表踏査からはその詳細が予想できない構造・岩

相の分布が問題となるケースが想像される。また、工期の延長期間の長さトンネル延長との間には顕著な相関関係は認められない（図-4）。これは、長大トンネルの掘削難易度よりも、局所的な地質問題が工期延長の要因であることを示唆するが、個々の問題の解析や支保パターン変更の割合などの検証が必要であろう。

また、井上ほか（2011）⁵⁾で紹介されている、北海道のトンネルにおける重金属問題の事例12例の内、実に5例が本報告で抽出した工期延長トンネル20例に含まれている。地山分類と重金属問題との関連性についても今後整理していきたい。

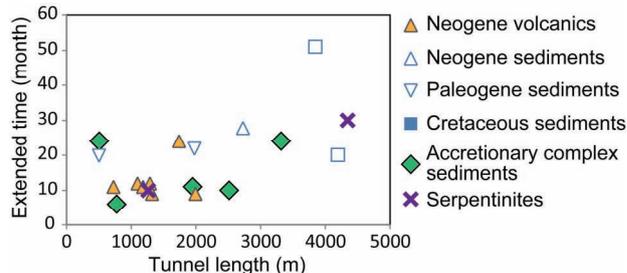


図-4 工期延長期間とトンネル長の関係

6. 今後の課題

上述した様に付加体など複雑な地質体においては、先進ボーリング調査が実施されていながらも、工期延長となる例が散見された。先進ボーリング調査の有無が、類似地質条件での施工状況の結果にどれほど影響するのか、また、複雑な地質体における調査結果の設計・施工への適切な応用方法についても検証を行う必要がある。

今後、先進ボーリング調査の解析結果を判定に盛り込んだ地山分類の提案を目標とし、地質情報をさらに詳細化と、施工情報との関連性を解析することで、先進ボーリングの有効性・経済性の検討を行っていきたい。

文献

- 1) 亀村勝美・岡崎健治・伊東佳彦（2013）：先進ボーリングを活用した合理的な山岳トンネル施工について、トンネル工学報告集, Vol. 23, pp. 157-164.
- 2) 例えば、日本地質学会編（2010）：日本地方地質誌1北海道地方、朝倉書店, pp. 664.
- 3) 土木学会編（2006）：トンネル標準示方書, pp.1-332
- 4) 例えば、山田浩幸・大村修一・高田篤・古瀬裕司・高橋俊長（2010）：大土被りの蛇紋岩地山における二重支保構造の設計と施工、鴻池組技術報告, 2010, pp. 1-12.
- 5) 井上豊樹・田本修一・伊東佳彦（2012）：北海道内における自然由来重金属類の対策事例の現状と課題について、寒地土木研究所月報, Vol. 699, pp. 41-44.