



Title	先進ボーリングデータ活用による蛇紋岩トンネルの施工管理手法の研究
Author(s)	佐々木, 博一
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16851号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16851
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99696
Type	doctoral thesis
File Information	Hirokazu_Sasaki_abstract.pdf, 論文内容の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 佐々木 博一

学 位 論 文 題 名

先進ボーリングデータ活用による蛇紋岩トンネルの施工管理手法の研究
(Study on Construction Management Methods for Serpentinite Tunnels Based on Advanced Boring Data)

これまでの土木工事において蛇紋岩は大きな膨張や膨圧および地すべりを発生させる特異な地質とされ、土木構造物の構築にあたり蛇紋岩を避けて通ることが賢明とされてきた。しかしながら鉄道網や道路網の整備促進のため、この蛇紋岩を避けることができず、これを克服しながら事業を進めてきたものの、工事では幾多の困難に遭遇することが多かった。近年では、更に高速・高規格道路網やリニア新幹線の事業において、これまでの蛇紋岩に関する知見と土木技術の発展に伴い、蛇紋岩に対して積極的に工事が進められているが、嚴重な注意と慎重な対応を要することは今も昔も変わらない。

蛇紋岩を対象としたトンネル設計手法に着目すると、定量的因子では適応できない部分があることから、経験的な指標として類似地山を参考とせざるを得ないことも多く、客観的な根拠に乏しかった。一方、工学的モデル評価として数値解析により掘削工法や支保構造を決定しているものの、地質調査等の限界から入力物性値の妥当性および検証が課題となっている。近年、蛇紋岩を掘削対象とするトンネル工事において、現在のトンネル技術を駆使しながらも予知・予見以上の事象が発生していることが報告されている。特に北海道においては地形・地質の造山上の特徴から、北海道の中央部分を縦断的に位置する神居古潭変成帯や日高変成帯に存在する蛇紋岩の影響を受けたトンネルの変状について多く報告され、一部では、地山強度の著しい低下によるトンネル変状やこれに伴うトンネル構造物崩壊の報告もあり、設計・施工段階から維持管理段階に至るまで、客観的な安定性・安全性指標の確立が求められている。

そこで本研究では、これらの事象に基づくケーススタディ分析により、的確な地山評価手法の提案と掘削パターン・支保構造選定における客観的な指標導入の可能性について検討することとした。具体的には、これまで掘削パターン決定に考慮されていない先進ボーリングから得られるボーリングマシンの機動データの活用であり、掘削後の内空変位量や支保部材への発生応力との関係づけに基づいた、掘削パターンおよび支保構造選定の客観的指標化である。これにより、トンネルの一次支保構造設計の効率性向上を目指すとともに、今後計画されている蛇紋岩トンネルの設計手法の確立に寄与できるものと考えた。また、トンネル工事に関わる発注者および受注者による適切な工程管理や事業執行管理によって将来的なトンネル構造の安定性確保にもつながるものと考えている。さらに本研究の成果は、蛇紋岩以外の膨潤性・膨圧性を有するトンネルにおいても援用の可能性が考えられるとともに、供用中のトンネル変状に対する対策など維持管理に向けても有効であると考えられ、トンネル技術の更なる発展の一助となることが期待される。

本論文の構成は、第1章の序論にて本研究の背景と目的を記し、本研究の動機の一つである音中トンネル工事における発生事象を取り上げ、蛇紋岩トンネル工事において遭遇しうる工学的課題を紹介している。

第2章では、蛇紋岩の概説に続き、日本国内における蛇紋岩の分布と特徴を述べ、これまで北海道内で蛇紋岩を掘削対象としたトンネル工事の履歴を、道路、鉄道、導水路といった区分毎にまとめている。

第3章ではトンネル構造物を構築する上での基準類を俯瞰しながら、蛇紋岩に対する地山分類や支保構造等の基準がどのように設定されているのかについて整理した。また、地山特性の客観的評価指標になりうると予想される含有鉱物資源量と、掘削時の地山安定性に関わる物理物性との関連性についても検討を行い、指標としての導入可能性について検討を行った。

第4章は、先進ボーリングマシンの機動状況から新たな地山評価手法の抽出に至る研究過程とその成果について詳述している。着目したのは坑内での先進ボーリングであり、トンネル本掘削前の事前調査で取得されるデータとして、その活用方策について検討を行っている。ここでは、先進ボーリングから得られるコアからのデータの種類とその分類ならびに分析手法を考察した上で、施工により取得されるデータである掘削後の断面変位や、掘削後の各支保部材に作用する応力との検証を実施している。

第5章では、第4章における成果に基づき、音中トンネル、音威子府トンネル、幌加内トンネルで取得されたデータに対して、ケーススタディとしての具体的な検討を行った。特に先進ボーリングマシンの機動データ、ならびに先進ボーリングで採取されたコア観察から得た蛇紋岩の状況、コアを用いた物性試験結果が分析されている。これらは、掘削後に得られるデータである断面変位や支保工に作用する応力との比較が行われた上で、各トンネル毎にまとめられている。

第6章では、各トンネル毎の比較分析が行われている。その結果、蛇紋岩の種別によって、先進ボーリングマシンの機動状況や掘進可能延長への影響が大きく、これに伴って断面変位や支保部材への作用応力にも影響が出ることが明らかにされた。このため、先進ボーリングによって得られる情報から、掘削後の断面変位や支保工応力の予測にとどまらず、内空変位の収束時期に至るまで、幅広い適用性があることが確認された。

第7章では、各章で明らかとなった結論をとりまとめ総括を行っている。本研究では、先進ボーリングの機動状況や掘進可能延長、そして、土被りとの関係式によって、蛇紋岩トンネルに対応する適切な支保構造の選定から内空変位、さらには収束時期の予測までを、従前にはない工学的かつ客観的に考えるための手法を提言できたと考えている。本研究の結果は、今後の蛇紋岩トンネルに対する設計思想や現場での工程管理、事業として事業執行管理に対して極めて有益な知見を与えるものであると考える。