

鉍化変質帯におけるトンネル掘削土判定の妥当性向上への取り組み

応用地質（株） ○佐保 亮輔／門間 聖子
国土交通省 能代河川国道事務所 佐藤 貴之

1. はじめに

現在施工されている国道バイパス区間（自動車専用道路）のAトンネル周辺地域は、古くから鉍山事業が盛んな地域であり、自動車道の計画にあたっては、鉍山の分布箇所を踏まえた環境リスクの比較的小さい路線が選定された。しかし、鉍化変質帯を完全に避けることは出来ず、トンネル施工に伴い重金属を含んだ掘削土の発生が懸念された。このため、有識者、専門家の指導・助言、事前調査の結果から判明した事項を踏まえ、「土壌汚染対策法（平成15年2月施行）」に準じ、Aトンネルを対象とした「トンネル掘削土判定・処理・管理マニュアル（以下、マニュアルと呼ぶ）」がまとめられ、このマニュアルに基づいて施工が進められた。

このマニュアルにおいては、一部区間で鉍化変質の程度を切羽観察において肉眼で判別することとされており、現場の限られた条件下での確に観察・判断することが求められた。

本報は、変質程度をよりの確に把握するための観察・判定手法の改善及びその結果について報告するものである。

2. 掘削土判定方法

(1) 掘削土判定システム

Aトンネルでは、延長が3000mを超えることなどから、避難坑が計画されている。掘削土の判定は、図-1に示すとおり、先行して掘削する避難坑において判定を行い、後から掘削する本坑の掘削土は、避難坑の地質状況と対比し、処理方法を決定している。

避難坑での対策要否の判定方法はリスクの程度に応じて異なり、このうち今回の検討区間であるB区間については、肉眼で鉍化変質が認められた場合に分析を行い判定することとマニュアルで定められている。

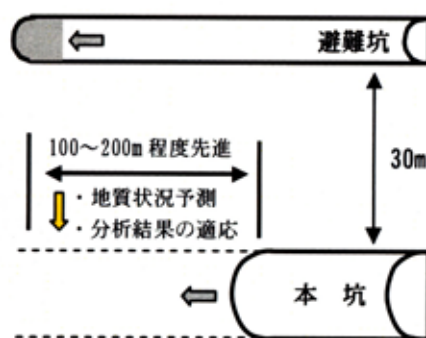


図-1 掘削土判定の基本システム

(2) 分布地質概要とリスク状況

トンネルルートに分布する地質は、新生代第三紀中新世の前期から中期の安山岩溶岩・安山岩質火山礫凝灰岩と泥岩・玄武岩質火山礫凝灰岩を主体としている。その中で重金属リスク（鉍化変質）が最も高い地質は、旧鉍山の鉍脈の延長部に当たる終点側坑口付近であることが事前調査結果から判明していた。同地質の重金属リスクは、熱水変質により生成された硫化鉍物に起因しており、代表的な鉍物に黄鉄鉍が挙げられる。また、マニュアルでは表-1に示すように、事前調査によりトンネル計画ルート上の分布地質に応じて重金属リスクを3段階に区分している。

表-1 掘削土判定パターン

名称	リスクの程度	鉍化変質の出現判定	分析頻度（避難坑）	本検討区間
A区間	低い	出現なし	未知の地質が出現した場合に分析	
B区間	中位	局所的な出現	鉍化変質あるいは未知の岩種が出現した場合に分析	○
C区間	高い	鉍化変質帯	原則として毎日分析	

3. 観察・判定手法の改善

(1) 改善の経緯

図-2には当初マニュアルに基づいたB区間における判定フローを示す。B区間での掘削土判定の判定基準は、鉍化変質の出現を切羽での肉眼観察で判定することとされているが、鉍化変質の有無の判定は観察者の主観に委ねられることから、判断基準がばらつくことが懸念された。また、切羽観察は鏡吹きを行う直前

のわずかな時間に限られ、かつ、照明による人工的な光の下では自然光とは見え方も異なることから、的確な判断には困難を伴った。そのため、第三者からみても妥当とされる判定を行うためには、鉍化変質の出現をより客観的なデータで示し、かつ、現場で簡易にできる手法が必要となった。

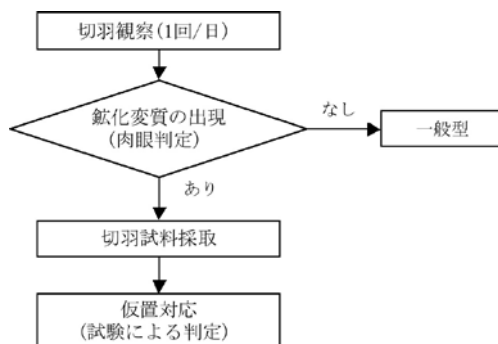


図-2 B区間における掘削土判定フロー

(2) 課題解決への取組み

前述の課題を解決するために、当初マニュアルでの判定フローに新たに図-3に示す事項を追加した。

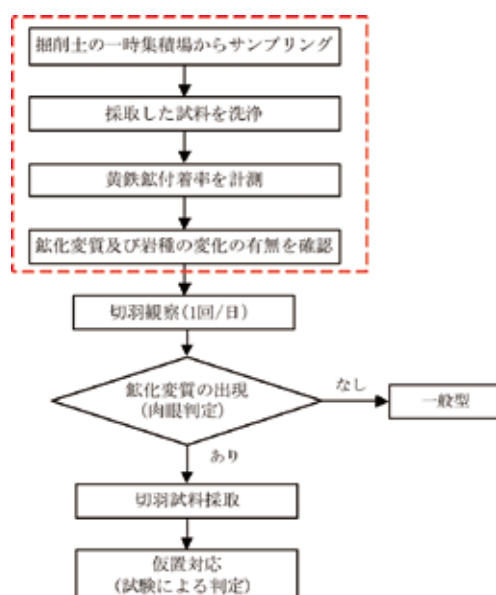


図-3 B区間の判定フローに新たに追加した事項
(破線部で囲まれた箇所)

毎日の切羽観察を行う前に、ズリ集積場に行き前日の夜方に搬出されたズリを観察する工程を新たに付け加え、その地質情報をもとに切羽観察に臨む流れとした。

本トンネルの避難坑では、ズリ出しをトロッコにて行っており、碎石サイズに破碎されたズリが高所から落下して円錐形に堆積し、ズリ山全体が比較的均質となる状況にあった。このようなズリ集積場の状況、ならびに対象地の鉍化変質部に特徴的に出現する黄鉄鉍に着目し、鉍化変質の推移状況を数値化するために、多数のズリをサンプリングして黄鉄鉍の出現状況をカウントすることとした。以下にズリ観察手法の概要を示す。

①採取場所及び採取方法

【採取場所】掘削土の一時集積場

【採取方法】切羽観察の前に掘削発生分を集積したズリ山から平均的な分析値を得るため試料採取はランダムサンプリングとし、図-4に示すようにらせん状に回り採取する。

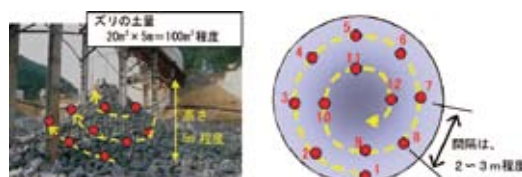


図-4 採取方法の概要(避難坑)
(左図：ズリ集積場 右図：ズリ集積場を上から見た図)

②計測方法

【計測方法】2cm大の岩片を100個採取し、黄鉄鉍が付着した岩片の個数を肉眼で計測する。図-5に黄鉄鉍付着率計測の概要を示す。図-5の場合、100個中33個(破線内)に黄鉄鉍の付着が認められ、黄鉄鉍付着率は33%となる。

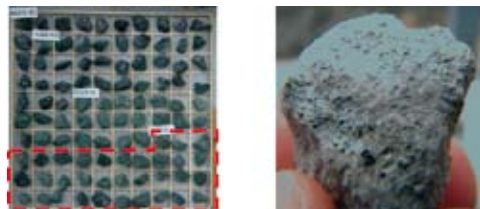


図-5 黄鉄鉍付着率計測の概要
(左図：計測結果整理 右図：黄鉄鉍付着試料)

4. 計測結果

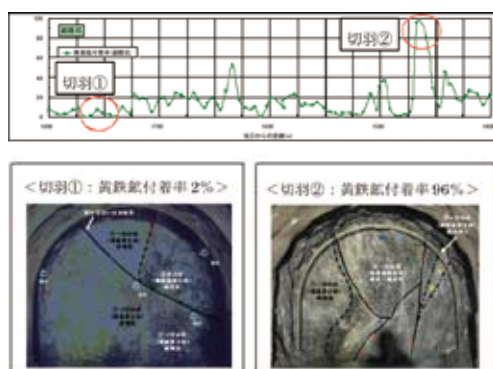


図-6 切羽の進行に伴う黄鉄鉱付着率の推移状況

図-6には黄鉄鉱付着率の計測結果を示す。計測結果より、継続的に測定を行った結果、黄鉄鉱付着率の増減傾向を明瞭に確認することができ、黄鉄鉱付着率と切羽状況との関連性についても、顕著に増加する区間では実際の切羽においても肉眼的に鉬化変質が強まる傾向を確認することができた。

また、先行する避難坑切羽で確認した地質構造(変質脈の延びの方向や角度)から本坑における鉬化変質部の出現予測位置を推定した結果、概ねその推定した出現予測位置で黄鉄鉱付着率が増加する傾向が確認された。これより、鉬化変質程度の推移状況に関する情報を現場で実施可能な方法で得ることができ、切羽観察との組み合わせで鉬化変質の程度をよりの確に判断することができた。

5. おわりに

毎日、早朝の切羽観察のさらに1時間前に現場に向かうという大変な作業が続いたが、結果的に低コストで判定の妥当性向上を図ることができた。今後も、調査段階・施工段階の様々な場面で、現場条件に応じた調査手法等の改善について常に考える姿勢を忘れないようにしたい。