

漏水を生じるトンネルの覆工背面における地質と湧水の水質について

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○岡崎 健治 正会員 倉橋 稔幸
(株) フジタ 正会員 丹羽 廣海 正会員 村山 秀幸

1. はじめに

トンネルの漏水は、トンネルの変状のひとつとされており、その点検では、覆工や設備等の劣化、通行車両への影響を防ぐため、発生位置、漏水量、凍結および既存の対策工の状態が確認されている¹⁾。筆者らは、これまで北海道の国道トンネルの漏水の実態を調べるとともに、矢板工法で建設され38年経過したトンネル内で、通年、漏水の調査を行い、調査時期による漏水量や発生箇所の変化、点検時の注意点を示した²⁾。

本稿では、トンネルの覆工背面の地質の違いによる漏水の性状を把握することを目的として、同トンネルの漏水が発生している近傍で実施した水平ボーリングにおいて、その削孔時に段階的に湧水圧と湧水量を測定するとともに、水質分析を実施した結果について述べる。

2. 調査概要

調査は、延長約1.9kmの廃止された道路トンネルで実施した。本トンネルの地質は、主に安山岩質の凝灰角礫岩、自破碎溶岩および安山岩溶岩である。また、本トンネルでは、これまでの調査で、側壁やアーチ部の136箇所で漏水が発生していることを確認している²⁾。今回の調査では、水平方向に40mのボーリングを2孔掘削した(図-1)。BH-1孔では、削孔後に湧水圧の測定と水質分析、BH-2孔では、削孔時に概ね5mごとにシングルパッカーを用いた湧水圧と湧水量の測定³⁾、湧水の水質分析、ボアホールカメラで亀裂を観察した。

3. 調査結果

3. 1 トンネルの地質

図-1, 2に水平ボーリングの位置とコアの写真、各孔の柱状図(岩種、岩級区分、RQD、孔内P波速度(BH-2孔だけ実施))、BH-2孔でのボアホールカメラによる亀裂観察結果(割れ目頻度、開口幅)、湧水圧および湧水量を示す。ボーリングの結果、BH-1とBH-2孔の深度0~20mでは、凝灰角礫岩と自破碎安山岩(以下、①)、BH-2孔の深度20~40m(以下、②)では、安山岩が分布していた。凝灰角礫岩と自破碎安山岩の一部は、熱水変質作用を受け、岩芯まで変質が進んでいた。また、安山岩は、硬質で亀裂が発達していた。

3. 2 亀裂観察・湧水圧・湧水量

BH-2孔の全体の割れ目は、深度15mから多く、開口割れ目は、深度22mからが多くなる。湧水圧は、深度22~27m区間で最大0.109MPa、湧水量は、開口幅の大きな割れ目(10mm以上)が存在する32~36m区間で最大156L/minを示した。ここで、村山ら³⁾は、最大湧水圧と最大湧水量の区間が異なる原因は、割れ目が多くても、湧水の経路としての割れ目幅が狭いことにあることを指摘している。なお、BH-1孔は、削孔中に湧水はなかったが、削孔から約6ヶ月後までに徐々に湧水圧が上昇して0.03MPa(BH-2孔の1/3程度)となった。

3. 3 湧水の水質

表-1に各孔とトンネル坑口近傍の沢水の水質分析結果を示す。BH-1とBH-2孔の深度15.5~17mは凝灰角礫岩と自破碎安山岩、BH-2孔の3区間は、深度27mから安山岩が分布する区間の値である。

まず、沢水の値と①、②を比較すると、沢水のイオン濃度は低いことがわかる。

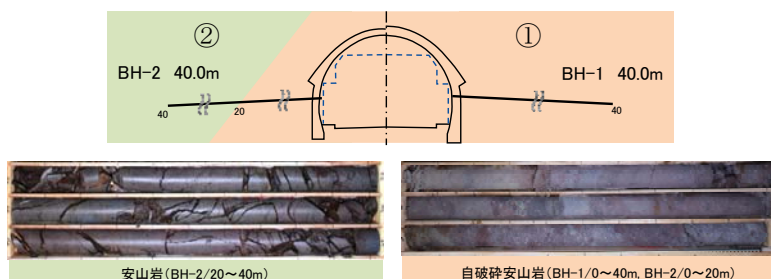


図-1 水平ボーリングの調査位置とコアの状況

キーワード トンネル漏水, 水平ボーリング, 湧水, 維持管理

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 TEL 011-841-1175

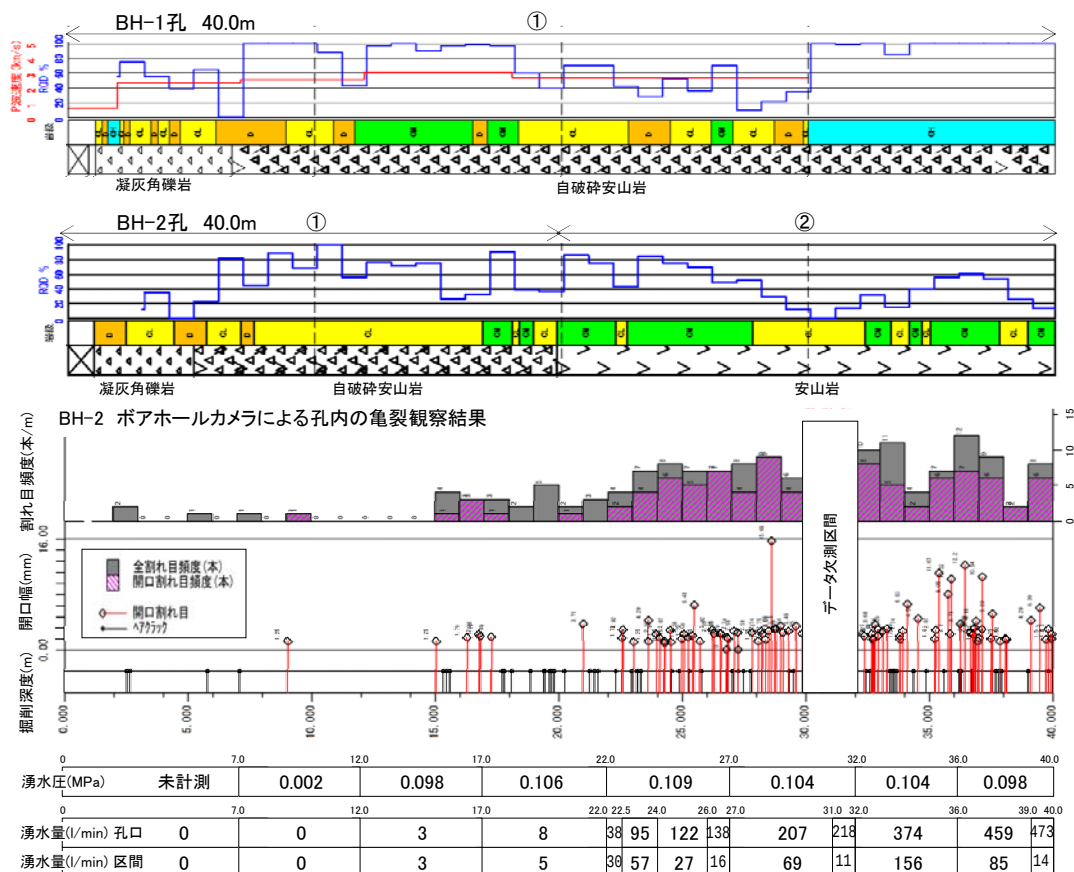


図-2 水平ボーリングの調査結果

表-1 湧水の水質分析結果

試験項目	単位	①		②			近隣の沢水
		BH-1 0~40m	BH-2 15.5~17m	BH-2 27~32m	BH-2 32~36m	BH-2 36~40.5m	
電気伝導度(25℃)	mS/m	25.8	19.4	20.2	20.1	20.2	6.1
pH(25℃)	-	8.1	8.0	7.8	7.8	7.9	6.7
塩化物イオン	mg/l	12.3	15.2	14.8	14.9	14.9	11.2
硫酸イオン	mg/l	18.6	11.6	24.8	24.8	24.9	2.7
炭酸水素イオン	HCO ₃ ⁻ mg/l	116	74.4	60.2	59.3	59.9	8.2
ナトリウム	mg/l	16.9	11.4	12.0	11.8	11.8	7.13
カリウム	mg/l	0.78	0.79	1.54	1.50	1.46	0.65
カルシウム	mg/l	16.0	16.4	19.2	19.3	19.7	2.26
マグネシウム	mg/l	13.2	6.64	4.74	4.63	4.68	1.09

次に、①と②を比較すると、①は②よりも硫酸イオンとカルシウムが少なく、炭酸水素イオンとマグネシウムが多い傾向にある。ここで、高田ら⁴⁾は、膨張性粘土鉱物を含まない頁岩の乾湿繰り返し試験を行い、スレーキングに陽イオンの溶出や鉱物の晶出が関係することを示している。このことは、湧水に岩石から溶出しやすいイオンが溶出すること、また、亀裂を流動する①の湧水よりも、湧水圧や湧水量が小さい②の湧水では、地山内での滞留時間が長く、岩石から湧水に溶出するイオンの濃度が高いと考えられる。

4. おわりに

本調査の結果、地質と地下水の貯存状態の違いによって、湧水圧と湧水量が異なること、また、湧水のイオン濃度が異なることがわかった。今後は、漏水の水質に関する分析をさらに進めていきたい。本調査にあたり、現地調査にご協力いただいた国土交通省北海道開発局の関係各位には、ここに記して深謝致します。

参考文献

1) 例えば、日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧(本土工編)，pp. 35-89，2015。2) 岡崎健治・山崎秀策・倉橋稔幸：トンネルの漏水の発生箇所と発生時期に関する調査事例，土木学会北海道支部，平成 28 年度論文報告集，第 73 号，F-02，2017。3) 村山秀幸・丹羽廣海・伊東佳彦・岡崎健治・山崎秀策：坑内水平ボーリング削孔中における湧水圧の測定方法について，土木学会，第 71 回年次学術講演会講演概要集，pp. 785-786，2016。4) 高田修三・八木則男・矢田部龍一・横田公忠：水質分析と鉱物分析からみた頁岩のスレーキングメカニズムに関する一考察，土木学会，第 56 回年次学術講演会講演概要集，pp. 564-565，2001。