

富山産河川砂利のアルカリシリカ反応性と外来塩分環境下での ASR 劣化トンネルの特徴

金沢大学自然科学研究科 学生会員 ○津田 誠
アルスコンサルタンツ(株) 正会員 麻田 正弘
金沢大学 理工研究域 正会員 鳥居 和之

1. はじめに

石川県の能登地方では安山岩砕石を使用したコンクリートで深刻なアルカリシリカ反応（以下、ASRと記す）による劣化が発生している。また、わが国のASR抑制対策は、アルカリ総量規制値（3kg/m³）を基本に据えているが、骨材から溶出したアルカリの影響により、ASRが長期にわたり進行する可能性があることも指摘されている¹⁾。

その一方で、トンネルのような表面に露出する部分の少ない構造物の ASR 劣化事例の報告は少なく、対策工法も確立されていないのが現状である。

本研究では、ASRにより劣化した、トンネルにおいて詳細点検結果および使用環境条件により ASR劣化度の特徴を調査し、それらの関連性について検討した結果について報告する。

2. 調査内容の概要

2. 1 調査位置および使用骨材の供給状況

対象トンネルの劣化状況を写真-1に示す。トンネル面壁全体に網目状にひび割れが発生していた。

調査対象地域および安山岩の分布状況とコンクリート用骨材の供給経路を図-1に示す。調査対象のトンネルは図-1のBに位置しており、コンクリートには富山県産の河川産砂利（庄川，神通川など）が用いられており、本骨材はA港より荷揚げされ、同地区にあるレディーミクストコンクリート工場より供給されたものと考えられる。対象トンネルは海岸沿いの国道に位置しており、塩害対策区分のSに該当し、供用後40年経過している。

2. 2 調査項目

調査項目および調査手法を表-1に示す。調査はトンネル坑口部とトンネル内の覆工部で実施した。トンネル内覆工部の調査箇所を選定は、前年度に実施されたトンネル点検において、トンネル下部にある排水柵の蓋が圧壊している箇所があり、その原因を



写真-1 トンネル坑口の状況

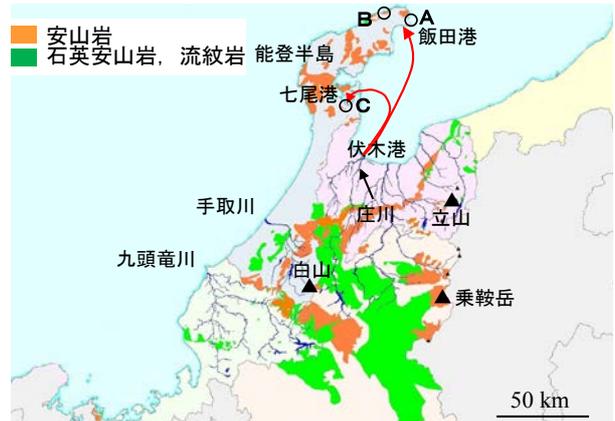


図-1 調査対象地域と骨材の供給経路

表-1 調査項目および調査手法

項目	調査手法等
外観変状調査	目視
岩石学的調査	顕微鏡観察
力学的試験	圧縮強度・静弾性係数試験
残存膨張量試験	デンマーク・カナダ法
塩化物含有量試験	硝酸銀滴定法

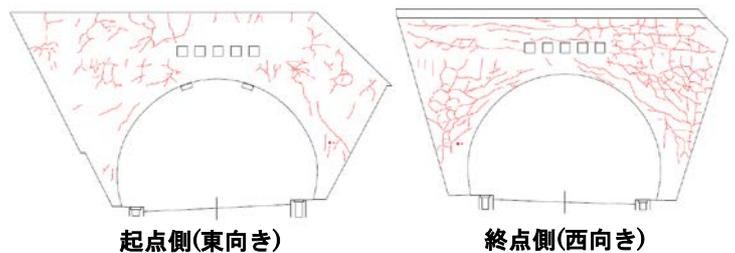


図-2 トンネル坑口部ひび割れ図

キーワード ASR, トンネル, 塩化物イオン, ひび割れ, 点検

連絡先 〒925-0003 石川県羽咋市寺家町レ48番地2 石川県中能登土木総合事務所 TEL0768-82-2165

調査するため、圧壊している箇所（劣化部）としていない箇所（健全部）の2箇所とした。

3. 結果および考察

3. 1 外観・岩石学的調査結果

図-2 に示す面壁部のひび割れ図より、同一のトンネルでありながら、起終点で ASR 劣化の程度に差が生じており、終点部はかなり ASR 劣化が進行していることが分かる。本トンネルは東西方向に位置しており、トンネルの起点側は東方向、終点側は西に向いており、図-3 に示すとおり、特に終点側に風向が卓越している。

写真-2 に示すとおり、ASR 劣化が進んでいると考えられている終点部の蛍光顕微鏡での観察結果、骨材を貫通した ASR によるひび割れが入っていた。

3. 2 力学的・化学的試験結果

圧縮強度および静弾性係数の試験結果を図-4 に示す。ひび割れが多く見られた坑口終点側と覆工劣化部において、健全なコンクリートでの弾性係数と比較して、約2割程度の弾性係数であり、ASR の影響により大きく低下していることが分かった。一方でひび割れが比較的少ない起点側トンネル坑口と覆工健全部では、比較的高い弾性係数の値であった。

表-2 に示すとおり、風向が卓越している西面である坑口終点部において、4kg/m3 を超える高い濃度の塩化物イオンが検出され、高い塩化物イオン濃度が ASR 劣化を促進させたものと考えられる。

トンネル内部の覆工コンクリートにおいて、劣化部は図-4 より、健全なコンクリートの弾性係数と比較し1割にも満たない値しかない状態であることから健全部と比較し、かなり ASR による劣化が進行していると考えられた。なお、ASR 劣化は覆工表面には現れずに、内部で進行していた。この現象は覆工コンクリート内部の湿度分布が影響していると推測され、劣化部の覆工表面部の水分率は7%と健全部と比較して、約1.4倍であることが分かり、地山が悪く湧水が多いことが建設当時の完成図書からも確認できた。図-5 より、膨張率がほぼ0.1%前後のため、現在も膨張が収束しておらず、今後膨張するポテンシャルが残っていると推定される。

4. まとめ

ASR 劣化を促進させる要因として高い塩化物イオン濃度が関与していたと推察される。

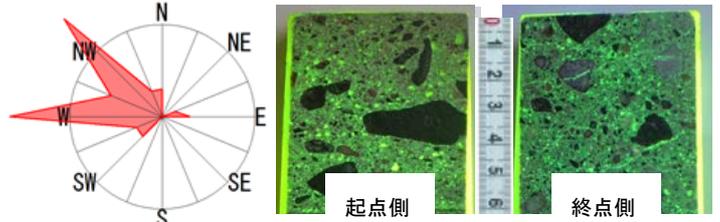


図-3 最大風速時の風向図

写真-2 トンネル坑口部の蛍光顕微鏡観察状況

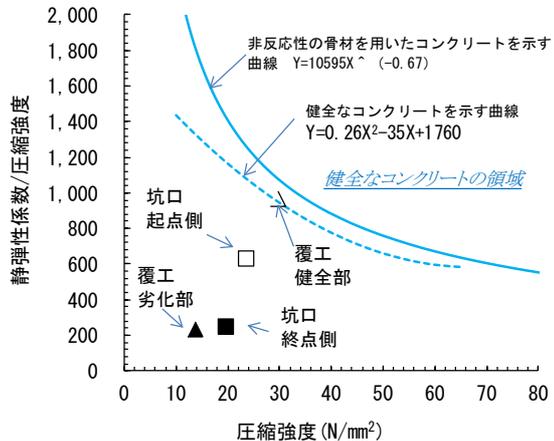


図-4 トンネルの圧縮強度・静弾性係数の試験結果

表-2 トンネル各部位の塩化物イオン濃度

コア名	塩化物イオン濃度(kg/m3)		深部の深さ(cm)
	表面部(0-2cm)	深部	
坑口始点側	2.62	0.35	37-39
覆工健全部	1.91	0.23	37-39
覆工劣化部	0.78	0.16	32-34
坑口終点部	4.60	0.39	35-37

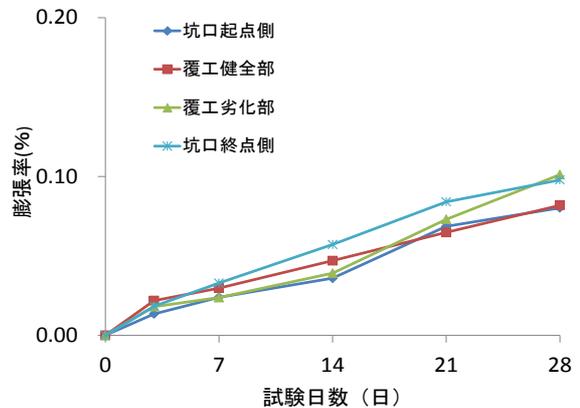


図-5 残存膨張量試験結果(カナダ法)

トンネル覆工部における ASR 劣化として表面には現れずに、内部で進行しており、構造物の管理者として坑口等の調査により ASR が疑われる場合には、覆工コンクリート表面の外観点検だけではなく、複数の調査方法を用いることが必要と考えられる。

参考文献

1) 鳥居和之, 野村昌弘, 南善導: 北陸地方の川砂のアルカリシリカ反応性とアルカリ溶出性状, セメント・コンクリート論文集, No.60, pp.390-395, 2006