ASRの疑いがあるボックスカルバートの詳細調査及び補修計画

基礎地盤コンサルタンツ株式会社　正会員　○佐保　亮輔
基礎地盤コンサルタンツ株式会社　正会員　高本　博昭
基礎地盤コンサルタンツ株式会社　正会員　笠井　真吾

１．概要

本トンネルは，昭和 56 年に竣工した全長 50m の場所打ちボックスカルバートであり，終点側から起点側に向かって約 9%の下り勾配を有する線形である．

平成 8 年に県から市に移管され，移管後は遠望目視での日常パトロール点検にてトンネルの状況を確認している．今回実施した近接目視による定期点検の結果，**図 1** のように全線にわたり頂板部，側壁部にひび割れが確認された．そのうち，終点側坑口部ではアルカリ骨材反応（以下，ASR）が原因と考えられる変状（亀甲ひび割れ、変色）が確認された．

本稿では，変状発生要因の特定と変状に対する効果的な補修計画について報告する．

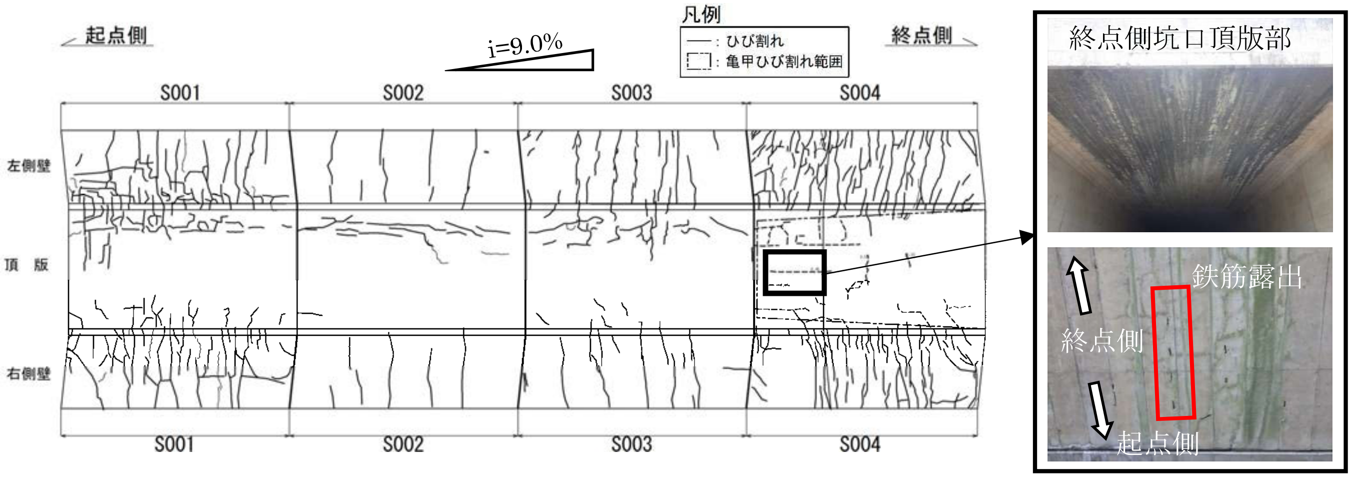


図１　対象トンネル変状概要

２．詳細調査項目の設定

図1に示すように終点側坑口部で確認したひび割れ，変色（一部鉄筋露出）の発生原因として，多種多様な要因（疲労，拘束，ASR，凍結融解等）が考えられたが，**表1**に示すトンネルの条件から，変状の発生原因は「ASR」であることを想定し，一般的な近接目視・打音調査に加えて，発生要因における詳細調査を実施した．（**表2**）

表1　当該トンネルの諸条件

項目	条件	条件からの知見
発生箇所	終点側坑口部	縦断勾配より、トンネル坑外からの水の供給あり
立地	海岸から離れている 凍結防止剤未散布地域	塩害腐食環境下にない
竣工	昭和 56 年	昭和 40 年～50 年代は良質な骨材が不足し、アルカリ反応性骨材や海砂の使用が増加

表2　詳細調査項目と目的

	調査項目	細別	調査目的	
1	鉄筋レーダー探査	―	配筋及び被りの確認	
2	削孔調査	―	室内試験用（ASRの疑いがあるスパン（以下、劣化部）、健全部）	
3	室内試験	中性化試験	変状発生要因推定	中性化による影響（有無）確認
		残存膨張量試験		膨張性の有無確認
		SEM-EDS試験		有害鉱物の有無と反応生成物の確認

キーワード　アルカリ骨材反応，ボックスカルバート，詳細調査，補修計画
連絡先　〒814-0022 福岡市早良区原2-16-7 基礎地盤コンサルタンツ株式会社九州支社 ＴＥＬ092-831-2513

© Japan Society of Civil Engineers

3．詳細調査（室内試験）結果

①中性化試験：**表 3** に示すように，中性化深さ平均で劣化部 3.3 ㎜，健全部で 7.5 ㎜である。√t 則で算出した中性化予測グラフを**図 2** に示す. 試験の結果、現時点では中性化による影響は受けていない，つまり変状原因の主要因が中性化によるものでないと判断した.

表 3　中性化深さ試験結果

採取位置	骨材種類	中性化深さ（㎜）		
		最大値	測定値	平均値
S04 頂版（劣化部）	普通骨材	10.0	7.0　2.5　1.5　0.5 8.0　4.5　1.5　0.5	3.3
S02 頂版（健全部）	普通骨材	21.0	2.5　9.5　8.5　3.5 3.0　14.5　12.0　6.5	7.5

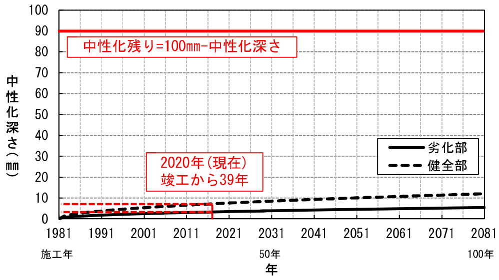


図 2　中性化予測グラフ

②残存膨張量試験：カナダ法による判定基準にて膨張量の判定を行った. **図 3** に示すように，劣化部では「有害と無害の骨材が含まれる」，健全部では「無害」という結果が得られた. しかし，劣化部・健全部ともに膨張を示す傾向が見られた.

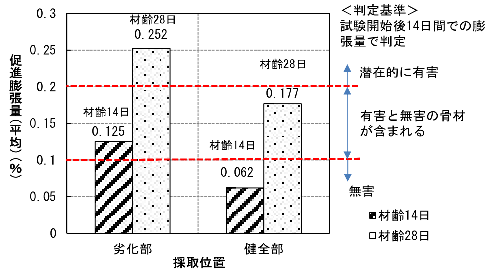
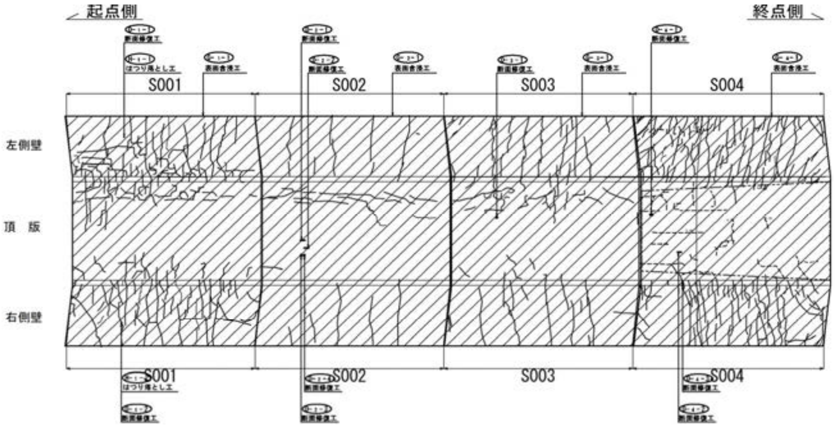


図 3　残存膨張量試験結果

③SEM、EDS 観察：骨材周縁に白色生成物が認められた. 二次電子画像観察及び定性分析の結果，生成物は ASR 生成物の典型的な形態（ゼリー状）を呈しており，Si（ケイ素）を主成分に Na（ナトリウム），K（カリウム）及び Ca（カルシウム）を含むことが判明した. その形態と成分から，生成物は ASR により生成したゲルであると判断した.

4．補修計画

これまでの調査により，終点側坑口部で確認された変状の要因は，トンネル坑外からの雨水と骨材が反応し吸水膨張によりひび割れが発生したものと判断した. また，終点側坑口部以外のスパンにおいても，室内試験の結果，膨張を示す傾向が確認されたため，**図 4** に示すようにボックスカルバート全面に対し劣化因子の浸入を防ぐ補修計画（ひび割れ補修，断面修復工，表面含浸工）を立案した.



対策工種	条件	工法
ひび割れ対策	① ひび割れ幅 0.2 ㎜≦t＜1.0 ㎜ ② ひび割れ幅 1.0 ㎜≦t	① ひび割れ注入工（3 種）＋亜硝酸リチウム） ② ひび割れ充填工（シーラント系）
断面修復工	ひび割れ沿いのうき・鉄筋露出箇所	左官工法（ポリマーセメントモルタル）
表面保護工	本トンネル全周（劣化因子の遮断・抑制）	表面含浸工

図 4　補修対策計画

5．おわりに

本トンネルのように、立地条件、環境条件、竣工年などを現地踏査前に整理することで、点検や調査で得られた結果から効果的な補修計画を立案することができた. 変状は複合的なメカニズムで発生することが多いため，変状の進行性を把握することは可能であっても発生要因を 5 年に 1 度の法定点検（近接目視点検、打音検査）のみで推定することは難しい. そのため、変状の発生要因及び効果的な補修計画を立案するための調査を点検段階にて立案することが望ましい.

© Japan Society of Civil Engineers