

コンクリートのアルカリ骨材反応 (ASR) 判定について

興亜開発㈱中部支店 ○千田 崇男
 同上 橋 久生
 興亜開発㈱関東支店 佐藤根 彰

1.はじめに

近年コンクリート構造物の劣化点検は増加する傾向にあるが、目視・打音検査によるものがほとんどであり、この場合劣化の原因や進行性を正確に予測することは困難である。

本報告は、目視・打音検査結果より確認されたひび割れの発生要因や進行状況を把握するために、アルカリ骨材反応に焦点をあて各種室内試験を実施した事例である。

2.アルカリ骨材反応とは

アルカリ骨材反応は、コンクリートの細孔溶液中におけるアルカリ成分が、ある種のシリカ鉱物や炭酸塩岩を含有する骨材と反応することである。目視観察では、コンクリート表面に方向性を持たない亀甲状のひび割れが発生するのが特徴で、表-1に示すようにその原因から大きく3種類に分類される。

表-1 アルカリ骨材反応の種類とその原因

種類	原因
アルカリシリカ反応	骨材中に含まれるシリカとの間に起こるある種の化学反応
アルカリ炭酸塩反応	アルカリとドマトライト質石灰岩が反応し膨張を起こすもの
アルカリシリケート反応	ただしアルカリシリカ反応とほぼ同様。ただしアルカリシリカ反応より長期間にわたる

このうち我が国で被害が主に報告されているのはアルカリシリカ反応 (以下 ASR と略記) である。

ASR の判定方法としては、コンクリート中に含まれる骨材中の反応性鉱物の有無を確認することや、電子顕微鏡観察で特徴的なゲル生成物の確認がある。

また、ASR の進行状況を確認する方法としては、促進膨張試験による膨張量の確認や圧縮強度試験がある。

3.調査構造物の概要と調査方法

調査対象構造物は、中部地方の某トンネルである。当該トンネルは、竣工後すでに25年以上が経過している。目視・打音検査の結果によれば、トンネル坑門部や、側壁部分に多数の亀裂が見られ、その亀裂状況は方向性を持たず、トンネルの縦横断断方向に無数に広がっているものであった。

このため、亀裂の要因がアルカリ骨材反応に起因するものか確認するとともに、今後の進行について考察した。

調査方法のフローを図-1に示す。今回の調査では主に亀裂の多い坑門部と、側壁部の各1箇所ずつで試料を採取した。

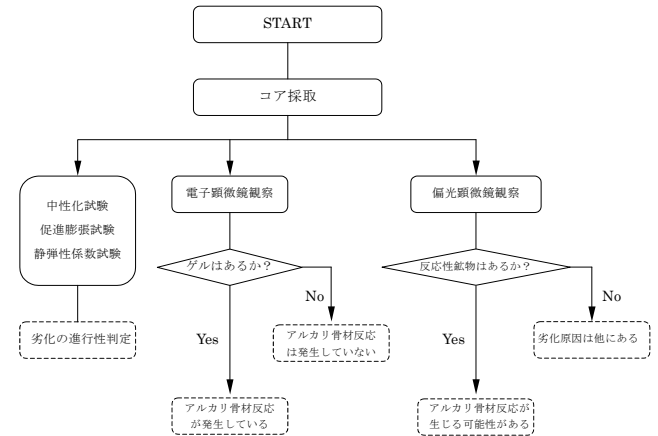


図-1 調査のフロー

4.試験結果

4.1偏光顕微鏡観察結果

ルーペ観察によると、側壁部、坑門部とも骨材の種類は、チャート及び白雲母黒雲母片岩が主体であった。偏光顕微鏡観察結果によれば、白雲母黒雲母片岩には ASR の反応性鉱物は含まれていなかったが、チャートについては、反応性鉱物である微小石英を多量に含んでいることが確認できた。

写真-1には側壁部の偏光顕微鏡写真を示す。

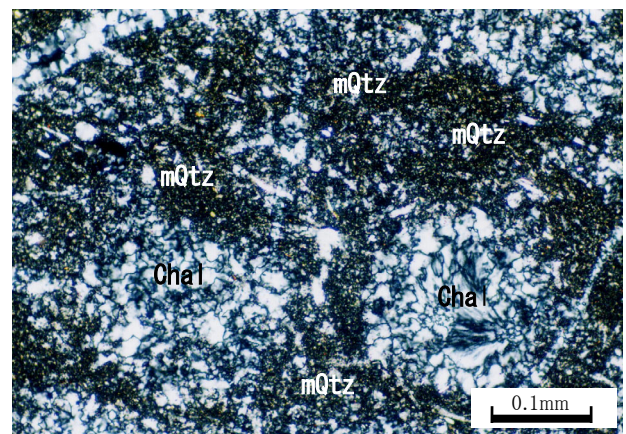


写真-1 偏光顕微鏡写真 (直交ニコル)

mQtz : 石英及び少量の粘土鉱物からなる潜晶質な組織 (潜晶質石英を多量に含む)

Chal : カルセドニー、カルセドニー質石英からなる球状集合体

4.2走査電子顕微鏡観察 (生成物に関する試験)

採取したコアの切断面や破断面などの目視観察によると、側壁部・坑門部の試料ともコアの気泡中や、反応性

骨材とモルタル境界付近には透明もしくは白色を呈するゼリー状のゲル生成物が確認できた。

この生成物について走査型顕微鏡(SEM)観察を行った結果、ASRで生成される典型的なアルカリシリカゲルが確認できた。(写真-2)

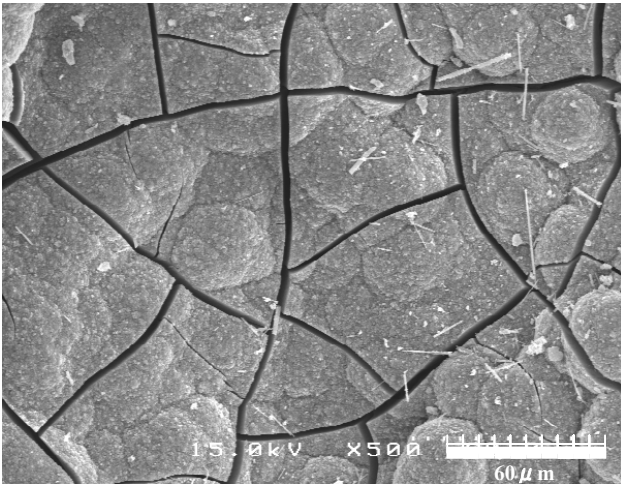


写真-2 坑門部のゼリー状のゲル生成物 SEM 写真

さらにこのゼリー状ゲル生成物について、X線分析装置で分析を行った。その結果、シリカ(SiO₂)を主成分とし、アルカリ(Na₂O または K₂O)および高濃度のカルシウム(CaO)を含む、アルカリ-カルシウム-シリカ型のアルカリシリカゲルであることが確認できた。

4.3劣化進行判断試験

劣化進行を判断するために、中性化試験、圧縮強度・静弾性係数測定、促進膨張量試験を行った。

中性化試験の結果、中性化深さはコンクリート表面より平均13.8 mm、最大で17.3 mm であり、深部まで中性化の影響は及んでいない結果であった。

圧縮強度・静弾性係数測定結果では、圧縮強度が26.2 N/mm²、静弾性係数は11.2 kN/mm²であった。当該トンネルの設計基準強度(σ₂₈)は不明であるが、24 N/mm²程度と仮定すれば、特に大きな強度低下は発生していないと考えられる。

また促進膨張量試験(デンマーク法)結果を図-2に、また膨張量試験結果の判定基準を表-2に示す。

図-2をみると、坑門部では材令14日間以降膨張が見られないのに対し、側壁部の試料は材令に応じて膨張し続けている。

表-2と試験結果を比較すると、坑門部においては膨張量0.1%未満でその後の膨張も見られないことから「膨張性なし」と判断できる。

これに対し、側壁部については最終膨張量が0.275%であり、膨張性は「不明確」と判断できる。ただし、図-2をみると試験期間中で膨張傾向は収束しておらず、判定基準では「不明確」とはいえ今後もASRが進行する可能性を示唆するものと考えられる。

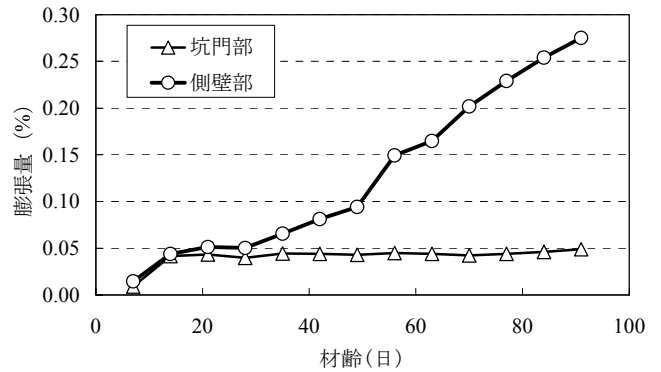


図-2 デンマーク法による促進膨張量試験結果

表-2 膨張量試験の判定基準¹⁾

膨張量	判定
0.4%以上	膨張性あり
0.1~0.4%	不明確
0.1%未満	膨張性なし

5.まとめ

今回の調査結果から、当該トンネルでは坑門部・側壁部とも有害鉱物である微小石英を多量に含み、典型的なアルカリシリカゲルの生成も確認されたことから、亀裂発生原因としてASRが顕著に確認できた。

このうち坑門部については、今後ASRに伴う膨張性はなく、収束していると判断できた。収束した原因としては、坑門部は降雨・外気温などASRがより促進されやすい環境に長期にわたって暴露され、反応自体が収束したことが考えられる。

これに対し、側壁部では膨張は継続しており、今後もASRが進行する可能性が認められた。圧縮強度の結果からは大きな強度低下は発生していないと考えられるが、今後ASRが進行すれば強度低下を招くことも考えられる。

今回の調査結果より、亀裂の発生要因を明確に追求することができ、さらに今後の進行状況についてもある程度の予測が可能という結果になった。今後は目視検査でASRの可能性が疑わしい部分について、同様の手法で調査を行うことにより、確実に詳細な亀裂の発生要因と今後の進行状況を究明することができると考える。

参考文献

- 1) 社団法人日本コンクリート工学協会：コンクリートの診断技術、基礎編、pp176、2004。