

# 能登地方における反応性骨材の地質・岩石学的特徴 とASR劣化コンクリート構造物の維持管理に関する 研究

著者	津田 誠
著者別表示	Tsuda Makoto
雑誌名	博士論文要旨Abstract
学位授与番号	13301甲第4485号
学位名	博士（工学）
学位授与年月日	2016-09-26
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/46588">http://hdl.handle.net/2297/46588</a>



# 学 位 論 文 要 旨

能登地方における反応性骨材の地質・岩石学的特徴と  
ASR 劣化コンクリート構造物の維持管理に関する研究

A Study on the Geological Characteristics of Reactive Aggregates  
and the Maintenance Management for ASR-deteriorated Concrete  
Structures in the Noto district

金沢大学大学院自然科学研究科  
環境科学専攻  
環境創成講座

学 籍 番 号 1323142011

氏 名 津 田 誠

主任指導教員名 鳥 居 和 之

## **Abstract**

Concrete structures deteriorated by alkali-silica reaction (ASR) due to the use of highly reactive aggregate were repaired/retrofitted in this study in the Noto district, Ishikawa Prefecture, and the effect of repair/retrofitting was assessed. The geological and lithological characteristics of rocks for concrete aggregate in this district were also examined, with their distributions being investigated, to elucidate the lithological and mineralogical characteristics of aggregates used in existing concrete structures, in relation to their alkali-silica reactivity. The author also conducted long-term monitoring of bridges in service that underwent various retrofitting measures against ASR, to verify their effects. Research has also been carried out in terms of the soundness degree and ASR deterioration degree of bridges and aggregates contained therein, to investigate their relationship, thereby elucidating the ASR-deterioration mechanism of concrete structures. Based on these findings, the author proposes techniques for future maintenance of concrete structures. The author also investigated problems with various ASR tests on concrete aggregate and indicated points to consider for preventing the occurrence of future ASR. Now that the supply system of fly ash concrete has been established in Hokuriku, the author points out that standardization of its use throughout the Noto district is highly effective in reducing the risk of ASR deterioration when using aggregate from Hokuriku for a structure to be built in a chloride-prone environment.

## 1. 研究の背景と目的

新設構造物において、ASR 劣化を抑制することは、今後の少子高齢化社会において構造物の耐久性を確保し、将来における維持修繕費を抑えることに直結する。しかし、瀬戸内海での海砂採取が困難になるなど、全国的に骨材の供給事情に問題を抱えており、これまで以上に ASR 劣化の抑制に対して、リスクの少ない良質な骨材を安定的に安価で入手することは困難な状況になっている。

一方、供用中の構造物の維持管理では点検、診断、補修および補強が基本になるが、ASR 劣化構造物では、まず点検および診断時に ASR 劣化構造物を見逃さず、また ASR の診断結果を意図的に変えたりしないことが重要である。反応性骨材の分布と ASR の発生分布とはあまりにも異なっている。この原因として、ASR の診断そのものの困難さと、ASR と診断結果を出し発表することの困難さの 2 つの理由があると思われる。

このため、本研究では ASR 劣化橋梁の損傷メカニズムを検証し、さらに、ASR 劣化構造物に対して実施した、補修および補強実施後の評価を行い、地方自治体においても持続可能な橋梁の維持管理手法の立案を行うことを研究目的とした。

## 2. 能登地方で使用された安山岩砕石のアルカリシリカ反応性と ASR 劣化構造物の特徴

当該地域で使用されてきたコンクリート用骨材の岩石・鉱物学的特徴とアルカリシリカ反応性を検討するとともに、橋梁の詳細点検結果を基に ASR 劣化橋梁の分布状況とその劣化度の特徴を調査した。その結果、3 箇所の採取場所ごとに安山岩砕石に含有される鉱物や反応性に違いがあり、それらと ASR 劣化橋梁の分布状況とに相関があることが明確となった。さらに、ASR 発生橋梁を地区および建設年ごとに調査した結果、ASR の発生率とその劣化度に違いがあることを明らかにした。

## 3. 能登地方で使用された河川産骨材のアルカリシリカ反応性と外来塩分環境下における ASR 劣化構造物の特徴

当該地域で使用されてきたコンクリート用骨材のアルカリシリカ反応性を検討するとともに、橋梁およびトンネルの詳細点検結果を基に ASR 劣化状況の特徴を調査した。その結果、塩化物イオンが関係したコンクリート用骨材の ASR の特徴と、ASR 劣化橋梁およびトンネルの劣化状況に相関があることが明確となった。さらに、ASR が発生したトンネルの覆工コンクリートをコア採取により調査した結果、表面の外観調査結果と覆工内部の ASR の劣化度に違いがあることが判明した。

## 4. のと里山海道で実施された ASR 劣化橋脚に対する大規模更新の事例検証

ASR 反応が長期間持続する可能性があるコンクリート構造物において、各種補修および補強工法を実施した際に、設置した亀裂変位計を用いた長期的なモニタリングを実施することにより、ASR による劣化進行の有無を監視するとともに、補強や部分的な打替えによ

る ASR 膨張の抑制効果、モニタリング手法について検証した。

その結果、劣化膨張に起因する原因が判明し、補強方法の妥当性についても知見が得られた。

#### 5. 外来塩分のコンクリートへの拡散・透過性の基礎的検討

拡散・透過セル法により、各種セメント硬化体(OPC, FA, BFS)への NaCl 溶液と CaCl<sub>2</sub>溶液の拡散・透過性を比較検討した。その結果、NaCl 溶液での Cl<sup>-</sup>イオンは Na<sup>+</sup>イオンよりも拡散係数が大きくなる傾向にあった。さらに、濃度による拡散のメカニズムの違いについて考察した。また、CaCl<sub>2</sub>溶液での Cl<sup>-</sup>イオンの拡散係数は NaCl 溶液よりも大きくなる傾向にあり、さらに鉱物質混和材を混入することにより Cl<sup>-</sup>イオンの拡散係数を効果的に抑制できることを明確にした。

#### 6. 北陸地方の骨材の岩石・鉱物学的特徴と骨材の各種 ASR 試験による評価および構造物の劣化状況の特徴

北陸地方で使用されてきたコンクリート用骨材のアルカリシリカ反応性を化学法とモルタルバー法により試験を行なった結果、化学法とモルタルバー法の判定結果の相違や骨材の反応性とその地区の ASR 劣化構造物の劣化状況とに相関があることが判明した。

#### 7. 結論並びに骨材の ASR 試験の課題と今後の ASR 構造物の維持管理手法の提案

本研究は ASR 劣化橋梁に対して、補修および補強実施後の評価、地質・岩石学的特徴の検討を行い、地方自治体においても持続可能な橋梁の維持管理手法の立案を行うことを研究目的とした。

目的に対する、本研究の手段として、対象地域の岩石の分布状況を調査し、使用されているコンクリート骨材の岩石・鉱物学的特徴とアルカリシリカ反応性を明らかにした。それと合わせて、供用中の橋梁において長期のモニタリングを実施し、補強効果の検証を行った。さらに、使用されている骨材と橋梁の健全度や ASR 劣化度を調査し、それらの関連性を究明し、ASR によるコンクリート構造物との劣化メカニズムを解明した。これらの知見をもとに今後の維持管理手法について提案を行った。

さらに、コンクリート用骨材に対する、各種 ASR 試験の問題点についても考察し、今後新たな ASR を発生させないための留意事項について指摘した。

以上の結果を踏まえ、北陸地方におけるコンクリート構造物の ASR 劣化機構の検証と維持管理手法に関する結論を得た。