

コンクリート橋における ASR 劣化の事例検証

九州大学大学院 学生会員 池田隆徳 学生会員 井上祐一郎 正会員 佐川康貴
(株)太平洋コンサルタント 正会員 山田一夫 太平洋セメント(株) 正会員 林建佑

1. はじめに

近年、アルカリシリカ反応(以下 ASR)に対する現行の抑制手法が必ずしも完全ではないことが指摘され、新たな抑制手法の考案が必要とされている¹⁾。また、これに伴い ASR 劣化を生じた構造物に対して、ASR を生じた原因を調査し、新たな抑制方法にフィードバックすることの重要性が指摘されている。本稿は、ケーススタディーの一つとして、北部九州地区において ASR 劣化を生じた構造物を対象とした調査結果より、現行の骨材の ASR 反応性試験方法の改善策について考察したものである。

2. 対象構造物の概要

対象とした構造物は、北部九州地区の河川に架かる橋梁(昭和 56 年竣工)であり、海岸からは、約 2km 離れた場所に位置する。この構造物は、上流側と下流側で劣化度が異なる点が特徴的であり、下流側では、ひび割れ等の変状が見られないのに対し、上流側では、亀甲状のひび割れや白色析出物の滲出などの ASR に起因すると考えられる変状が確認された。また、上流側におけるひび割れ幅は、1.2mm 程度であった。

本研究では、特に劣化度の違いが明確であった親柱下部の上流側(写真-1, A)と下流側(写真-1, B)よりそれぞれφ50mm のコアを採取し、各種試験を行った。以下、A および B より採取したコアをそれぞれコア A およびコア B と称する。

3. 試験項目

(1) 偏光顕微鏡観察

各コアの粗骨材周辺やモルタル部より 20×30mm 大の試料を切り出し、厚さ 20μm 程度の研磨薄片を作製した。偏光顕微鏡観察により、ゲルの生成状況の確認と反応骨材および反応性鉱物の同定を行った。

(2) 水溶性アルカリ量の測定

採取したコアの表層部および深部(深さ 12cm 程度)の 2 箇所より試料を採取し、水溶性アルカリ量および塩化物イオン量の測定を行った。水溶性アルカリは、「建設省総合技術開発プロジェクト コンクリートの耐久性向上技術の開発」(総プロ法)に従い測定し、補正式によってアルカリ総量の推定を行った。

4. 実験結果

4.1 薄片観察の結果

コア A は、粗骨材周りのゲルの滲みや粗骨材自体のひび割れなどの外観上の特徴から、粗骨材が反応していることが推察された。写真-2 は、コア A の粗骨材の薄片の偏光顕微鏡写真を示している。写真-2 において、粗骨材である砂質アレンイトにひび割れが生じ、そのひび割れを ASR ゲルが充填している状況が確認された。また、ゲル脈の周囲が、カタクラスティックな組織(変成作用によって鉱物が破碎・粒状化した組織)となっている様子が観察された。すなわち、変成作用によって通常は非反応性である石英が隠微晶質化し、反応性を示したものと考えられる。なお、細骨材は、貝殻の混入などから海砂と推測され、反応の形跡は認められなかった。

写真-3 は、コア B の粗骨材周辺の偏光顕微鏡写真である。コア B では、粗骨材は、頁岩と同定され、細骨材は、貝殻の混入などから海砂と推測された。写真-1 B の様に、構造物には変状は見られなかったが、頁岩には、微細

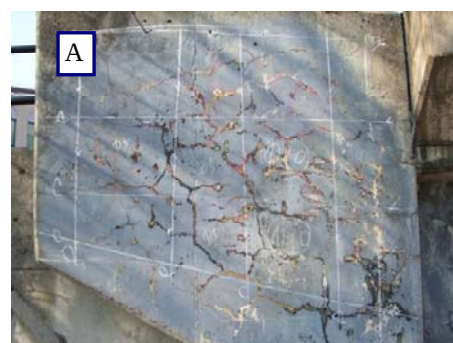


写真-1 対象構造物の劣化状況
(左岸、親柱下部)
(A:上流側, B:下流側)

なひび割れが発生し、ASR ゲルがひび割れを充填している様子が確認された。つまり、粗骨材は、反応は生じていたものの、構造物にひび割れを生じるような大きな膨張には至らなかったものと考えられる。

4.2 水溶性アルカリ量推定結果

図-1 にアルカリ量の推定結果を示す。いずれの場合も、現在のアルカリ総量規制値である 3kg/m^3 を上回る高いアルカリ量を示している。そこで、外来アルカリ供給の可能性を考え、塩化物イオン量を、JCI-SC4 に従い測定した。その結果、A, B の両者において。表層、深部ともに約 0.9kg/m^3 であった。表層と深部で同等の値を示したことを考慮すると、高いアルカリ量を示した原因の一つとして、十分に除塩されていない海砂が使用された可能性が考えられる。

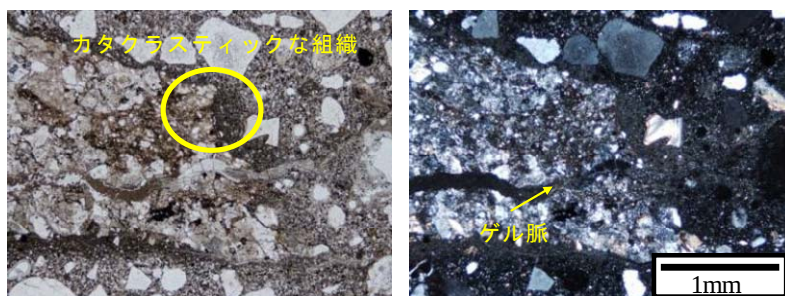


写真-2 コア A 粗骨材ひび割れ部の偏光顕微鏡写真
(左：下方ポーラーのみ 右：直交ポーラー)



写真-3 コア B 粗骨材-モルタル界面の偏光顕微鏡写真
(左：下方ポーラーのみ 右：直交ポーラー)

5. 対象構造物の劣化原因に対する考察

以上の結果を整理すると、A, B ともに、アルカリ量は多かったが、大差はなく、劣化の有無を決定づける要因ではないと考えられ、骨材の反応性の違いが劣化の有無に大きく影響したと考えられた。

A, B のいずれも粗骨材に堆積岩が使用されていたが、その岩種が異なり、A は骨材の一部に破碎作用を受け、石英の ASR 反応性が高まった可能性が考えられた。

したがって、ASR 反応性検出試験には、A と B のような岩石学的な相違を検出できることが求められると言える。欧米では、岩石学的評価に基づき、反応性試験を選定することが明記されており、堆積岩に対しては、ASTM C1260(80℃, 1N, NaOH 浸漬)によって評価することが示されている²⁾。我が国では、ASR 劣化の多くが火山岩による急速膨張性の ASR であることから、モルタルバー法や化学法によって大半の骨材の ASR 反応性を検出できるが、遅延膨張性の ASR が生じている現状がある³⁾以上は、堆積岩系の骨材を使用する場合、岩石学的評価や反応性検出試験として ASTM C 1260 の導入等が今後必要であると考えられる。

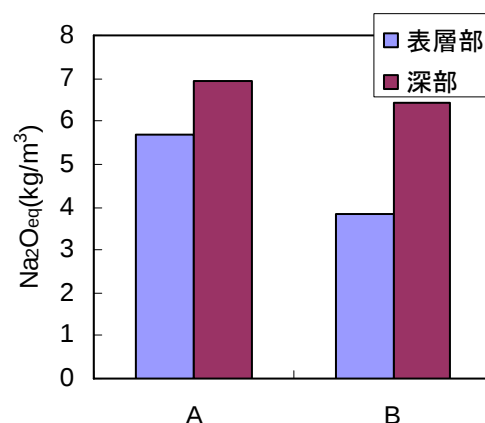


図-1 アルカリ量推定結果

6. まとめ

本研究で対象とした構造物は、堆積岩系の骨材が使用されていたものの、部位によって岩種が異なっていた。変成作用を受けた骨材を使用した場所で、コンクリートにひび割れが認められた。堆積岩の ASR 反応性を適切に評価するには、岩石学的評価や ASR 反応性試験方法として ASTM C 1260 を導入することが今後必要である。

【参考文献】

- 1) 鳥居和之：アルカリシリカ反応にいかに対応するか，セメント・コンクリート，No.696，pp.1-9，2005.2
- 2) ASTM C 1260: Standard Test Method for Potential Alkali-Reactivity of Aggregates Mortar Bar Method, Vol.4, pp.654-659, 1994
- 3) 西政好ほか：遅延膨張性骨材による ASR 劣化事例および骨材の ASR 反応性検出法の検証，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.1，pp.935-940，2010