

第V部門

アルカリシリカ反応 (2)

2023年9月15日(金) 15:10 ~ 16:30 V-5 (広島大 東広島キャンパス総合科学部講義棟 K 2 0 6)

[V-657] 新潟県の ASR 構造物における維持管理手法の研究 Study on Maintenance Methods for Alkali Silica Reaction in Niigata Prefecture.

*松田 啓暉¹、野村 昌弘² (1. 株式会社 ネクスコ・エンジニアリング新潟、2. 株式会社 野村昌弘の研究所)

*Hiroki Matsuda¹, Masahiro Nomura² (1. Nexco-Engineering Niigata Co.,Ltd., 2. Laboratory of Nomuramasahiro Co.,Ltd.)

キーワード：アルカリシリカ反応、アルカリ溶液浸漬法、ゲルのSEM/EDS分析、偏光顕微鏡観察、新潟県、流紋岩

Alkali-silica reaction, Method of concrete cores immersed in alkali solution, Chemical composition of ASR gel by SEM, Polarizing microscopy, Niigata Prefecture, Rhyolite

新潟県では1980年代より道路構造物等にアルカリシリカ反応によるひび割れが発生しており、今後も膨張の進行をモニタリングしていく必要がある。筆者らこれらの構造物に対し、1999年より継続的にアルカリ溶液浸漬法を適用し膨張の経過を観察してきた。本研究では、初回から約20目を迎えたアルカリ溶液含浸法の試験結果を示すとともに、ゲルの化学組成分析の結果と照合することにより、試験結果の判定基準を提案するものである。

新潟県の ASR 構造物における維持管理手法の研究

(株)ネクスコ・エンジニアリング新潟 正会員 ○松田啓暉
 (株)野村昌弘の研究所 野村 昌弘

1. はじめに

新潟県は火山岩類を含む比較的新しい年代の地質が広く分布し、これらを流域にもつ川砂利がコンクリート骨材として広く活用されてきた。しかし 1980 年代より道路構造物等にアルカリシリカ反応（以下 ASR と略記）によるひび割れが発生し、北陸地方と同様に火山岩類による顕著な反応が確認された。ASR による膨張は今後も進行することが推察されるため、長期にわたりモニタリングを継続する必要があると思われる。ASR 構造物のモニタリング手法としては、定点的な写真撮影やひび割れ幅の計測等があるが、長期的なスパンでの継続は実用的ではないと考えられる。

一方、筆者らは ASR 構造物に対し 1999 年よりコアによる潜在膨張性を検討するため、アルカリ溶液浸漬法（温度 80℃、1 N・NaOH 溶液浸漬）を取入れてきた経緯があった。北陸地方および新潟県の構造物から多数コアを採取し、試験日数 21 日におけるコアの膨張率 0.1%以上で「残存膨張性あり」との判定基準を提案している。しかし、コアの膨張率と ASR の進行状況との関係が不明確なことが現状であった。本研究では、ASR 構造物に対し継続的にアルカリ溶液浸漬法を適用してきた結果を示す。またゲルの成分を分析し構造物の ASR 進行状況についてアプローチし、継続的なアルカリ溶液浸漬法による維持管理手法に

ついて提案する。

2. 対象構造物

対象としたのは、1978 年に供用した新潟県下越地方に位置する A 橋の下部工である。伸縮装置からの漏水箇所には顕著なひび割れが発生し、一部段差が生じているものもあった（写真-1 参照）。本橋から採取したコアにて算出した砂利の岩種構成は、ASR 急速膨張性の火山岩類の流紋岩および安山岩が 29%、遅延膨張性の堆積岩としてチャートおよび頁岩を 34% 含有していた。コアから薄片を作製し偏光顕微鏡観察の結果、流紋岩系の岩石にて激しい反応が確認され、主として阿賀野水系の川砂、川砂利が使用されたものと推定された（写真-2 参照）。流紋岩には、反応性鉱物としてオパールおよびトリジマイトの急速反応性の鉱物も確認された。

3. 継続的なアルカリ溶液浸漬法の結果

A 橋 P1 橋脚では 1999 年より、継続的にアルカリ溶液浸漬法を実施してきた。また今回、橋台で試験を追加した結果も併せて図-1 に示す。供用から 21 年経過後のコアの膨張率は 0.47%と大きな膨張率であったが時間の経過とともに低下し、供用から 35 年および 44 年での膨張率はほぼ横ばいを呈した。ASR による膨張のピークは越えたものの、コアの膨張率は 0.13~0.2%であり ASR の膨張は今後も継続する可能性が推測された。



写真-1 A橋のひび割れ状況（左：P1橋脚，右：A2橋台）

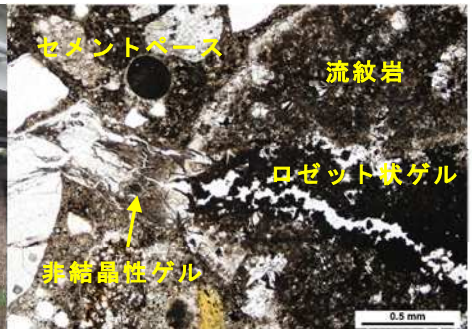


写真-2 流紋岩（砂利）の反応状況
 偏光顕微鏡（単ニコル）

キーワード アルカリシリカ反応，アルカリ溶液浸漬法，ゲルの SEM/EDS 分析，偏光顕微鏡観察

連絡先 〒940-2127 新潟県長岡市新産 2 丁目 12-10 h.matsuda.sm@e-nexco.co.jp

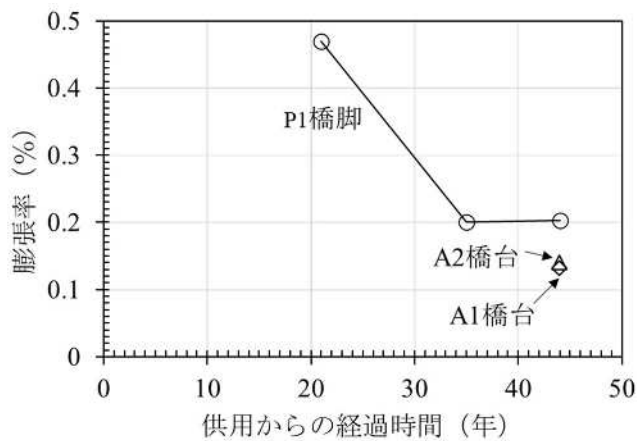


図-1 アルカリ溶液浸漬法によるコアの膨張率の推移（膨張率は試験日数 21 日）

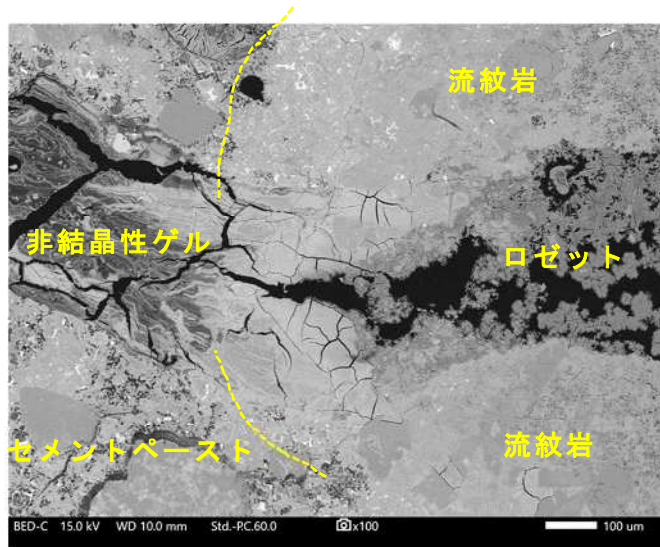


写真-3 ASR を生じた流紋岩の反射電子画像

4. ゲルの SEM/EDS 分析の結果

写真-2（A2 橋台から採取したコア，アルカリ溶液浸漬法によるコアの膨張率 0.14%）に示す流紋岩反射電子画像を写真-3 に示す。ゲルは骨材内部のひび割れ内において，ロゼット状（結晶性）を成す傾向が認められた。一方で，セメントペースト相のひび割れや気泡中のものは無定形（非結晶性）の ASR ゲルが観察された。

写真-3 に示すゲルおよび CSH ゲルの成分を Katayama の手法により，SEM/EDS 分析した結果を図-2 に示す。分析位置は砂利内のロゼット状のゲル，砂利とセメントペーストの境界付近で砂利よりの非晶質なゲル，砂利とセメントペーストの境界付近でセメントペーストよりの非晶質なゲルを対象とした。一般に，ASR ゲルは，アルカリが高くカルシウムが低い組成（図-2 の組成図の左下に位置する）であるほど新鮮であり，今後の膨

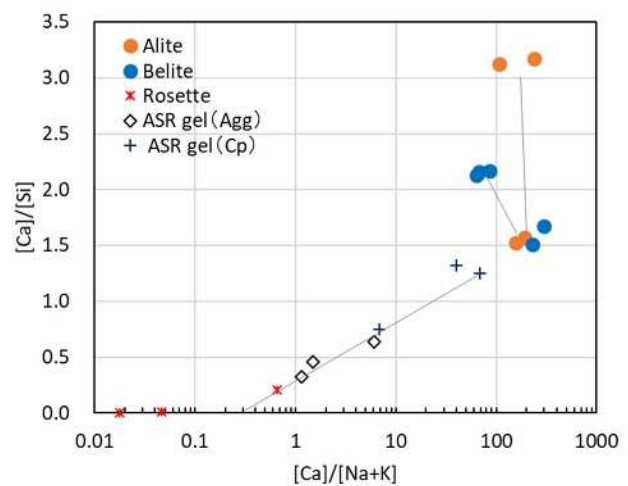


図-2 ASR ゲルのカルシウム/シリカ比およびカルシウム/アルカリ比との関係

張余力があるが，時間の経過や移動に伴い，ASR ゲルがセメントペーストからカルシウムを吸収，アルカリを放出して，CSH ゲルの組成に近づいていく。ASR ゲルは，アルカリを失いカルシウムに富む組成に変化するにつれて膨張性が低下し，ASR ゲルの組成線と，エーライト・ビーライトの水和によって生ずる CSH ゲルの 2 本の組成線の延長上の交点である「収斂点」に達すると，ASR は終息する。

本試料における骨材中の非晶質な ASR ゲルは $[Ca]/[Si]$ 比で 0.3~0.6 であった。これは，ASR ステージの前～中期にあり，大きな膨張余力を残す典型的な I 型 ($[Ca]/[Si] < 0.4$ にほとんどデータが集中する状況) ではなかった。一方で，膨張力を有するとされる $[Ca]/[Si] < 1.0$ の ASR ゲルは現時点でも存在していた。さらに ASR ゲルの組成線は収斂点に近づいているものの収斂点には達していなかった。これらを総合すると，A 橋の ASR は膨張のピークは越えているが，今後も一定量の膨張が生じる可能性が推定された。

5. まとめ

アルカリ溶液浸漬法を継続的に適用することにより ASR の膨張傾向を把握し，維持管理に有効なデータの取得が可能であると考えられた。さらに，アルカリ溶液浸漬法と ASR ゲルの成分分析の結果から，火山岩が反応性の主体なコンクリートでは試験日数 21 日における閾値 0.1% を残存膨張性の判定基準として設定することがほぼ妥当と考えられた。