

弱アルカリ性地下水が作用する ASR により劣化した地中構造物の反応性の検証

石川工業高等専門学校 正会員

○津田 誠, 亀井 宥希

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋（株）鳥居 和之

1. はじめに

橋梁の維持管理において、現在 2 回目の詳細点検が実施され、これら結果をもとに補修等の対策が講じられている。

一方、北陸地方では、河川産の砂利砂や碎石、砕砂、浚渫砂など県を跨いで様々な骨材が流通し、一部の骨材により、コンクリート構造物で深刻なアルカリシリカ反応（以下、ASR と記す）による劣化が発生し、主に補修および補強は地上部が優先されている。また、地中部などの不可視部の点検は未実施の場合が多く、点検および評価手法についてはほとんど検討がされていないのが現状である。

写真-1 に示すように、アルカリ総量規制以前に建設され、地上部はほぼひび割れのない橋梁の橋脚において、地中部のフーチングにて、鉄筋破断をともなう深刻な ASR の発生が確認された。

本研究は、地中構造物の環境を模擬した条件により ASR 反応性試験を行い、地中構造物の ASR 反応性と環境との関係性の検証を行った。

2. 試験方法

写真-1 に示すフーチングの維持管理用として点検坑が設置されていた。点検坑を調査した結果、地下水の流入が確認され、地下水面の高さが季節によりフーチングの上面と下面の間を変動していることがわかった。さらに、点検坑から採取した地下水をイオンクロマトグラフィーにて分析した結果、pH が7.6～9.5の弱アルカリ性を示し、水面高さと同様に採取時期により変動していることが判明した。

膨張量試験は前述の点検坑より採水したpH7.79の地下水を用いて、写真-2のプラスチックケースに並べ、水中浸漬養生とした。また、供試体から溶出する成分を計測するため、今回の試験条件としては養生水について定期的な取り換えを行わず、不足分のみ地下水を追加するものとした。

混和材は北陸電力七尾大田火力発電所産の分級フ

ライアッシュ（以下 FA と記す）を用いた．FA の混合率は，北陸地方で実績が多いセメントの内割として 15%とした．試験は表-1 に示す配合および養生温度にて 12 ケース実施した．

ASR 非反応性骨材として石川県手取川産の川砂、富山県庄川産の川砂、ASR 反応性骨材として富山県常願寺川産の川砂を使用した。骨材の反応性の相違は反応性岩石（安山岩、流紋岩）と非反応岩石（花崗岩、閃緑岩）の構成率の違いに関係している。なお、供試体寸法、骨材の粒度調整および供試体の製作方法並びに測定に関する事項については JIS A1146 のモルタルバー法に準拠した。



写真-1 ASRが発生したフー
チングの状況
(能登有料道路)



写真-2 膨張量試験
養生状況

表-1 モルタル供試体の種類および実験条件

ケース	使用骨材	混和材	配合	アルカリ 量の調整	養生条件
1	手取川		JIS A1146 準拠	あり JIS A1146 準拠	20℃
2		FA15%			水中
3					40℃
4		FA15%			水中
5	常願寺川				20℃
6		FA15%			水中
7					40℃
8		FA15%			水中
9	庄川				20℃
10		FA15%			水中
11					40℃
12		FA15%			水中

キーワード ASR, フライアッシュ, フーチング, 暴露試験, 膨張量試験, 地下水

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条 石川工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 076-288-8165

3. 結果および考察

図-1～図-3 にモルタルバーによる膨張量試験結果を示す。凡例の N はセメント単味, FA はフライアッシュ混入のケースを示し, 数字は養生温度である。ケース 5～12 については試験開始が遅延したため, 直近の養生日での膨張量を計測した。1 ケースごと 3 本の供試体のばらつきは少なく, JIS A1146 に示す精度の基準値の約 1/10 の誤差であった。

膨張量試験結果, すべてのケースにおいて, JIS A1146 での膨張率 0.1% 以上の「無害でない」と判定されたケースはなかった。また, セメント単味と FA 混入のケースの各骨材共通の有意な差は見られなかった。

図-1 は非反応性骨材とされる手取川産細骨材を使用したケースでの膨張率を示す。4 ケースとも膨張率は微量で, ケースごとの差は見られなかった。また, 試験後の供試体表面にもほとんど変化がなかった。

図-2 は非反応性骨材とされる庄川産の細骨材を使用したケースでの膨張率を示す。同じ非反応性骨材の手取川産骨材と同様に際立った膨張や供試体表面の変状は見られなかった。

図-3 は反応性骨材の常願寺川産の細骨材を使用したケースでの膨張率を示す。非反応性骨材を使用したケースと同様に膨張傾向が見られなかった。また, 供試体外観において, 常願寺川産のみ写真-3 に示すとおり, 供試体表面に白い析出物が見られた。

一方で, 表-2 より養生水の pH が 7.79 から膨張量試験終了後 pH13 前後に上昇していた。この理由として Na が検出されており, 強アルカリであることから, 供試体からアルカリが溶出したものと考えられる。また, pH の上昇量については骨材の種類に関係なくほぼ同じであった。これより, JIS A1146 のモルタルバー法で無害でないと判定された骨材でありながら, 膨張率が小さかった理由として, 供試体からアルカリが溶出の影響が関係していると推測された。また, 高アルカリに養生水が変化したが, 膨張量試験から ASR 反応性は促進されることは見られなかった。

4. まとめ

地下水を用いた水中養生にて ASR 反応性との関係性について試験を実施した結果, 骨材の反応性に関係なくアルカリの溶出により膨張傾向が少なく, 溶出したアルカリによる膨張も見られなかった。

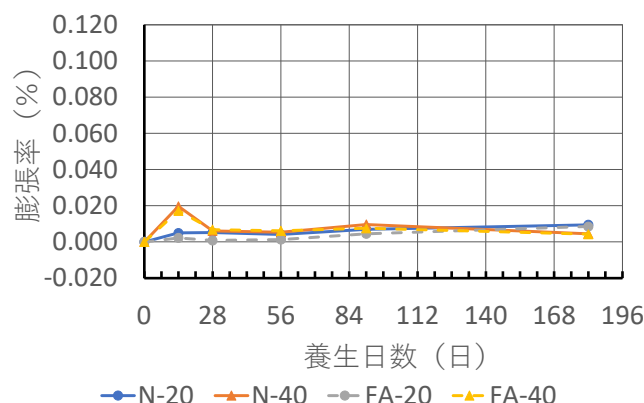


図-1 モルタルバーの膨張量試験結果 (手取川)

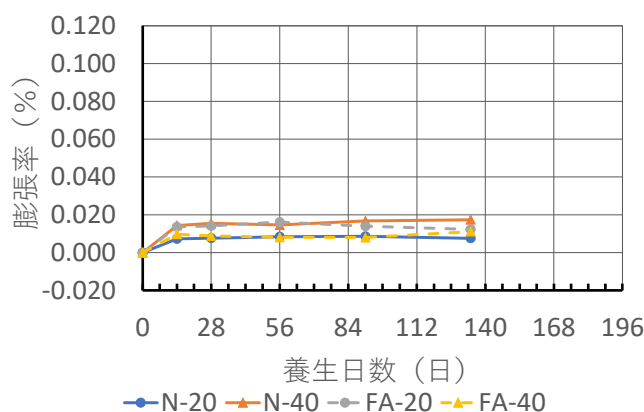


図-2 モルタルバーの膨張量試験結果 (庄川)

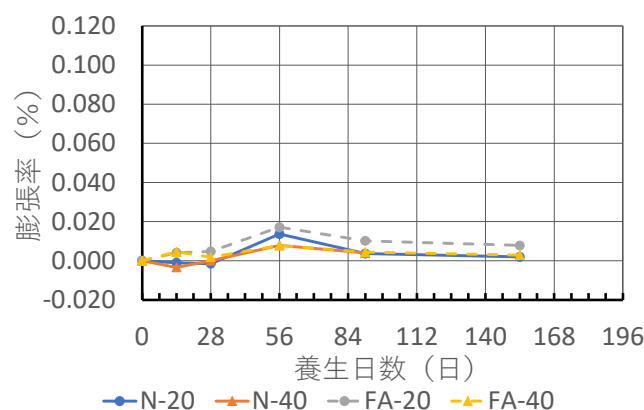


図-3 モルタルバーの膨張量試験結果 (常願寺川)

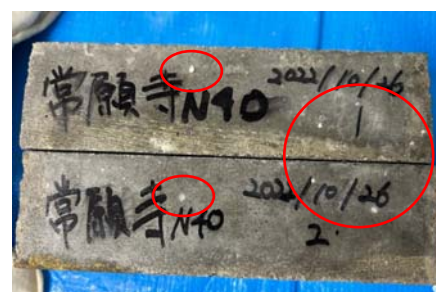


写真-3 膨張量試験後の供試体の外観

表-2 膨張量試験後の養生水の状況

養生温度 (°C)	使用骨材	pH	Na
40	手取川産骨材	12.9	225
40	常願寺川産骨材	13.1	-
40	庄川産骨材	13.1	1022