

ASRにより劣化した地中構造物の供用環境と現地暴露試験による反応性の検証

石川工業高等専門学校 正会員

○津田 誠, 加賀谷将伍

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

北陸地方では、高度成長期の社会資本建設の増加受け、河川産の砂利砂や砕石、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ている。

平成 25 年に道路法が改正され、原則 2m 以上の橋長を有する橋梁は 5 年に 1 回近接点検が義務付けされた。その中でも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、地中構造物の使用環境を模擬した ASR 反応性試験および現地暴露試験を行い、地中構造物の供用環境と ASR 反応性の検証を行った。

2. 試験方法

屋外暴露試験は写真-2 の ASR が発生したフーチングの維持管理用として設置された地下水が流入する点検坑を使用し、供試体の養生を行った。地中環境の影響を再現した ASR 試験として、モルタルバー試験体による砂中養生での膨張試験を行った。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 18 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、試験体寸法および骨材の粒度調整は JIS A1146 の

モルタルバー法に準拠した。ASR 劣化している地中構造物周辺（砂質地盤）を模擬して豊浦硅砂（旧 JIS Z 8801 豊浦標準砂）を用い、水道水にて飽和状態にした。

3. 結果および考察

図-1 は養生温度 40°C での膨張率を示す。養生槽は湿度 95% を超える状態が保たれている。セメント単味のケースでの膨張率の推移は養生初期において変動が見られるものの、常願寺川産と手取川産とも養生日数 781 日間で 0.07% を超える膨張率があり、途



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 屋外暴露試験点検坑状況

表-1 モルタル試験体の種類および実験水準

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	40°C 砂中湿潤
2		FA15%			
3	常願寺川				
4		FA15%			
5	手取川				20°C 砂中湿潤
6		FA15%			
7	常願寺川				
8		FA15%			
9	手取川				屋外 地中内 雨がかり あり
10		FA15%			
11	常願寺川				
12		FA15%			
13	手取川				屋外 点検坑
14		FA15%			
15	常願寺川				
16		FA15%			
17	庄川				
18		FA15%			

キーワード ASR, フライアッシュ, フーチング, 暴露試験, 促進膨張量試験, 蛍光顕微鏡

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 TEL076-288-8165

中の経過についてもほぼ同様の膨張挙動であった。また、同じ 40°C の試験温度である JIS A1146 のモルタルバー法よりも、砂質土中にて大きい膨張率を示した理由としては、砂質土や供試体から溶出したアルカリの影響が関係していると推測された。さらに、FA を混和したケースでは、セメント単味と比較して小さな膨張率となり、膨張の抑制が見られた。

図-2 に学内での屋外暴露の試験結果を示す。暴露箇所中の土中の温度は気象台発表の気温および現地計測の結果、1年のサイクルとして、日平均値で、11°C から 23°C の間を変化しているものと推察された。セメント単味のケースでは常願寺川産の膨張率は養生 182 日で 0.04%、602 日で 0.025% と収縮傾向が見られたが、773 日で 0.03% と若干ではあるが増加したが、全体としては大きな膨張は見られなかった。本箇所は ASR による膨張が継続する環境と推察されるが異なる結果となった。この理由として、砂質土で雨水が滞留しにくい箇所試験体が乾燥し、ASR による反応性が低下したものと考えられた。

図-3 に点検坑内の暴露供試体の膨張量を示す。点検坑内ではフーチングの上面付近での水位変動が見られ、環境センサーによる計測の結果、水温は年間を通して約 14°C で一定であった。すべてのケースにおいて暴露試験期間中の膨張量が小さく、ケースごとの差もあまり見られなかった。点検坑での観測結果、地下水位の変動が ASR を促進させている可能性が考えられ、年単位で地下水位が変動することから、暴露期間を延長して経過を調査することが必要と考えられる。

写真-3 に蛍光顕微鏡観察結果を示す。ASR 反応性骨材を用いたケースでは砂粒子が起源の ASR ゲルによる大きなひび割れ幅を有するひび割れが見られるのに対し、非反応性骨材のケース 1 では微細なひび割れが多く観察できた。膨張率は両ケースとも約 0.08% 弱であるが、ひび割れの発生の特徴に差異が見られた。

4. まとめ

砂中養生（試験温度 40°C）での膨張率は JIS A1146 のモルタルバー法よりも大きい値を示し、砂質土や供試体から溶出したアルカリの影響が関係していると推測された。点検坑での現地暴露試験の結果、いずれのケースも膨張量が少なく差が見られなかった。

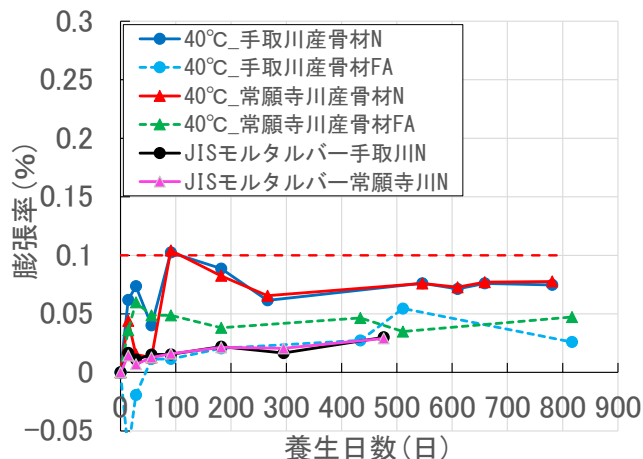


図-1 モルタルバーの膨張試験結果（試験温度 40°C）

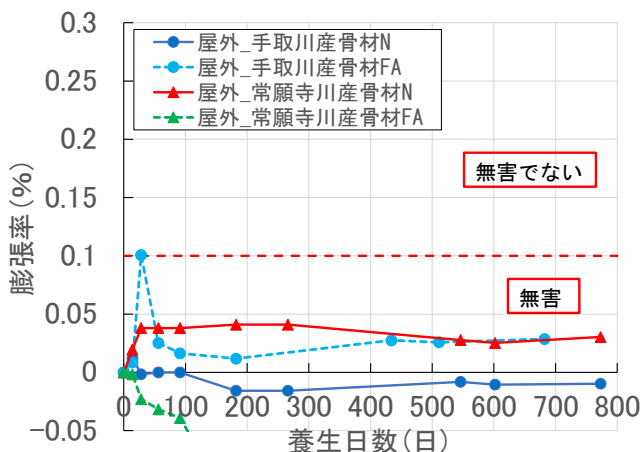


図-2 モルタルバーの膨張試験結果（屋外地中内）

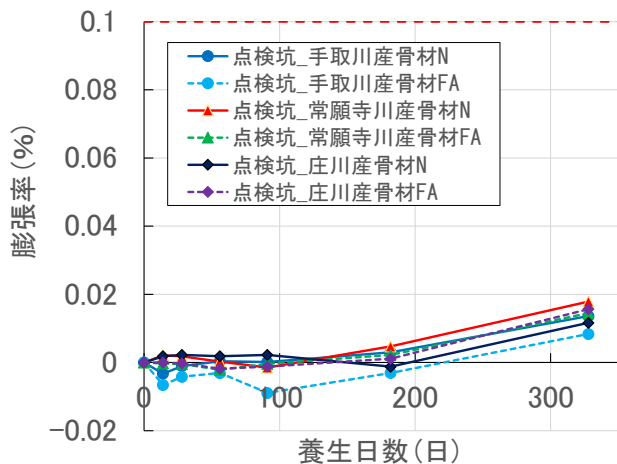
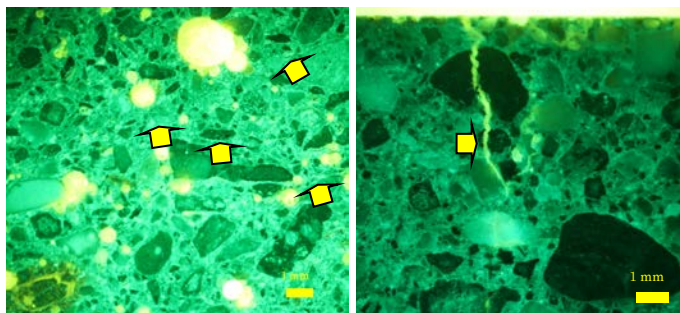


図-3 モルタルバーの膨張試験結果（点検坑内）



(a) ケース 1 手取川 N

(b) ケース 3 常願寺 N

写真-3 蛍光顕微鏡による観察結果