

地中環境下でのアルカリシリカ反応性と膨張挙動に関する検討

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を受け、河川産の砂利砂や碎石、砕砂、浚渫砂など様々な骨材が使用され、これらの一部の骨材により、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 (a) (b) 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養生条件により、分級フライアッシュ（以下 FA と記す）を用いてモルタルの ASR 反応性試験を実施した。

2. 試験方法

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 FA 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 16 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、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。両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、水道水により飽和状態にした。

さらに、構内の芝生に深さ 30 cm 程度の穴に試験体

を埋設し、養生する屋外暴露試験を行った。加えて、塩分環境での ASR 試験として飽和塩化ナトリウム溶液浸漬法を行った。試験体作製時にアルカリ総量の調整を実施していない。ASR 劣化度の岩石学的評価は、蛍光塗料含有エポキシ樹脂を含浸させて作製した断片試料および薄片試料にて実体顕微鏡、蛍光顕微鏡および偏光顕微鏡を用いて観察した。

3. 結果および考察

図-1 より常願寺川産骨材は 91 日で「有害」と判定される膨張率 0.4% の 2 倍を超える大きな膨張率を示



(a) フーチング側面のひび割れ状況

写真-1 ASR が発生したフーチングの劣化状況
(能登有料道路)

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	40°C 砂中湿潤	
2		FA15%				
3	常願寺川					
4		FA15%				
5	手取川					
6		FA15%				
7	常願寺川					
8		FA15%				
9	手取川				なし	50°C 飽和NaCl
10		FA15%				
11	常願寺川					
12		FA15%				
13	手取川					
14		FA15%				
15	常願寺川					
16		FA15%				

キーワード ASR, フライアッシュ, 砂中養生, 促進膨張量試験, 動弾性係数, 偏光顕微鏡

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

した。また、非膨張性骨材として使用した手取川産骨材も長期において膨張が継続した。塩分 (NaCl) の影響がある実構造物の ASR による現象と実験結果とが概ね一致した。

さらに、FA を混和したケースは、養生日数が 182 日の測定において、常願寺川産および手取川産の両方のケースとも膨張挙動はまったく見られず、塩分 (NaCl) の影響がある環境においても FA による ASR 抑制効果が確認された。

図-2 よりセメント単味のケースでの膨張率の推移は常願寺川産と手取川産ともほぼ同様の膨張挙動にて養生日数 610 日間で 0.07% を超える膨張率があったが、膨張挙動は養生日数 182 日以降横ばいであった。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、試験体からのアルカリの溶出の違いが関係していると推測された。さらに、非反応性骨材を使用した手取川産骨材に FA を混和したケースにおいて増加傾向が見られたが、現在のところ理由は不明であった。今後各種顕微鏡観察等で明らかにする予定としている。

反応性骨材を使用しているケース 3 の 3 本のすべての試験体にて養生日数 610 日にて図-3 に示す 1 方向のひび割れが生じていたのに対し、同じ膨張率のケース 1 の試験体は 3 本ともひび割れの発生が確認できなかった。これより試験体内部での ASR にともなう膨張の分布に違いがあるものと考えられた。

写真-2(1) より偏光顕微鏡観察画像では網の目状にひび割れが発達している状況が確認でき、ほとんどの反応性岩石が ASR により反応していると考えられ、全体的に ASR により骨材の反応が促進されていた。また、安山岩粒からの放射状のひび割れの進展が確認され、網の目状のひび割れが多数発達し、写真-2(2) よりひび割れ部の ASR ゲルの移動にともなう気泡内への ASR ゲルの充填が見られた。

4. まとめ

飽和塩化ナトリウム溶液浸漬法において、FA を混和したケースでは膨張挙動はなく、塩分 (NaCl) 環境でも FA による ASR 抑制効果が確認された。

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、試験体からのアルカリの溶出の違いが関係し

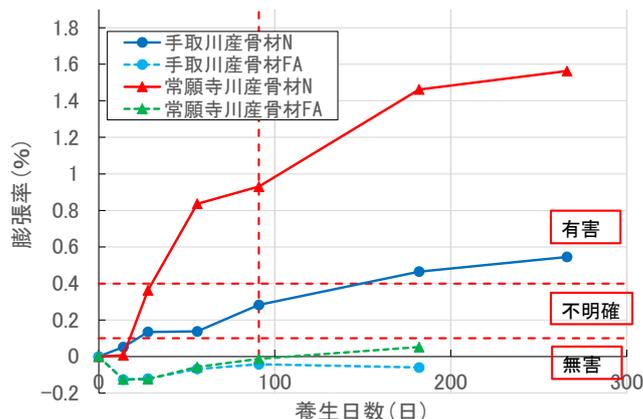


図-1 モルタルバーの膨張試験結果 (飽和塩化ナトリウム溶液浸漬法)

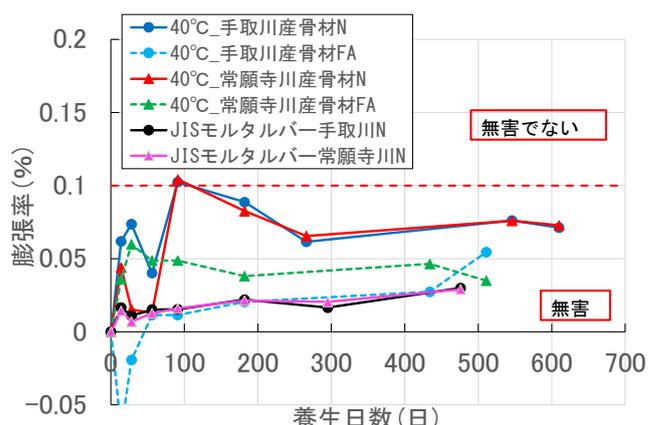


図-2 モルタルバーの膨張試験結果 (試験温度 40°C)



図-3 モルタルバーの表面状況

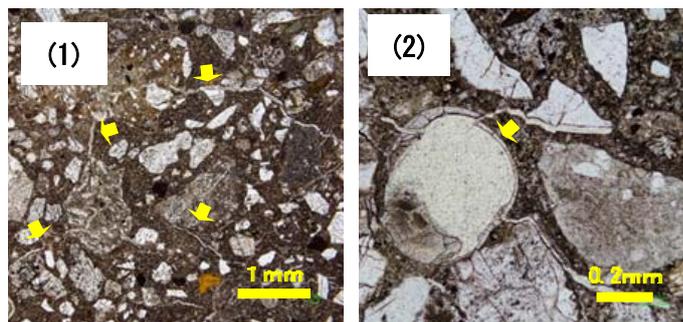


写真-2 偏光顕微鏡による観察結果 (単ニコル)

していると推測された。

偏光顕微鏡観察結果より飽和塩化ナトリウム溶液浸漬法による場合、全体的に ASR により骨材の反応が促進され、一定の方向性の持たない微細なひび割れ網が試験体内部に形成され、ASR ゲルの移動にともなう気泡内への ASR ゲルの充填が見られた。