

骨材のアルカリシリカ反応性分析及びその抑制効果確認に関する一考察

東日本旅客鉄道 正会員 ○古賀 誠
東日本旅客鉄道 正会員 小林 將志
新潟生コンクリート協同組合 小林 和行
東日本旅客鉄道 フェロー 大庭 光商

1. はじめに

アルカリシリカ反応(以下 ASR とよぶ)による骨材の膨張は、構造物にひび割れを発生させるため耐久性に影響を及ぼす。骨材の産地、また骨材を構成する岩種によって ASR による膨張量に差が出てくることから、実施工の適用を踏まえた適切な ASR 抑制対策が求められている。

今回異なる産地の骨材に対して ASR 反応性の有無を確認し、さらにその骨材の岩種を分析することにより ASR による骨材の膨張について推定を行った。さらに、反応性が認められた骨材に対して、ASR 抑制対策として現在有効と考えられている方法の中で、フライアッシュ(以下 FA とよぶ)を混和材として使用した試験体に対する ASR 抑制効果の確認試験を実施したので報告する。

2. 骨材の ASR 反応性試験(モルタルバー法)

骨材の ASR 反応性試験(モルタルバー法)は、JISA1146「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(モルタルバー法)」に準拠した。今回使用した材料を表-1 に示す。細骨材は過去の骨材試験で「無害でない」とされている 2 種類、また「無害」と判定されている 1 種類を使用した。

試験の結果を図-1 に示す。A 水系 C 産地及び D 産地から採取した S1 及び S2 については 26 週での膨張率は 0.1% を大きく超え、「無害でない」と判定された。モルタルバー試験状況を写真-1 に示す。26 週現在で表面にクラックが発生しているのが確認された。また B 水系 E 産地から採取された S3 については「無害」と判定された。

3. 岩種分析による骨材の考察

2. で反応性を確認した骨材について、岩種分析を行った。骨材岩種の分析は、JCI-DD3「骨材に含まれる有害鉱物の判定(同定)方法(案)」及び JCI-DD4「有害鉱物の定量方法(案)」に準拠した。骨材の分析は、試料を縮分採取し、樹脂に埋め込み作成した厚さ 20 μm 程度の薄片試料を使用し、それぞれの砂を構成する岩片及び結晶片を偏光顕微鏡下で観察し、その構成割合を求めた。

表-1 本試験で使用した材料

使用材料	記号	種類	備考
セメント	C	普通ポルトランドセメント	
細骨材	S1	A水系C産地陸砂	化学法:無害でない
	S2	A水系D産地陸砂	化学法:無害でない
	S3	B水系E産地陸砂	化学法:無害

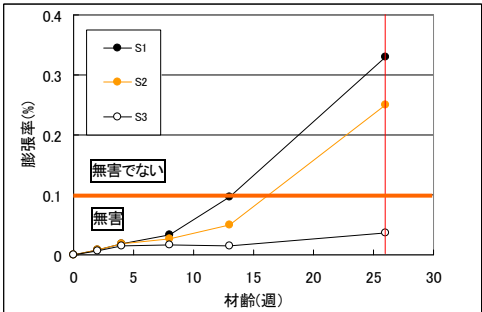


図-1 骨材の ASR 反応性試験結果(S1~S3)

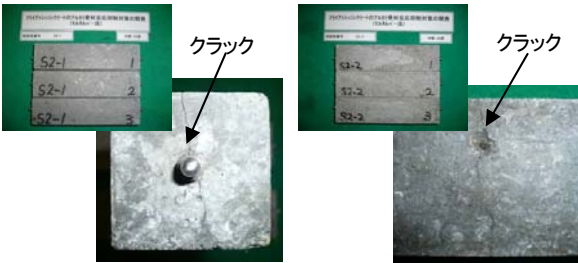


写真-1 モルタルバー試験状況(左:S1、右:S2)

表-2 岩種分析の結果(S1~S3)

種別	岩石種	S1	S2	S3
岩片	チャート	6.0	5.0	1.0
	砂岩	2.0	6.0	9.0
	頁岩	1.0	2.0	12.0
	珪質片岩	14.0	22.0	14.0
	泥質片岩	4.0	9.0	23.0
	珪質頁岩	5.0	-	-
	斑レイ岩系	4.0	-	-
	花崗岩系	14.0	11.0	14.0
	安山岩	2.0	8.0	0.6
	その他	7.0	10.0	4.4
結晶片	石英	13.0	9.0	8.0
	カリ長石	17.0	10.0	10.0
	斜長石	6.0	3.0	1.0
	黒雲母	2.0	2.0	2.0
	その他	3.0	3.0	1.0

※一般に、チャート中の隠微晶質な石英や、安山岩に含まれるクristバライトなどはASR反応性を示すとされている。

分析結果を表-2 に示す。多種の岩片と結晶片からなっているのが分かる。S1、S2 には反応性鉱物といわれるチャート、安山岩の含まれている割合が S3 と比較して高く、S1 の安山岩中にはクリストバライトの存在が確認された。表-2 で反応性鉱物といわれるチャート及び安山岩の割合が高い S1、S2 は、図-2 の膨張率の結果において 26 週で 0.25% と基準値を大きく超える膨張率であり、S1、S2 の試料骨材は ASR によって骨材が膨張している可能性が高いと考えられる。S3 にもチャート及び安山岩という ASR 反応性鉱物を含んでいるが、これらの含有量はわずかであることから、ASR によって骨材の膨張する可能性は低いと考えられる。

4. FA の置換によるASR反応抑制効果の確認

3. の結果より、S1 及び S2 はコンクリート用骨材として使用する場合は ASR 抑制対策を配慮するのが望ましい。今回は ASR 抑制対策として FA を混和材として使用する方法に対して検討を行った。試験水準を表-3 に示す。使用した FA は I 種相当に分類した FA 商品 (FA1) と、II 種 FA (FA2) の 2 種類である。ASR 反応性試験は 2. 同様 JISA1146 に準拠した。また骨材反応絶対量を変えないよう細骨材の量は一定とし、FA の添加量は内割りとした。さらに FA のアルカリ量を考慮せずセメントの全アルカリが 1.2% となるよう算定した。

表-3 試験水準一覧(S1、S2)

供試体名	骨材	フライアッシュ	置換率 (%)	全アルカリ量 (%)	セメント中の全アルカリ量 (%)	計量値(g)				
						水	NaOH	セメント	フライアッシュ	細骨材
(S1)	S1	—	0	1.2	0.49	294.50	5.50	600	0	1350
FA1-10%/S1		FA1 (I 種相当) ※比表面積: 5590cm ² /g	10			295.05	4.95	540	60	
FA1-15%/S1			15			295.33	4.67	510	90	
FA1-20%/S1			20			295.60	4.40	480	120	
FA2-15%/S1		FA2(II 種) ※比表面積: 3880cm ² /g	15			295.33	4.67	510	90	
FA2-20%/S1			20			295.60	4.40	480	120	
FA2-25%/S1			25			295.88	4.12	450	150	
(S2)	S2	—	0	1.2	0.49	294.50	5.50	600	0	1350
FA1-10%/S2		FA1 (I 種相当)	10			295.05	4.95	540	60	
FA1-15%/S2			15			295.33	4.67	510	90	
FA2-15%/S2		FA2(II 種)	15			295.33	4.67	510	90	
FA2-20%/S2			20			295.60	4.40	480	120	

結果を図-2 に示す。S1、S2 ともに、FA を置換した場合の 26 週での膨張率は置換なしのときに比べ著しく低くなっているのが分かる。今回使用した骨材では、FA の置換による ASR 抑制効果が顕著に現れている。また、今回の検討範囲においては、FA の種類及び置換率の違いによる抑制効果に差は見られなかった。

5. 結論

- 今回の分析及び確認試験の範囲内で、以下の結果を得た。
- ① 実施工での適用を踏まえ、ある骨材に対してモルタルバー法及び岩種分析を平行して実施することにより、ASR 反応性の有無を合理的に推定することができた。
 - ② 本試験で使用した ASR 反応性骨材に対して、FA の種類及び置換率に関わらず、十分な ASR 抑制効果を得ることが確認できた。

参考文献

1) 土木学会:フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案)、コンクリートライブラリー94、1999.4
2) 川村満紀、榑場重正:アルカリ・シリカ反応とその防止対策、土木学会論文集、No.348、pp. 13-26、1984
3) 日本コンクリート工学協会:作用機構を考慮したアルカリ骨材反応の抑制対策と診断研究委員会報告書、2008. 9

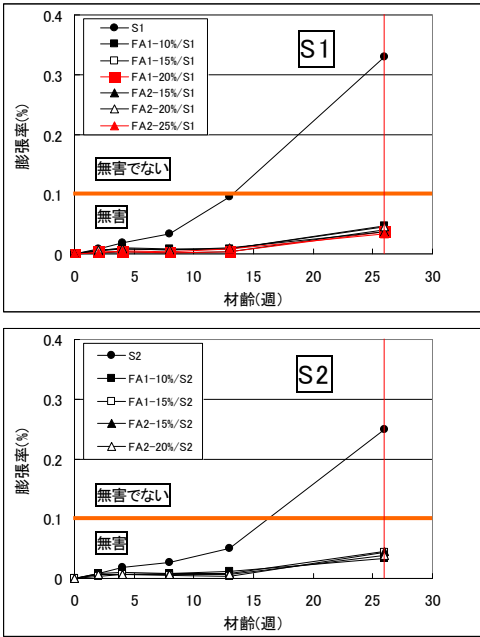


図-2 FA の置換による ASR 反応性確認試験結果 (上段: S1、下段: S2)