

凍結防止剤散布下におけるコンクリートの ASR 特性とその対策に関する検討

日本大学 学生会員 ○小松純貴 日本大学 藤川 奨
日本大学 正会員 子田康弘 日本大学 正会員 岩城 一郎

1. はじめに

東日本大震災からの復興は、迅速かつ広域に進めなくてはならないが、材料の供給不足は喫緊の課題であり、現地で入手可能な骨材も限定される現状にある。これにより骨材の品質変動や、反応性骨材の混入に伴うアルカリシリカ反応(ASR)の発生への対応も必要とされる。さらに、東北地方は冬期に凍結防止剤(一般的に塩化ナトリウム)の大量散布が行われる。これにより、外部からのアルカリ分の供給に起因し、JIS の骨材試験で無害であっても凍結防止剤が ASR を誘因することを想定しなければならない。すなわち、高耐久コンクリート構造物を達成するには、使用するコンクリートの ASR 膨張性を評価し、様々な岩種に対して有効な対策を検討する必要がある。そこで本研究では、復興道路など東北地方で実際に使用される骨材を用いた供試体により、ASR 特性とその対策について実験的な検討を行った。

2. 実験概要

表-1 に、実験に使用した供試体の実験条件を示す。本実験シリーズは、1)宮城県内生コンクリート工場で使用される骨材の塩分環境下における ASR に関する調査(シリーズ I)と、2)三陸の復興道路建設における国直轄仮設生コンプラントで使用される骨材の品質調査(シリーズ II)、そして、3)ASR 抑制対策として昨年度より検討を行っている高炉スラグやフライアッシュ(FA)の効果に関する後述する新たな ASR 試験法を追加した再現性の検討(シリーズ III)である。セメントの種類は、普通ポルトランドセメント(OPC)および高炉セメント(BB)、早強セメント(H)である。また、水セメント比(W/C)は、シリーズ I が 50%であり、シリーズ II は 60%以下と 55%以下からなる配合選定の中から供試体を採用した。また、今年度のシリーズ III は 45%である。骨材に関しては、シリーズ I は、細骨材 2 種類(S2 と S4)、粗骨材 2 種類(G1 と G3)であり、それぞれ産地が異なる。シリーズ II では、細骨材が陸砂と砕砂の混合砂、粗骨材が 1 種類である。シリーズ III では急速膨張性のある反応性骨材を使用した。供試体名は、シリーズ I ではセメントの種類、骨材の組合せの順としており、シリーズ II では使用セメント、呼び強度、スランプ値、粗骨材最大寸法の順であり、シリーズ III は使用セメント、W/C、FA 置換率(%)と置換方法としている。ASR 促進試験は、SSW 試験¹⁾、AAR-4.1 試験²⁾およびデンマーク法²⁾の 3 種類である。なお、AAR-4.1 では、試行として 20%NaCl 水溶液を用いる方法を追加した。図 - 1 には、各試験の供試体形状を示した。SSW 試験とデンマーク法は、φ100mm×H200mm と φ125mm×250mm(シリーズ II の G_{max} が 40mm)の円柱供試体である。AAR-4.1 試験は、H75mm×B75mm×L250mm の角柱供試体である。ASR 促進試験における測定項目は、コンクリートの膨張量であり、コンタクトゲージにより計測した。なお、実験は現在も継続中のため、本稿では途中経過を示す。

表-1 実験条件

シリーズ	供試体名	使用セメント			使用骨材		W/C (%)	促進方法			
		普通	高炉	早強	細骨材	粗骨材		SSW 20% NaCl	AAR-4.1 20% NaCl	1.5mol/l NaOH	デンマーク法 飽和NaCl
I	OPC-S2G1	✓			S2	G1	50	○□			
	OPC-S2G3	✓			S2	G3	50	○□			
	OPC-S4G1	✓			S4	G1	50	○□			○
	OPC-S4G3	✓			S4	G3	50	○□	□	□	○
	BB-S2G1		✓		S2	G1	50	○□			
	BB-S2G3		✓		S2	G3	50	○□			
	BB-S4G1		✓		S4	G1	50	○□			○
	BB-S4G3		✓		S4	G3	50	○□	□	□	○
	H-S2G1			✓	S2	G1	50	○□			
	H-S2G3			✓	S2	G3	50	○□			
II	H-S4G1			✓	S4	G1	50	○□			○
	H-S4G3			✓	S4	G3	50	○□	□	□	○
	比較用	OPC-50-0	✓		砕砂	反応性骨材	50	○	□	□	
	BB-18-8-40		✓		陸砂、砕砂	4020	60以下	○			
	BB-18-15-40		✓		陸砂、砕砂	4020	60以下	○			
	BB-24-8-25		✓		陸砂、砕砂	2505	55以下	○			
III	BB-24-8-40		✓		陸砂、砕砂	4020	55以下	○			
	OPC-30-8-25	✓			陸砂、砕砂	2505	55以下	○			
	H-30-8-25			✓	陸砂、砕砂	2505	55以下	○			
	BB-45-0		✓		プレミックス	反応性骨材	45	○○	□	□	
	BB-45-15EX		✓		プレミックス	反応性骨材	45	○			
	BB-45-15IN		✓		プレミックス	反応性骨材	45	○			
	BB-45-30EX		✓		プレミックス	反応性骨材	45	○			
	BB-45-30IN		✓		プレミックス	反応性骨材	45	○			
	OPC-55-0	✓			プレミックス	反応性骨材	55	○			
	OPC-45-0	✓			プレミックス	反応性骨材	45	○			
	OPC-45-15EX	✓			プレミックス	反応性骨材	45	○			
	OPC-45-30EX	✓			プレミックス	反応性骨材	45	○○	□	□	
	OPC-45-15IN	✓			プレミックス	反応性骨材	45	○			
	OPC-45-30IN	✓			プレミックス	反応性骨材	45	○			



図-1 供試体形状

図 - 1 には、各試験の供試体形状を示した。SSW 試験とデンマーク法は、φ100mm×H200mm と φ125mm×250mm(シリーズ II の G_{max} が 40mm)の円柱供試体である。AAR-4.1 試験は、H75mm×B75mm×L250mm の角柱供試体である。ASR 促進試験における測定項目は、コンクリートの膨張量であり、コンタクトゲージにより計測した。なお、実験は現在も継続中のため、本稿では途中経過を示す。

キーワード ASR、凍結防止剤、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、ASR 試験方法

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 日本大学工学部土木工学科 T E L 024-956-8721

3. 実験結果と考察

図-2 に、シリーズ I の SSW 試験結果を示す。図より、セメントの種類に着目すると骨材の組合せに依らず、H の膨張量が最も大きく、次いで OPC となった。これに対して、BB は、膨張よりも促進開始より 100 日間は収縮するような傾向を示したが、その後は多少膨張傾向を示したものの明らかな膨張を示しておらず、SSW 試験からは BB の使用は ASR の抑制に対して有効と考えられた。骨材の組合せに着目すると、S4 を使用したコンクリート

の方が S2 よりも膨張量が明らかに大きいという結果を示した。このように、一般環境では使用可能な骨材であっても凍結防止剤散布下ではセメントの種類や骨材の組合せによって著しい ASR が生じる可能性があると思われる。一方、図-3 に、シリーズ I の AAR 試験を示した。図より、反応性骨材は明らかに膨張するものの、図-2 とセメントの種類による膨張量の大小関係は同様ではあるが、膨張量自体は AAR 試験の方が小さく、溶液による差異は見られなかった。このように試験方法による膨張量の違いはアルカリ分の供給量が異なることも一因と考えられ、目的に応じた試験方法の選択もこの種の試験では検討する必要があると考えられた。図-4 に、シリーズ II の SSW 試験を示す。図より、OPC を除き収縮側のひずみを示しており、このプラントの骨材は SSW 試験からは ASR を起こさないと考えられた。図-5 に、シリーズ III の AAR 試験を示す。図より、昨年度実施していない AAR 試験によっても BB や FA を使用したコンクリートは ASR 膨張を抑制しており、この種の混和材の添加は ASR 対策に有効であることが示された。

4. まとめ

凍結防止剤散布下を想定した各種 ASR 試験より、セメントの種類や骨材の組合せにより、ASR の有無や ASR 後の膨張量が異なることが判明した。また、BB や FA は ASR の抑制に効果があると考えられた。このように、凍結防止剤散布地域においてはその影響を加味した試験方法による ASR 評価が重要であると考えられる。

謝辞:本研究は、国土交通省東北地方整備局および宮城県生コンクリート工業組合の協力を得て行われた。ここに記して関係者に謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 三浦尚他(1993): 外部から侵入する塩化ナトリウムがアルカリ骨材反応に及ぼす影響、第 47 回セメント技術大会講演集、pp.432-437
- 2) 日本コンクリート工学会(2014): ASR 診断の現状とあるべき姿研究委員会報告書

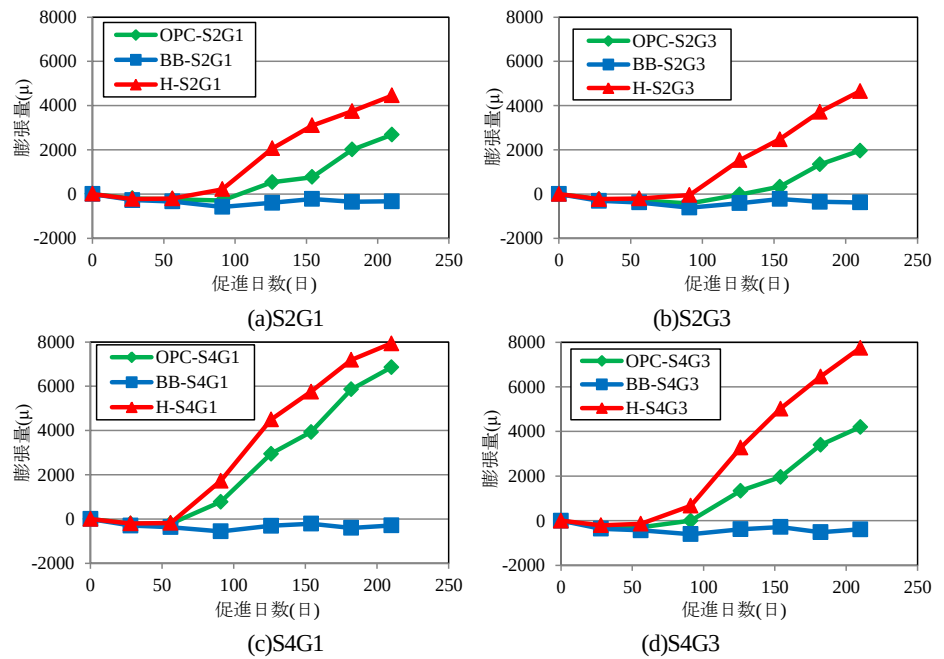


図-2 シリーズ I の SSW 試験結果

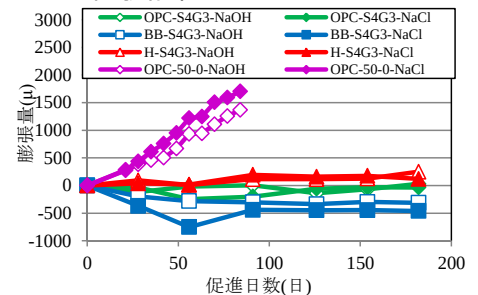


図-3 シリーズ I の AAR 試験結果

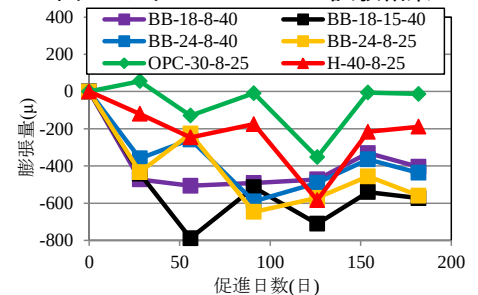


図-4 シリーズ II の SSW 試験結果

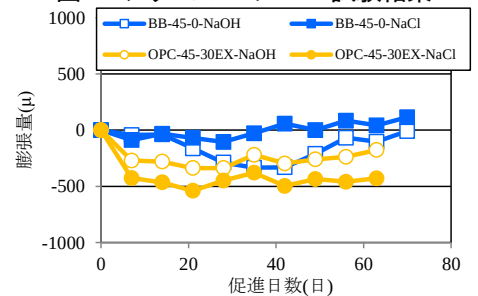


図-5 シリーズ III の AAR 試験結果