

東北地方において使用される骨材の
塩分環境下におけるアルカリシリカ反応性に関する検討

日本大学 学生会員 ○安部 義基 日本大学 正会員 佐藤 和徳
日本大学 正会員 子田 康弘 日本大学 フェロー 岩城 一郎

1. はじめに

近年、東北地方における道路橋 RC 床版などのコンクリート構造物にアルカリシリカ反応(以下、ASR)が散見されている。その一因として、冬季に凍結防止剤(一般に NaCl)が大量散布されるため、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たとしても ASR が発生する事例が確認されている。ASR の反応性鉱物は東北地方に広く分布しており良質な骨材を選別して調達することは、コスト面や骨材の有効利用の観点からも望ましくない。一方で、フライアッシュ(以下、FA)や高炉スラグ微粉末(以下、BB)を混和材として使用することで ASR の抑制は可能¹⁾であり、反応性を示す骨材が必ずしも実利用が困難になるという訳ではない。そこで本研究では、東北地方における骨材の有効利用を図るため、昨年度の北東北3県に引き続き²⁾、南東北3県における ASR 反応性の把握と、ASR が生じた骨材に対する混和材による抑制効果の検討を行った。

2. 実験概要

骨材の提供を受けたのは、南東北の宮城県9工場、山形県8工場および福島県6工場の計23工場である。対象工場は、概ね県土全域より選定されている。コンクリートは、それぞれの工場において一般構造物と PC 構造物に適用される呼び強度 24、27、33 と 40 の配合とした。なお、骨材以外の材料(セメントと混和剤)も各工場で使用されているものを用いて実際に流通しているコンクリートを再現した。表-1 にコンクリートの配合を示す。ASR 促進試験は、SSW 試験に準拠³⁾して行った。次に、混和材による抑制効果は、昨年度、北東北3県で ASR を示した工場²⁾のうち青森2工場、秋田2工場および岩手1工場の計5工場を検討した。コンクリートは、各工場の呼び強度 40 の配合を基とし、FA(外割 20%)と高炉セメント B 種を適用した。表-2 にその配合を示す。膨張量の測定は、北東北3県の測定方法と同様とした。図-1 にコンタクトゲージ法(基長 100mm)による測定状況を示す。測定は、材齢 1、7、14、28、56、70、

表-1 コンクリートの配合

県	プラント	呼び強度	Gmax (mm)	s/a (%)	W/C (%)	単位量(kg/m ³)							
						W	C	S			G		混和剤
								①	②	③	①	②	
宮城	A	24	20	44.7	54.5	171	314	390	247	163	617	411	3.770
		40	20	43.3	41.5	163	393	370	230	155	617	411	3.340
	B	24	20	44.3	53.0	161	304	475	332		1058		3.650
		40	20	40.7	39.0	165	423	410	287		1058		5.080
	C	24	20	46.2	55.0	165	300	584	251		1014		3.300
		40	20	37.9	36.5	176	482	431	185		1054		5.302
	D	24	20	44.8	54.5	165	303	556	250		1038		3.640
		40	20	40.1	38.5	168	436	464	210		1054		5.230
	E	24	20	44.8	55.0	169	308	482	321		1026		3.700
		40	20	41.0	39.5	170	431	415	276		1035		5.180
	F	24	20	41.8	53.7	157	292	449	300		666	444	2.920
		40	20	37.0	36.4	162	445	367	245		666	444	6.230
G	24	20	44.5	54.0	164	304	788			1043		3.040	
	40	20	41.3	40.0	166	415	694			1043		4.150	
H	24	20	45.7	54.0	167	309	322	484		1005		3.090	
	40	20	40.8	39.0	169	433	271	407		1029		4.330	
I	24	20	45.8	59.1	175	296	560	247		1001		2.960	
	40	20	42.3	42.5	172	405	494	218		1017		4.050	
A	24	20	44.6	57.6	162	282	408	409		1050		2.820	
	40	20	41.0	41.6	164	395	355	355		1058		3.950	
B	33	20	46.0	51.0	160	314	494	327		975		3.454	
	40	20	45.2	45.6	160	351	476	317		975		3.861	
C	24	25	41.6	52.2	152	291	568	190		1079		3.172	
	40	25	38.2	37.6	154	410	491	164		1079		4.469	
D	24	20	47.3	58.3	161	277	514	345			968	3.324	
	40	20	44.1	41.7	164	394	453	304			968	3.940	
E	24	20	44.0	58.3	168	289	635	157		472	574	3.468	
	40	20	39.6	41.6	170	409	539	134		477	585	4.908	
F	24	20	42.8	54.5	163	299	548	230		1045		3.890	
	40	20	36.6	39.3	167	425	438	186		1085		5.520	
G	27	25	41.5	47.9	157	328	523	223		1080		3.940	
	40	25	34.7	35.4	165	467	405	173		1115		5.600	
H	27	20	41.7	52.7	166	315	444	296		634	423	3.470	
	40	20	41.3	38.2	175	458	406	270		587	391	3.660	
A	27	25	42.2	49.0	153	313	769			1066		2.870	
	40	25	36.9	37.5	162	432	627			1087		3.970	
B	24	20	43.8	54.7	163	298	476	311		612	423	2.980	
	40	20	38.3	35.8	165	461	384	251		619	429	4.610	
C	27	20	49.1	54.1	167	309	875			948		3.090	
	40	20	47.0	42.0	167	398	803			948		3.980	
D	24	20	46.1	57.0	164	288	422	421		403	604	3.170	
	40	21	41.1	40.0	164	410	355	355		416	623	5.330	
E	24	20	50.0	58.1	175	302	893			899		3.020	
	40	20	42.3	42.2	177	420	713			978		4.200	
F	24	20	46.5	57.0	170	299	828			1007		2.990	
	40	20	42.0	41.0	172	420	704			1029		4.200	

表-2 コンクリートの配合

県	プラント	種類	Gmax (mm)	s/a (%)	W/C (%)	単位量(kg/m ³)									
						W	C	BB	FA	S		G		混和剤	
										①	②	①	②	①	②
青森	B	FA	20	40	39.6	164	414	-	83	183	411	1065	0	4.14	
		BB	20	40	39.6	164	-	414	-	211	475	1057	0	4.14	
	F	FA	20	38.4	39.5	170	430	-	86	271	271	1079	0	4.30	
		BB	20	38.4	39.5	170	-	430	-	319	319	1070	0	2.15	
秋田	C	FA	20	38.9	42.2	168	398	-	80	345	229	1089	0	3.981	
		BB	20	38.9	42.2	168	-	398	-	398	264	1081	0	3.981	
	F	FA	25	39.0	39.7	171	431	-	86	284	276	1068	0	4.31	
		BB	25	39.0	39.7	171	-	431	-	334	324	1060	0	2.15	
岩手	G	FA	25	43.6	39.0	153	392	-	78	0	694	0	1028	3.923	
		BB	25	43.6	39.0	153	-	392	-	0	783	0	1021	1.962	

表-3 ASR タイプの分類

促進型	促進91日未満
遅延型	促進91日以降

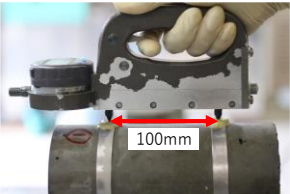


図-1 コンタクトゲージ法

91、126、154、182 日の計 10 回を基準とした。供試体形状は、直径 100mm×高さ 200 mm の円柱供試体である。

3. 実験結果と考察

図-2 に南東北 3 県それぞれの SSW 試験結果を示す。なお、(b)山形県 D 工場呼び強度 24 は現在測定中である。図より、骨材提供を受けた 23 工場のうち宮城県と山形県の 1 工場、福島県の 2 工場で ASR による 500 μ を超える顕著な膨張を示した。表-3 に示すように促進 91 日未満で膨張する場合を促進型、促進 91 日以降に膨張する場合を遅延型とすると、宮城県 I 工場の呼び強度 24 が促進型、40 が遅延型であり、山形県 C 工場の呼び強度 24 が遅延型、福島県 C 工場および F 工場の呼び強度 24、40 とともに遅延型に分類された。昨年度の結果と合わせ東北 6 県で評価すると、ASR を示した全 15 工場、27 条件のうち 19 条件が遅延型となっており、約 70%が遅延型であることが判明した。図-3 に北東北 3 県における抑制対策を施したコンクリートの SSW 試験結果を示す。なお、図中には対策を施さない場合の膨張量も併せて示した。図より、ASR の膨張は、最大で約 6000 μ を示す工場も存在したが、FA コンクリートあるいは BB コンクリートとすることで、ASR による膨張がほぼ完全に抑制できる効果が認められた。このように、凍結防止剤散布下のようにアルカリイオンの外部からの供給が ASR を誘発する骨材であったとしても、FA や BB を混和することで実利用が十分可能であると考えられる。

4. まとめ

昨年度から今年度にかけて東北 6 県の ASR 反応性を調査した。その結果、骨材提供を受けた 45 工場中 15 工場で外来塩による ASR が認められた。東北地方は ASR 反応性を示す岩体が広く分布しているため、反応性のない骨材のみを調達することは困難である。一方、本研究により FA や BB を用いることでこうした骨材であってもほぼ完全に膨張を抑制できることが示された。よって、ASR の可能性がある骨材の使用には、実務上 FA や BB の使用が有効であると思われる。

謝辞：本調査は、国土交通省東北地方整備局技術管理課と東北 6 県それぞれの生コンクリート工業組合の協力により実施した。ここに記し謝意を表します。

【参考文献】1)前島拓他：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実験的検討、第 69 回セメント技術大会講演要旨、pp.220-221(2015)

2)矢澤玲子他：北東北地方において使用される骨材のアルカリシリカ反応に関する調査、第 73 回土木学会東北支部技術研究発表会、V-22(2018)

3)三浦尚他：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(1993)

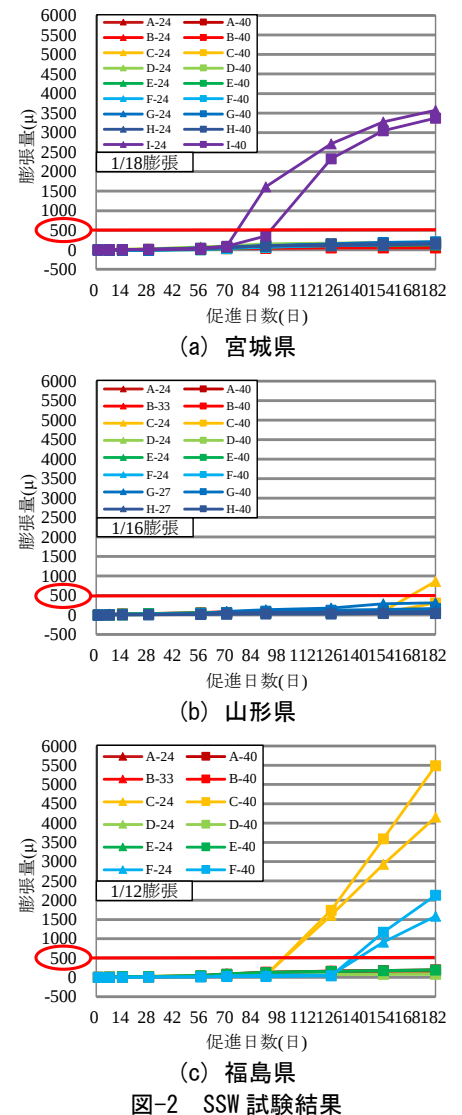


図-2 SSW 試験結果

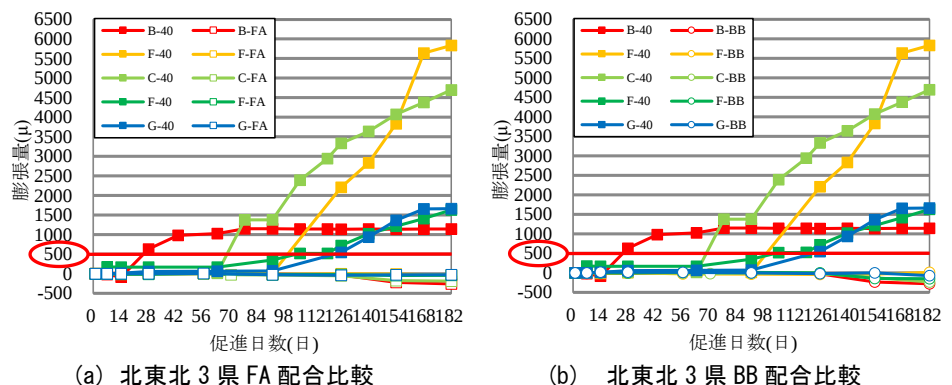


図-3 SSW 試験結果