



국내 광물성 혼화재의 종류 및 혼입률에 따른 알칼리-실리카 반응 특성

김성권¹⁾ · 홍승호²⁾ · 허 인²⁾ · 윤경구^{1)*}

¹⁾강원대학교 토목공학과 ²⁾한국도로공사

Characteristics of Alkali-Silica Reaction according to Types and Substitution Ratios of Mineral Admixtures in Korea

Seong-Kwon Kim¹⁾ Seung-Ho Hong²⁾ In Hur²⁾ and Kyong-Ku Yun^{1)*}

¹⁾Dept. of Civil Engineering, Kangwon National University, Cuncheon 200-701, Korea

²⁾Highway Corporation, Hwaseong 445-812, Korea

ABSTRACT The distresses of alkali-silica reaction (ASR) was recently reported at highway cement concrete pavement in Korea, which showed typical cracking and spalling patterns of ARS. Korea is was no longer safe zone against ASR, needing to find a control methodology against ASR. The purpose of this research was to provide a control methodology against ASR using mineral admixtures through a series of laboratory test program. Laboratory works included the accelerated mortar bar test (AMBT) by ASTM C 1260 regulation with five types of aggregate and three types of mineral admixtures (fly ash, ground granulated blast-furnace slag and silica fume). The result of ASTM C 1260 test for five types of aggregates without mineral admixtures showed that Siltstone and Mudstone were found to be “reactive.” Tuff and Andesite-1 were found to be “possibly reactive.” In case of concrete mixed with 10, 20, and 30% fly ash, all specimens except Mudstone mixed with 10% FA were found to be “non-reactive”. In cases of concrete mixed with 30, 40, and 50% ground granulated blast-furnace slag and 5, 7.5, and 10% silica fume, all specimens were found to be “non-reactive.” These results could be selectively applied in constructions in Korea.

Keywords : ASR, ASTM C 1260, fly ash, ground granulated blast-furnace slag, silica fume

1. 서 론

알칼리-실리카 반응(ASR: alkali-silica reaction)은 1940년대 Stanton이 미국 캘리포니아 주에 위치한 콘크리트 구조물에서 시공 후 수년이 경과한 후에 불규칙한 균열이 심각하게 발생하여 이 원인을 규명하는 과정에서 발견되었다.¹⁾ 그 후 미국 전역에서 지속적인 연구가 활발하게 이루어져 골재의 알칼리 잠재반응 시험방법들이 ASTM에 1950년대에 제정되었다.

국내에서도 일부 연구기관에서 화학적인 방법과 모르타르 봉 방법을 이용한 알칼리-실리카 반응에 대한 연구 결과 화학적인 방법에서 일부 골재가 반응성이 있는 것으로 보고되었으나, 모르타르 봉 방법으로는 대상 골재의 유해 가능성이 낮은 것으로 보고되었다.^{2,3)} 또한 국내에서는 그 동안 알칼리-실리카 반응에 의한 피해사례가 거의 보고된 바 없었으며, 골재의 품질도 양호한 것으로

알려져 왔다. 그러나 2000년대에 들어와 일부 고속도로 콘크리트 포장 구간에서 Fig. 1과 같이 알칼리-실리카 반응에 의한 망상형 균열 및 스폐링 등의 심각한 균열이 발생되어 알칼리-실리카 반응에 의한 피해사례가 보고되었고 축진 모르타르 봉 방법을 이용한 결과 일부 국내 골재에서도 알칼리-실리카 반응에 의하여 유해한 팽창이 발생하는 것으로 판정되었다.^{4,6)}

알칼리-실리카 반응은 일반적으로 건설 후 5년 정도 지나야 육안으로 확인 가능한 징후가 발견되며, 육안으로 이러한 징후를 발견하였다는 것은 이미 심각한 알칼리-실리카 반응이 진행 중이라는 것을 암시한다. 알칼리-실리카 반응에 의한 파손이 발생하면 그 보수방법이 곤란하기 때문에 국외에서는 건설단계에서의 예방대책 즉 철저한 품질관리를 통하여 알칼리-실리카 반응에 대한 억제방안을 마련하고 있다.⁶⁻⁸⁾

따라서 이 연구에서는 국내 골재를 대상으로 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창 특성을 분석하여, 알칼리-실리카 반응에 대한 억제 방안으로 광물성 혼화재를 이용한 알칼리-실리카 반응 길이 팽창 특성을 평가하고자 하였다.

*Corresponding author E-mail: kkyun@kangwon.ac.kr

Received July 8, 2010, Revised October 6, 2010,

Accepted October 20, 2010

©2011 by Korea Concrete Institute



(a) Map cracking



(b) Spalling

Fig. 1 Map cracking and spalling caused by ASR at JPCP in Korea

2. 실험계획 및 방법

2.1 개요

광물성 혼화재 혼입에 따른 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창 특성을 평가하기 위하여 광물성 혼화재료는 플라이애쉬(FA), 고로슬래그 미분말(GBFS) 그리고 실리카퓌름(SF)을 선정하였으며, 광물성 혼화재 종류에 따른 혼입률은 Table 1과 같다.^{7,8)} 실험방법은 축진 모르타르 붓 시험방법으로 ASTM C 1260, Standard test method for

Table 1 Types and substitution ratios of mineral admixtures

Types	Substitution ratio (%)
Fly ash (FA)	0, 10, 20, 30
Ground granulated blast-furnace slag (GBFS)	0, 30, 40, 50
Silica fume (SF)	0, 5, 7.5, 10

potential alkali reactivity of aggregates (accelerated mortar-bar test; AMBT)를 활용하였다.⁹⁾

2.2 실험재료

2.2.1 시멘트

시멘트는 국내 S사에서 생산되어 판매되는 1종 보통 포틀랜드 시멘트 제품으로서 등가 알칼리 함량이 0.74%인 고알칼리 시멘트를 사용하였다. Table 2는 시멘트의 물리적·화학적인 특성을 나타낸 것이다.

2.2.2 골재

골재는 알칼리-실리카 반응에 의한 대규모 파손이 발생한 서해안 고속도로 콘크리트 포장 구간 근처에 위치한 충남 보령의 폐석산에서 5종을 샘플링하여 사용하였다. 사용된 골재의 암석학적인 분석 결과는 Table 3과 같다.

2.2.3 혼화재료

1) 플라이애쉬(FA)

플라이애쉬는 국내 K사에서 정제되는 제품으로, KS L 5405(플라이애쉬)에 규정되어 있으며, CaO 함량이 2.49%이고 등가 알칼리 함량은 1.38%이다. 물리적·화학적인 특성은 각각 Table 4와 같다.

2) 고로슬래그 미분말(GBFS)

고로슬래그 미분말은 국내 K사에서 정제되는 제품을

Table 2 Physical properties and chemical compositions of cement

Type	Time of setting (h:m)		Compressive strength (MPa)			Blain (cm ² /g)	Autoclave expansion (%)	LG loss (%)	Specific gravity
	initial	final	3-day	7-day	28-day				
OPC	260	7:00	30	42	58	3,400	0.02	1.02	3.15
Composition	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Na ₂ O _{eq} (%)		TiO ₂ (%)
							K ₂ O	Na ₂ O	
OPC	21.54	5.60	3.38	62.59	2.70	1.96	0.74		-
							1.05	0.05	

Table 3 Lithological properties of coarse aggregates

Type	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	LOI (%)	Total (wt.%)
Siltstone	60.48	19.61	0.85	7.83	0.05	1.76	0.38	0.82	3.79	0.15	3.64	99.34
Mudstone	54.66	22.77	0.69	9.51	0.05	1.52	0.41	0.37	4.95	0.26	4.17	99.36
Felsic vitric tuff	73.04	14.30	0.16	1.76	0.03	0.72	0.72	0.72	0.73	5.07	0.05	99.67
Andesite-1	69.35	15.37	0.33	2.00	0.03	0.88	2.01	4.04	4.05	0.08	1.18	99.33
Andesite-2	54.32	16.80	1.17	8.16	0.21	3.15	4.26	5.24	1.01	0.47	5.20	99.98

Table 4 Physical properties and chemical composition of fly ash

Type	Pozzolanic activity/ cement - 28 days		Water requirement (%)		Blain (cm ² /g)	Moisture (%)	lg. loss (%)	Specific gravity	
FA	93		102		3,863	0.3	3.8	2.23	
Composition	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Na ₂ Oeq (%)		Cl ⁻ (%)
							K ₂ O	Na ₂ O	
FA	52.30	24.20	5.36	2.49	0.80	0.53	1.38		0.014
							0.86	0.81	

Table 5 Physical properties and chemical composition of ground granulated blast-furnace slag

Type	Specific gravity	Blain (cm ² /g)	Activity/cement (%)			Ratio of flow (%)			
			7-day	28-day	91-day				
GBFS	2.80	4,241	80	109	113	105			
Composition	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Na ₂ Oeq (%)		TiO ₂
							K ₂ O	Na ₂ O	
GBFS	30.5	15.6	0.73	44.3	4.7	-	0.71	0.49	0.92
							0.33		

사용하였으며, KS F 2563(콘크리트용 고로슬래그 미분말)에 규정되어 있는 3종으로서 CaO 함량이 44.3%이고 등가 알칼리 함량이 0.71%이다. 물리적·화학적인 특성은 각각 Table 5와 같다.

3) 실리카폼(SF)

실리카폼은 국내 C사에서 수입·판매되는 제품으로, CaO 함량이 0.15%이고 등가 알칼리 함량이 0.94%이다. 물리적·화학적 특성은 각각 Table 6과 같다.

2.3 시험방법

ASTM C 1260 촉진 모르타르 붕 시험방법은 재령 14일(시편 제작 후 16일) 후 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창을 측정하여 팽창률이 0.2% 이상이면 “potentially deleterious expansion”으로 판정하고, 0.1% 미만이면 “innocuous behavior”, 0.1~0.2% 사이로 측정되면 “innocuous and deleterious”이나 재령 28일까지의 길이변화를 측정하여 판정하도록 되어 있다.

실험에 사용되는 모르타르 붕 배합은 시멘트 440 g, 물 206.8 g 그리고 잔골재 990 g이다. 배합에 사용된 물/시멘트 비는 47%이며, 잔골재의 입도분포는 Table 7과 같다. 시편의 규격은 25.4 × 25.4 × 295 mm로 3개/조로 제작하며, 모르타르 붕의 양 끝단에는 길이 변화 측정을 위한

Table 7 Requirement of aggregate grading for ASTM C 1260 test

Sieve size (mm)		Mass (%)
Passing	Retained on	
4.75 (No.4)	2.36 (No.8)	10
2.36 (No.8)	1.18 (No.16)	25
1.18 (No.16)	0.6 (No.30)	25
0.6 (No.30)	0.3 (No.50)	25
0.3 (No.50)	0.15 (No.100)	15

스터드를 설치한다.

시편 제작 후 23°C가 유지되는 항온·항습기에서 몰드 상태로 24시간 동안 양생한다. 1일 양생된 모르타르 붕은 몰드에서 시편을 분리하여 모르타르 붕의 길이를 버어니어 캘리퍼스로 0.01 mm까지 측정한다. 모르타르 붕의 양 끝단에 설치된 스테드까지의 길이를 Fig. 2와 같이 0.01 mm까지 측정 가능한 다이얼게이지가 설치된 길이 변화 측정기로 습윤양생 전에 길이를 측정한다.

초기 측정이 완료된 모르타르 붕은 폴리프로필렌 밀폐 용기에 시편이 완전히 잠기도록 증류수를 채워 밀폐시킨 후 80°C가 유지되는 항온기에서 24시간 수중양생한다. 24시간 경과 후 수중양생된 모르타르 붕은 영점 길이 변화 측정을 위하여 밀폐 용기에서 꺼낸 후 물기를 제거하고 초기 길이 변화를 15초 이내에 측정 완료한다.

초기 길이 변화를 측정할 모르타르 붕은 1 N NaOH 수

Table 6 Physical properties and chemical composition of silica fume

Type	pH	Specific gravity	Specific surface (m ² /g)	Bulk density (kg/m ³)	Particle size (micron)				
SF	5	2.22	30	346	0.05 ~ 1				
Composition	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Na ₂ Oeq (%)		TiO ₂ (%)
							K ₂ O	Na ₂ O	
SF	92.87	1.39	0.20	0.15	0.79	0.28	0.94		0.45
							0.94	0.32	



Fig. 2 Comparator length reading

용액이 담겨 있는 밀폐용기에 수침시켜 80°C가 유지되는 항온수조에서 길이변화를 유도한다. 영점길이 변화 측정 후 모르타르 봉의 길이 변화를 재령 7, 14 및 28일에 측정하며, 모르타르 봉의 변화상태 및 균열 발생여부를 육안으로 관찰한다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 혼화재 무혼입 시편의 길이 팽창 결과 및 고찰

골재의 알칼리-실리카 반응 길이 팽창 특성을 평가하기 위하여 광물성 혼화재를 첨가하지 않은 시편의 길이 팽창 결과는 Fig. 3과 같다.

재령 14일(시편 제작 후 16일)의 길이 팽창 측정 결과 실트암과 이암(mudstone)의 경우 각각 0.425%와 0.227%로 측정되어 'potentially deleterious expansion'으로 판정되었으며, 규장질유리질응회암(felsic vitric tuff)과 안산암(andesite)-1의 경우에는 각각 0.147%와 0.149%로 측정되어 'innocuous and deleterious'로 판정되었으나, 안산암-2의 경우에는 0.045%로 측정되어 'innocuous behavior'로 판정되었다.

또한, 추가적으로 재령 28일의 길이 팽창 측정 결과 규장질유리질응회암과 안산암-1의 경우에는 재령 14일 길

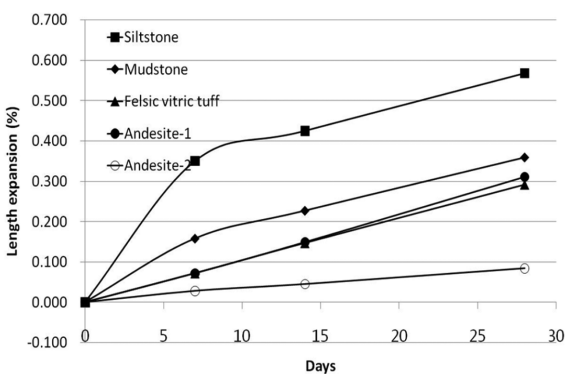


Fig. 3 Expansion results of aggregates by ASTM C 1260

이 팽창 측정 결과 'innocuous and deleterious'로 판정되었던 골재가 각각 0.292%와 0.311%로 측정되었으며, 최대 실트암의 경우 0.568%, 최소 안산암-2의 경우 0.084%로 측정되어 재령이 경과함에 따라 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창이 증가하는 것으로 나타나 잠재적으로 알칼리-실리카 반응에 대한 유해요소를 포함하고 있는 것으로 판단되어지므로, 재령 28일까지 또는 그 이후까지 측정하여 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창 특성을 고려해야 할 것으로 사료된다.

골재의 암석학적인 분석 결과를 나타낸 Table 3의 이산화규소의 함량을 살펴보면 질량비 60.48%인 실트암에서 최대 팽창이 발생하였으며, 이보다 적거나 많은 함량에서는 팽창이 감소하는 것으로 나타나 Hobbs(1988)이 제시한 패서멈과 유사한 현상을 보여주고 있다.

3.2 광물성 혼화재의 종류 및 혼입률에 따른 알칼리-실리카 반응 길이 팽창 결과 및 고찰

3.2.1 플라이애쉬 혼입 시편의 길이 팽창 결과 및 고찰

플라이애쉬 혼입에 따른 알칼리-실리카 반응 길이 팽창 결과는 Figs. 4~6과 같다.

플라이애쉬 10% 혼입의 경우 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 이암의 경우 0.102%로 측정되어 'innocuous and deleterious'로 판정되었으나, 다른 4종 골재의 경우 길

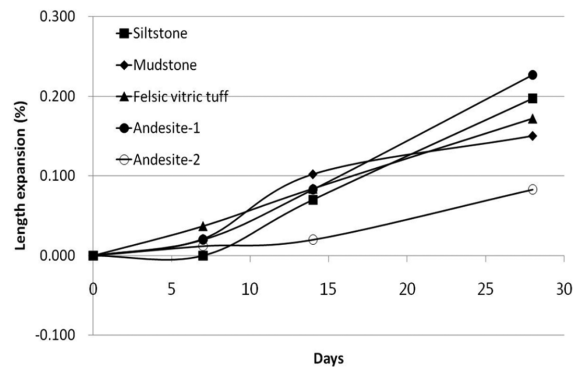


Fig. 4 Expansion results of aggregates mixed with FA 10% by ASTM C 1260

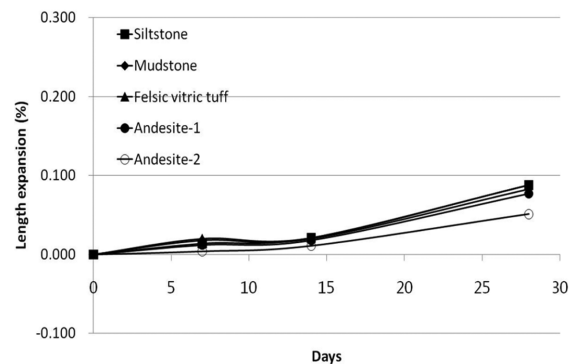


Fig. 5 Expansion results of aggregates mixed with FA 20% by ASTM C 1260

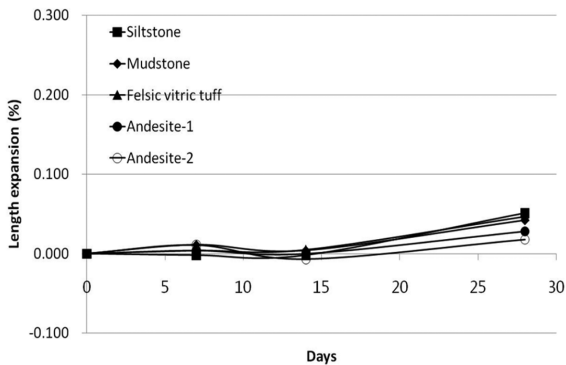


Fig. 6 Expansion results of aggregates mixed with FA 30% by ASTM C 1260

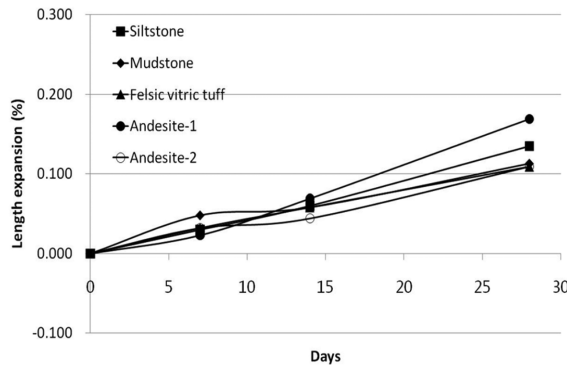


Fig. 7 Expansion results of aggregates mixed with GBFS 30% by ASTM C 1260

이 팽창이 0.1% 미만으로 측정되어 ‘innocuous behavior’로 판정되었다. 그러나 재령 28일의 길이 팽창 측정 결과 안산암-1의 경우 0.227%로 측정되었으며, 실트암, 이암 그리고 규장질유리질응회암의 경우에는 각각 0.197%, 0.150% 그리고 0.172%로 측정되어 재령이 경과함에 따라 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창이 발생하는 것으로 나타났다.

플라이애쉬 20% 혼입의 경우 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 모든 골재에서 최대 0.021%이하의 길이 팽창을 보여 ‘innocuous behavior’로 판정되었으나, 재령 28일의 길이 팽창 측정 결과 최대 0.088%의 측정되어, 재령이 경과함에 따라 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창이 계속적으로 발생하는 것으로 나타났다.

플라이애쉬 30% 혼입의 경우 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 모든 골재에서 최대 0.005% 이하의 길이 팽창을 보여 ‘innocuous behavior’로 판정되었으며, 재령 28일의 길이 팽창 측정 결과에서도 최대 0.051%의 길이 팽창을 보여 재령에 따른 길이 팽창이 다소 감소하는 것으로 나타났다.

플라이애쉬 혼입에 따른 길이팽창 측정 결과를 Fig. 3 과 비교하면 플라이애쉬 혼입에 의하여 재령에 따라 그 길이 팽창이 현저하게 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 플라이애쉬 20% 이상 혼입의 경우 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 모든 골재에서 0.1% 미만으로 측정되어 알칼리-실리카 반응 억제 효과가 있는 것으로 나타났으나, 재령이 경과함에 따라 골재별 길이 팽창이 다소 증가했다. 또한, 플라이애쉬 혼입 30%의 경우 재령 28일에서의 길이 팽창도 최대 0.051% 이하로 측정되어 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창이 감소되었다.

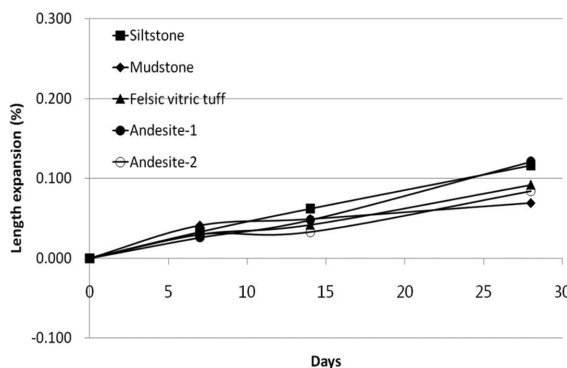


Fig. 8 Expansion results of aggregates mixed with GBFS 40% by ASTM C 1260

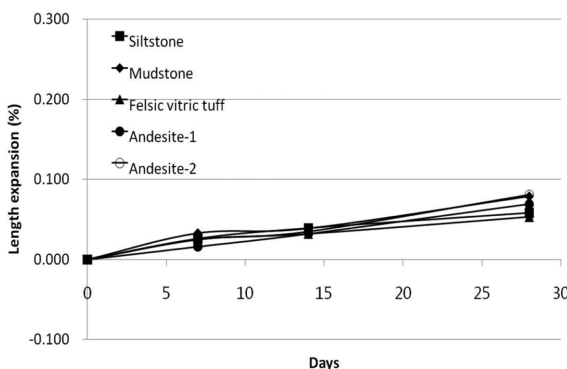


Fig. 9 Expansion results of aggregates mixed with GBFS 50% by ASTM C 1260

서 0.1~0.2%로 측정되어 재령이 경과함에 따라 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창이 지속적으로 발생하는 것으로 나타났다.

고로슬래그 미분말 40% 혼입의 경우 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 모든 골재에서 최대 0.063%, 최소 0.033%로 측정되어 ‘innocuous behavior’로 판정되었으나, 재령 28일의 길이 팽창 측정 결과 실트암과 안산암-1의 경우 각각 0.116%와 0.121%로 측정되었으며, 다른 골재에서도 0.069% 이상으로 측정되어 재령이 경과함에 따라 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창이 증가하는 것으로 나타났다.

3.2.2 고로슬래그 미분말 혼입 시험편 길이 팽창 결과 및 고찰
고로슬래그 미분말 혼입에 따른 알칼리-실리카 반응 길이 팽창 결과는 Figs. 7~9와 같다.

고로슬래그 미분말 30% 혼입의 경우 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 모든 골재에서 최대 0.069%, 최소 0.044%로 측정되어 ‘innocuous behavior’로 판정되었다. 그러나 재령 28일의 길이 팽창 측정 결과 모든 골재에

고로슬래그 미분말 50% 혼입의 경우 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 모든 골재에서 최대 0.039%에서 최소 0.032%로 측정되어 'innocuous behavior'로 판정되었으며, 재령 28일의 길이 팽창 측정 결과에서도 최대 0.081%의 길이 팽창을 보여 재령에 따른 길이 팽창이 다소 감소하는 것을 나타내고 있다.

고로슬래그 미분말 혼입에 따른 길이팽창 측정 결과를 Fig. 3과 비교하면 고로슬래그 미분말 혼입에 의하여 재령에 따라 그 길이 팽창이 현저하게 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 고로슬래그 미분말 혼입의 경우 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 모든 골재에서 0.1% 이하 'innocuous behavior'로 측정되어 알칼리-실리카 반응 억제 효과가 있는 것으로 나타났으나, 재령 28일의 길이 팽창 측정 결과 고로슬래그 미분말의 혼입률에 따라 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창이 다소 증가하는 경향을 보여주고 있다.

3.2.3 실리카폼 혼입 시험편의 길이 팽창 결과 및 고찰

실리카폼 혼입에 따른 알칼리-실리카 반응 길이 팽창 결과는 Figs. 10~12와 같다.

실리카폼 5% 혼입의 경우 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 모든 골재에서 최대 0.058%에서 0.019%로 측정되어 'innocuous behavior'로 판정되었다. 그러나 재령 28일의 길이 팽창 측정 결과 실트암의 경우에는 0.128%로

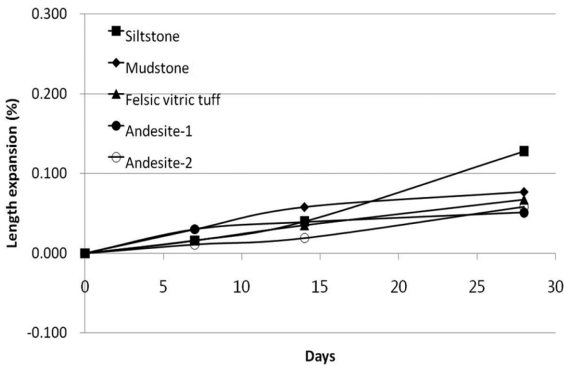


Fig. 10 Expansion results of aggregates mixed with SF 5% by ASTM C 1260

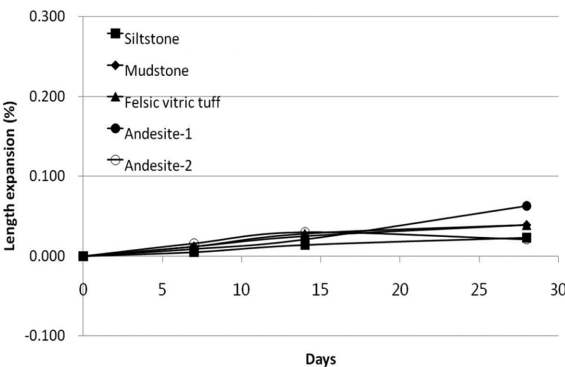


Fig. 11 Expansion results of aggregates mixed with SF 7.5% by ASTM C 1260

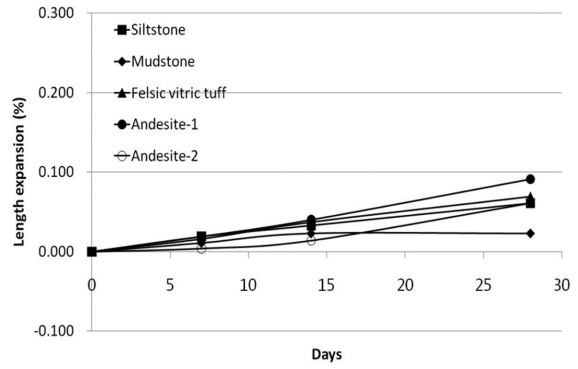


Fig. 12 Expansion results of aggregates mixed with SF 10% by ASTM C 1260

측정되어 재령이 경과함에 따라 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창이 증가하는 것으로 나타났다.

실리카폼 7.5% 혼입의 경우 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 모든 골재에서 최대 0.028%이하의 길이 팽창을 보여 'innocuous behavior'로 판정되었으며, 재령 28일의 길이 팽창 측정 결과 최대 0.063%로 측정되어 재령이 경과함에 따라 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창이 지속적으로 발생되어지나 그 팽창이 감소하는 것으로 나타난다.

실리카폼 10% 혼입의 경우 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 모든 골재에서 최대 0.040% 이하의 길이 팽창을 보여 'innocuous behavior'로 판정되었으며, 재령 28일의 길이 팽창 측정 결과에서는 최대 0.091%의 길이 팽창을 보여 재령에 따라 알칼리-실리카 반응에 의한 길이 팽창이 지속적으로 진행된다는 것을 보여준다.

실리카폼 혼입에 따른 길이팽창 측정 결과를 Fig. 3과 비교하면 실리카폼 혼입에 의하여 재령에 따라 그 길이 팽창이 현저하게 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 실리카폼 혼입에 의하여 재령 14일의 길이 팽창 측정 결과 모든 경우에서 'innocuous behavior'로 판정되어 알칼리-실리카 반응 억제 효과가 있는 것으로 나타났으나, 실트암의 경우 재령 28일의 길이 팽창이 0.128%로 측정되어 골재에 따라 길이 팽창이 다소 증가하는 것을 보여주고 있다.

4. 결 론

이 논문에서는 보령 폐석산에서 샘플링한 5종의 골재를 대상으로 ASTM C 1260 축진 모르타르 붕 시험방법을 이용하여 광물성 혼화제의 종류(플라이애쉬, 고로슬래그 미분말, 실리카폼) 및 혼입률에 따른 알칼리-실리카 반응 길이 팽창 특성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 혼화제 무첨가 시험편의 길이팽창시험 결과 재령 14일에 실트암과 이암의 경우 0.2% 이상의 길이 팽창을 보여 'potentially deleterious expansion'으로 판정되었으며, 규장질유리질응회암과 안산암-1은 0.1~0.2%

- 범위의 길이 팽창을 보여 ‘innocuous and deleterious’로 판정되었다.
- 2) 플라이애쉬 10, 20, 30%를 각각 혼입한 시험편의 길이팽창시험 결과 플라이애쉬 10%를 혼입한 이암을 제외한 모든 시험편에서 재령 14일에 ‘innocuous behavior’로 판정되어 알칼리-실리카 반응 억제 효과를 확인하였다.
 - 3) 고로슬래그 미분말 30, 40, 50%를 각각 혼입한 시험편의 길이팽창시험 결과 모든 시험편에서 재령 14일에 ‘innocuous behavior’로 판정되어 알칼리-실리카 반응 억제 효과를 확인하였다.
 - 4) 실리카폼 5, 7.5, 10%를 각각 혼입한 시험편의 길이팽창시험 결과 모든 시험편에서 재령 14일에 ‘innocuous behavior’로 판정되어 알칼리-실리카 반응 억제 효과를 확인하였다.
 - 5) 충남 보령에서 샘플링한 5종의 골재를 대상으로 ASTM C 1260 촉진 모르타르 봉 시험방법을 이용하여 광물성혼화제 종류 및 혼입률에 따른 실험결과 플라이애쉬 20%이상, 고로슬래그 30%이상, 실리카폼 5%이상 혼입할 경우 알칼리-실리카 반응 억제 효과가 있는 것으로 나타나 현장여건에 따라 선택적으로 이를 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

1. Stanton, T. F., “Expansion of Concrete through Reaction between cement and aggregate,” *Proc. Amer. Soc. of Civ. Engrs.*, Vol. 66, 1940, pp. 1781~95.
2. 농어촌진흥공사 농어촌연구소, 콘크리트용 대체골재 개발에 관한 연구, 1994, pp. 168~174.
3. 대한주택공사 주택연구소, 삼표산업, 콘크리트용 부순 모래의 실용화 연구, 1997, pp. 146~148.
4. 윤경구, 김성권, 홍승호, 한승환, “시험방법에 따른 국내 골재의 알칼리-실리카 반응성 평가,” 콘크리트학회 논문집, 20권, 6호, 2008, pp. 689~696.
5. 윤경구, 홍승호, 한승환, “ASTM C 1260 실험에 의한 국내 골재의 알칼리-실리카 반응 팽창 특성,” 콘크리트학회 논문집, 20권, 4호, 2008, pp. 431~437.
6. 홍승호, “국내 콘크리트의 알칼리-실리카 반응에 대한 조사 및 억제 방안,” 강원대학교 일반대학원 박사학위논문, 2006, pp. 125~155.
7. 강원대학교, “알칼리-골재 반응 억제용 혼화제 물리적인 특성 및 반응성 골재 DB 구축 연구,” 한국도로공사 도로교통연구원 연구용역 최종보고서, 2008, pp. 103~136.
8. 국토해양부, “산업부산물 재활용 도로 포장 잠정지침,” 간행물등록번호 11-1611000-000055-01, 2008, pp. 9~32.
9. ASTM C 1260, “Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Test),” American Society for Testing and Materials, 2002, pp. 1~5.

요 약 국내에서는 알칼리-실리카 반응에 의한 피해사례가 거의 보고된 바 없었고, 골재의 품질도 양호한 것으로 알려져서 알칼리-실리카 반응에 대하여 안전하다고 평가되었다. 그러나 최근 국내 일부 고속도로 콘크리트 포장구간에서 알칼리-실리카 반응에 의한 피해 사례가 보고되어 알칼리-실리카 반응에 대한 대책과 억제방안이 요구되고 있는 실정이다. 따라서 이 논문에서는 국내 콘크리트용 굵은골재를 대상으로 ASTM C 1260 촉진 모르타르 봉 시험방법을 이용하여 광물성 혼화제인 플라이애쉬, 고로슬래그미분말, 실리카폼의 종류 및 혼입률에 따른 알칼리-실리카 반응성을 평가하고자 하였다. 혼화제 무첨가의 경우 재령 14일에 실투암과 이암은 ‘potentially deleterious expansion’으로, 규장질유리질 응회암과 안산암-1은 ‘innocuous and deleterious’로 판정되었다. 플라이애쉬 10, 20, 30% 혼입의 경우 플라이애쉬 10%를 혼입한 이암을 제외한 모든 시험편에서 재령 14일에 ‘innocuous behavior’로 판정되었으며, 고로슬래그 미분말 30, 40, 50% 혼입의 경우에는 모든 시험편에서 재령 14일에 ‘innocuous behavior’으로, 실리카폼 5, 7.5, 10%를 혼입한 경우에도 모든 시험편에서 재령 14일에 ‘innocuous behavior’로 판정되어 광물성 혼화제의 알칼리-실리카 반응 억제 효과를 확인하였다. 따라서 현장여건에 따라 선택적으로 적용 가능할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 알칼리-실리카 반응, ASTM C 1260, 플라이애쉬, 고로슬래그 미분말, 실리카폼