

조강형 혼화제에 의한 플라이애시 다량 치환 콘크리트의 품질 향상

Quality Improvement of High Volume Fly Ash Concrete due to Early Strength Gain Admixture

(2009년 12월 8일 원고접수, 2009년 12월 15일 심사완료/ Received December 8, Accepted December 15, 2009)

한천구¹⁾, 박종호²⁾, 이정아^{1)*}
청주대학교 건축공학과¹⁾, (주)삼표 기술연구소 선임연구원²⁾
Han, Cheon-Goo¹⁾, Park, Jong-Ho²⁾, Lee, Joung-Ah¹⁾

Abstract

The purpose of the study was to improve quality of high volume fly ash concrete. The study evaluated on the possibility of early quality improvement of high volume fly ash concrete with early strength gain admixture ('GA' below) developed by the preceding research. The study regarded applying naphthalene admixture ('NA' below) to mix proportion substituting FA 15 % to be plain. In the event of substituting FA 20, 25 and 30 %, the study compared engineering properties of concrete with plain by applying GA. Because of features of fresh concrete, fluidity falls down when GA is applied. Therefore, its use amount shall be increased. Only, in W/B 60 %, it was beneficial since slump loss was reduced about 35~70 mm than plain. The study could see that AE use should be increased proportionally since air content was reduced by coming from AE absorption operation of unburned coal content included in FA according to an increase in the amount of FA use. Reduction effect of bleeding could be anticipated since the amount of bleeding appeared at least in FA 20 %. Because of hardened concrete, time of setting appeared in the same level as plain when GA was applied. Therefore, it is judged that delay of setting can be reduced. In compressive strength, the study could check the same strength development as plain when GA was applied, having nothing to do with W/B and curing temperature. However, it is thought that we shall pay attention to GA use in the event of FA 30 % substitution. Freezing and melting resistance had less early value than plain. However, it is judged that there will be no problem of frost resistance since there is no a large difference between freezing and melting resistance and plain in overall. In accelerated neutralization, it was analyzed that a problem of weakening in neutralization appointed as a demerit when FA was applied in mass in proportion with GA use could be settled to some extent.

키워드 : 플라이애시, 다량 치환, 조강형 혼화제(GA), 조기강도

Keywords : Fly-Ash, High volume, Sodium based admixture (GA), Early Strength

1. 서론

화력발전소에서 발생하는 플라이 애시(이하 Fly Ash :FA)는 콘크리트 산업 측면에서 부존자원 고갈 대책, 탄산가스 배출억제 등 환경 문제의 해소와 함께 포졸란 반응성을 갖는 장기 강도증진 물질로써 오래전부터 활용되어져 왔다.¹⁾²⁾

그런데 최근에는 석탄화력 발전소가 점차 증설되면서 산업부산물인 석탄회의 발생량이 증가 함에도 불구하고 선진국에 비해 낮은 재활용율에 따라 매립을 통한 폐기 처분으로 석탄회 매립지 확보의 어려움과 아울러 환경오염 방지에 따르는 비용 부담 문제가 가중되고 있는 실정이다.³⁾

그러나, FA를 다량 사용하였을 경우는 장기강도 증진, 알칼리골재반응 억제, 수화열 저감 등에서 탁월한 성능을 발휘하고 있으나, 초기강도 저하⁴⁾ 문제가 가장 큰 해결 사

* Corresponding author
E-mail : brief09@nate.com

향으로 대두되고 있다.

이와 관련하여 본 연구팀에서는 선행 연구에서 콘크리트의 조기강도 증진에 효과를 얻기 위한 목적으로 품질향상 혼화제인 Sodium 혼입 고성능 감수제(이하 GA)를 개발한 바 있다.^{5,6)}

따라서 본 연구에서는 이와 같은 조강형 혼화제 GA가 FA 다량 치환 콘크리트의 품질 개선 및 기타 품질 향상에도 기여할 수 있는지를 기초적으로 검토하고자 하였다.

2. Sodium 혼입 조강형 혼화제

2.1 Sodium의 정의

소듐 (영어 : sodium) 또는 나트륨 (독일어 : Natrium)은 알칼리 금속에 속하는 화학 원소이다. 즉, 원소 기호는 Na이고, 원자 번호는 11, 원자량은 22.9898 g/mol이다.⁷⁾

2.2 Sodium 혼입 조강형 혼화제의 메카니즘

Sodium 혼입 조강형 혼화제의 반응 메카니즘은 수화 반응 촉진 성능을 가지는 Sodium 화합물에 의한 시멘트의 조강성을 발현 시키는 방법과 폴리카르보산계의 분산 성능을 이용하여 강도를 증진시키는 방법이다. 즉, Sodium 화합물은 시멘트의 구성 광물 중 알루미네이트상과 C₃S의 수화를 촉진시켜 콘크리트의 초기 강도를 증진시키는 역할⁸⁾을 하게 된다.

3. 실험계획 및 방법

3.1 실험계획

본 연구의 실험 계획은 Table 1과 같고, 배합사상은 Table 2와 같다.

먼저, 실험요인으로 콘크리트는 W/B 50% 및 60%의 2수준에 대하여, FA 15% 및 20, 25, 30%를 치환하고, 고로슬래그 미분말도 15%를 복합 치환하는데, 각 배합은 목표슬럼프 210±15mm, 목표공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 배합설계 하였다.

한편, 이 중에서 FA 15% 치환한 배합에는 나프 탈렌계 혼화제(이하 NA)를 사용하여 Plain 배합으로 설정 하였고, FA 20% 및 25, 30%를 치환한 배합에는 GA를 결합제에 대한 질량비로 배합 설계하였는데, 그 결과는 큰 변화가 없었으므로 같은 양의 첨가율을 적용하였다.

Table1. Design of experiments

Experiment factors		Test Level	
Mix-ture	W/B (%)	2	50, 60
	Slump (mm)	1	210±15
	Air content (%)	1	4.5±1.5
	Curing-temperature (°C)	3	5, 20, 35
	FA (%)	4	15*, 20, 25, 30
	BFS** (%)	1	15
	Chemical mixture	2	·NA (FA 15 %) ·GA (FA 20, 25, 30 %)
Experiment fact	fresh concrete	3	·slump ·air content ·bleeding***
	harding concrete	4	·setting time ·compressive strength (3, 7, 28 day) ·resistance to freezing and thawing (300 Cycle) ·neutralization***

* Plain
** Blast furnace slag
*** only for W/B 60 %

Table 2. Mixture proportions of concrete

Kinds	W/B (%)	W (kg/m ³)	S/a (%)	FA (%)	BFS (%)	Unit weight (kg/m ³)					Chemical mixture (%)					
						C	FA	BFS	S	G	NA*	GA	AE			
5015	50	180	48	15	15	252	54	54	827	892	0.65	-	0.0065			
5020				20		234	72		824	889	-	0.9	0.009			
5025				25		216	90		821	886	-	0.9	0.013			
5030				30		198	108		818	883	-	0.9	0.021			
6015	60			180		48	15	15	210	45	45	852	920	0.50	-	0.006
6020							20		195	60		850	917	-	0.8	0.009
6025							25		180	75		848	915	-	0.8	0.013
6030							30		165	90		845	912	-	0.8	0.019

*existing Naphtalane admixture

실험 항목으로는 굳지 않은 콘크리트에서 슬럼프, 공기량, 블리딩량을 측정하였고, 5, 20, 35°C의 양생온도별 응결시간 및 압축강도를 측정하도록 하였으며, 내구성 항목으로 동결융해 저항성, 중성화 깊이도 측정하는 것으로 하였다.

단, 블리딩, 중성화 깊이 측정은 W/B 60%에 한해서만 실시하였다.

3.2 사용재료

본 실험에서 사용한 재료로서, 시멘트는 국내산 보통 포트랜드 시멘트를 사용하였고, 혼화제로서 FA 및 고로슬래그 미분말은 국내 K사산을 사용하였는데, 그 물리·화학적 성질은 Table 3~5와 같다.

또한, 잔골재 및 굵은 골재는 북한 해주산과 국내 화성 석산산을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 6과 같다.

Table 3. Physical properties of OPC

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	Flow (mm)	Setting (min)		Compressive (MPa)		
			Initial	Final	3 day	7 day	28 day
3.18	3 322	190.3	5:00	7:30	23.1	31.9	41.2

Table 4. Physical properties of FA

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	Ig. loss (%)	Absorption (%)	Flow ration (%)
2.25	3 964	4.01	0.30	108

Table 5. Physical properties of BFS

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	Ig. loss (%)	Flow ration (%)	Compressive (MPa)		
				3 day	7 day	28 day
2.90	4 592	1.00	101	63	74	101

Table 6. Physical properties of aggregate

Kinds	Density (g/cm ³)	Finess modulus	Absorption (%)
Sea sand	2.61	3.05	0.81
Cru sand	2.63	3.10	0.74
Coarse agg.	2.63	6.98	0.76

* Mixing ration of cru sand and sea sand is 5:5

Table 7. Physical properties of chemical admixture

Kinds	Ingredient	Type	Color	Density (g/cm ³)
NA	Naphthalene	Fluid	brow	1.05
GA	Sodium	Fluid	brow	1.07
AE제	protein	Fluid	Dark brow	1.04

혼화제로 고성능 감수제는 국내산 D사의 나프탈렌계와 G사에서 개발한 Sodium 혼입 혼화제 GA를 사용하였고, AE제는 국내산을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 7과 같다.

3.3 실험방법

본 연구의 실험 방법으로 콘크리트의 혼합은 수평형2축 믹서를 사용하여 콘크리트를 제조하였다.

굳지 않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 공기량은 KS F 2421, 블리딩량은 KS F 2414 에 의거 실시하였으며, 경화 콘크리트의 실험으로 응결시간 KS F 2436, 압축강도는 KS F 2405, 동결융해 시험은 KS F 2456, 중성화 깊이 측정은 KS F 2548의 규정에 의거 측정하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

4.1.1 배합 특성

본 연구에서는 모든 배합에서 배합설계에 의해 목표 슬럼프 및 공기량을 만족하도록 SP제와 AE제 첨가량을 배합설계 하였는데, Fig. 1 및 Fig. 2는 FA 치환율에 따른 SP제와 AE제 첨가율을 나타낸 것이다.

먼저, GA를 사용한 경우는 조강성분 부여와 관련하여 SP제 사용량이 증가 되었고, FA 치환율이 증가함에 따라 FA의 미연소 탄분에 의한 AE제 흡착작용으로 목표 공기량을 만족하기 위한 AE제의 사용량도 증가시켜 주었다.

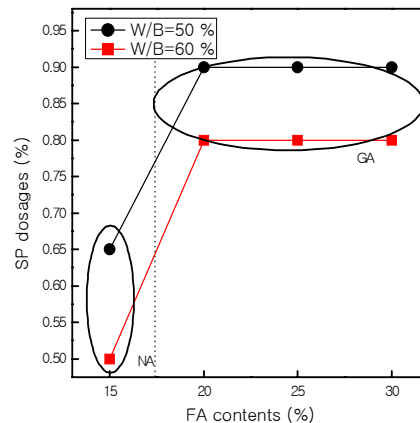


Fig. 1 SP dosages versus FA content

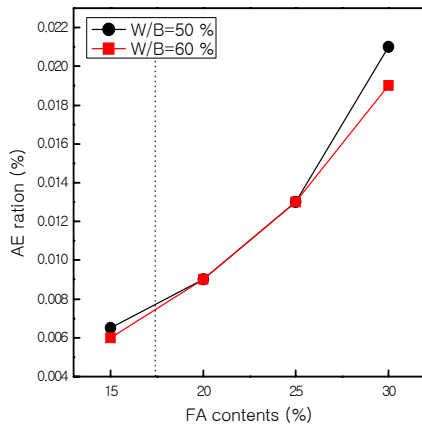


Fig. 2 AE dosages versus FA content

Table 8. Test results of slump & air content

Kinds	Slump (mm)			Air content (%)			
	0	30	60	0	30	60	
50%	15	210	195	170	5.2	4.6	3.5
	20	210	195	170	5.1	4.7	4.0
	25	210	195	165	5.7	4.9	4.0
	30	215	195	165	5.7	5.0	4.2
60%	15	210	140	110	6.5	4.3	3.5
	20	210	160	145	6.0	4.4	3.8
	25	210	185	175	5.8	4.4	3.4
	30	210	200	180	6.0	4.4	4.3

4.1.2 경시변화에 따른 슬럼프 및 공기량

Table 8은 시간경과에 따른 굳지 않은 콘크리트의 실험 결과를 나타낸 것이다.

먼저, W/B 50%에서 Plain의 경우 혼합직후부터 경과 시간 30 분에는 15 mm, 60 분에는 40 mm 정도 저하 하는 것으로 나타났다. 단, GA는 FA를 증가시킴으로써 일 정량의 GA를 사용한 결과 경시 변화에 따른 슬럼프 변

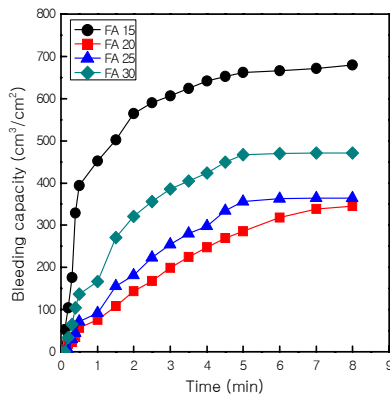


Fig. 3 Test result of bleeding amount (W/B 60%)

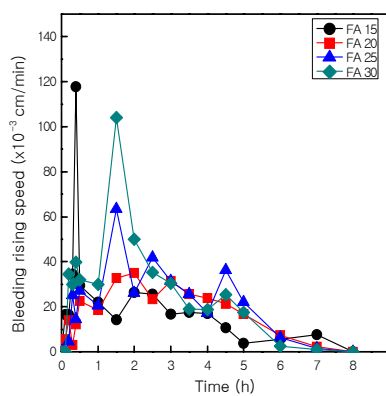


Fig. 4 Test result of bleeding rising speed (W/B 60%)

화는 Plain과 유사하게 나타났다. 이는 폴리카본산계감수제가 주성분인 GA의 경우 시멘트에 대한 분산 능력이 NA와 유사함에 기인한 것으로 사료 된다.⁹⁾

한편, W/B 60%에 GA는 FA를 증가 시킨 결과 경과 시간에 따라 슬럼프는 저하 하는 경향이었지만, 슬럼프로스가 Plain보다 약 35~70 mm 감소하는 것으로 나타났다.

공기량은 W/B 50%에서 모두 목표 공기량을 만족하는 것으로 나타났고, 혼합직후로부터 경과 시간 60분은 각각 공기량이 0.6~0.7% 저하하는 것으로 나타나, 큰 차이는 없는 것으로 분석된다. 또한, W/B 60%에서도 비슷한 결과를 나타내었다.

4.1.3 블리딩

Fig. 3은 W/B 60%에 대하여 FA 치환율에 따른 블리딩량을 나타낸 것이며, Fig. 4는 FA 치환율에 따른 블리딩 속도를 나타낸 그래프이다.

먼저, 블리딩량은 Plain의 경우 시간이 경과 할수록 679 cm³/cm²로 가장 많게 나타났고, GA를 사용함으로써 FA 30%, FA 25%, FA 20% 순으로 작게 나타났는데, 특히, FA 20% 치환한 경우는 블리딩 발생량이 348 cm³/cm²로 Plain보다 약 331 cm³/cm² 작게 나타났다. 전반적으로 GA를 사용한 경우 블리딩은 감소하여 결국, GA를 사용하면 블리딩의 저감에 효과가 큰 것으로 판단된다.

4.2 경화 콘크리트의 특성

4.2.1 응결시간

Fig. 5는 W/B, 양생온도 및 FA 치환율 별 경과시간에 따른 관입저항치의 실험 결과를 나타낸 그래프이다.

먼저, 경과 시간에 따른 관입 저항치는 W/B에 관계없이 양생온도가 고온 일수록, FA 치환율이 작은 배합일수록 응결이 다소 빠르게 나타났다.

즉, W/B 50%의 경우 양생온도 5°C에서 Plain은 초결 시간 29 시간, 종결 시간 35 시간인데 비하여 35°C에서 Plain의 경우는 초결 시간 12 시간, 종결 시간 13 시간으로 나타나, 양생온도 35°C의 고온일 경우가 양생온도 5°C의

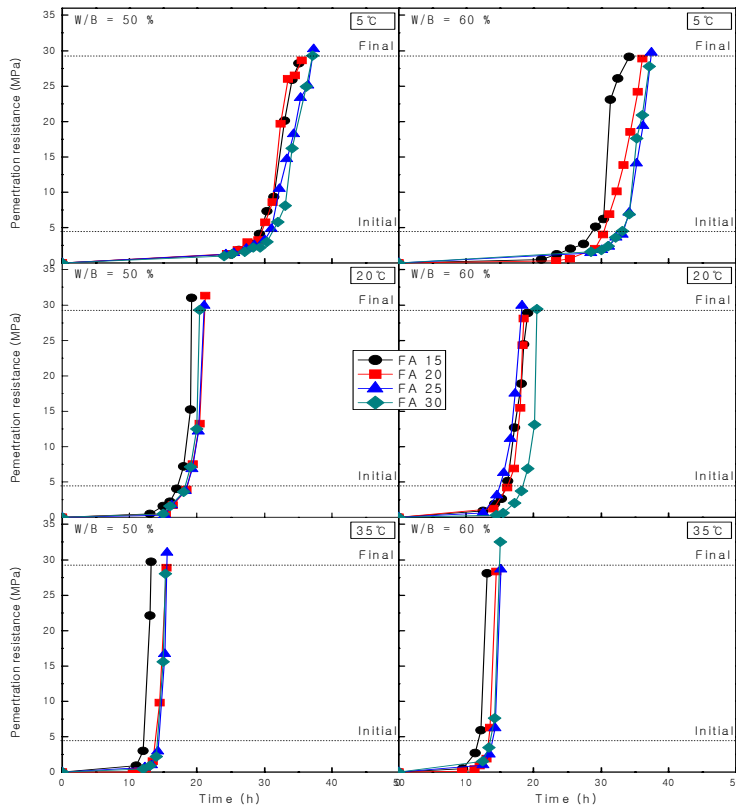


Fig. 5 Setting time with age

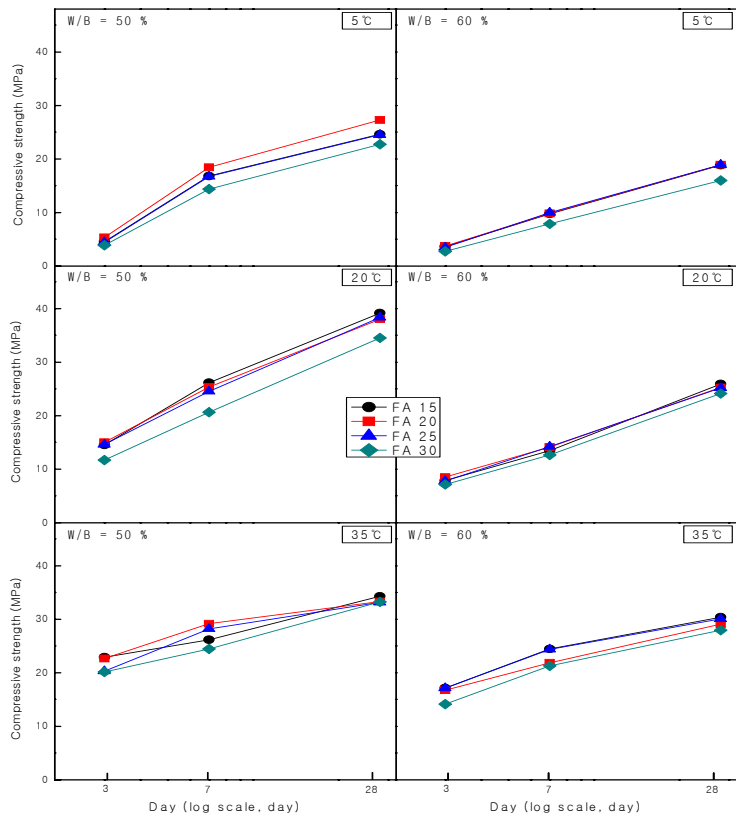


Fig. 6 Compressive strength with age

저온인 경우에 비해 최대 22 시간 정도 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는, 초기 양생 온도가 고온으로 될수록 빠른 수화반응으로 FA와 반응할 수 있는 수산화칼슘의 증가에기인한 결과로 분석된다.

GA를 사용한 콘크리트의 경우 FA 치환율이 증가할수록 양생온도 5°C에서 초결 시간 30 시간, 종결 시간 35 시간인 반면 35°C에서는 초결 시간 12 시간, 종결 시간 15 시간으로 결국 최소 18 시간, 최대 20 시간 정도 차이가 있는 것을 알 수 있었다.

한편, W/B 60%의 경우는 W/B 50%의 경우와 유사한 경향을 나타내었는데, 특히, FA 30%에서는 양생온도 5°C에서 초결 시간 32 시간, 종결 시간 37 시간인데 비해 35°C에서 FA 30%의 경우 초결 시간 14 시간, 종결 시간 15 시간으로 결국 최소 18 시간, 최대 22 시간 정도 차이가 있는 것으로 나타났다.

전반적으로 Plain은 각각 온도에 따른 종결 시간이 35 시간, 19 시간, 13 시간으로 나타났고, GA를 사용한 경우 Plain과 동등하거나 최대 2 시간 정도 지연되는 것으로 나타났는데, GA를 사용함으로써 FA를 증가 시켜도 응결 지연 현상은 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 특히, 양생 온도 20°C에서는 Plain의 경우 16 시간이 경과하여 종결이 나타났는데 비해, FA 25%를 치환한 경우는 15 시간으로 나타나 오히려 약 30 분 정도 단축 되었다.

결국, FA의 치환율이 증가하여도 응결 시간이 큰 변화가 없는 것으로 보아 GA의 활용은 Plain과 유사한 성능을 발휘할 수 있게 하는 것으로 판단된다.

4.2.2 압축강도

Fig. 6은 W/B, 양생온도 및 FA치환율 별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이고, Fig. 7은 FA 치환율 변화에 따른 압축강도 발현율을 나타낸 그래프이다.

먼저, W/B 50%에서는 양생온도 5°C에서 Plain의 경우 압축강도는 재령 3, 7, 28 일에서 4.6 MPa, 16.8 MPa, 24.6 MPa로

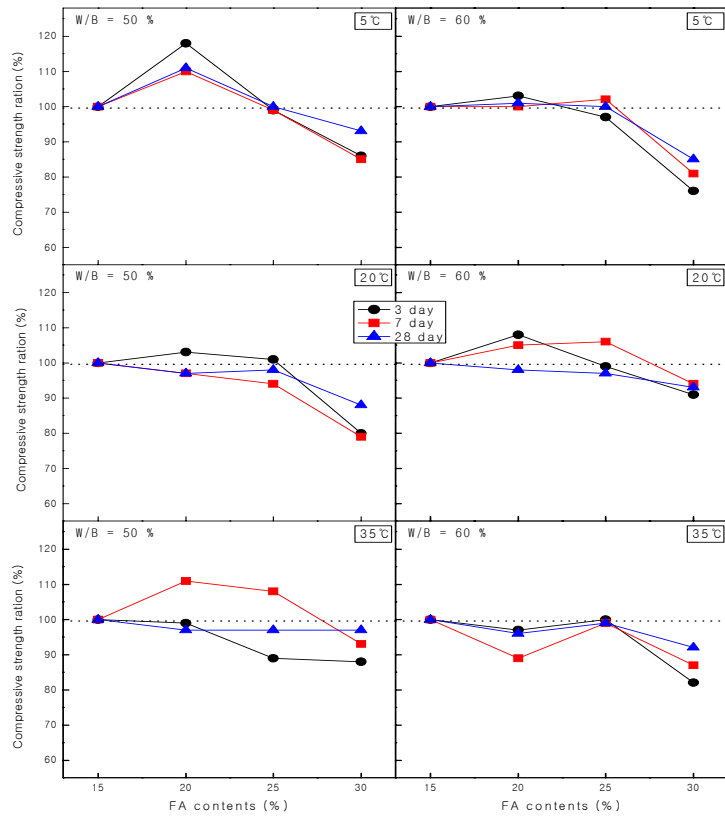


Fig. 7 Compressive strength ration with FA contents

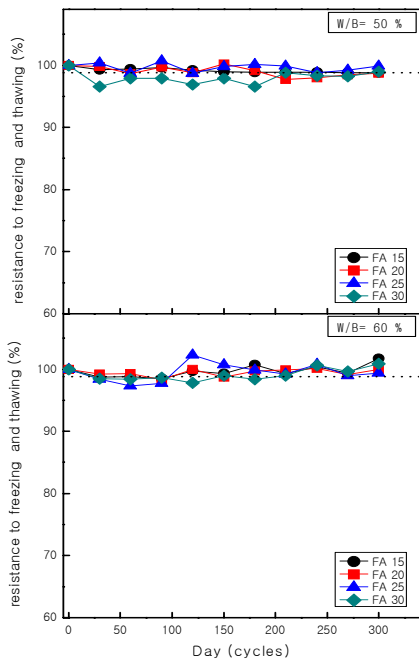


Fig. 8 Test result of resistance to freezing and thawing

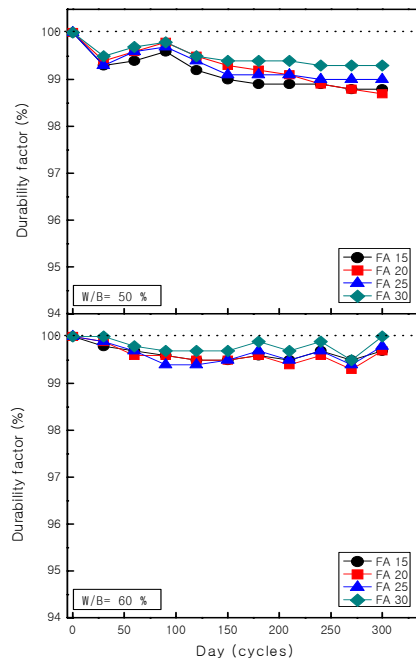


Fig. 9 Test result of reduction factor

나타났고, GA를 사용함으로써 FA 20%를 치환한 경우 압축강도는 5.4 MPa, 18.4 MPa, 27.3 MPa로 Plain보다

10% 이상 크게 나타났는데, GA를 사용한 경우 낮은 온도에서도 수화반응 촉진효과가 우수하게 나타나고 있는 것으로 판단된다.

그러나, FA 20, 25%의 경우 모든 재령에서 압축강도는 Plain과 동등하거나 약 10~20% 증가하는 반면 FA 30%의 경우는 약 15% 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 FA가 초기재령에서 수화 반응에 기여하지 못하는 특성에 기인한 것으로 판단된다.

양생온도 20°C, 35°C의 경우 재령경과에 따른 압축강도는 양생온도 5°C와 마찬가지로 FA 20%를 치환한 경우 초기 재령에서의 압축강도는 각각 15.0 MPa, 22.6 MPa로 Plain과 동등하거나 약간 증가하는 것으로 나타났으나, 특히, FA 30% 치환한 경우는 Plain의 약 86~97%의 강도 발현율로 Plain에 비해 약 3~14% 작게 나타났다.

또한, W/B 60%에서는 W/B 50%와 비슷한 경향으로 나타났으며, FA 30% 치환한 경우 Plain보다 약 8~18% 강도가 저하하는 것으로 나타나고 있어 사용상의 주의가 필요할 것으로 사료된다. 전반적으로 온도가 고온일수록 초기 압축강도는 W/B에 관계없이 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 높은 온도에 의한 수화반응 촉진으로 생성된 수화 생성물이 FA의 포졸란 반응을 활성화 시킨 것으로 사료 된다.

따라서, GA를 사용하고, FA를 5, 10%를 증가 시켰을 경우 초기강도가 Plain과 유사하거나 높게 나타났고, NA를 사용한 경우에 비해 GA를 사용한 경우 동일 W/B에서 좀 더 높은 강도를 발현하는 것으로 나타났는데,

이는 GA에 포함되어 있는 Sodium 화합물에 기인한 초기

압축강도 증가에 기인한 것으로 판단된다.

4.2.3 동결융해 저항성

Fig. 8은 W/B 및 FA 치환율 별 동결융해 사이클에 따른 상대동탄성 계수를 Fig. 9는 W/B 별 동결융해 Cycle에 따른 질량 감소율을 나타낸 그래프이다.

먼저, W/B 50%에서 Plain의 경우 동결융해 Cycle이 증가할수록 상대동탄성계수는 거의 변화가 없는 것으로 나타났는데, GA의 경우 FA 20, 25%는 Plain과 동등한 수준으로 나타났다.

단, FA 30%는 Plain보다 초기에 약 4% 낮았으나 동결융해 Cycle이 증가할수록 Plain과 동등한 수준으로 나타났다.

또한, W/B 60%에서 Plain 및 GA는 초기에 약간 낮은 값을 나타냈으나, 재령이 증가할수록 증가 하는 것으로 나타났고, 특히 FA 25%의 경우 120, 150 Cycle에서 Plain보다 약 3% 크게 나타나, GA 사용에 따른 동해 문제는 없을 것으로 판단된다.

4.2.4 축진 중성화

Fig. 10은 W/B 60%에서 FA 치환율별 재령경과에 따른 축진 중성화 깊이 시험결과를 나타낸 그래프이다.

전반적으로 재령이 증가함에 따라 중성화 깊이는 증가하는 것으로 나타났다. 즉, Plain과 GA를 사용한 경우 재령 1주에서는 모두 0으로 동등한 수준으로 나타났으나, 재령이 증가할수록 중성화 깊이는 증가 하는 것으로 나타났다. 즉, Plain의 경우 2, 4, 8주에서 2.8, 5.5, 10.5 mm로 나타났는데, GA를 사용한 경우는 FA 20%는 초기재령에서 Plain보다 약간 증가하는 것으로 나타났으나, 재령이

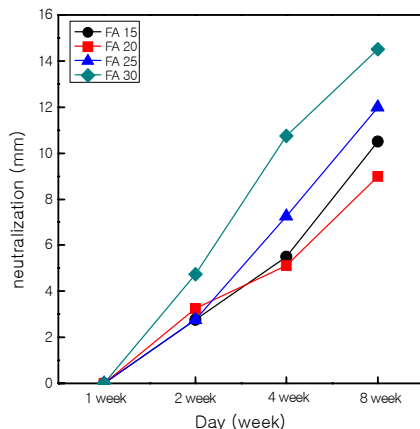


Fig. 10 Test result of neutralization (W/B 60%)

증가할수록 Plain보다 미소하게나마 중성화 깊이가 작게 나타났다.

또한, FA 25, 30%의 경우는 Plain보다 약 2~4 mm 깊게 나타났는데, 이는 FA를 사용한 콘크리트의 경우 포졸란 반응에 따른 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 소비가 콘크리트 자체의 pH치를 저하시키는 자기중성화현상¹⁾에 기인한 것으로 판단된다.

따라서, GA를 사용한 경우 FA 20~25% 치환율에서는 Plain과 동등한 수준으로 나타나, FA를 어느 정도 증가시킬 경우에는 단점으로 지적되는 문제도 어느 정도는 해결 할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구에서는 FA 다량 치환 콘크리트의 품질 개선 및 기타 품질 향상을 목적으로, GA 사용에 따른 FA 다량 치환 콘크리트의 품질 특성을 분석하였는데, 그 결과를 요약 하면 다음과 같다.

- 1) 유동성은 GA를 사용할 경우 유동성 발휘 성능이 저하하므로 0.25~0.30% 증가시켜 주어야 하는 결과였다. 단, W/B 60%의 경우에는 Plain 보다 슬럼프 로스가 약 35~70 mm 감소하여 유리한 면도 나타났다.
- 2) 공기량은 FA 사용량 증가에 따라 FA에 포함된 미연 소탄분의 AE제 흡착작용에 기인하여 감소함으로써 AE제 사용을 비례적으로 증가시켜 주어야함을 알 수 있었다.
- 3) 블리딩은 GA를 사용한 경우 Plain보다 작게 나타났는데, 특히 FA 20%에서 블리딩 발생량이 가장 적게 나타났다.
- 4) 경화 콘크리트의 특성으로 응결시간은 GA를 사용한 경우 Plain과 동등한 수준으로 나타나, 응결 지연현상을 줄일 수 있는 것으로 판단된다.
- 5) 압축강도는 W/B 및 양생온도와 관계없이 GA를 사용한 경우 Plain과 동등한 강도 발현을 확인 할 수 있었으나, 단, FA 30% 치환한 경우는 사용상에 주의가 필요할 것으로 분석되었다.
- 6) 동결융해 저항성은 FA 치환율이 증가할수록 Plain보다 초기 값은 약간 작게 나타났지만, 전반적으로 큰 차이가 아니기 때문에 내동해성은 문제가 없을 것으로 판단된다.
- 7) 축진 중성화는 GA를 사용함에 따라, FA를 다량 사용할 경우 단점으로 지적되는 중성화 취약에 대한 문제를 어느 정도는 해결 할 수 있을 것으로 사료되나, FA 30%까지 치환율이 많게 되면 활용상 주의가 필요한 것으로 사료된다.

이상을 종합하면, 기존 연구에서 개발된 Sodium혼입 고성능 감수제 GA를 FA의 기존사용량 보다 10%까지 증가 시킨 콘크리트도 Plain 배합과 동등한 품질특성이 나타남에, 화력발전소에서 부산물로 생산되는 FA의 소비량 증가에 기여할 수 있는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국동서발전(주) 호남화력 발전 처에 의해 수행된 과제으로써 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 韓國콘크리트學會 ; “콘크리트 혼화재료”, pp. 19~216, 1997
- 2) (주) 건설미디어 ; “한천구의 콘크리트 실무가이드 100”, pp. 29~32, 2006
- 3) 배수환 : “자극제를 사용한 미분쇄 플라이애시 콘크리트의 강도발현에 관한 실험적 연구”, 대구대학교 석사 학위 논문, 2003. 12
- 4) 韓國콘크리트學會 ; “최신콘크리트공학”, pp.128~132, 2005
- 5) 한국전력공사 기술연구원 ; “고성능감수제의 사용에 의한 콘크리트의 특성 및 시공성 개선에 관한 연구”; 1991.1
- 6) 한국동서발전(주) ; “다량 Fly Ash를 사용한 콘크리트

의 조기강도 향상 및 내구성 평가”, 2008. 7

- 7) Oxtoby, David W.; Nachtrieb, Norman H., “Principles of Modern Chemistry”, 2nd ed., Saunders College Publishing, 1990.
- 8) Japan cement association ; “Cement & Concrete”; 2006.
- 9) 박종호, 김정빈, 정용, 박봉순, 이정아, 한천구 ; “자극제를 이용한 플라이애시 콘크리트의 품질 향상에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, pp.349~350, 2009.05
- 10) 박종호, 원은미, 박봉순, 이정아, 한천구 ; “자극제를 사용한 플라이애시 콘크리트의 물리적 특성에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, Vol.20, No2, pp.565~568, 2008.11
- 11) 이정아, 전규남, 백대현, 박종호, 한민철, 한천구 ; “소듐계 조기강도 발현형 혼화제를 사용한 플라이애시 다량 치환 콘크리트의 공학적 특성”, 대한건축학회 학술발표 대회 논문집 제 29권 제1호 (통권 제 53집), pp. 459~462, 2009.10

조강형 혼화제에 의한 플라이애시 다량 치환 콘크리트의 품질향상

본 연구에서는 FA 다량 치환 콘크리트의 품질 개선 및 기타 품질 향상을 목적으로 선행 연구에서 개발된 조강형 혼화제(GA)로 FA 다량 치환 콘크리트의 품질 향상 가능성을 평가하였다. 실험은 우선 FA 15%를 치환한 배합에 나프탈렌계 혼화제(이하 NA)를 사용한 것을 Plain으로 하였고, FA 20, 25% 및 30%를 치환한 경우, GA를 사용하여 콘크리트의 제반특성을 Plain과 비교 실험 하였다. 굳지 않은 콘크리트 특성으로 유동성은 GA를 사용할 경우 저하하므로 그 사용량을 증가시켜주어야 하는데, 단 W/B 60%의 경우는 Plain 보다 슬럼프 로스가 약 35~70 mm 감소하여 유리한 것으로 나타났다. 공기량은 FA 사용량 증가에 따라 FA에 포함된 미연소탄분의 AE제 흡착작용에 기인하여 감소함으로서 AE제 사용을 비례적으로 증가시켜 주어야함을 알 수 있었다. 블리딩은 FA 20%에서 블리딩 발생량이 가장 적게 나타나 블리딩 저감 효과를 기대할 수 있었다. 경화 콘크리트의 특성으로 응결시간은 GA를 사용한 경우 Plain과 동등한 수준으로 나타나, 응결 지연현상을 줄일 수 있는 것으로 판단된다. 압축강도는 W/B 및 양생온도와 관계없이 GA를 사용한 경우 Plain과 동등한 강도 발현을 확인 할 수 있었으나, FA 30% 치환한 경우는 사용상에 주의가 필요할 것으로 사료된다. 동결융해 저항성은 Plain보다 초기 값이 작게 나타났으나, 전반적으로 큰 차이가 아니기 때문에 내동해성 문제가 없을 것으로 판단된다. 촉진 중성화는 GA를 사용함에 따라, FA를 다량 사용할 경우 단점으로 지적되는 중성화 취약에 대한 문제는 어느 정도 해결 할 수 있을 것으로 분석되었다.