

플라이애쉬 혼합 모르타의 공기연행특성에 대한 연구

A Study on the Air-Entrained Properties in mortar Using Fly-ash

하 상 옥* 김 진 춘** 노 갑 수***
Ha, Sang-Wook Kim, Jin-Choon Noh, Kab-Soo

ABSTRACT

An entrained air is important in improving freeze/thaw resistance to the concrete structures. To achieve a proper degree of air entrainment, air entraining admixtures(AEA) are typically added to the concrete mixture, but it has been noted that an increase in the carbon content(LOI) of fly ash causes problems in proper air entrainment in concrete

In this study, the entrained air content of mortar with fly ash as an additive was considered according to the mix design as a type of AEA, adding amount of fly ash and AEA, and the elapsed time. Moreover, two different types of measurement were also tried for air content.

1. 서 론

콘크리트가 고내구성을 갖기 위한 여러 조건 중 특히 동결융해에 대한 저항성을 증대시키기 위해서는 콘크리트내에 적절한 공기량이 확보되어야 하며 아울러 연행된 구형의 기포는 콘크리트 타설작업 시 작업성을 크게 개선할 뿐만 아니라 이러한 작용에 의해 부가적으로 단위수량 및 골재분리의 감소 효과도 얻을 수 있다.

콘크리트내 연행공기량은 공기연행제(이하 AE제로 약함)에 의해 조절되며 적정 공기량의 범위내에서는 AE제 사용량의 증가에 비례하여 연행공기량도 증가하게 되는데 플라이애쉬 혼합 시멘트의 경우 적정의 공기량확보를 위한 AE제의 양은 보통포틀랜드시멘트의 경우보다 많이 소요되는 것으로 알려져 있다. 이것은 특히 플라이애쉬의 성분중 완전히 연소되지 않은 탄소함량, 즉 미연 탄소가 투입된 AE제를 흡착하므로써 공기연행효과를 저하시키는 것으로 분석되고 있으며 공기량확보를 위한 AE제의 양과 플라이애쉬의 강열감량(LOI)은 선형의 관계가 있는 것으로 알려져 있으므로 플라이애쉬의 품질관리를 위해서 LOI는 중요하게 취급해야할 사항이라 할 수 있겠다.

본 연구에서는 국내에서 생산되는 플라이애쉬를 혼합하여 제조한 모르타의 공기연행특성들을 플라이애쉬의 혼합율과 AE제의 사용량을 각각 변화시켜 고찰하였으며 아울러 플라이애쉬의 품질변동에 따른 굳지않은 콘크리트의 공기연행에 보다 안정적인 AE제를 선정하기 위한 연구의 일환으로 국내에서 제조되는 AE제를 사용하여 AE제의 종류에 따른 공기연행특성에 대해서도 고찰하였다.

* 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 연구원

** 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 선임연구원

*** 쌍용중앙연구소 환경자원연구실 수석연구원

2. 실험 개요

2.1. 사용재료

(1) 시멘트 및 혼화제 : 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함)와 플라이애쉬(이하 FA로 약함)를 사용하였으며, 각각의 화학성분을 나타낸 것이 표 1이다.

표 1 사용재료의 화학성분

종류 \ 내용	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	LOI	비중 (g/cc)	분말도 (cm ² /g)
OPC	21.9	6.6	2.8	60.1	3.3	2.1	0.45	0.73	1.3	3.15	3,112
FA	62.4	23.6	6.1	2.9	0.9	0.3	0.49	0.96	4.2	2.42	4,310

(2) 화학 혼화제 : 국내에서 시판되는 9개사의 AE제를 사용하였으며 제조회사에서 제시한 각각의 성분들을 나타낸 것이 표 2이다.

표 2 AE제의 종류와 주성분

표기 \ 종류	A	B	C	D	E	F	G	H	I
주성분	빈졸레진	고급알콜 유도체	음이온계	라우릴 알콜	설페네이트 하이드로 카본	알킬에폭시 설페이트	비이온성 아니온 알콜설포산염,	빈졸레진	소듐 라우릴 설페이트

2.2. 실험 방법

(1) 공기량 측정방법

표준사를 사용하여 C:S의 중량비가 1:4가 되게 하고 풀로우값이 87.5±7.5% 범위에 들도록 물량을 조절하여 제조한 후, KS L 3136(수경성 시멘트 모르타의 공기량 측정방법)에 의하여 측정하였다.

(2) Foam Index 측정방법

탄소성분을 함유한 플라이애쉬와 AE제 사이의 상호작용을 측정하기 위해 사용하는 방법으로서 Ø40×80mm 실린더 용기에 10g의 시료와 25ml의 혼합수를 투입하여 1분간 혼합한 뒤, AE제를 넣고 다시 15초 혼합하며 거포를 제거하기 위하여 45초간 방치한 뒤 기포량을 부피로써 나타내는 방법이다.

2.3. 실험 내용

AE제의 종류, 플라이애쉬 또는 AE제의 혼합을 및 경과시간에 따른 공기연행특성을 알아보기 위하여 표 3과 같이 조건을 정하여 실험하였다.

표 3 실험 조건

실험 내용 \ 실험 조건	실험방법	FA혼합율 (%)	AE제 사용량 (%)	경과시간 (분)
AE제의 종류에 따른 공기연행특성	KS L 3136	0, 20	0.05	0
	Foam Index	0, 50	1.0	0
FA혼합율에 따른 공기연행특성	KS L 3136	0, 10, 20, 30, 40, 50	0.05	0
AE제의 첨가량에 따른 공기연행특성	KS L 3136	0, 20, 50	0.05, 0.1, 0.5, 1.0	0
경과시간에 따른 공기연행특성	KS L 3136	0, 20, 50	0.1	0, 30, 60, 90, 120

3. 실험 결과에 대한 고찰

3.1. AE제의 종류에 따른 공기연행 특성에 대한 고찰

플라이애쉬 성분중의 미연탄소함량으로 인하여 AE제의 공기연행성이 저하되어 콘크리트가 적절한 공기량을 확보하는데 어려움이 있으므로 플라이애쉬의 연행공기량확보에 보다 안정적인 AE제를 알아보기 위하여 국내 혼화제 업체에서 생산하는 총 9개의 AE제를 표준사용량(C×0.05%)으로 투입하고 플라이애쉬를 20%로 혼합한 모르터의 공기량을 보통모르터와 비교하여 나타낸것이 그림 1이고, 그림 2는 보통모르터에 대한 플라이애쉬 혼합모르터의 공기연행성을 상대 비율로써 나타낸 것이다.

그림 1, 2에서 AE제의 종류에 따라 공기연행성이 다소 상이함을 알 수 있었고 특히 C, E의 경우에는 보통모르터의 공기량은 증가한 반면, 플라이애쉬를 20% 혼합한 모르터의 경우 공기량이 각각 8.8, 9.6%로서 상대적으로 낮은 값을 나타내었고 A사의 AE제의 경우 보통모르터와 플라이애쉬 혼합모르터의 공기량이 각각 14.9, 12.8%로서 비교적 근소한 차이를 나타냈으며, 아울러 공기연행율도 86%로 가장 높은 값을 나타내었다.

플라이애쉬의 혼합율을 50%로 하고 AE제를 1% 혼합했을 때의 공기량을 Foam Index실험방법에 의해 측정된 결과를 정리한 것이 그림 3, 4이다. KS에 의한 공기량 측정결과와 유사한 결과를 얻었으며, Foam Index실험에서도 A사의 AE제가 가장 안정적임을 확인할 수 있으며 한편, 그림 1~4로부터 국내에서 유통되고 있는 AE제는 C, E사와 같은 제품을 제외하고는 대부분 안정적인 것으로 판단된다.

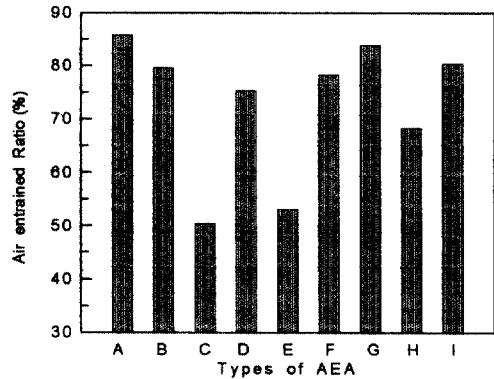
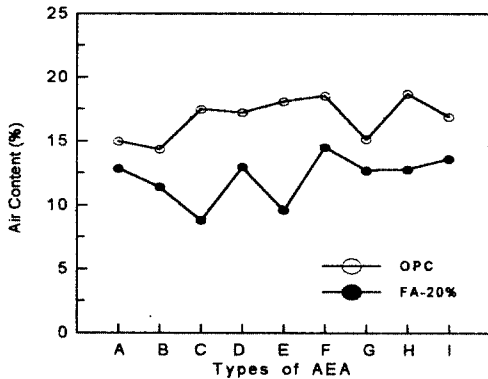


그림 1 AE제 종류에 따른 공기량(KS L 3136)

그림 2 AE제 종류에 따른 공기연행율(KS L 3136)

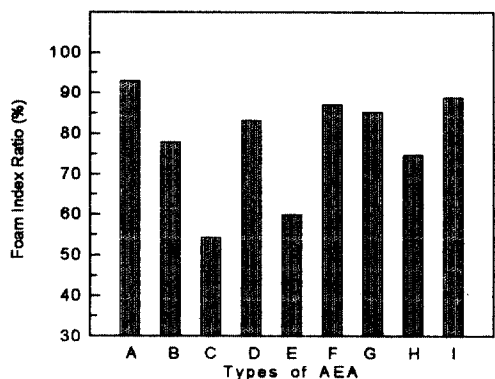
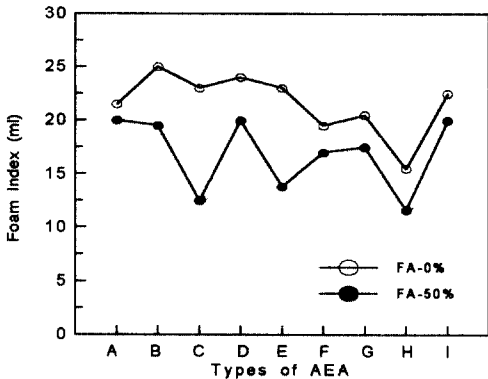


그림 3 AE제 종류에 따른 공기량(Foam Index)

그림 4 AE제 종류에 따른 공기연행율(Foam Index)

3.2. 플라이애쉬와 AE제의 혼합율에 따른 공기연행 특성에 대한 고찰

플라이애쉬와 AE제의 혼합율을 달리했을 때의 공기연행특성을 알아보기 위하여 공기량확보에 안정적인 A 사의 AE제를 0.05%로 투입하고 플라이애쉬의 혼합율을 6단계로 변화시켜 모르터의 공기연행율을 측정하였고 그 결과를 나타낸 것이 그림 5로서 플라이애쉬의 혼합율이 증가함에 따라 공기연행율이 선형적으로 낮아짐을 알 수 있었다. 그림 6은 플라이애쉬를 0, 20 및 50%로 변화시키고 AE제를 0.05~1.0%로 4단계 변화시켰을 때의 공기량을 나타낸 그림으로서 AE제의 사용량이 0.05%일 경우에는 각 모르터의 공기량사이에는 2~3% 정도의 차이가 나타내었지만 0.05~0.5%의 AE제 사용 구간에서는 플라이애쉬 혼합 모르터의 경우 공기량의 증가가 크게 나타났으며 0.5%이후에서는 배합조건에 관계없이 유사한 공기량값을 나타내었다. 이것으로 플라이애쉬의 경우 혼합율이 높아도 적정량의 AE제를 사용함으로써 소요 공기량을 연행할 수 있음을 알 수 있었다.

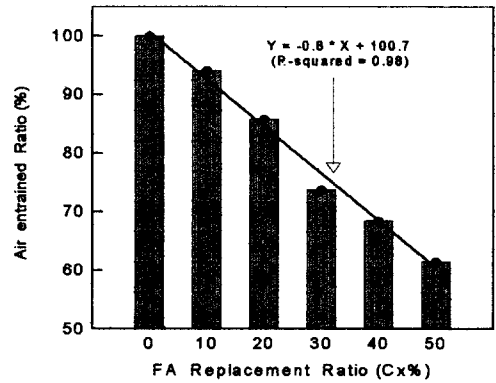


그림 5 플라이애쉬 혼합율에 따른 공기량

3.3. 경과시간에 따른 공기연행 특성에 대한 고찰

플라이애쉬 혼합모르터의 경과시간에 따른 공기연행특성을 알아보기 위하여 AE제를 0.1%로 사용하고 플라이애쉬를 0, 20 및 50%로 혼합하여 믹싱후 120분까지 공기량을 측정한 결과를 정리한 것이 그림 7이며 이 그림에서 플라이애쉬의 혼합율에 관계없이 모르터 공기량의 경시변화는 거의 없음을 알 수 있었다.

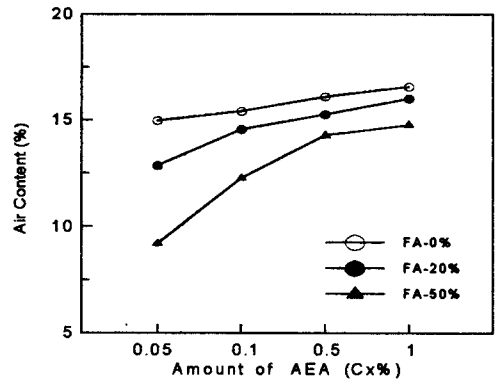


그림 6 AE제의 사용량에 따른 공기량

4. 결 론

- (1) 국내에서 제조 공급되는 9종류의 AE제를 입수하여 플라이애쉬를 사용한 모르터의 공기연행특성을 평가한 결과, 소수의 몇종류를 제외하고 대부분 보통 모르터에 비해 약 80%정도 공기연행이 가능하였다.
- (2) AE제의 성분과 제조방법에 따라 공기연행특성이 상이했으며 측정방법도 충분한 검토가 요망되었다.
- (3) 플라이애쉬 첨가량에 따라서 플라이애쉬 모르터의 공기연행량은 거의 직선적인 관계로 감소하였으며 본 연구 결과에서는 공기연행율(%) = $-0.8 \times \text{플라이애쉬 첨가량}(C \times \%) + 100.7$ 의 관계를 도출하였다.
- (4) 플라이애쉬의 혼합율이 높아도 적정량의 AE제를 사용함으로써 소요 공기량을 연행할 수 있음을 알 수 있었다.
- (5) 경과시간에 따른 플라이애쉬 모르터의 공기량변화를 측정된 결과, 플라이애쉬의 사용량에 관계없이 거의 일정하게 나타남을 알 수 있었다.

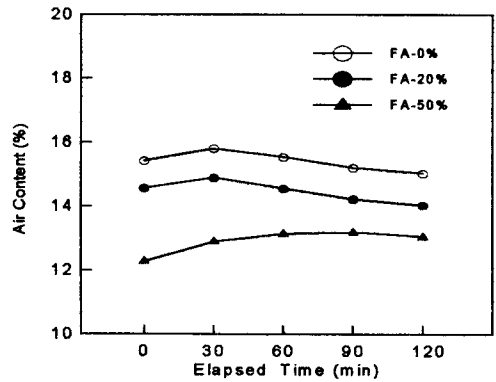


그림 7 경과시간에 따른 공기량