

기포혼입방법에 따른 바텀애쉬를 사용한 기포 콘크리트의 특성

The Properties of Foamed Concrete Slurry Using Bottom Ash According to the Methods of Mixing of Foam

강철* 강기웅* 곽은구** 조성현*** 권기주**** 김진만*****
Kang, Cheol Kang, Gi Woong Kawg, Eun Gu Cho, Sung Hyun Kwon, Gi Ju Kim, Jin Man

ABSTRACT

As the purpose of this study is a research of series to obtain fundamental data on the development of the product of foamed concrete using bottom ash for various applications in the field, the main purpose is the light weight of product of concrete. In this experiment, method of mixing of foam is very important because it control specific gravity and strength of the product.

As the test results, it was found that regardless of mixing method the grower the concentration of foaming agent the lower the specific gravity and the compressive strength of the specimen especially pre-foaming method. From a strength point of view, we knew that mix-foaming method and steam curing is efficient to obtain a adequate compressive strength of foamed concrete.

1. 서론

급속히 발전하는 주거도시의 팽창과 산업시설의 거대화로 국내전력사용이 급증하여, 전력 및 증기 공급을 위한 화력발전소도 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 국내 화력발전소에서 발생하는 석탄회의 발생량도 계속 증가하고 있다. 석탄회 중 15%를 차지하는 바텀애쉬는 미연소 탄소분의 함유량과 입도의 불균일성 때문에 콘크리트의 원료로 재활용하기 어려워 대부분 지반 매립재의 형태로 처리하고 있는 실정이며 재활용에 대한 연구도 미진한 상태이다.

하지만 이런 바텀애쉬를 적절히 미분화 처리 공정을 하여 수열합성반응을 시키면 경량/다공성 경화체 제조가 기술적으로 가능하다. 이에 본 연구는 바텀애쉬를 사용하여 콘크리트제품화를 위한 일련의 연구로서, 주 목적은 기존 콘크리트 제품의 경량화이다. 제품의 경량화를 위해서 기포제를 사용하였으며, 최적 제조 조건을 규명하기 위하여 기포혼입방법, 기포제의 농도 및 양생조건에 따른 기포콘크리트슬러리 및 경화체의 물리적 특성에 대하여 검토를 하였다.

* 정회원, 공주대학교 대학원 건축공학과, 석사과정

** 정회원, 공주대학교 RRC/NMR 전임연구원

*** 정회원, 한전전력연구원 책임연구원

**** 정회원, (주)리폼시스템기술연구소, 연구원

***** 정회원, 공주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 기포 콘크리트의 비중 및 압축강도의 특성을 검토하기 위한 것으로 실험 인자는 표 1과 같이 기포제의 농도는 결합제에 대한 비율로 0.30, 0.35, 0.40%, 기포혼입 방법은 Mix-foaming 방법과 Pre-foaming 방법, 양생 방법은 전치양생 조건에서 기건양생과 증기양생으로 구분하여 실험을 하였고, 실험의 기본배합은 표 2와 같이 물결합재비 85%, 칼슘질 재료는 중량비에 대한 비율로 55%, 규산질재료는 45%로 하였다.

표 1. 실험 계획

실험 인자	실험 수준	측정 항목
기포제 농도(%)	0.30, 0.35, 0.40	플로우 비중
기포혼입방법	Mix-foaming, Pre-foaming	
양생 방법	증기양생, 기건양생	압축강도

표 2. 실험 배합표

물결합재비(%)	중량비(%)	
	칼슘질재료	규산질재료
85	55	45

2.2 사용재료

(1) 시멘트

본 실험에 사용한 시멘트는 KS L 5201의 규정에 적합한 S사 보통포틀랜드 시멘트와 응결조절을 위해 Al_2O_3 의 함량이 약 50%가 되는 국내 U사의 알루미나 시멘트를 사용하였고 그 특성은 표 3에 나타내었다.

표 3. 시멘트의 화학 구성 성분 및 물리적 특성

시료명	화학성분(%)									분말도 (cm^2/g)	비중
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	lg.loss		
보통포틀랜드 시멘트(1종)	25.0	7.7	3.0	61.9	2.1	0.69	0.11	1.8	1.1	3,300	3.15
알루미나 시멘트	4.2	54.7	0.6	36.9	-	0.23	0.08	0.2	0.3	5,210	2.95

(2) 바텀애쉬

시험체 제조를 위해 사용한 바텀애쉬는 국내 무연탄발전소인 S화력에서 발생한 것을 사용하였으며 그 특성은 표 4에 나타내었다.

표 4. 바텀애쉬의 화학 구성 성분 및 물리적 특성

시료명	화학 성분(%)										분말도 (cm^2/g)	비중
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	SO_3	TiO_2	lg-loss	Na_2O		
Bottom Ash	47.7	25.1	5.7	0.6	0.7	3.3	0.1	1.4	15.3	0.0	2,100	2.36

(3) 혼화재료

시험체의 안정성 확보를 위해 소량의 석회 및 석고를 사용하였고, 경화체의 적정한 비중 및 기포 형성을 위해 A사의 기포제와 K사의 나프탈렌계 고성능 감수제를 사용하였다.

2.3 실험방법

(1) 혼합방법

시험체의 기포혼입방법은 기포콘크리트의 혼합방법 중 분체 건비법 후 배합수와 기포회석액을 동시에 투입하여 혼합하는 Mix-foaming방법과 분체에 배합수를 투입하여 슬러리 상태로 만든 후 발포기를 이용하여 발포시킨 기포용액을 투입하는 Pre-foaming방법으로 구분하여 제작하였으며, 그림 1은 혼합 방법에 대한 개념도를 나타내었다.

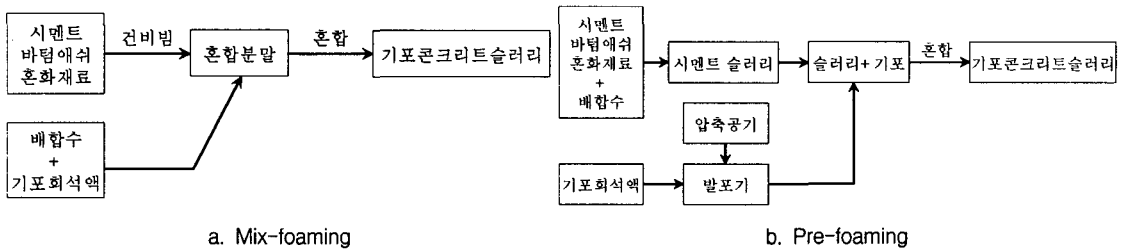


그림 1. 기포혼입방법

(2) 시험체의 양생방법

시험체는 타설이 끝난 뒤 기건상태에서 3시간 방치 후 기건양생과 증기양생(80℃)으로 구분하여 3시간씩 전치양생을 실시한 후 오토클레이브(180℃,10기압)조건에서 18시간동안 양생을 실시하였다.

(3) 측정항목

굳지 않은 상태에 대한 시험으로서 KS F 4039(현장타설용 기포콘크리트)에 따라 슬러리 비중 및 플로우 시험을 실시하였으며, 경화 상태에 대해서는 KS F 2459(기포 콘크리트의 겉보기 비중, 함수율, 흡수율 및 압축 강도 시험방법)에 따라 겉보기 비중 및 압축강도 시험을 실시하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 플로우값의 변화

그림 2는 기포혼입방법에 따른 플로우값의 변화를 나타낸 것으로 Mix-foaming방법에서는 기포제의 농도가 증가할수록 플로우값은 감소하고, Pre-foaming방법에서는 기포제의 농도가 증가할수록 플로우값도 증가하는 것으로 나타났다.

Pre-foaming방법에서 플로우값이 낮게 나타난 원인은 미세한 기포가 Mix-foaming방법에 비해 상대적으로 많이 혼합되어 슬러리의 운동에너지를 감소시켜, 페이스트의 자중에 의한 흐름을 방해하기 때문인 것으로 사료된다.

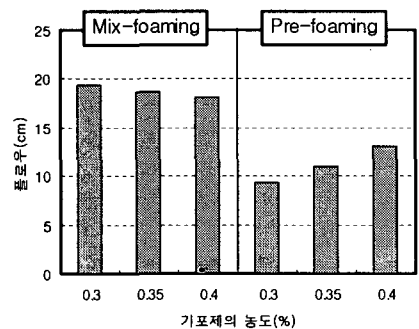


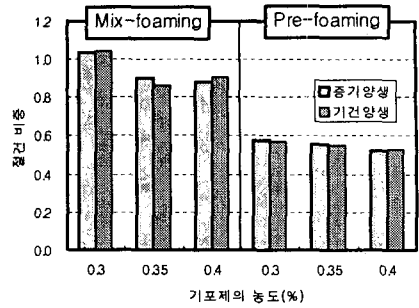
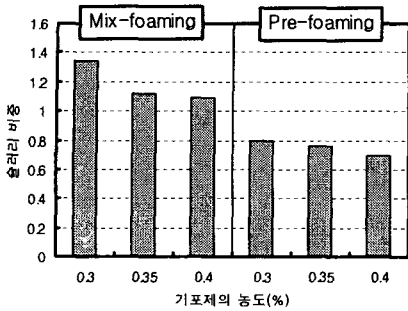
그림 2. 실험체의 플로우의 변화

3.2 비중

그림 3은 혼합방법 및 양생조건에 따른 시험체의 슬러리 및 절건 비중의 변화를 나타낸 것으로 그림 3. a에서는 기포혼입방법에 상관없이 기포제의 농도가 증가함에 따라 비중이 감소하는 것으로 나타났으며, 이러한 경향은 Mix-foaming방법에 비해 Pre-foaming방법에서 더욱 큰 것으로 나타났다. 이러한 원인은 Pre-foaming방법에서의 발포기 사용에 의한 미세 기포의 증가로 인한 것으로 사료된다.

그림 3. b에서 알 수 있는바와 같이 전치양생조건에 따른 겉보기 비중의 차이는 크지 않고 그림 3.

a와 같이 기포제의 농도가 증가함에 따라 겉보기 비중은 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 시험체의 비중에 영향을 주는 것은 기포제의 농도 및 기포혼입방법이 주요한 인자 인 것으로 나타났다.



a. 기포제의 농도에 따른 겉보기 비중 변화

b. 기포제의 농도에 따른 겉보기 비중 변화

그림 3. 시험체의 비중 변화

3.3 압축강도

그림 4는 기포혼입방법, 기포제 농도 및 양생조건에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 실험 결과 혼합 방법에서는 기포가 적게 발생하는 Mix-foaming 방법이 Pre-foaming 방법에 비해 압축강도가 높게 나타났고, 또한 기포 농도 변화에서는 기포제의 농도가 증가할수록 압축강도는 감소될 것으로 예측하였는데, 농도변화에 따른 경화체의 강도변화는 거의 발생하지 않고 있다.

양생조건에서는 증기양생 시험체가 기건양생 시험체보다 압축강도가 높게 발현하지만 그 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

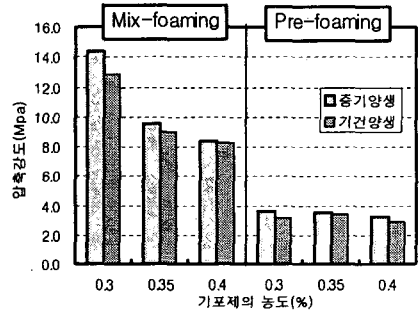


그림 4. 혼합 방법에 따른 압축강도

4. 결론

바탕애쉬를 사용한 기포콘크리트제품의 제조 가능성을 검토하기 위하여 기포혼입방법에 따른 기포콘크리트의 비중 및 압축강도에 미치는 영향을 실험적으로 검토한 결과 기포제의 농도가 증가할수록 비중 및 압축강도는 감소하며, 비중이 높아질수록 압축강도도 높아지는 것을 알 수 있었다. 적절한 압축강도의 발현을 위해서는 Mix-foaming 방법이 Pre-foaming 방법보다 효과적인 것을 알 수 있었다.

[감사의 글]

본 연구는 전력산업연구개발의 연구비 지원에 의해 공주대학교 자원재활용신소재 연구센터(RRC/NMR)가 수행한 연구 결과의 일부임.

참고문헌

1. 플라이애쉬를 혼입한 현장타설 경량기포콘크리트의 물리적 특성 및 품질관리 한국콘크리트 학회 논문집 제 13권 1호, pp.71, 2001
2. 한전산업개발(주), 석탄회 발생 및 재활용 현황, 2002
3. Properties of Concrete, A. M. Neville, 1996, fourth final edition, pp.370~373
4. Coal Ash : Its Origin, Disposal, Use, and Potential Health Issues, EPRI, 1998