

바텀 애쉬를 사용한 기포콘크리트의 물리적 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Physical Properties of Foamed Concrete Using Bottom Ash

강기웅* 강철* 곽은구** 신흥철*** 권기주**** 김진만*****
Kang, Ki Woong Kang, Chul Kwag, Eun goo Shin, hong cheol Kwon, Ki Joo Kim, Jin Man

ABSTRACT

The annual consumption of coal by coal-fired power plants is increasing. Also a large amount of ash is produced. The disposal of this large amount of ash makes the serious environmental problems and economical loss. Fly ash among the ash produced is used in building industries as a substitute to cement in concrete. But bottom ash is not used because of its poor properties.

This study is aimed at the production of foamed concrete using bottom ash, to examine the physical properties of foamed concrete is manufactured by autoclaving, and to exhibit the fundamental data to use it in site.

1. 서론

석탄 사용량 증가에 따라 석탄회 발생량도 증가하여 2010년경 석탄회 발생량은 약 600만 톤에 이를 것으로 예상되어¹⁾ 상당한 규모의 회처리장 부지가 필요하며 그에 따른 투자비 증가, 환경훼손 등의 문제가 발생할 것이다.

석탄회 중 플라이애쉬의 경우 시멘트 원료나 콘크리트 제품 제조 시 시멘트 대체재로써 사용되고 있으며 활용 방안에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 비정제 석탄회인 바텀애쉬의 경우 물리·화학적 성질이 열악하여 활용 방안이 매우 미흡한 상태이며 대부분 매립되고 있다. 이러한 배경으로 석탄회를 폐기물이 아닌 이용가능한 제 3의 자원으로 인식의 전환을 통하여 국가적 차원에서 그 활용성에 대한 새로운 관심과 연구개발이 활발히 이루어지고 있다.

한편, 칼슘질 재료와 규산질 재료에 의한 수열합성반응에서 생기는 수화물 중에 하나인 tobermorite는 다공성이며 단열성, 내열성, 압축강도, 길이변화에 대한 안정성 등이 상온 양생한 경화체 보다 월등히 높아 그 용도가 다양하게 개발되고 있다.²⁾⁻³⁾

이에 본 연구는 바텀애쉬를 규산질 재료로 하는 기포콘크리트로 제작한 후 그 물리적 특성을 비교·검토하여 바텀애쉬 활용의 기초 자료로 제시하고자 한다.

* 정회원, 공주대학교 대학원

** 정회원, 공주대학교 자원재활용신소재 연구센터, 연구원

*** 정회원, 공주대학교 자원재활용신소재 연구센터, 연구원, 공학박사

**** 정회원, 한국전력공사 전력연구원, 책임 연구원

***** 정회원, 공주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구에서는 바텀애쉬를 활용한 기포콘크리트의 물리적 특성을 검토하기 위하여 표 1과 같이 바텀애쉬의 화학성분에 따른 CaO/SiO₂ 몰비

0.80, 0.85, 0.90 3수준, 물결합재비 130, 140, 150 3수준, 전체 물량에 대한 기포제량 0.320, 0.385, 0.450 3수준으로 실험을 실시하였다.

수열합성반응은 칼슘질 재료와 규산질 재료에 의해 크게 영향을 받게 되는데, 규산질 재료로써 바텀애쉬의 적합성을 비교·검토하기 위해 SiO₂ 함량이 90% 이상인 규사분을 혼입한 일정 수준의 기포콘크리트와 바텀애쉬를 혼입한 기포콘크리트를 Autoclave 양생을 통한 수열 합성 반응 후 물리적 특성을 비교, 검토하였다.

2.2 사용재료

2.2.1 시멘트

경화체의 경화를 형성하기 위한 CaO원으로서 SiO₂와의 몰비에 따른 수열합성 반응을 촉진 시켜주는 대상 원료로 시멘트를 사용하였다. 시멘트는 S회사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 초기 응결 촉진 및 재료분리 현상을 방지하기 위하여 Al₂O₃ 함량이 약 60% 이상이 되는 국내 U사의 알루미나 시멘트를 사용하였다.

2.2.2 바텀애쉬

본 연구에서 사용된 규사분은 충북 금평에서 생산되는 것이며, 바텀애쉬는 국내 무연탄 S화력발전소에서 발생되고 있는 것으로 Roll mill로 1차 가공하여 75 μ m체 통과 분을 사용하였다. 본 재료의 분말도는 KS L 5106 「공기 투과 장치에 의한 포틀랜드 시멘트의 분말도 시험 방법」, 비중은 KS L 5110 「포틀랜드 시멘트의 비중 시험」에 준하여 실시하였으며, 규사분, 바텀애쉬의 물리적 성질과 화학성분은 표 2에 나타내었다.

Table 2. Physical property and chemical composition of Bottom Ash

구분	항목	Physical property		chemical composition(%)								
		Fineness (cm ² /g)	Specific gravity	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Ig-loss
Quartz		3000	2.61	90.1	5.7	1.0	-	0.1	0.14	1.72	-	1.2
Bottom Ash		2100	2.36	47.7	25.1	5.7	0.6	0.7	3.3	0.0	0.1	15.3

2.2.4 혼화재료

고성능 감수제는 나프탈렌계로써 국내 K사의 제품을 사용하였으며, 기포제는 국내 A사에서 생산되는 콘크리트용 계면활성제 AES로써 물리·화학적 특성은 표 3에 나타내었다.

Table 3. Chemical properties of AES

구분	항목	Active mater	Free oil	Klett Color (5% on AM)	Na ₂ SO ₄	pH(ncat)
AES		28.21	0.28	7	0.28	8.39

2.3 실험방법

2.3.1 기포 콘크리트 제작

기포 콘크리트는 시멘트, 바텀애쉬등의 분체, 물, SP제 그리고 기포수(물+기포제)의 50%를 넣고 1분간

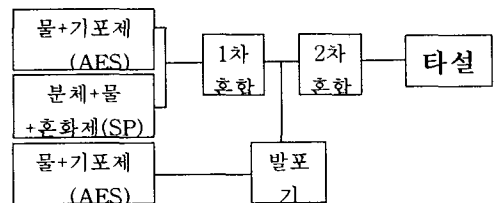


Fig. 1 Process of foamed concrete

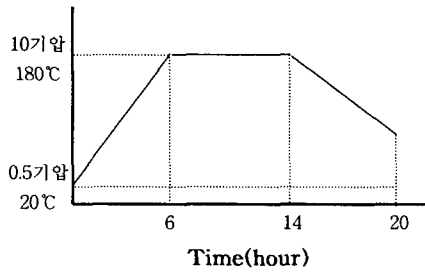
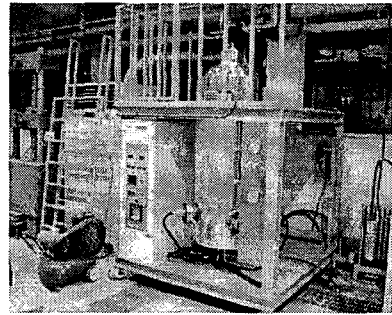


Fig. 2 Method of autoclave curing



Picture 1. Autoclave

혼합 후 자체 제작한 발포기를 사용하여 나머지 기포수 50%를 2차 혼합하여 제작하였으며, 그림 1에 도식화하여 나타냈다.

2.3.2 양생방법

타설 된 기포콘크리트가 짧은 시간에 운잡 및 취급이 가능한 정도의 강도를 발현시키기 위하여 1차 증기 양생을 3시간(80°C) 실시하였으며, 2차적으로 그림 2와 같이 고온고압증기 양생을 실시하였다.

2.3.3 측정항목

혼합을 마친 기포콘크리트에 대하여 KS F 4039 「현장 타설용 기포콘크리트」에 따라 기포슬러리 비중을 측정하였으며 고온고압증기 양생을 실시한 경화된 기포콘크리트에 대하여 KS F 4914 「경량 기포콘크리트 패널(ALC패널)」에 준하여 절건 비중, 압축강도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 규사분을 사용한 기포콘크리트

그림 3은 규사분과 기포제를 전체 물량에 대하여 0.2% 사용한 기포콘크리트의 실험결과로써 물시멘트비와 CaO/SiO₂ 몰비에 따른 압축강도 및 절건 비중을 나타낸 것이다. 겉보기 비중의 범위는 0.35~0.44이며, 물결합재비가 증가할수록 비중은 감소하고 있다. 압축강도의 경우 물결합재비가 증가할수록 다소 낮아지는 경향을 보이고 있지만 대부분 1.0MPa 이상이며 CaO/SiO₂ 몰비 0.85에서 높게 나타나고 있다.

3.2 바텀애쉬를 사용한 기포콘크리트

그림 4는 바텀애쉬를 사용한 기포콘크리트의 실험결과로써 CaO/SiO₂ 몰비, 물결합재비, 기포제 투입량에 따른 압축강도 및 절건 비중을 나타낸 것이다.

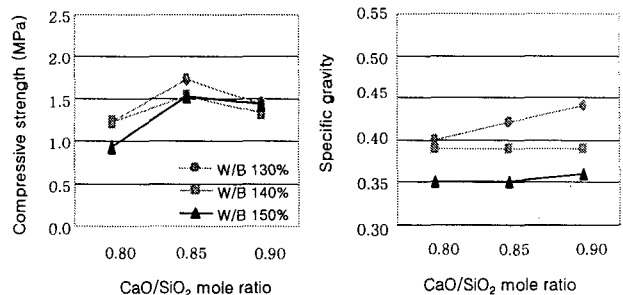


Fig. 3 Compressive strength and specific gravity according to CaO/SiO₂ mole ratio

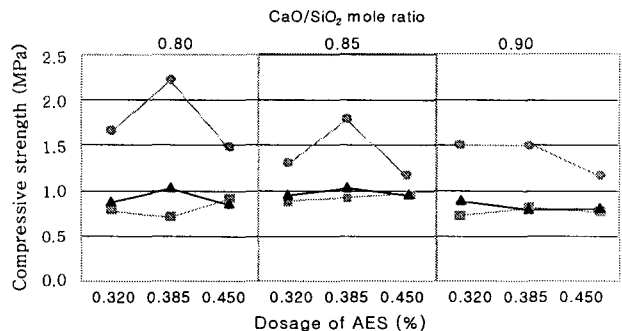


Fig. 4 Compressive strength according to dosage of AES

3.2.1. 압축강도

물결합재비 변화에 따라 140, 150%에서는 유사한 강도를 보이고 있으나, 130%에서 바텀애쉬를 사용한 경우 규사분을 사용한 경우보다 동등이상의 강도가 나타났다. 기포제 투입량에 대해서는 0.6%에서 높은 경향을 보이며, CaO/SiO₂ 몰비에 대한 강도 변화의 경향은 뚜렷하게 나타나고 있지 않으며 물결합재비 130%를 제외한 부분에서 규사분을 적용한 결과에 비해 낮은 수준을 보이고 있다.

3.2.2. 절건 비중

절건 비중은 CaO/SiO₂ 몰비 변화에 대해서 유사한 경향을 나타내며 물결합재비와 기포제투입량이 증가할수록 감소하고 있다. 그러나 몰비 계산에 따른 바텀애쉬의 양이 규사분에 비해 상대적으로 많기 때문에 기포제량이 증가하였음에도 비중이 다소 높게 나타난 것으로 판단된다.

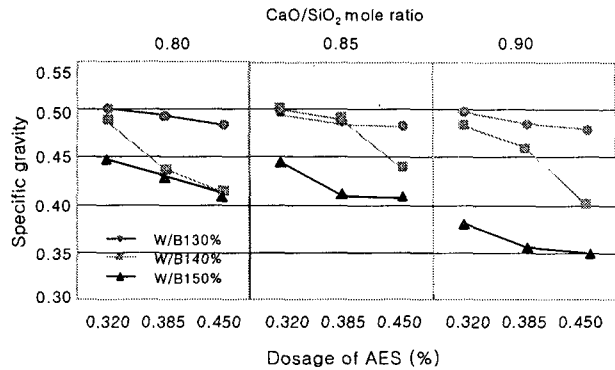


Fig. 5 Specific gravity according to dosage of AES

4. 결론

바텀애쉬를 사용한 기포콘크리트의 물리적 특성을 검토한 결과는 다음과 같다.

- 1) 압축강도는 물결합재비 130%, 기포제 투입량 0.385%에서 강도가 증진 되는 것으로 나타났다.
- 2) 절건 비중은 CaO/SiO₂ 몰비 변화에 대해서는 영향을 받지 않으며 물시멘트비와 기포제투입량이 증가할수록 감소한다.
- 3) 규사분을 사용한 기포콘크리트에 비해 다소 낮은 결과를 보이고 있지만 규산질 재료로써 적용이 가능한 것으로 나타났다.

향후 실질적인 사용 목적에 따른 다양한 검토와 연구가 수행 되어야 할 것이다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 한전산업개발(주), 석탄회 발생 및 재활용 현황, 2002.10.
2. Influence of Quartz Particle Size and Ca/Si Ratio on Strength of Autoclaved Calcium Silicate Board, Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan, 2000. 7, p.278-284
3. Naomichi, 非晶質ツリカによるツェナイトとトペロライトの合成, Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan, 2000. 7, p.133~142, 2000
5. 플라이애쉬를 혼입한 현장타설 경량기포콘크리트의 물리적 특성 및 품질관리 한국콘크리트학회 논문집 제 13권 1호, 2001, p.71
6. 안민선 외 3인, 플라이 애쉬-석회계 수명반응에 있어서 석고 및 시멘트의 영향, Journal of the Korean Ceramic Society Vol. 35, No. 10, p.1030~1039, 1988
7. 고용석 외 5인, 플라이 애쉬를 혼입한 기포콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집, 2000