

# 바텀애쉬를 사용한 기포콘크리트의 흡음률과 공극특성에 관한 연구

## A Study on the Sound Absorption Coefficient and Void Characteristic of Foamed Concrete Using Bottom Ash

강기웅\*    강철\*    kwag은구\*\*    노재명\*\*\*    권기주\*\*\*\*    김진만\*\*\*\*\*  
Kang, Ki Woong    Kang, Chul    Kwag, Eun Gu    No, Jae myoung    Kwon, Ki Joo    Kim, Jin Man

### ABSTRACT

Sound absorption coefficient is affected by void in sound absorbing materials, therefore it is important to analyze properties of void pore. Also, it can be used to estimate performance of foamed concrete when it is applied to absorb sound.

The purpose of this study is to analyze the sound absorption coefficient and void characteristic of foamed concrete using bottom ash. As a result of experiment, it was determined that an increase in sound absorption coefficient is achieved by increasing added amount of foam.

### 1. 서론

산업이 발달되고 문화수준이 향상됨에 따라 주변 환경에 대한 관심이 높아지면서 생활공간, 산업시설, 교통수단 등에서 발생하는 소음은 사회적 문제로 제기되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 사용되는 가장 일반적인 방법은 흡음재를 이용하여 소음을 저감시키는 것이다.

흡음재의 경우 섬유상 다공질 흡음재인 유리솜(glass wool)과 암면(rock wool)이 많이 사용되고 있으나 재료특성으로 인한 인체 유해성 여부가 문제점으로 제기되고 있어 이러한 배경으로 기포콘크리트와 같은 다공성의 강체 흡음재의 개발에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

다공성 흡음재의 경우 무수히 많은 세공이 있어, 입사음파는 이들 세공을 통해 내부로 흡수되어 소멸되며, 일반적으로 세공의 수가 많고 이들 간의 연결통로가 많을수록 흡음효과가 좋아진다.<sup>1)</sup> 그러므로 흡음재의 공극특성은 흡음성능을 좌우하는 가장 중요한 요인이 되는 것이다.

본 연구에서는 바텀애쉬를 사용한 기포콘크리트를 다공성의 강체 흡음재로 사용하기 위한 기초적인 연구로서 흡음률과 공극 및 물리적 특성을 검토할 것이다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1 실험계획

\* 정회원, 공주대학교 대학원

\*\* 정회원, 공주대학교 자원재활용신소재 연구센터, 연구원

\*\*\* 정회원, 한국전력공사 전력연구원, 연구원

\*\*\*\* 정회원, 한국전력공사 전력연구원, 수석연구원

\*\*\*\*\* 정회원, 공주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 연구는 사용재료의 화학성분에 따른 CaO/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 몰비를 0.85, 기포제 희석비율을 0.3%로 고정하였고 기포콘크리트의 흡수율과 공극특성을 검토하고자 물결합재비 80, 90, 100% 3수준, 기포 투입량 80, 100, 120 3수준으로 실험을 실시하였으며, 측정항목으로는 압축강도, 절건비중, 흡수시간, 흡수율, 공극률, 공극사이즈를 측정하였다. 실험계획은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Experimental plan

Factors	Levels	Classification	Test items
Water/Binder ratio(%)	70, 80, 90, 100	I, II, III, IV	Compressive strength Specific gravity Time of absorbing Void ratio, Void size sound absorption coefficient
Input of foam(%),*	80, 100, 120	A, B, C	

## 2.2 사용재료

### 2.2.1 시멘트

본 연구에서 사용된 시멘트는 KS L 5201 규정에 적합한 S사의 보통 포틀랜드 시멘트와 초기 응결 및 재료분리 방지를 위해 S사의 알루미늄 시멘트를 시멘트 중량에 대하여 10%를 사용하였다.

### 2.2.2 바텀애쉬

본 연구에서 사용된 바텀애쉬는 국내 무연탄 S화력발전소에서 발생되고 있는 것으로 Ball mill로 6시간 가공한 것을 사용하였다. 물리적 성질과 화학성분은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Physical properties and chemical composition of Bottom ash

Physical property		Chemical composition(%)							
Specific gravity	Surface Area (cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Ig-loss
2.36	8070	47.7	25.1	5.7	0.6	0.7	3.3	0.1	15.3

### 2.2.3 혼화제

기포제는 국내 A사에서 생산되는 계면활성제를 사용하였으며 화학적 특성은 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Chemical properties of foaming agent

Type	Active Matter(%)	Free Oil(%)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Klett Color (5%AM)	P.H (Neat, 25°C)
Foaming agent	28.17	0.30	4	0.15	7.53

## 2.3 실험방법

### 2.3.1 기포콘크리트 제작

리본형 믹서를 사용하여 분체, 배합수를 넣어 1분간 혼합한 후 선기포 방법으로 기포를 발생시켜 슬러리와 1분간 혼합하여 기포콘크리트를 제작하였다.

### 2.3.2 양생방법

단시간에 강도를 발현할 수 있도록 타설 후 4시간 기건양생 후 온도상승 시간당 20°C, 최고온도 80°C에서 3시간 동안 증기양생을 실시하였으며, 고온고압증기양생을 Fig. 1과 같이 실시하였다.

### 2.3.3 압축강도 및 비중

고온고압증기양생을 마친 기포콘크리트에 대하여 KS F 4914 『경량 기포콘크리트 패널(ALC 패널)』에 준하여 절건 비중 및 압축강도를 측정하였다.

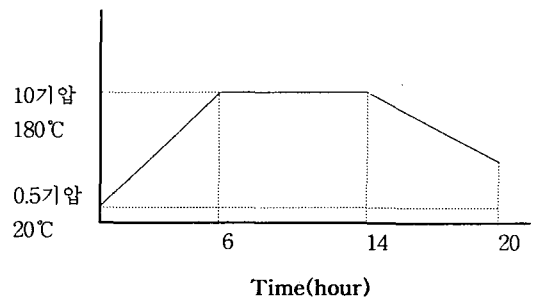


Fig 1. Condition of autoclave curing

### 2.3.4 흡음률

KS F 2814 『관내법에 의한 건축재료의 수직 입사 흡음률 측정방법』에 준하여 흡음률을 측정하고 측정된 250, 500, 1000, 2000Hz의 각 주파수대역 흡음률을 산술평균하여 흡음계수(NRC)로 나타내었다.

### 2.3.5 전공극률

시험체의 절건중량  $W_1$ , 수중중량  $W_3$ , 체적  $V$ 를 측정하여 아래의 식에 따라 전공극률을 산출하였다.

$$\text{전공극률} = 1 - \frac{W_3 - W_1}{V} \times 100$$

### 2.3.6 흡수시간

시험체의 연속 공극 상태를 비교하기 위한 방법으로 시험체 표면에  $\varnothing 50 \times 51\text{mm}$  관을 밀실하게 부착한 후 물 150ml가 흡수되는 시간을 간이적으로 측정하였다.

### 2.3.7 평균공극직경

기포콘크리트의 표면을 평활하게 연마한 후 광학현미경을 이용하여 100배 배율로 촬영하고 이미지 분석 프로그램(i-SOLUTION)을 이용하여 평균 기포 직경을 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 흡음률

Fig. 2는 각 주파수대역의 흡음률을 나타낸 것이다. 전체적으로 유사한 경향의 결과를 나타내고 있지만 II-B, II-C는 500~1000Hz에서 높은 수치를 나타내고 1500Hz 대역에서는 오히려 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 일부 기공이 막혀있어 특정주파수 대역에서의 흡음률에 영향을 준 것으로 판단된다. Fig. 3, 4는 흡음계수(NRC)와 흡수시간의 관계 그리고, 물결합재비에 따른 변화를 나타내었다. 흡음계수가 높을수록 흡수시간이 짧게 나타났으며, 기포투입량이 증가함에 따라 흡음률이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 기포침가량이 증가됨에 따라 연속공극률을 증진시켜 흡음률을 향상시킨 것으로 판단된다.

### 3.2 공극 특성

Fig. 5는 기포투입량에 따른 공극률과 평균기포직경을 나타낸 것이다. 공극률은 물결합재비가 증가함에 따라 감소하는 경향이 나타났으며, 평균공극직경은 물결합재비 70, 80%에서는 증가하는 반면, 90, 100%에서는 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이는 일정 수준 이상의 배합수가 투입된 기포의 희석농도를 저하시켜 공극 형성 및 직경을 감소시키는 것으로 판단된다.

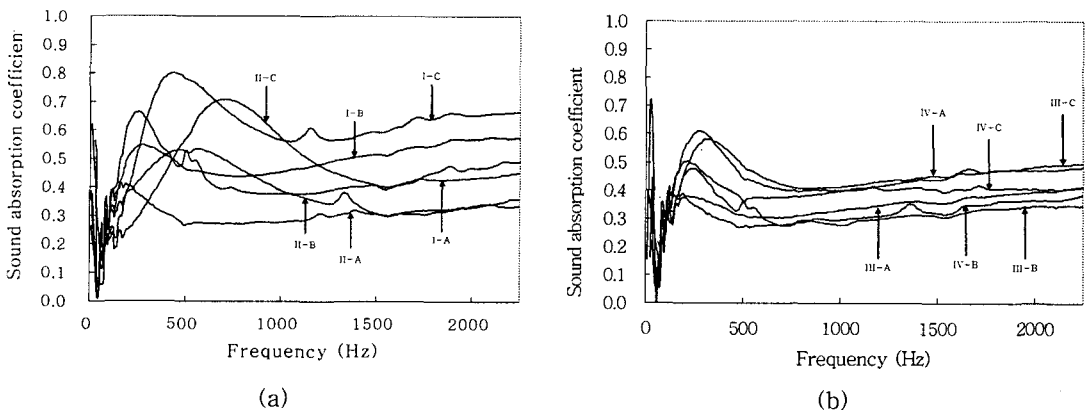


Fig. 2 Variation of sound absorption coefficient according to frequency

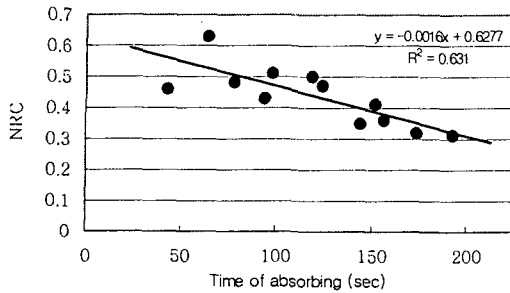


Fig. 3 Relationship between NRC and time of absorbing

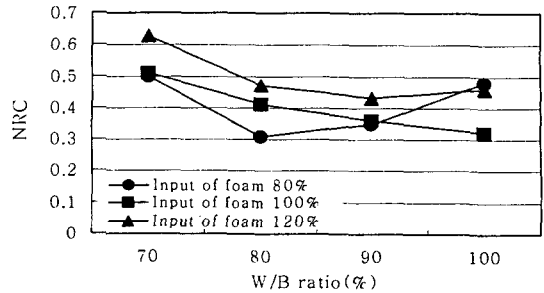


Fig. 4 Variation of NRC according to W/B ratio

#### 4. 결론

본 연구는 바텀애쉬를 사용한 기포콘크리트의 흡음 및 공극 특성을 검토한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 흡음률은 기포투입량 증가에 따른 연속공극의 형성이 높을수록 증진되는 것으로 나타났으며, 이는 흡음성능 개선에 중요한 요인으로 사료된다.

2) 물결합재비 90, 100%에서는 기포 투입량이 증가하더라도 공극률과 평균공극직경이 감소하는 경향이 나타났다. 따라서 물결합재비와 기포투입량의 적절한 조절이 필요할 것으로 판단된다.

3) 흡음계수의 범위가 0.3~0.6으로 일반적인 흡음재의 기준보다 다소 낮은 결과를 나타냈었다. 차후 적정 물결합재비와 혼입되는 기포의 조건을 고려한 연구가 수행되어야 할 것이다.

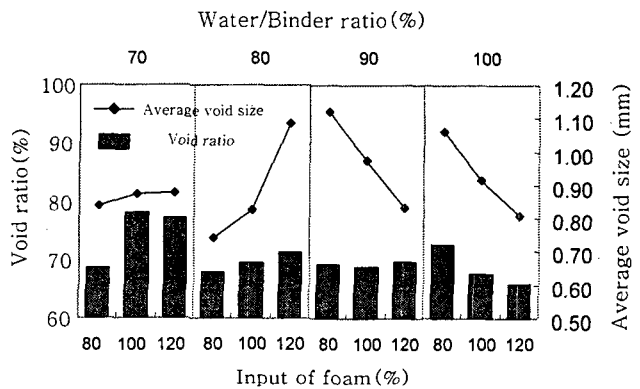


Fig. 5 Variation of void ratio and average void size according to input of foam

#### 【감사의 글】

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

#### 참고문헌

1. 김정태, 쾌적한 환경 및 저소음 제품개발을 위한 흡음과 차음, 강습회한국소음진동공학회, 소음계측 및 제어기술, 1993
2. 이승환 외 2인, 연속공극을 갖는 기포콘크리트의 흡음특성에 관한 연구, Journal of the Korea Concrete Institute Vol.15, No. 4, pp. 566~573, August 2003
3. 정성수 외 2인, 초경량 콘크리트 흡음재의 음향특성, 대한환경공학회지, J. of KSEE Vol. 23, No.7, pp.1151~1158, 2001
4. 권혁찬 외 2인, 이미지 분석에 의한 콘크리트의 공극 분포 및 공기량 분석, 산업기술연구(강원대학교 산업기술연구소 논문집), 제 24권 A호, pp. 157~164, 2004
5. E.P.Kearsley, The effect of porosity on the strength of foamed concrete, Cement and Concrete Research 32, pp.233~239, 2002, Porosity and permeability of foamed concrete, Cement and Concrete Research 31, pp.805~812, 2001
6. 김선우 외 4인, 강체다공질 흡음재의 개발 및 실용화에 관한 연구(I), 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp.35~40, 1998