

# 바텀애쉬를 사용한 경량 기포콘크리트의 소음저감 성능에 관한 실증실험 연구

## Practical Field Test on the Sound Reduction Properties of Formed Concrete using Bottom Ash

노재명\*      권기주\*\*  
Noh, Jea Myoung      Kwon, Ki Joo

---

### ABSTRACT

Recently the new inorganic sound-absorbing material manufacturing techniques have introduced. These mainly is plentifully used in the place where the noise damage becomes problem in life environment, partitioning of the apartment, the railroad and the express highway, school and the residential quarter neighboring area etc. While the sound-absorbing material has vast quantity of open pore, sound insulation material, used in the apartment and high building in order to prevent the sound between layers, has suitable quantity of closed pore.

The fly ash is widely used in the cement materials and the concrete binder material. The bottom ash, however, is rarely used for the grain size is big and multiform with unburning carbon ingredient

In this paper, the practical field tests and the results on the sound reduction properties of formed concrete using bottom ash are described.

---

### 1. 서론

최근 무기 재료에 기포제와 같은 혼화제를 사용하여 열린기공을 다량으로 도입시켜서 흡음효과를 나타내는 새로운 무기 흡음재 제조기술이 소개되고 있으며 이들은 주로 아파트의 세대간 칸막이, 철도, 고속도로, 학교 및 주택지 주변지역과 같이 소음이 생활환경에 문제시 되는 곳에 사용된다. 차음재는 주로 아파트, 빌딩 등과 같은 고층 다세대 주택에서 층간의 소음을 방지하기 위하여 사용되는 재료로서, 흡음재가 열린기공(open pore)을 다량 도입한 것에 반해서 차음재는 독립기공(closed pore)을 재료 내에 적당하게 도입하여 소음의 전달을 차단하는 동시에 어느 정도의 강도를 발현시켜서 구조 재료로서의 기능도 갖게 한 것이다.

한편, 화력 발전소에서 발생하는 석탄회 재활용율은 80% 미만이고 재활용되지 못하는 석탄회는 대부분 매립 및 폐기 처분되어 환경오염문제와 매립지 부족 현상을 야기하고 있다. fly ash는 시멘트 원료 및 콘크리트 혼화재료로 널리 사용되고 있는 반면에 bottom ash는 입도가 크고 균일하지 않으며, 미연탄소 성분에 의하여 재활용이 미흡한 실정이다.

본 연구는 가공된 bottom ash를 사용한 경량 기포콘크리트 다공성 흡음재 및 차음재의 소음저감 성능에 관한 실험 연구이다.

---

\* 정회원, 한국전력공사 전력연구원 일반연구원

\*\* 정회원, 한국전력공사 전력연구원 수석연구원

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구에서는 흡음재와 차음재의 두께 및 구조에 따른 소음저감 성능을 확인하기 위하여 D연구소의 음향시험실에서 실내시험을 수행하고 흡음재는 S발전소 통합운전원실에서 차음재는 S주거실험실에서 각각 현장시험을 실시하였다. 전체적인 실험계획은 표 1과 같다.

표 1. 실험 계획

구분	실내 시험 구조		현장 시험 단면 구조	비고
흡음재	A-1	시료 50mm	마감천 + 시료 50mm + 공기층 50mm + 석고보드 9.5mm + 합판 6mm×2겹	
	A-2	시료 50mm + 공기층 40mm		
	A-3	폴리에스테르(40k) 50mm	-	기존재료
	A-4	폴리에스테르(40k) 50mm + 공기층 40mm		기존재료
차음재	I-1	시료 50mm + Glass Wool(32k) 50mm + 공기층 50mm + 시료 50mm	시료 100mm	세대간경계벽
	I-2	시료 100mm		세대내경계벽
	I-3	일반 콘크리트 150mm	-	세대간경계벽, 기존재료
	I-4	석고보드 9.5mm×2겹 + 틀(STUD 100@450) + 폴리에스테르 50mm + 석고보드 9.5mm×2겹		세대내경계벽, 기존재료

2.2 사용재료 및 배합

2.2.1 시멘트

본 연구에서 사용한 시멘트는 KS L 5201 규정에 적합한 S사의 보통 포틀랜드 시멘트와 초기 응결 및 재료분리 방지를 위해 U사의 알루미늄 시멘트를 보통 포틀랜드 시멘트 중량에 10%를 사용하였으며 화학적 성분은 표 2에 나타내었다.

2.2.2 바텀애쉬

규산질 재료로 사용된 바텀애쉬는 국내 무연탄 S화력발전소에서 발생되고 있는 것을 ball mill로 6시간 가공한 것으로 비중 2.36, 비표면적 8,070cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>이며, 화학성분은 표 2에 나타내었다.

2.2.3 혼화제

CaO/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) mole ratio를 조절하고 경화체의 안정성 확보와 물리·화학적 저항성을 향상시키기 위하여 소량의 석회와 석고를 첨가하였다.

2.2.4 혼화제

고성능 감수제는 나프탈렌계로서 국내 K사의 제품을 사용하였으며, 기포제는 국내 A사에서 생산되는 콘크리트용 계면활성제로서 화학적 특성은 표 3에 나타내었다.

표 2 사용 분체의 화학성분

Type	Chemical composition(%)								
	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	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Ig.loss
OPC	25.0	7.7	3.0	61.9	2.1	0.69	0.11	1.8	1.1
AC	4.2	54.7	0.6	36.9	-	0.23	0.08	0.2	0.3
BA	47.7	25.1	5.7	0.6	0.7	3.3	-	0.1	15.3

표 3 기포제의 화학적 특성

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

2.2.5 흡음재의 배합

본 연구에 사용된 흡음형 경량기포콘크리트의 배합은 Table 4와 같다.

2.2.6 차음재의 배합

본 연구에 사용된 차음형 경량기포콘크리트의 배합은 Table 4와 같다.

표 4 경량기포콘크리트의 표준 배합

구분	Water		Weight (%)					BA
	Ws	Wf	Binder					
			OPC	AC	석회	석고	계	
흡음재	50	90	48.23	7.15	2.68	4.47	62.53	37.47
차음재	75	100	46.71	3.74	1.79	2.99	55.23	44.77

### 2.3 실험방법

흡음재의 경우 KS F 2805에 의하여 제 1잔향실내에 시료를 설치한 상태와 설치하지 않은 상태 각각의 잔향시간을 측정한 후 ASTM C 423의 1/3 옥타밴드로 측정된 흡음계수(NRC)를 산술평균하는 실내시험과 S화력 발전소 통합음전원실의 내부벽에 시공하여 외부 기기의 작동으로 발생하는 소음의 흡음효과를 측정하는 현장시험을 수행하였다.

차음재의 경우 KS F 2808에 의하여 음원용의 제 2잔향실과 수음용의 제 1잔향실 사이의 시료설치용 개구부에 시료를 설치하고 각각의 평균음압레벨 및 흡음력을 측정하여 시료의 음향감쇠계수(투과손실)를 측정하는 실내시험과 S건설의 주거시험동에 차음재를 이용한 차음벽을 설치하고 차음벽을 사이에 두고 음원장치와 수음장치를 설치하고 차음효과를 측정하였다.

표 5 실내시험 측정조건

구분	잔향실 조건		시료면적	음원	측정시 온·습도
흡음재	용적	325 m <sup>3</sup>	10.5 m <sup>2</sup>	백색잡음	20.3℃, 72.1%
	표면적	291.8 m <sup>2</sup>			
차음재	음원실 용적	249 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>		
	수음실 용적	325 m <sup>3</sup>			

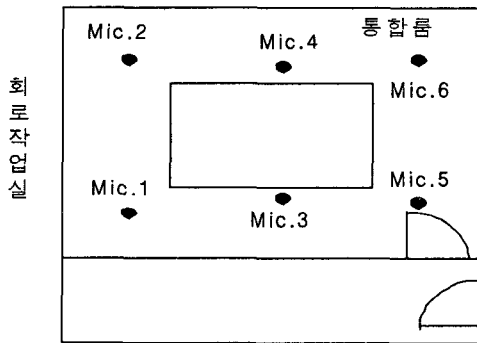


그림 1 흡음재 현장시험 측정위치

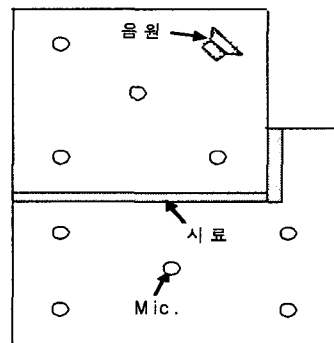


그림 2 차음재 현장시험 측정위치

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 실내시험 결과

흡음재의 평가결과 A-1, 2는 각각 NRC 0.79, 0.81의 값을 나타내었고 비교를 위해 검토된 A-3, 4는 0.84, 0.91의 값을 나타내었다. 이는 방음벽 등에서 요구되는 흡음재에 대한 성능인 0.70 이상을 만족하는 값으로 다공성 흡음재료로서의 성능을 나타내고 있다. 흡음계수 측정결과는 그림 3과 같다.

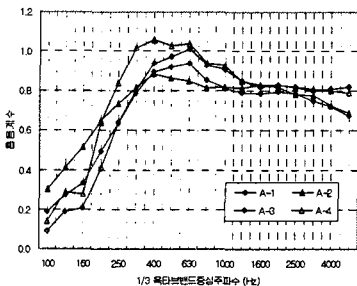


그림 3 흡음재의 흡음계수 측정결과

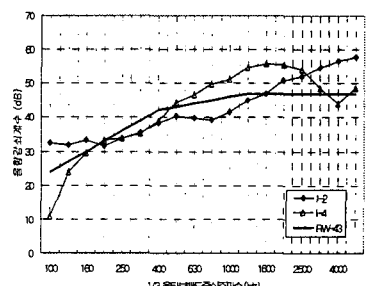
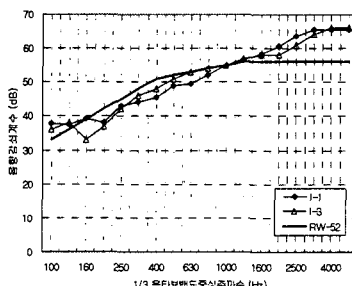


그림 4 차음재의 음향감쇠계수 측정결과

차음재는 세대간 경계벽(I-1)과 성능기준이 없는 세대내 경계벽(I-2)으로 구분하여 비교하였다. I-1을 세대간 경계벽으로 사용하기 위하여 [콘크리트 150 mm(I-3)]와 비교 검토하였다. KS F 2862에 규정되어 있는 단일수치량 평가결과 I-1과 I-3에 대한 값이 각각 52와 53으로, I-1은 세대간 경계벽으로의 사용이 가능할 것이다. I-2를 차음성능이 보다 완화된 세대내 경계벽으로 사용하기 위하여 [석고보드 9.5 × 2겹 + 경량틀(STUD 100 @450) + 폴리에스테르 50 + 석고보드 9.5 × 2겹(I-4)]와 비교 검토하였다. KS F 2862에 규정되어 있는 단일수치량 평가결과 I-2와 I-4에 대한 값이 모두 43으로 동일하다. I-2를 세대내 경계벽으로 사용할 경우에는 모든 주파수 대역에서 일정량 이상의 차음성능을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.2 현장실험 결과

발전소 통합운전원실에 흡음재를 벽면에 시공한 후 측정위치에 따라 소음레벨을 측정한 결과는 표 6 과 같고 주파수별 음압레벨은 그림 5와 같다. 흡음재 시공 전후의 소음레벨은 약 2.7 dB가 저감됨을 알 수 있다.

표 6 흡음재 시공 전후의 위치별 소음레벨 측정결과

구 분(단위 : dB(A))	측정 위치	구 분(단위 : dB(A))						평균	비고
		Mic. 1	Mic. 2	Mic. 3	Mic. 4	Mic. 5	Mic. 6		
소음저감재	소음레벨	57.6	62.5	58.5	59.8	59.9	57.8	59.4	
시공 전	PNC 등급	60	60	55	65	55	65	60	
소음저감재	소음레벨	57.6	57.1	57.5	56.8	55.8	55.1	56.7	-2.7
시공 후	PNC 등급	60	60	60	60	55	55	55	1등급

주거시험동에 차음재를 이용하여 차음벽을 설치한 후 차음재의 성능을 측정된 결과는 표 7과 같고 주파수 특성은 그림 6과 같다. 500Hz~2000Hz의 주파수 대역에서는 7~8 dB 정도 부족한 차음성능값을 나타내고 있다.

표 7 현장 차음성능 측정결과 (단위 : dB)

구 분	1/3 옥타브밴드 중심주파수 <Hz>																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
I-2	30.0	41.0	38.7	41.1	37.5	39.4	38.2	37.0	37.2	38.8	38.3	41.9	44.0	47.9	49.7	52.9	54.9	58.5

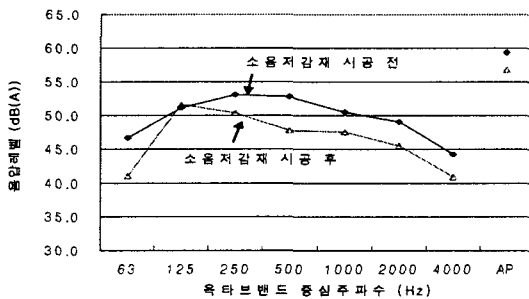


그림 5 흡음재의 주파수 특성

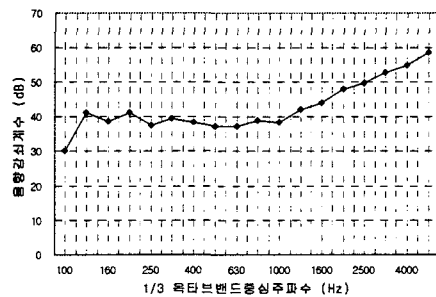


그림 6 차음재의 주파수 특성

### 4. 결론

흡음재 시공을 통한 실내 소음의 측정 결과 음압레벨은 공사 전 평균치 59.4 dB(A)에서 공사 후에 56.7 dB(A)로 저감되었다. 차음재 100 mm 패널을 이용한 세대간 벽체의 차음성능에서는 500, 2000 Hz에서 기준으로 제시한 값을 만족하지 못하고 있다. 따라서 앞서 잔향실 실험에서의 I-4를 이용한 구조로 설치하는 것이 세대간 칸막이벽의 차음성능기준을 만족시킬 수 있는 구조라고 판단된다.