

기포제 희석비율에 따른 기포콘크리트의 흡음특성에 관한 연구

A Study on the Sound Absorption Properties of Foamed Concrete According to Dilution Ratio of Foaming Agent

강기웅* 강철* 김하석* 곽은구** 권기주*** 김진만****
 Kang, Ki-Woong Kang, Chul Kim, Ha-Seok Kwag, Eun-Gu Kwon, Ki-Joo Kim, Jin-Man

Abstract

Sound absorbing performance is affected by porosity and continuity of void, therefore it is important to maintain stabilization of foam and to analyze properties of void pore in hardened state. The purpose of this study is to analyze the sound absorption properties and void characteristic of foamed concrete according to dilution ratio of foaming agent. The results of this experiment were as follows. It is determined that an increase in total and continuous void ratio is achieved by increasing of dilution ratio, and a shorter absorbing time was exhibited at a higher continuous void ratio. When the average void size of foamed concrete was below 1.5mm, the tendency of sound absorption coefficient compared with general sound absorber was appeared similarly.

키워드 : 기포콘크리트, 흡음특성, 기포제 희석비율, 연속공극률

Keywords : Foamed concrete, Sound absorption properties, Dilution ratio of foaming agent, Continuous void ratio

1. 서론

산업이 발달되고 문화수준이 향상됨에 따라 주변 환경에 대한 관심이 높아지면서 생활공간, 산업시설, 교통수단 등에서 발생하는 소음을 저감시키기 위한 방법으로 흡음재가 널리 사용되고 있다.

보편적으로 유리섬유, 암면과 같은 섬유상의 흡음재가 사용되어 왔으나 재료특성으로 인한 인체 유해성 여부가 제기되고 있어 최근에는 기포제 및 발포제를 이용한 다공성의 경량기포콘크리트에 대한 개발 및 연구가 활발히 이루어지고 있다.

다공질 흡음재는 그 표면과 내부에 기포 또는 세공이 많이 분포되어 있어 이것이 흡음작용에 본질적인 역할을 한다. 다공질 재료에 음이 도달되면 음압변동이 직접 재료의 내부 미세한 기포 부분의 공기에 전달된다. 그래서 기포면에 공기의 점성마찰이 생겨 음에너지의 일부가 열로 변환되고 흡음작용을 하게 된다. 따라서 흡음성능은 다공질의 정도와 재료가 가지고 있는 공기 유동저항성에 크게 좌우된다.

다공질의 정도는 재료 표면의 다공성과 재료 내부의 공극 부분에 체적에 따라 정해지기 때문에 재료 내부 공극부분의 연결 차이는 공기유동 저항에 크게 영향을 미치게 된다. 따라

서 재료 속의 공극이 연결되지 않은 재료의 흡음률은 낮게 된다.^{1,2)}

이에 본 연구에서는 기포제의 농도가 기포콘크리트에 도입된 기포의 연속성에 매우 큰 영향을 미칠 것으로 생각하여 기포제의 희석농도를 변화시켜 기포콘크리트의 각종 공학적 특성의 변화를 알아보았다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 연구에서는 기포제 희석농도에 의한 기포콘크리트의 흡음특성을 검토하기 위하여 표 1과 같이 물결합재비 3수준, 기포제 희석농도 3수준, 기포투입량을 슬러리 용적에 200%로 고정하였으며, 수열합성반응에 의한 기포콘크리트를 제작하기 위하여 재료의 화학성분에 따른 CaO/(SiO₂ + Al₂O₃) mole ratio를 0.85로 하여 실험을 실시하였다.

표 1. 실험계획

Factors	Levels	Classification
Water/Binder ratio(%)	70, 89, 90	A, B, C
Dilution ratio(%)	0.3, 0.6, 0.9	I, II, III

* 정회원, 공주대학교 대학원 건축공학과, 석사과정

** 정회원, 공주대학교 자원재활용신소재 연구센터, 연구원

*** 정회원, 한국전력공사 전력연구원, 수석연구원

**** 정회원, 공주대학교 건축공학과 부교수·공학박사

2.2 사용 재료

1) 시멘트

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

2) 바텀애쉬

규산질 재료로 사용된 바텀애쉬는 국내 무연탄 S화력발전소에서 발생되고 있는 것을 Ball mill로 6시간 가공한 것으로 비중 2.36, 비표면적 8,070cm²/cm³이며, 화학성분은 표 2에 나타내었다.

3) 혼화제

CaO/(SiO₂+Al₂O₃) mole ratio를 조절하고 경화체의 안정성 확보와 물리·화학적 저항성을 향상시키기 위하여 소량의 석회와 석고를 첨가하였다.

4) 혼화제

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

2.3 실험방법

1) 기포콘크리트의 제작

그림 1과 같이 리본형 믹서를 사용하여 배합수, 분체, 혼화제를 넣어 1분간 혼합한 후 선기포 방법으로 기포를 발생시켜 슬러리를 1분간 혼합하여 몰드에 타설 하였다.

표 2. 재료의 화학적 구성

Type	Chemical composition(%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	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. 포밍제의 화학적 특성

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

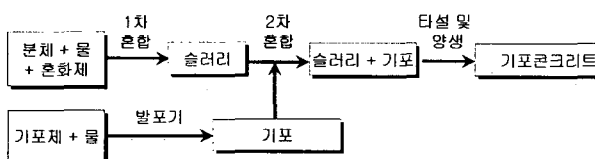


그림 1. 폼콘크리트의 프로세스

2) 양생방법

단시간에 강도를 발현할 수 있도록 기전 상태에서 4시간

경과 후 1차 증기양생과 2차 고온고압증기(Autoclaving) 양생을 실시하였다. 양생 조건은 그림 2에 나타내었다.

3) 측정항목

① 압축강도 및 절건비중

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

② 흡음률

흡음 성능은 KS F 2814 「관내법에 의한 건축재료의 수직 입사 흡음률 측정방법」에 준하여 흡음률을 측정하고 측정된 250, 500, 1000, 2000Hz의 각 주파수대역 흡음률을 산술 평균하여 흡음계수(NRC)로 나타내었으며, 그 장치도는 그림 2와 같다.

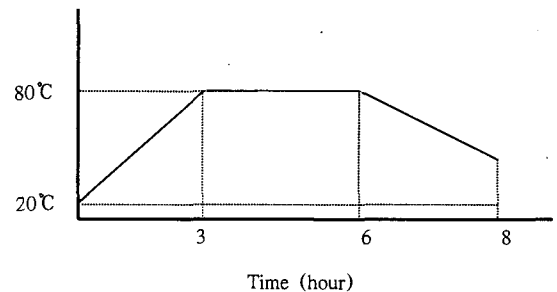


그림 2. 스팀의 상태 및 오토클레이브 양생

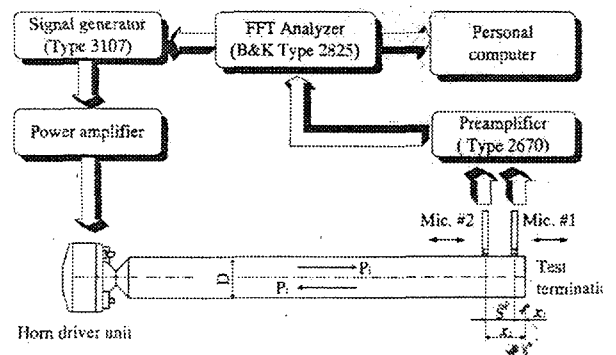


그림 3. 시험체의 설치상황

③ 전공극률 및 연속공극률

충분히 포화시킨 시험체의 수중중량 W1, 표건중량 W2, 절

전중량 W_3 및 시험체의 체적 V 를 측정하여 아래의 식에 따라 전공극률 및 연속공극률을 산출하였다.³⁾

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

$$\text{연속공극률} = 1 - \frac{W_2 \cdot W_3}{V} \times 100$$

④ 흡수시간

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

⑤ 평균기포사이즈

시험체를 에폭시에 침지하여 경화시킨 후 표면을 평활하게 연마하고 광학현미경을 이용하여 100배 배율로 촬영하였다. 촬영된 이미지를 분석 프로그램을 이용하여 평균 기포 사이즈를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 절건비중 및 압축강도

그림 4는 기포제 희석비율에 따른 절건비중과 압축강도를 물결합재비별로 나타낸 것이다. 희석비율이 증가함에 따라 절건비중과 압축강도는 감소하는 경향이 나타났으며, 물결합재비 변화에 따른 영향은 크지 않은 것으로 판단된다. 이는 물결합재비가 증가하여도 기포를 슬러리 용적에 대하여 일정하게 투입하였기 때문인 것으로 사료된다.

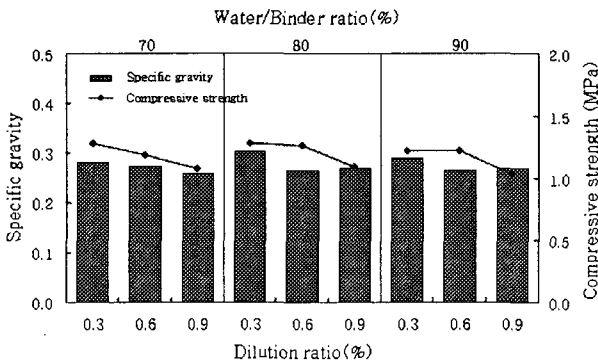


그림 4. 희석비율에 따른 비중 및 압축강도

3.2 전공극률 및 연속공극률

그림 5, 6은 기포제 희석비율에 따른 전공극률과 연속공극률을 나타낸 것이다. 기포제 희석비율이 증가함에 따라 전공극률과 연속공극률은 증가하는 경향이 나타났다. 전공극률은 물결합재비의 증가에 따라 다소 증진되는 것으로 나타났지만 연속공극률은 물결합재비 70%에서 높게 나타났다.

따라서 연속공극률의 증진을 위해서는 기포의 안정성을 높이는 것이 중요할 것으로 사료된다.

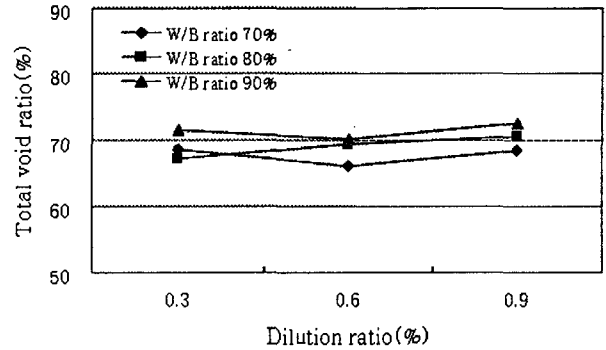


그림 5. 희석비율에 따른 총 공극률

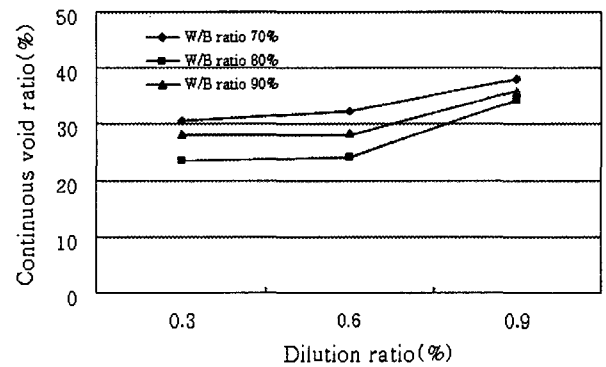


그림 6. 희석비율에 따른 지속적 공극 비율

3.3 흡수시간

그림 7은 기포제 희석비율에 따른 흡수시간을 나타낸 것으로 희석비율이 증가함에 따라 흡수시간이 감소하고 있으며, 물결합재비 70%에서 빠르게 흡수되는 것으로 나타났다. 흡수시간의 감소는 연속공극률의 증가에 따른 것으로 판단된다.

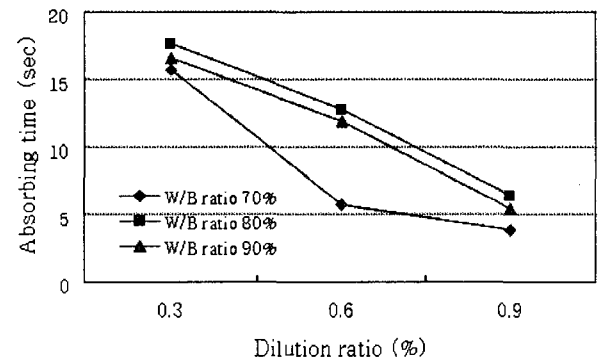


그림 7. 희석비율에 따른 흡수시간

3.4 흡음률

그림 8은 기포제 희석비율에 따른 NRC를 나타낸 것으로 W/B ratio 70%에서 다소 낮은 흡음율을 보이기는 하지만, 전반적으로 0.7 이상의 높은 값을 보이고 있다.

그림 9는 주파수대역별 흡음율을 나타낸 것으로 I-A, I-B, I-C, II-B, II-C 조건에서 일반적인 흡음재의 경향을 나타내고 있다.

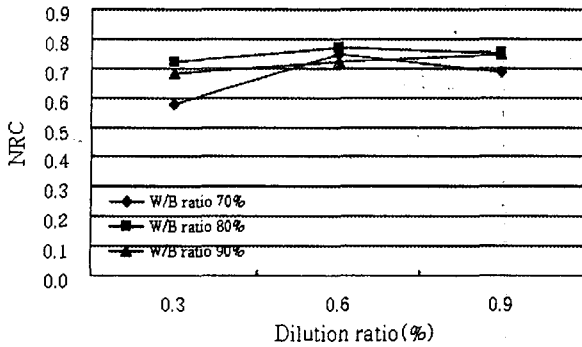


그림 8. 희석비율에 따른 NRC 변화

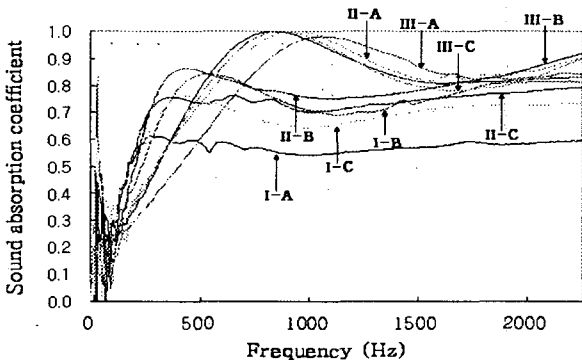


그림 9. 빈도에 따른 흡음계수 변화

3.5 평균기포사이즈

그림 10은 기포제 희석비율에 따른 평균기포사이즈를 나타낸 것으로 희석비율이 증가함에 따라 평균기포사이즈도 증가하였으며, W/B ratio 70%에서 다소 높게 나타나고 있다.

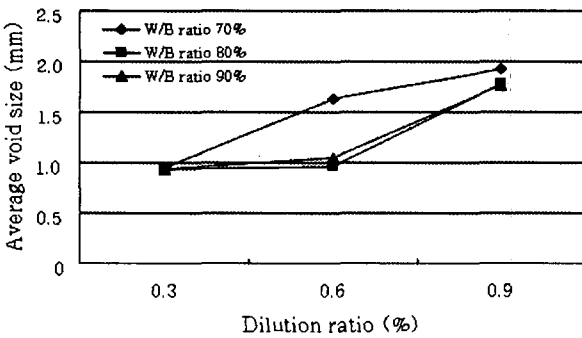


그림 10. 희석비율에 따른 평균공극크기

4. 결론

본 연구는 기포제 희석비율에 따른 기포콘크리트의 흡음특성을 검토한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 절건비중과 압축강도는 기포제 희석비율이 증가함에 따라 전공극량이 증진되어 감소하는 것으로 나타났다.
- 2) 전공극량은 기포제 희석비율이 증가함에 따라 증진되며, 연속공극량은 기포제 희석비율 0.9, 물결합재비 70%에서 높게

나타났다.

- 3) 연속공극량이 증가할수록 흡수시간이 감소된다.
- 4) 평균기포사이즈는 희석비율의 증가함에 따라 물결합재비 70%에서 높게 나타났다.
- 5) 흡음계수는 전체적으로 0.7이상의 유사한 값을 나타내고 있지만 평균기포사이즈가 1.5mm이하인 경우에서만 주파수영역대별 흡음계수의 경향이 일반적인 흡음재와 유사하게 나타났다.

[감사의 글]

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

참고 문헌

1. 김선우 외 4인, 강체다공질 흡음재의 개발 및 실용화에 관한 연구 (I), 한국소음진동공학회 추계학술대회는문집, pp.35~40, 1998
2. 김정태, 쾌적한 환경 및 저소음 제품개발을 위한 흡음과 차음, 한국소음진동공학회, 소음계측 및 제어기술, 1993
3. 김진만 외 4인, 기포콘크리트용 기포의 특성에 관한 기초 연구, 한국콘크리트학회 춘계학술대회는문집, pp.680~683, 2004. 5
4. 김진만 외 5인, 바텀애쉬를 사용한 기포콘크리트의 물리적 특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 추계학술대회는문집, pp.525~528, 2004. 11
5. 김진만 외 5인, 바텀애쉬를 사용한 기포콘크리트의 흡음특성과 공극 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회 춘계학술대회는문집, pp.449~452, 2005. 5
6. 정성수 외 2인, 초경량 콘크리트 흡음재의 음향특성, 대한환경공학회지, J. of KSEE Vol. 23, No.7, pp.1151~1158, 2001
7. 이승환, 경량기포콘크리트의 연속공극 형성에 미치는 기포제의 영향, Journal of the Korea Concrete Institute Vol.14, No. 5, pp. 742~749, 2002. 10
8. 이승환 외 2인, 연속공극을 갖는 기포콘크리트의 흡음특성에 관한 연구, Journal of the Korea Concrete Institute Vol.15, No. 4, pp. 566~573, 2003. 8
9. 한국 전력연구원, 비정제 석탄회를 이용한 소음저감재 개발, 산업자원부, 2004. 8
10. 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