

배합요인에 따른 바텀애시 미분말을 사용한 흡음형 기포콘크리트의 공학적 특성

Engineering Properties of Sound Absorbing Foamed Concrete Using Bottom Ash Depending on Mix Factors

김진만* 강철**
Kim, Jin-Man Kang, Cheol

Abstract

This study is part of an ongoing research project on the development of a sound-absorbing lightweight foamed concrete manufactured by a hydro-thermal reaction between silica and calcium. As the silica source, pulverized bottom ash was used, and as several cementitious powders of ordinary portland cement, alumina cement and calcium hydroxide were used. Manufacture of foamed concrete was accomplished using the pre-foaming method to make a continuous pore system, which is the method of making the foam by using a foaming agent, then making the slurry by mixing the foam, water, and powders.

The experiment factors are W/B, foam agent dilution ratio, and foam ratio, and test items are compressive strength, dry density, void ratio, and absorption rate, as evaluated by NRC. The experiment results showed that the sound absorption of lightweight foamed concrete satisfied NRC requirements for the absorbing materials in most of the experiments. It is thus concluded that foam ratio was the most dominant factor, and significantly affected all properties of lightweight foamed concrete in this study. W/B rarely affected total void ratio and continuous void ratio as well as compressive strength, and dry density and foam agent dilution ratio also had little effect on almost all properties. The analysis of the correlation between NRC, absorption time, continuous void ratio, and absorption time showed that the interrelationship of the continuous void ratio was high.

Keywords : Lightweight foamed concrete, Noise reduction coefficient, Total void ratio, Continuous void ratio, Bottom ash

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

흡음재는 소리를 흡수할 목적으로 사용되는 건축재료로 구조에 따라 다공질 흡음재와 판상형 흡음재로 구분된다. 이 중 다공질 흡음재는 표면과 내부에 상호 연결된 기공구조로 이루어진 재료로서, 음에너지가 전파할 때 기공내의 매질과 기공구조와 수반되는 상대운동이 기공구조 내에서 경계층 손실로 인해 음에너지가 열에너지로 변환된다. 다공질 재료로 우수한 흡음성능을 갖는 유리섬유, 폴리우레탄 같은 유기계 흡음재료가 많이 사용되고 있으나 이러한 재료들은 시간의 경과에 따라 자연분해가 빠르고 내구연한이 떨어지는 단점이 있다. 이중 대표적인 유리섬유의 경우는 비산문제 때문에 환경공해 차원에서 법적으로 규제받고 있다¹⁾.

반면에 무기질 재료에 기포제와 같은 혼화재료를 사용하여 경화체 표면과 내부에 기포 또는 세공을 많이 분포시킨 무기계 흡음재료는 기존 흡음재에 비하여 내구성, 내화성, 환경 친화성 등이 우수한 재료이다. 이런 재료 중에서 건축재료로 사용되는 ALC가 있다. 그러나 ALC는 내부 공극의 대부분이 독립된 공극으로 형성되어 있어 연속된 공극을 형성하고 있는 다른 재료에 비해 상대적으로 흡음효과가 떨어지는 단점이 있다. 따라서 이러한 단점을 해결하기 위해 흡음용으로 사용할 수 있는 연속공극형 기포콘크리트에 대한 관심이 커지고 있지만 이에 관련된 연구 부족과 규정의 미비로 아직까지는 연구활동이 미진한 상태이다. 한편 화력발전소의 부산물로 발생되는 바텀애시(Bottom ash)는 폐기물이라는 인식하에 대부분 노반재 및 매립재로 사용되고 있으며 국내에서도 그 재활용도가 매우 낮다. 이러한 바텀애시(Bottom Ash)의 화학성분을 살펴보면 SiO₂, Al₂O₃가 주요성분으로 구성되어 있어 시멘트 및 콘크리트의 혼화재료로 사용되고 있는 플라이애시(Fly ash)와 화학적 성분이 매우 유사한 것을 알 수 있다. 그러므로 기존 연구²⁾를 바탕으로 바텀애시(Bottom ash)를 미분화 시켜 칼

* 공주대학교 건축학부 교수, 공학박사
** 공주대학교 건축학부 박사과정, 교신저자
(cupiboy@kongju.ac.kr)

습질 재료가 함유하고 있는 CaO 성분과 바텀애시(Bottom ash)의 SiO₂ 성분과 혼합하여 고온고압의 조건에서 양생을 유도하면 상압양생조건의 경화체보다 강도 및 치수안정성 면에서 많은 장점을 가진 경화체를 제조할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 산업부산물인 바텀애시(Bottom ash)를 이용한 기포콘크리트의 배합요인에 따른 특성변화를 분석하여 흡음재로 사용할 수 있는 기포콘크리트의 개발에 대한 실용적 자료를 제시하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구에서는 배합요인 변화에 따른 기포콘크리트의 공학적 특성을 검토하기 위하여 표 1과 같이 실험계획을 설정하였다. 실험인자는 기포콘크리트의 제조에 있어 주요인자인 물분체비(이하 W/B로 약함)와 기포제 희석비, 그리고 기포비로 하였다. W/B는 예비실험을 통하여 확인된 결과를 바탕으로 기포콘크리트의 원활한 유동성을 확보하기 위해 플로우 200mm 이상을 만족하는 슬러리의 최저요구수량 이상으로 하여 70, 80, 90% 3수준으로 설정하였다.

기포콘크리트의 기포형성은 사용되는 기포제의 종류, 기포제 희석비에 의해 영향을 받는다. 이중 기포제 희석비는 슬러리와 기포가 혼입됐을 때 기포의 안정성에도 큰 영향을 미치게 되므로³⁾ 예비실험을 통해 얻은 결과를 바탕으로 기포제 희석비를 기포액의 중량비율로 0.3, 0.6, 0.9%로 하였다. 기포비는 분체계 재료와 배합수로 구성된 슬러리 용적에 대한 비율로 100, 150, 200% 3수준으로 하였다.

표 1. 실험인자 및 수준

실험인자	실험수준
W/B(Wt,%)	70, 80, 90
기포제 희석비(Wt,%)	0.3, 0.6, 0.9
기포비(Vol,%)	100, 150, 200

또한 수열합성반응에 의한 기포콘크리트를 제작하기 위하여 재료의 화학성분에 따른 CaO(SiO₂+Al₂O₃)비를 문헌고찰 및^{4)~7)} 예비실험을 통해 도출된 0.85로 하였으며 표 2와 같이 사용 재료의 화학조성 분석결과를 기초로 중량비율로 계산하여 배합을 선정하였다.

표 2. CaO/(SiO₂+Al₂O₃)비 0.85를 가지는 재료의 사용비율

CaO/(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)비	(Wt,%)				
	OPC	AC	CH	A	BA
0.85	46.45	4.65	1.67	2.79	44.4

OPC : 1종보통포틀랜드시멘트, AC : 알루미늄시멘트
CH : 소석회, A:무수석고, BA : 바텀애시미분말

2.2 사용재료

규산질 원료인 바텀애시(Bottom ash)미분말은 J발전의 S화력발전소에서 발생한 것을 볼밀(Ball mill)로 가공하여 분말도 3,500(cm²/g), 밀도 2,36(kg/m³)인 것을 사용하였으며 성분의 화학적 조성은 표 3과 같으며, 바텀애시(Bottom ash)미분말의 입자 직경 및 입도 분포는 그림 1과 같다.

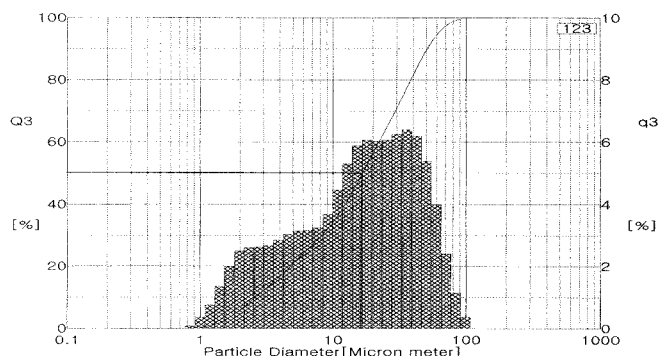


그림 1. 바텀애시의 입도분포 및 곡선

칼슘질 재료는 밀도 3,15(kg/m³)의 1종보통포틀랜드시멘트와 C사의 소석회를 사용하였다. 또한 초기 응결축진을 위해 사용한 알루미늄시멘트는 U사의 밀도 2,95(kg/m³), 분말도 5,210(cm²/g)인 것을, 알루미늄시멘트의 급격한 응결을 방지하기 위해 무수석고를 사용하였다.

표 3. 시멘트 및 사용재료의 화학조성

구분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	lg.loss
OPC	21.4	6.3	2.9	61.7	2.7	0.9	0.2	2.2	1.7
AC	4.2	54.7	0.6	39.8	-	0.2	-	0.2	0.3
CH	-	-	-	73.3	-	-	-	-	26.7
A	3.7	0.7	0.0	38.3	-	-	-	54.4	2.9
BA	49.1	25.2	5.7	0.6	0.7	3.3	-	0.1	15.3

혼화제로는 기포콘크리트 제조 시 단위수량 감소 및 슬러리의 유동성을 확보하기 위하여 K사의 나프탈렌계고성능감수제를 사

용하였으며, 기포제는 개방기포(Open cell)를 형성하는 A사의 계면활성기포제를 사용하였다. 표 4는 사용한 기포제의 물성을 나타낸 것이다.

표 4. 기포제의 물리 · 화학적 특성

기포제	활성물질	Free oil	클렛명도	황산나트륨	pH
AES	28,21	0,28	7	0,28	7±1

AES : 알킬에테르설페이트

2.3 실험방법

기포콘크리트의 혼합방법은 회전형태의 블레이드를 가진 리본형 믹서를 사용하여 그림 2와 같은 제조공정을 통해 분체 혼합 후 배합수와 고성능 감수제를 투입하여 슬러리로 만든 다음, 기포발생기를 통해 제조한 기포를 슬러리와 혼합한 후, 기포콘크리트를 제조하였다.

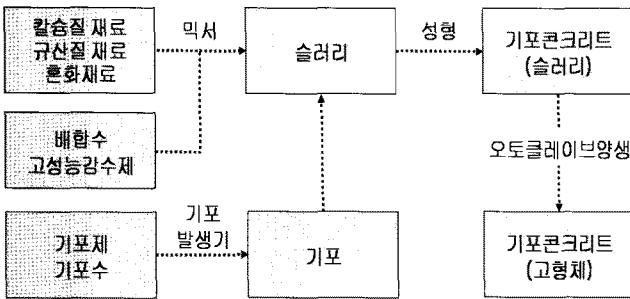


그림 2. 기포콘크리트의 제조공정

2.4 양생방법

기포콘크리트 제조를 위한 단계별 양생과정은 그림 3과 같다. 양생은 전치양생(A구간), 증기양생(B구간), 안정기(C구간), 오토클레이브양생(D구간), 그리고 마지막으로 서냉기(E구간)로 구분된다.

단계별 양생과정에서 전치양생은 기포콘크리트 슬러리를 몰드에 타설 후 사용재료 중의 알루미늄시멘트의 응결촉진작용에 의한 기포슬러리의 빠른 응결이 목적이다. 증기양생은 기포콘크리트의 운반, 취급, 그리고 오토클레이브양생 시 고온 및 고압조건에 저항할 수 있는 강도 유지를 확보하는 것이다. 안정기는 증기양생 후의 기포콘크리트 내부와 외부의 열응력 해소 및 몰드의 탈형을 위한 것이다.

오토클레이브양생은 기포콘크리트의 강도발현 및 사용재료 간의 화학적 반응 및 결합을 유도하기 위한 것이다. 서냉기는 오토클레이브양생 후의 급격한 온도변화에 따른 열응력으로부터의 시험체의 균열을 방지하기 위하여 구간을 설정하여 양생에 적용하였다. 기포콘크리트의 양생조건은 국내 KS F 4914 경량기포콘크리트패널(ALC패널)을 참고하여 적용하였다.

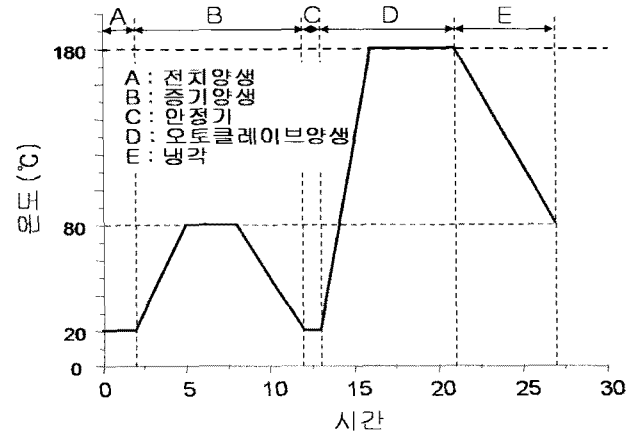


그림 3. 기포콘크리트의 양생과정

2.5 시험항목

기포콘크리트의 절건밀도 및 압축강도는 KS F 4914 경량기포콘크리트 패널(ALC 패널)에 준하여 측정하였다. 흡음계수 측정은 KS F 2814-2 임피던스관에 의한 흡음계수와 임피던스 결정방법-제2부 전달함수법에 따라 그림 4의 시험장치를 사용하여 측정하였다. 측정결과 값의 평가는 ASTM C 423-90a(Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method)에 나온 250, 500, 1,000 및 2,000Hz의 산술평균을 평가하는 NRC(Noise Reduction Coefficient)로 나타내었다.

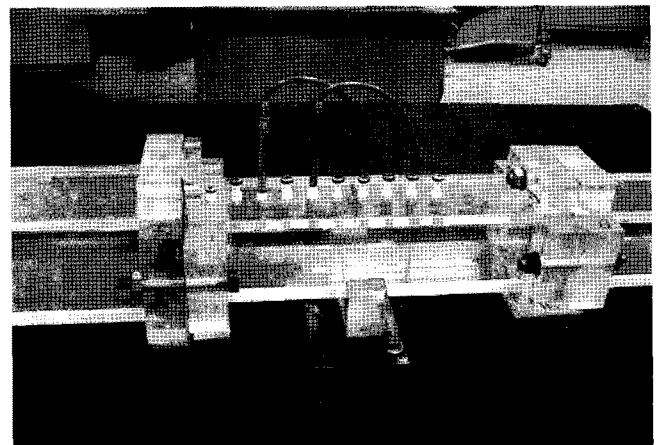


그림 4. 흡음계수 측정장치

공극률은 충분히 포화시킨 시험체의 수중중량 W_1 을 측정하고 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 24시간 기중양생 후의 중량을 표건중량 W_2 로 정의하여 중량을 측정 후, 24시간 로 건조 후의 절건중량 W_3 및 시험체의 체적 V 를 측정하여 식 (1), (2)에 따라 전공극률 및 연속공극률을 산출하였다^{8)~10)}.

$$\text{전공극률 (\%)} = \left(1 - \frac{W_3 - W_1}{V}\right) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{연속공극률 (\%)} = \left(1 - \frac{W_2 - W_1}{V}\right) \times 100 \quad (2)$$

그리고 시험체의 연속공극상태를 상대적으로 비교하기 위해서 원기둥 형태의 공시체 상부표면에 $\varnothing 50 \times 51\text{mm}$ 관을 밀실하게 부착한 후 물 150ml가 흡수되는 시간을 측정하여 연속공극에 대한 상대적인 결과로 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 절건밀도 및 압축강도

그림 5, 6, 7은 기포제 희석비 및 기포비에 따른 절건밀도와 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 절건 밀도 및 압축강도는 W/B의 변화에 크게 영향을 받지 않고 있으며, 기포제 희석비에 따라서도 W/B 70% - 기포제 희석비 0.3%의 경우를 제외하면 유의할 만한 차이는 발견되지 않았다. 그러나 기포비가 증가할수록 절건밀도 및 압축강도는 크게 감소하는 것으로 나타나 기포비는 경화 매트릭스 내부의 공극 형성, 밀도, 압축강도에 큰 영향을 끼치는 것으로 나타났다.

콘크리트의 강도는 콘크리트 내부의 모든 공극이 차지하는 용적에 의해 영향을 받으며 콘크리트의 강도와 공극의 상관성은 기포콘크리트에서도 그대로 적용된다. 기포콘크리트에서 경화 매트릭스 내부의 거대공극(Macro pore)에 의한 밀도 감소는 강도의 저하를 발생시키며¹¹⁾, 이러한 공극은 기포콘크리트의 압축강도에 중요한 효과를 가지는 것으로 간주 된다^{12,13)}. 따라서 이와 같이 일반콘크리트와 동일하게 기포콘크리트에서도 밀도와 압축강도는 내부 매트릭스에 존재하는 공극에 의해 크게 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

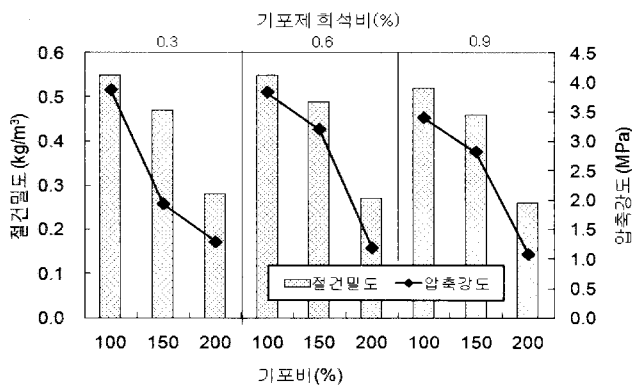


그림 5. 절건밀도와 압축강도 (W/B 70%)

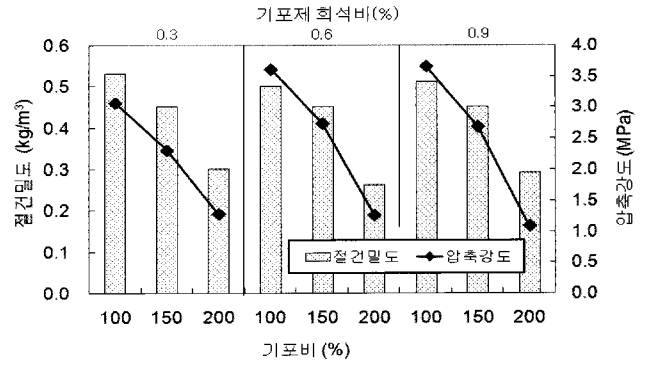


그림 6. 절건밀도와 압축강도 (W/B 80%)

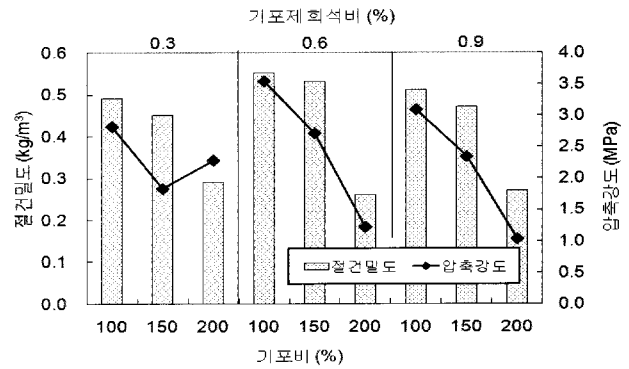


그림 7. 절건밀도와 압축강도 (W/B 90%)

3.2 전공극률 및 연속공극률

기포콘크리트의 공극률은 갇힌 공기(Entrapped air)와 페이스트 사이의 빈 공간(Void)의 총합이다¹⁴⁾. 기포콘크리트의 공극은 페이스트 내부에 사용 목적에 따라 밀도, 강도, 흡수 등의 물리적 성능을 부여하기 위해 공극 형성을 목적으로 사용되는 기포제의 종류 및 사용량에 따라 형성되는 공극 크기 및 형상 등의 차이가 있다. 그림 8, 9는 기포제 희석비와 기포비에 따른 전공극률을 나타낸 것으로 기포제 희석비 변화에 따른 전공극률의 변화에서 특별한 경향이 나타나지 않았으며, 기포비의 증가에 따라서는 전공극률이 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 기포비 150%에서 200% 사이의 전공극률의 증가가 크게 나타났다.

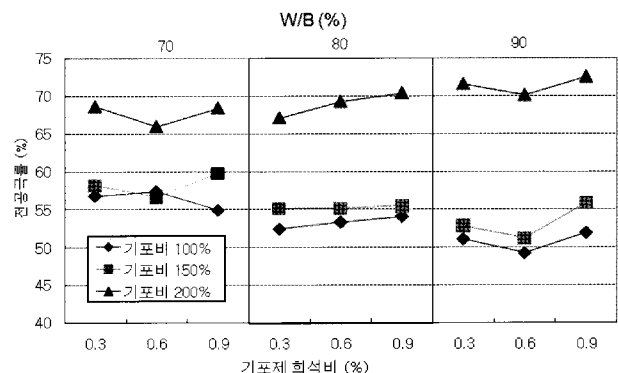


그림 8. 기포제 희석비에 따른 전공극률의 변화

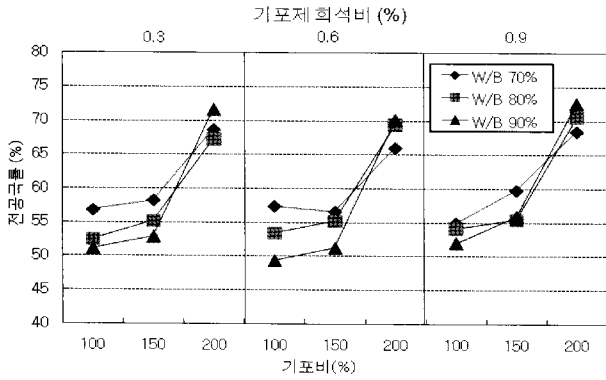


그림 9. 기포비에 따른 전공극률의 변화

이와 같은 원인으로는 기포비 150% 이하까지는 계면활성작용에 의해 생성된 기포의 표면장력이 기포막에 작용하는 슬러리의 표면에너지보다 적어 기포의 안정 및 유지가 어렵게 되지만, 기포비 150~200%의 구간에서는 슬러리 내부에 차지하는 기포의 비율이 높아져 기포가 슬러리 계면에 흡착, 배열되어 표면장력을 감소시켜 상대적으로 표면에너지 보다 높은 안정성을 유지하여 나타난 현상으로 판단된다. 기포제 희석비와 기포비가 낮은 수준에서는 W/B가 높을수록 전공극률이 낮은 것으로 나타났다. 이는 사용된 기포제 희석비 및 기포비가 낮을 경우 슬러리에 내에 포함되어 있는 기포들이 서로 연결되지 못하고 독립적 또는 간헐적으로 분포되어 있어 무게가 없는 기포에 비해 상대적으로 단위중량이 높은 분체계 재료와 배합수가 혼합된 슬러리의 압력을 기포가 감당하지 못해 슬러리 내부의 기포 침하로 이어져 공극률이 낮아지는 것으로 판단된다.

그림 10, 11은 기포제 희석비 및 기포비 변화에 따른 연속공극률의 변화를 나타낸 것으로 전공극률 변화 경향과 같이 기포비가 증가할수록 연속공극률은 증가하는 것으로 나타났으며 기포비 증가에 따른 연속공극률 증가 원인으로는 기본적인 연속공극을 형성하는 기포제의 역할 이외에 페이스트 내부에서 서로 접하고 있는 공극의 접촉 면적이 증가하면서 기포의 응집력에 의한 접촉부의 소포로 연속공극이 형성되는 것으로 판단된다.

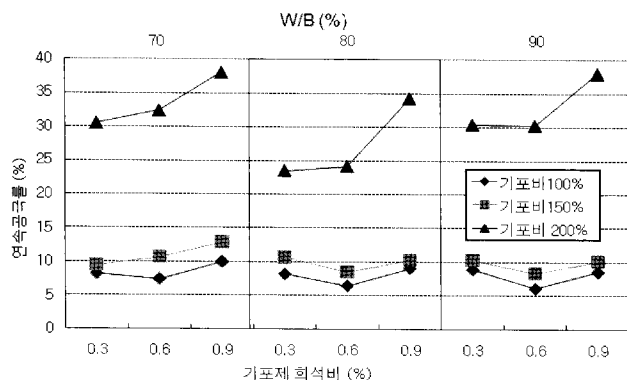


그림 10. 기포제 희석비에 따른 연속공극률의 변화

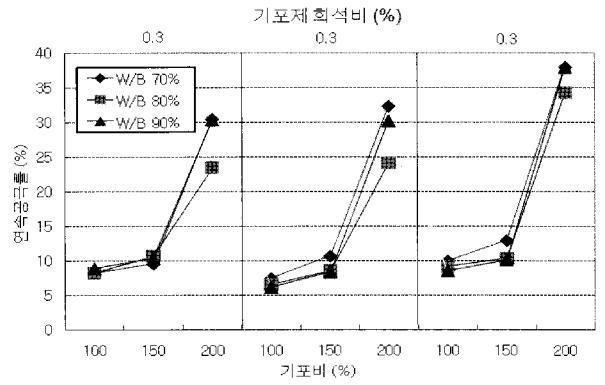


그림 11. 기포비에 따른 연속공극률의 변화

따라서 연속공극률을 높이기 위해서는 기포비를 높이는 것이 가장 효과적이지만 강도 저하를 고려하여 적정한 강도수준을 유지할 수 있는 기포비를 유지하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

3.3 흡음계수

흡음은 음파를 흡수하는 기구이다. 음파를 흡수한다는 것은 음파의 파동 에너지를 감소시키는 것으로서 매질입자의 운동 에너지가 재료에 진동 등을 유발시켜 열에너지로 전환되는 것을 말한다¹⁵⁾. 기포콘크리트의 흡음은 콘크리트에 형성된 연속공극에 침투된 음이 굴절, 반사되어 음이 소멸되어 흡음 되는 것으로 설명될 수 있다¹⁶⁾.

기포콘크리트와 같은 다공질 재료의 흡음성능은 다공질의 정도와 재료 두께뿐만 아니라 재질이 가지고 있는 공기 유동 저항성에 크게 좌우된다. 다공질의 정도는 재료 표면의 다공성과 재료 내부의 공극 부분의 체적에 따라 정해진다. 그렇기 때문에 재료 내부 공극부분의 연결 차이는 공기유동 저항에 크게 영향을 미치게 된다. 따라서 재료 속의 공극이 연결되지 않은 기포화 수지재료, 다공질 고무재료의 흡음성능은 낮게 된다¹⁷⁾.

그림 12, 13은 기포제 희석비와 기포비에 따른 흡음계수를 나타낸 것이다. 전공극률, 연속공극률과 관련하여 기포제 희석비는 특이한 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났지만, 기포제 희석비가 증가할수록 흡음계수가 전반적으로 미세하게 증가하는 경향을 보이고 있어 기포제 희석비에 대한 추가적인 고찰이 필요할 것으로 판단된다.

그렇지만 기포비가 증가할수록 흡음계수가 크게 증가하는 경향이 나타났다. 이는 기포비가 증가할수록 연속공극률이 높아져 연결된 기포의 수가 증가하게 됨에 따라 음에 저항할 수 있는 비표면적이 넓어져 흡음계수가 증가하게 된 것이라고 사료된다¹⁸⁾. 그러므로 흡음성능 확보를 위해서는 기포비를 높게 유지하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

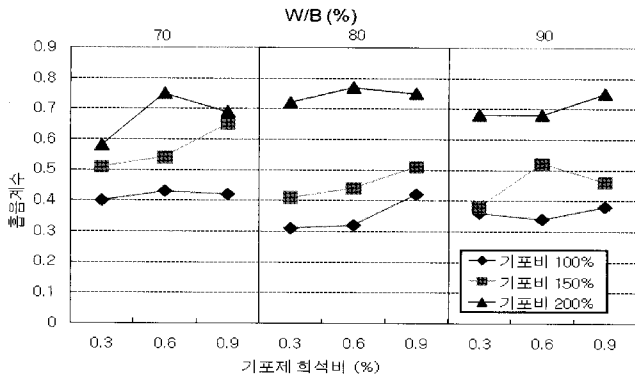


그림 12. 기포제 희석비에 따른 흡음계수의 변화

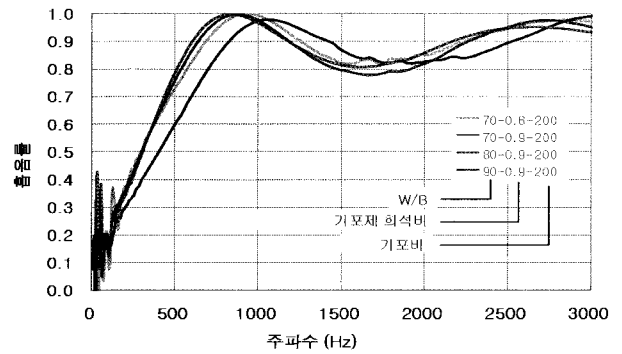


그림 14. 주파수별 Type I의 흡음률

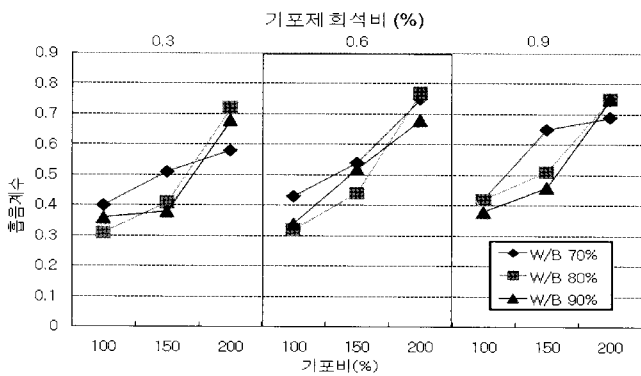


그림 13. 기포비에 따른 흡음계수의 변화

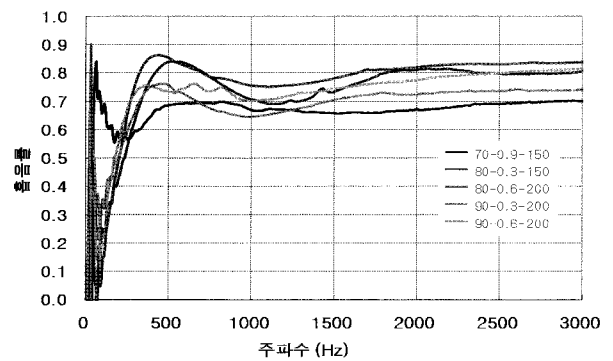


그림 15. 주파수별 Type II의 흡음률

3.4 주파수별 흡음률

그림 14, 15, 16은 주파수별 흡음률을 나타낸 것으로 크게 3가지 Type의 경향을 확인할 수 있다. Type I의 경우 건축물용 흡음재의 B등급, Type II는 C등급, Type III는 D등급¹⁹⁾을 만족하는 것으로 나타났다. Type별 주파수 변화를 살펴보면, Type I 그룹은 주파수 1,000Hz를 기점으로 해서 주파수 사이클 차가 다른 그룹에 비해 큰 것을 알 수 있으며, Type II 그룹은 500Hz를 제외하고는 전주파수차가 적은 것을 알 수 있다. 한편, Type III 그룹에서는 주파수가 크지 않은 반면에, 다른 그룹에 비해 흡음률이 낮은 것으로 나타났다.

각각의 Type별에 따른 시험체의 특성을 살펴보면, 시험체의 특성에 따라 차이가 있는 것을 알 수 있는데, 일반적인 흡음재 대역을 가진 Type II의 경우를 보면, W/B와 기포비가 높을수록 전 주파수에서 고른 흡음률을 가진 것으로 나타났다. 기포제 희석비가 높을수록 기포의 안정성에 유리한 측면이 있는데, 실험결과에서 높은 흡음률을 보이는 Type I에서 높은 기포제 희석비를 유지한 경우가 많아 기포제 희석비가 높을 때 흡음성능 측면에서 유리할 것으로 추정되지만 이에 관해서는 좀 더 세부적인 고찰이 필요할 것으로 판단된다. Type III에서는 대체적으로 낮은 기포제 희석비와 기포비를 가진 시험체가 대부분으로 Type I, II에 비해 낮은 흡음률을 보여 기포제 희석비 및 기포비가 흡음률에 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다.

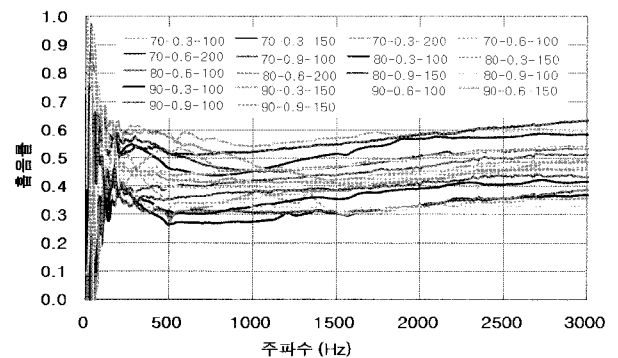


그림 16. 주파수별 Type III의 흡음률

3.5 흡수시간, 연속공극률 및 흡음계수의 관계

그림 17은 흡수시간과 연속공극률의 상관성을 알아보기 위해 데이터를 회귀 분석한 것으로 공극률 정도에 따라 크게 2개의 지수식으로 회귀되고 있다. 그래프에 나타난 추세선의 기울기 변화는 흡수시간 20초를 기점으로 다른 경향을 보이고 있다. 즉, 흡수시간 20초 이전의 경우 흡수시간과 연속공극률의 기울기가 가파르게 나타나 흡수시간이 증가할수록 연속공극률도 감소하는 것으로 예상할 수 있으나 지수식의 절계계수는 비교적 낮게 나타났다. 흡수시간 20초 이후에는 추세선의 기울기가 매우 완만하게 나타나고 있으며 연속공극률과 흡수시간의 상관성이 20초 이전보다는 높은 것으로 나타났다. 따라서 이 부분에 대해서는 추가적이고 세밀한 후속연구가 필요할 것으로 판단된다.

그림 18은 연속공극률과 흡음계수의 상관관계를 나타낸 것으로 흡음계수는 다공질의 정도와 공기유동 저항에 의해 좌우되므로 연속적인 기포 형태를 차지하는 체적비율이 높을수록 재료의 흡음계수가 높아질 것으로 판단된다. 이상의 상관관계 분석 결과로부터 기포콘크리트의 흡음성능은 연속공극률과의 관련성이 높고, 연속공극률은 흡수시간과 상관성이 높기 때문에 기포콘크리트의 흡수시간을 흡음성능의 관리지표로 사용하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

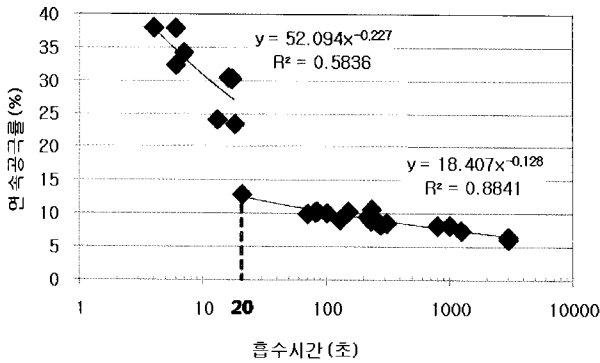


그림 17. 연속공극률과 흡수시간과의 상관성

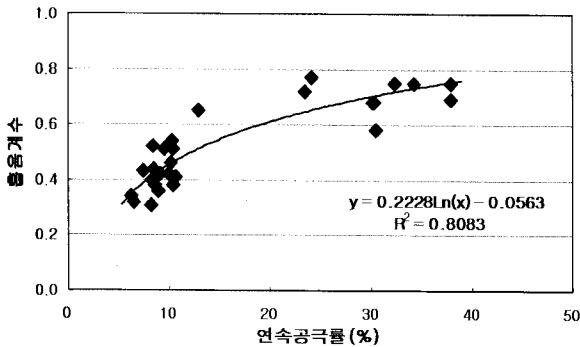


그림 18. 연속공극률과 흡음계수와의 상관성

4. 결 론

배합요인 변화에 따른 바텀애시 미분말을 사용한 흡음형 기포콘크리트의 공학적 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 연속공극을 갖는 기포콘크리트의 압축강도 및 절건밀도에 미치는 3가지 인자 중, 기포비의 영향은 매우 컸으나, W/B 및 기포제 희석비의 영향은 상대적으로 적은 것으로 나타나 기포콘크리트의 강도 및 밀도 설정 시 기포비를 지배적인 요인으로 고려하여야 할 것으로 판단된다.
- 2) 전공극률 및 연속공극률은 기포비가 높아질수록 증가하였으며, 특히 연속공극률에서 그 영향이 좀 더 크게 나타났다.

W/B와 기포제 희석비는 공극률 변화에 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다.

- 3) 흡음성능의 지표인 흡음계수는 기포비의 증가에 따라 선형적으로 증가하는 것으로 나타나 기포비가 흡음계수 증가에 지배적인 영향을 끼치는 것으로 판단된다.
- 4) 본 연구에서 제조한 흡음용 기포콘크리트의 주파수 대역별 흡음 특성을 고려하면, 3종류로 구분할 수 있다. 흡음계수가 가장 높은 Type I의 경우 건축물용 흡음재 B 등급을 보이고 있는 등 전반적으로 흡음재료로서의 기본적인 성능을 확보할 수 있었다.
- 5) 흡수시간, 연속공극률, 흡음계수와의 상관관계 분석결과를 바탕으로 연속공극률과 흡음계수와의 상관관계는 비교적 높은 관련성이 있어 회귀분석 결과를 바탕으로 연속공극률과 상관성이 있는 기포콘크리트의 흡수시간을 흡음성능의 관리지표로 사용하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 강기웅, 바텀애시를 사용한 기포콘크리트의 흡음특성에 관한 실험적 연구, 공주대학교 건축공학과, 석사논문, pp.22, 2006
2. 박승범, 흡음 콘크리트, 한국콘크리트학회지, 제12권 제5호, pp.33~37, 2000
3. 이동훈 외, 다공판 시스템의 흡음설계, 한국소음진동공학회, 제13권 제5호, pp.295~305, 2003
4. 이승한 외, 연속공극을 갖는 기포콘크리트의 흡음특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회논문집, 제15권 제4호, pp.566~573, 2003
5. 이승한 외, 연속공극을 갖는 기포콘크리트의 흡음특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회논문집, 제15권 제4호, pp.566~573, 2003
6. 이승한, 경량기포콘크리트의 연속공극 형성에 미치는 기포제의 영향, 한국콘크리트학회논문집, 제14권 제5호, pp.742~749, 2002
7. 한국표준협회, KS F ISO 11654 건축물용 흡음재의 흡음성능 평가 방법, 2003
8. 丸由久一, 下村匠, 透水性有する注入材料開発, コンクリート工學次論文報告集, v.18, n.1, pp.1005~1010, 1996
9. フライツシコと石灰, セツコウとの水熱反應性, Gypsum & Lime, n.219, pp.3~11, 1989
10. George C. Hoff., Porosity-Strength Considerations for Cellular Concrete, Cement and Concrete Research, v.2, pp.91~100, 1972
11. Kearsley, E. P., Wainwright, P. J., Porosity and Permeability of Foamed Concrete, Cement and Concrete Research Vol.31, pp.805~812, 2001
12. Kearsley, E. P., Wainwright, P. J., Porosity and Permeability of Foamed Concrete, Cement and Concrete Research, Vol.31, pp.805~812, 2001
13. Kearsley, E. P., Wainwright, P. J., The Effect of Porosity on the Strength of Foamed Concrete, Cement and Concrete

- Research, Vol.32, pp.233~239, 2002
14. Mitsuda, T., Sasaki, K., and Ishida, H., Phase Evolution during Autoclaving Process of Aerated Concrete, Journal of the American Ceramic Society, Vol.75, pp.1858~1863, 1992
 15. Mitsuda, T., Taylor, H. F. W., Normal and Anomalous Tobermorites, Mineralogical Magazine, Vol.42, pp.229~235, 1978
 16. Pospisil, F., Jambor, J., and Belko, J., Unit Weight Reduction of Fly Ash Aerated Concrete, Advances in Autoclaved Aerated Concrete, pp.43~52, 1992
 17. Rößler, M., Oler, I., Investigations on the Relationship between Porosity, Structure and Strength of Hydrated Portland Cement Pastes: Effect of porosity, Cement and Concrete Research, Vol.15, pp.320~330, 1985
 18. Sakiyama, M., Maeshima, T., Mitsuda, T., Synthesis and Crystal Chemistry of Al-substituted 11 Å Tobermorite, Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan, Vol.7, pp.413~419, 2000
 19. Taylor, H. F. W., The Chemistry of Cements, Academy Press, London and New York, pp.181~186, 1964

(접수 2009. 6. 10, 심사 2009. 7. 18, 게재확정 2009. 7. 25)

요 약

본 연구는 실리카와 칼슘의 수열합성 반응에 의해 제조하는 흡음형 경량기포콘크리트의 개발에 관한 일련의 연구이다. 원료는 석탄화력발전소의 부산물로 발생하는 바텀애시를 미분화한 것을 실리카원으로 사용하였고, 1종보통포틀랜드시멘트, 알루미늄시멘트, 소석회를 칼슘원으로 사용하였다. 경화체 내에서 연속기포를 형성하기 위하여 기포제를 이용하여 발포한 기포를 슬러리와 혼합한 후 몰드에 타설하는 선발포 방식으로 시험체를 제조하였다. 실험인자는 물분체비, 기포제 희석비, 기포 혼입비로 설정하였고 이들 요인이 흡음형 기포콘크리트의 압축강도, 절건밀도, 전공극률, 연속공극률, 흡음성능에 미치는 영향을 검토하였다. 실험결과 기포콘크리트의 흡음성능은 거의 모든 실험 수준에서 흡음재료를 위한 NRC의 요구성능을 만족하는 것으로 나타났다. 기포비는 가장 지배적인 인자이고 이 연구에서 기포콘크리트의 모든 특성에 현저하게 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 물분체비는 압축강도와 절건밀도 뿐만 아니라 전공극률과 연속공극률에 거의 영향을 끼치지 않았고 기포제 희석비는 거의 모든 특성에 영향을 주지 않았다. 흡음성능과 흡수시간 및 연속공극률의 상관관계 분석결과 흡수시간은 연속공극률과의 상관성이 높은 것으로 나타났다.

키워드 : 경량기포콘크리트, 흡음계수, 전공극률, 연속공극률, 바텀애시