

강체흡음재의 흡음성능에 관한 연구

김태현* · 이원암 · 김태진 · 박춘근 변범주 · 광천탁 · 신규연
 (쌍용중앙연구소) (쌍용양회 전자재개발팀)

1. 서 론

최근 건축기술이 진보되고 생활수준의 향상으로 조용한 주거환경에 대한 요구가 커지고 각종 소음배출원에 대한 규제도 강화되고 있다. 그러나 산업시설의 확충, 건설현장의 확대, 자동차, 열차, 항공기 등 수송기계 사용량의 비약적인 증가와 사무용 기기 및 가정기기 사용량의 증대 등 소음배출원의 수와 소음 출력의 불가피한 증가로 주거 및 작업환경에서의 소음실태는 더욱 악화되는 실정이다.¹⁾

이러한 소음을 저감시키기 위한 재료로서는 가장 일반적으로 사용되는 재료가 유리면, 암면과 같은 섬유상의 다공질 흡음재이다. 그러나 섬유상의 흡음재는 작업자의 피부를 자극시키고, 중량을 유발할 수 있다는 학계의 보고가 사회적 문제점으로 부각되면서 이의 대체재 개발이 시급한 실정이다.

섬유상의 흡음재에 비하여 경량기포 콘크리트는 강체형이며 인체에 무해한 장점이 있으나 흡음성능에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 유리면의 흡음재를 대체할 수 있는 강체형의 흡음재를 개발하기 위하여

발포조건을 달리하여 시멘트계의 강체다공질흡음재를 제조하고 흡음율을 측정하였으며 밀도, 두께 및 흡수율이 흡음율에 미치는 영향 등에 대하여 검토하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

- (1) 시멘트 : 당사 시판 1종 보통포틀랜드시멘트 (OPC)
- (2) 생석회 : 국내 B사 제조 생석회
- (3) sand slurry : ALC 제조용 규석질 원료로서 규석과 석고를 일정비율로 볼밀에서 습식분쇄한 것
- (4) 발포제, 기포제
 - 발포제 : 호주 Comalco사 제조(평균입경 25~30 μ m)
 - 기포제 : 국내 K사 제조(점도 9.2cps, 비중 1.04, pH 6.9)

사용재료중 규산석회질 원료의 성분분석결과는 <표 1>과 같다.

사용원료의 화학조성

<표 1>

성분 원료	화 학 조 성(wt.%)							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig. loss
O P C	20.9	6.7	3.0	60.9	3.1	0.11	0.69	1.6
생 석 회	3.0	0.1	0.3	92.9	0.6	0.01	0.03	2.1
규 석	90.1	5.7	1.0	-	0.1	0.14	1.72	1.0

제 조 배 합 비

<표 2>

시험체명	사 용 원 료						CaO/SiO ₂
	OPC	생 석 회	Sand slurry	Al-paste	Foaming agent	사 용 수	
ALC-0.3	125	16	260	-	0.62	64	0.68
ALC-0.5	150	18	310	0.24	-	60	0.68

2.2 제조순서

원료의 CaO/SiO₂ 비를 0.68이 되도록 하여 최종 절건비중이 0.5와 0.3으로 제조되는 조건의 2수준으로 배합하였다(<표 2>).

시멘트계 강체다공질흡음재를 제조하기 위해서는 사용원료를 혼합하여 몰드에 주입한 후 일정 시간 동안 자연양생조건에서 경화시킨다. 경화체를 고온고압 수증기양생조에 투입시키고 10기압의 압력에서 8시간 양생한다. 이 과정을 거치면 규산칼슘수화물이 생성되고 건조수축이 미리 실시되어 일정한 치수의 경량기포 콘크리트가 제조되어 안정한 강도를 가지게 된다. 고온고압 수증기양생을 거치면 시험편의 함수율이 50% 이상 되므로 이를 절건이 되도록 건조시킨 다음 기계적 특성 및 흡음성능을 측정하였다.

2.3 물성평가

제조된 시험체의 강도와 비중시험은 KS F 4914에 준하여 측정하였다. 흡음율은 수직입사음에 의한 흡음율 측정방법(KS F 2814)에 준하여 실험하였으며 제조된 시험편의 비중에 의한 영향, 두께에 의한 영향, 흡수율에 의한 영향 등에 대하여 비교 검토하였다. 수은압입법과 실체현미경 및 주사전자현미경으로 기공의 형태, 크기 및 기공경분포를 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 기계적 특성

<표 3>은 비중을 달리하여 제조된 시험체의 기계적 특성 측정결과이다.

3.2 흡음성능

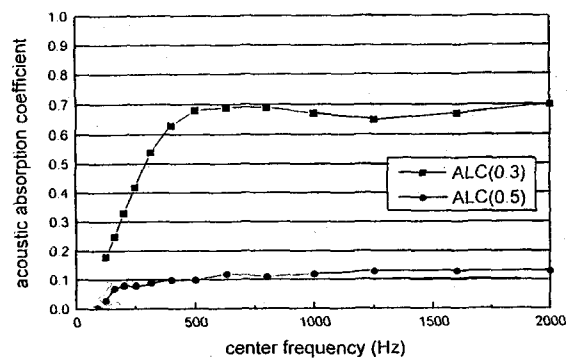
시험체의 기계적 특성 측정결과

<표 3>

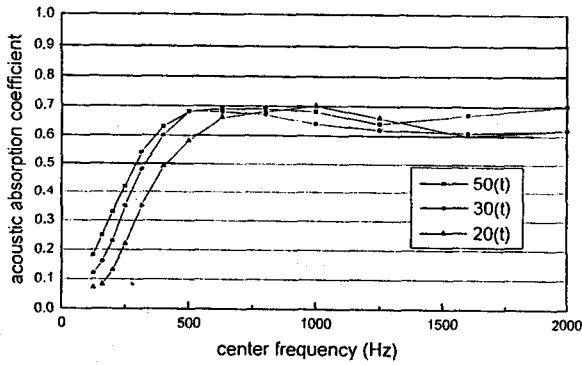
물 성	시 험 체 명		측 정 방 법
	ALC-0.3	ALC-0.5	
밀 도 (g/cm ³)	0.30	0.48	105°C 절건후 측정
압축강도 (kgf/cm ²)	11.0	50.7	KS F 4914
휨 강 도 (kgf/cm ²)	3.5	10.2	KS F 4914
흡 음 율 (NRC)	0.60	0.10	KS F 2814

경량기포콘크리트의 밀도와 흡음율과의 관계를 <그림 1>에 나타내었다. 밀도가 0.3인 시험체의 경우 500Hz 이하의 음역에서 흡음율이 선형적으로 증가하다가 500Hz 이상이 되면 흡음율은 일정해짐을 알 수 있다. 그러나 밀도가 0.5로 증가되면 전 영역에 걸쳐 흡음율이 0.1 정도로 밀도 0.3인 조건과의 흡음을 차이가 컸다.

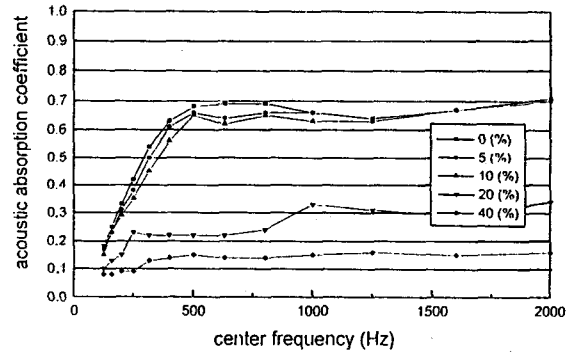
<그림 2>는 밀도가 0.3인 시험체에서 두께와 흡음율과의 관계를 나타내는데 두께가 두꺼울수록 500Hz 이하의 중저음역 영역에서 흡음율이 증가함을 알 수 있다. Glass wool의 경우 재료의 두께가 증가하면 중저음대의 흡음특성이 향상된다는



<그림 1> 밀도와 흡음율과의 관계



〈그림 2〉 ALC-0.3 시편의 두께와 흡음율 관계

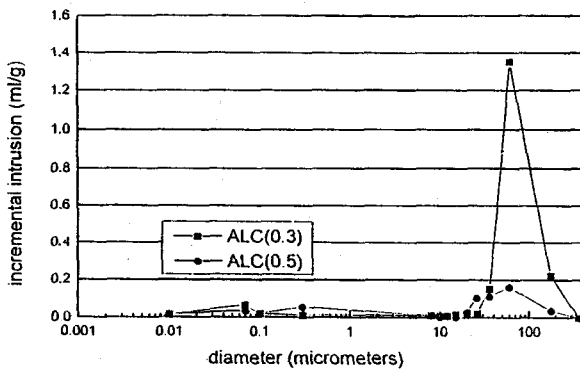


〈그림 3〉 ALC-0.3 시편의 흡수율과 흡음율 관계

보고²⁾와도 유사한 경향을 나타내었다. 〈그림 3〉은 재료내 흡수율이 흡음율에 미치는 영향을 보기위한 것으로서 흡수율이 10% 이내에서는 흡음율이 안정하지만 20% 이상이 되면 흡음율의 급격한 저하가 나타나므로 흡수율의 관리가 재료의 흡음성능의 안정에 커다란 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

3.3 기공분석결과

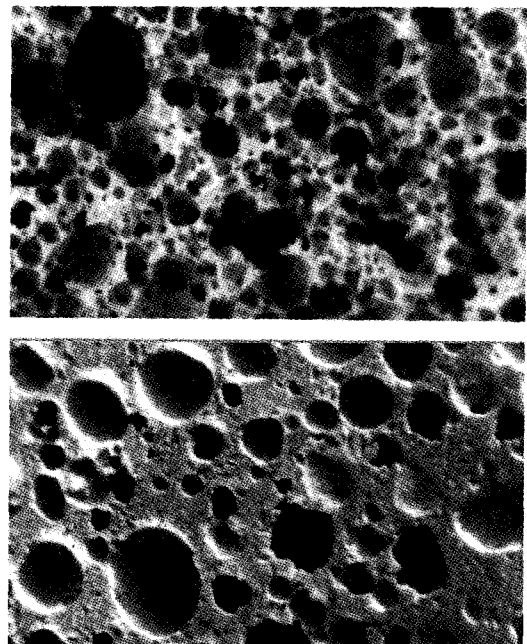
〈그림 4〉는 수은압입법에 의해 측정된 기공경분포 분석결과이다. 평균기공의 크기는 0.1~1mm이며 밀도차에 의해 기공크기보다는 기공의 양적 면에서 큰 차이가 있는 것을 볼 수 있다. 100 μ m 이상의 거대기공의 분석은 수은압입법으로 한계가 있기 때문에 실체현미경으로 표면의 기공형태를 관찰하였다(〈그림 5〉). 기공은 밀도가 0.3인 시험체에서 연결기포가 많았는데 실제로 이런 기공이 많아질수록 흡음성능이 향상되는 것으로 여겨진다. 〈그림 6〉은 밀도가 0.3인 시험체의 표면을



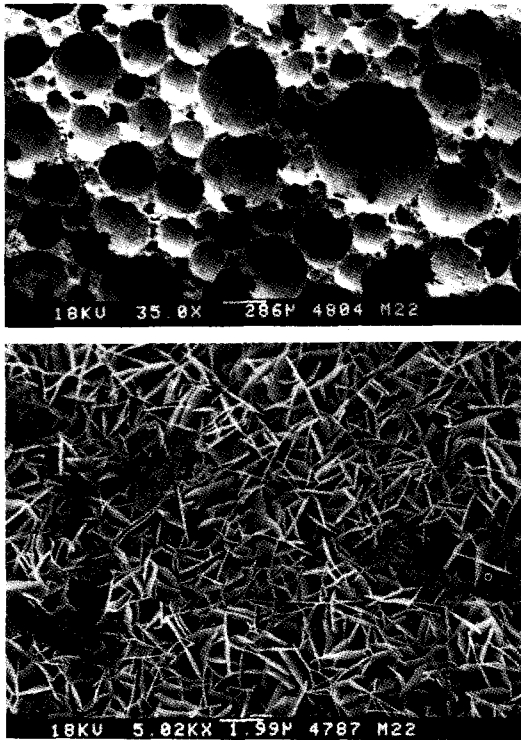
〈그림 4〉 수은압입법에 의한 기공경 분포곡선

주사전자현미경으로 관찰한 것이다. 앞서의 실체현미경결과와 마찬가지로 낮은배율에서 연결기포의 형태를 자세히 볼 수 있다. 현미경의 배율을 5,000배로 확대하면 전형적인 규산칼슘수화물결정인 토버모라이트(Tobermorite)를 볼 수 있다. 토버모라이트는 낮은 밀도에서도 형상을 유지할 수 있는 정도의 강도를 발현하는 중요한 역할을 하며 이는 고온고압수증기양생³⁾을 통해서 만들어진다.

이상에서와 같이 다공질의 경량 기포콘크리트를 제조하면 음이 재료내로 흡수되면서 미세한 기공까지 음압변동이 전달되어 공기의 점성마찰이



〈그림 5〉 강체흡음재의 실체현미경 사진 (20 \times)
(위 : ALC-0.3, 아래 : ALC-0.5)



〈그림 6〉 ALC-0.3 시편의 주사전자현미경 사진
(위 : 35X, 아래 : 5000X)

생겨나 음에너지의 일부가 열에너지로 바뀌면서 흡음작용을 하는 것이 일반적인 다공질 재료의 흡음기구⁴⁾이다. 강체다공질흡음재의 흡음성능은 기공의 크기, 형태, 부피, 두께 및 재료고유의 유동저항성에 의존하게 된다. 다공질의 정도는 표면에서의 다공성과 내부의 기공부피에 의해 결정되므로 내부에서 연결기공의 차이가 공기유동저항에 크게 영향을 미치게 된다. 그러므로 연결기공량이 적은 밀도 0.5 시험체에서의 흡음율이 낮았던 것으로 판단된다.

일반적인 다공질 재료의 주파수별 흡음성능은 중고음역의 흡음성이 높고 저음부분에서 흡음성능은 매우 낮다.⁵⁾ 두께의 경우에 있어서 두께가 증가할수록 저음역과 중음역의 흡음율이 증가하는데 특히 저음역이 높아진다.⁶⁾ 강체다공질흡음재에서도 다공질 재료와 같이 두께의 고려는 흡음율개선에 매우 중요한 조건이 된다. 또한 연결기공이 많을수록 외부의 습기나 수분이 침입할 가능성이 많아지며, 일정이상의 수분이 내부에 존재하면 〈그림 3〉과 같이 흡음을 방해하므로 시험체의 표면을 발수처리 해야할 필요가 있다.

4. 결 론

석회질원료로서 시멘트와 생석회, 규석질원료로서 sand slurry를 사용하고 기포제 및 발포제로 밀도를 달리하여 제조된 시멘트계 강체다공질흡음재의 기계적 특성 및 흡음성능을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 밀도가 낮아지면 기포율이 증가하고 연결기공의 양이 많아지므로 흡음성능은 향상된다. 따라서 제조시 밀도를 낮추고 연결기공량을 많이 만들기 위해서는 발포제보다는 기포제의 사용이 효과적이다.
- 2) 밀도가 0.3으로 제조된 시험체의 두께를 증가시키면 500Hz 이하의 음역대에서 흡음율이 향상됨을 알 수 있었다.
- 3) 흡수율은 흡음율과 밀접한 관계를 가지며 흡수율이 20% 이상이 되면 재료내부에서 수분이 흡음의 방해를 야기시켜 급격한 흡음성능의 저하가 일어나므로 흡수율의 관리가 중요함을 알 수 있었다.
- 4) 시멘트계 강체다공질흡음재는 유리면, 압면과 달리 인체에 무해하고, 내화성이 우수하며, 강체형이라는 장점이 있을 뿐 아니라 흡음율도 일반흡음재와 유사하였다. 따라서 기존의 섬유상흡음재(유리면, 압면)의 대체재로서 시멘트계 강체다공질흡음재는 그 활용이 기대된다.

〈참 고 문 헌〉

1. 한국소음진동학회 저, 「소음·진동 편람」 p. 32, 1995.
2. Charles E. Wilson, 「NOISE CONTROL」 p. 69, 1994.
3. T. Mitsuda, K. Sasaki and H. Ishida, "Phase Evolution during Autoclaving Process of Aerated Concrete", J. Am. Ceram. Soc., 75 [7] p.1858-63, 1992.
4. 전남대학교 공업기술연구소, 「쌍용초경량콘크리트 흡음재의 흡음성능평가」 p.13, 1995.
5. 한국소음진동학회 저, 「소음·진동 편람」 p. 93, 1995.
6. Leo L. Beranek, 「Noise and Vibration Control」 p.222, 1988.