

흡음재의 시험조건에 따른 흡음성능 특성

Characteristics of Absorption Performance of Sound Absorptive Materials according to Test Conditions

강대준* · 이우석* · 이재원* · 홍준기* · 조윤희*
Daejoon Kang, W. S. Lee, J. W. Lee, J. K. Hong and Y. H. Jo

(2006년 2월 20일 접수 ; 2006년 6월 16일 심사완료)

Key Words : Sound Absorption Coefficient(흡음계수), Reverberation Room Method(잔향실법)

ABSTRACT

The sound absorption materials have been used to enhance the performance of a noise barrier and improve the room acoustics. In this study, 6 products of sound absorption materials generally used in Korea were chosen, and their absorption performance was tested in various conditions, that is, it was measured while changing thickness, density and air-gap in their back, and measured with or without facing on their face.

1. 서 론

소음저감을 위한 방음벽의 성능개선이나 강당, 음악홀 등의 실내음향개선을 위하여 흡음재의 사용이 증가하고 있다. 그러나, 지금까지 흡음재의 성능에 대한 자료를 체계적으로 조사하는 사례가 적어 외국의 자료를 이용하여 그대로 국내 생산 흡음재의 성능으로 적용하기도 하였다. 이 논문에서는 국내에서 생산되는 흡음재를 6종(폴리에스터, 폴리우레탄, 멜라민, 글래스울, 미네랄울, 기타)으로 구분하여 흡음재의 성상, 배후조건, 표면처리 등의 시험 조건에 따른 흡음성능 변화를 조사하였다. 흡음재의 성능시험은 잔향실에서의 측정을 기준으로 하였으며, 1/3 옥타브밴드의 흡음계수와 NRC, 그리고 가중흡음계수를 함께 구하였다.

2. 시험방법

이 연구에서 시험한 흡음재는 국내에서 생산되어 사용되고 있는 제품인 폴리에스터, 폴리우레탄, 불연멜라민, 유리섬유, 미네랄울을 대상으로 하였다. 먼저 각 흡음재의 재질별 흡음특성을 비교하였고, 두께, 밀도, 마감처리, 배후공기층 등의 시험 조건 변화가 흡음 특성에 어떠한 변화를 나타내는지 시험해보았다. 흡음재의 흡음성능 측정은 잔향실에서 잔향실내의 흡음률 측정 방법(KS F 2805, 2004)^(1,2)으로 주파수별(1/3 옥타브) 흡음계수를 구하였다. 측정 구성도는 Fig. 1과 같이 체적 250 m³, 시료부면적 10 m²(2.5×4 m)인 잔향실의 한쪽 모서리에 음원(B&K Type 4224)을 설치하여 음을 발생시키고 음원과 벽면으로부터 1.5 m 이상 떨어진 5 지점에서 마이크로폰(B&K Type 2671)으로 이를 수음하여 B&K PULSE System으로 잔향시간을 측정하여 흡음계수를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 흡음재별 흡음특성 비교

흡음재(폴리에스터, 폴리우레탄, 불연멜라민, 유리섬유, 미네랄울)의 일반적인 흡음특성을 조사하기 위하

† 책임저자; 정회원, 국립환경과학원 교통환경연구소

E-mail : djikang@me.go.kr

Tel : (032) 560-7676, Fax : (032) 560-7678

* 국립환경과학원 교통환경연구소

여 표면마감이 되지 않은 흡음재를 두께별(25, 50 mm)로 나누어 비교하였으며 그 결과는 Fig. 2와 같다.

섬유질흡음재들(폴리에스터, 폴리우레탄, 불연멜라민, 유리섬유, 미네랄울)은 두께에 따라 약간의 차이는 있지만 대체로 저주파수 대역에서 고주파수 대역으로 갈수록 흡음계수가 차츰 증가하다 중·고주파수 대역(500 ~ 4,000 Hz)에서 완만해지는 흡음특성을

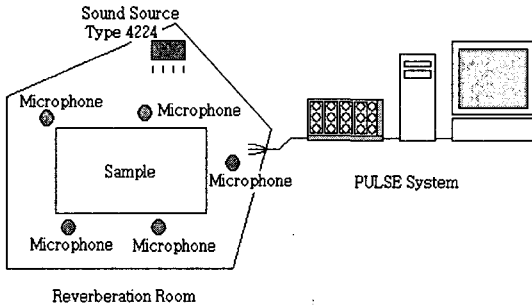
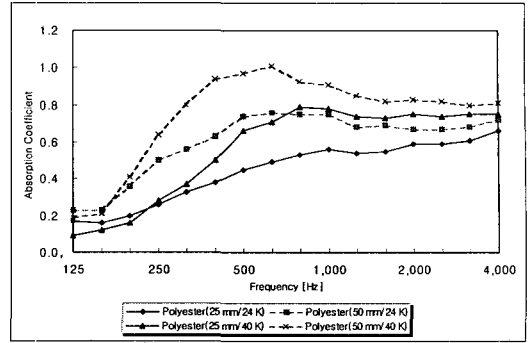
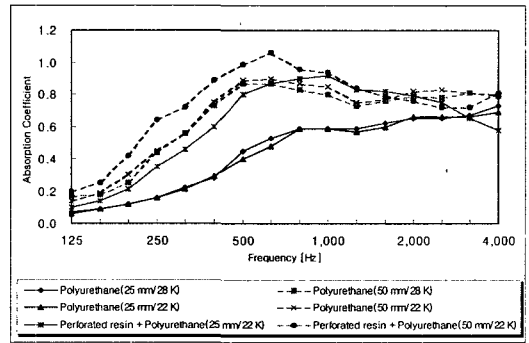


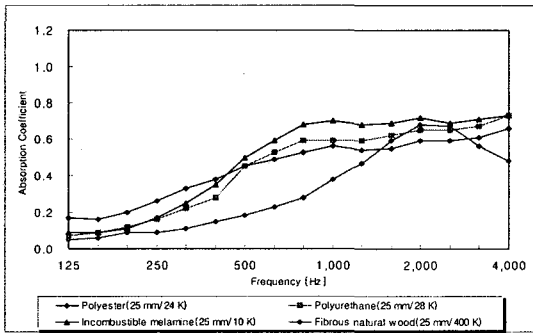
Fig. 1 Schematic diagram of measuring instruments in a reverberation room



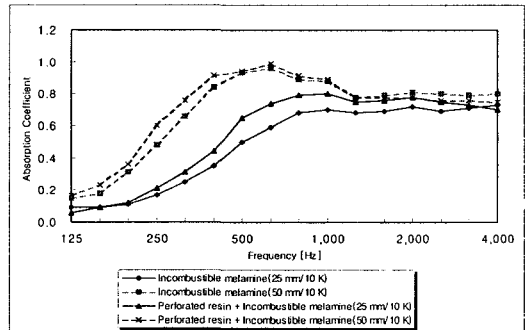
(a) Polyester



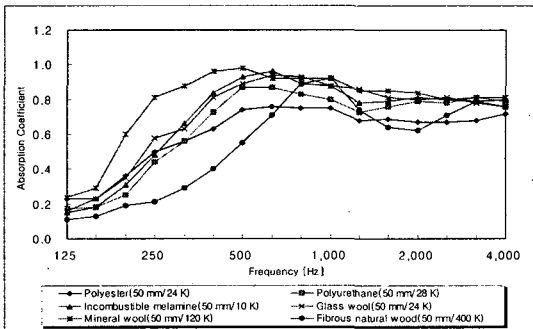
(b) Polyurethane



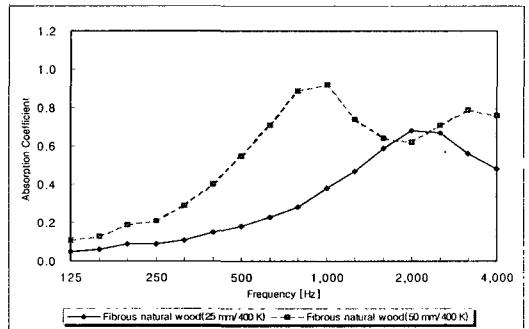
(a) Materials with thickness 25 mm



(c) Melamine



(b) Materials with thickness 50 mm



(d) Fibrous natural wood

Fig. 2 Comparison of absorptive performance of sound absorptive materials

Fig. 3 Sound absorption coefficient according to thickness of material

보이고 있다.

3.2 두께 변화에 따른 흡음계수 비교

각 흡음재별로 두께 변화가 흡음특성 및 성능에 미치는 영향을 살펴보기 위하여, 동일한 밀도에서 두께만 변화할 경우를 비교 분석하였으며 그 결과는 Fig. 3과 같다.

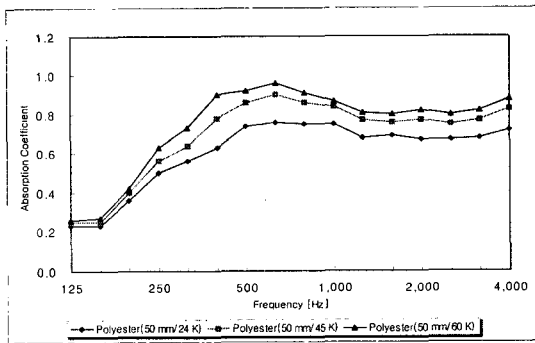
폴리에스터 및 폴리우레탄, 불연멜라민은 두께가 25에서 50 mm로 증가함에 따라 중·저주파수 대역에서 흡음개선이 두드러져 630 Hz에서 피크를 보이고 있다. 천연나무섬유질 흡음재는 두께가 25에서 50 mm로 두께위짐에 따라 흡음특성이 고주파수 대역에서 중주파수 대역으로 이동하면서 중주파수 대역에서 흡음성능이 크게 개선되고 있다.

3.3 밀도 변화에 따른 흡음계수 비교

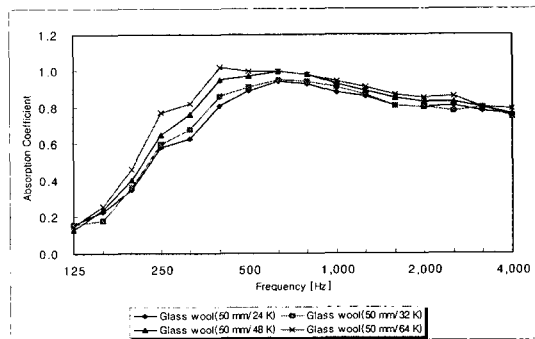
폴리에스터와 글래스울의 밀도 증가가 흡음 특성 및 성능에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 두께는 같고 밀도만 변화할 경우를 비교 분석하였으며 그

결과는 Fig. 4와 같다.

폴리에스터는 밀도가 증가함에 따라 유사한 양상으로 전주파수 대역에서 고른 흡음계수 개선이 나타나고 유리섬유는 전주파수 대역에서 흡음계수 증가

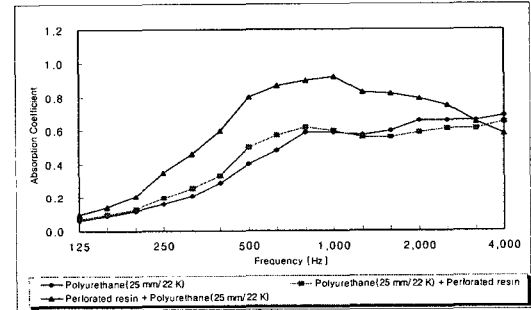
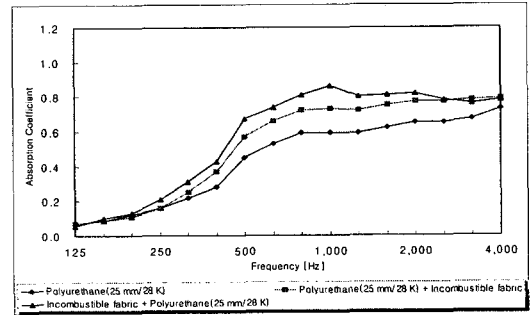


(a) Polyester

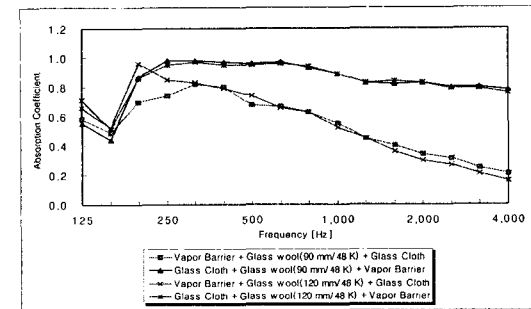
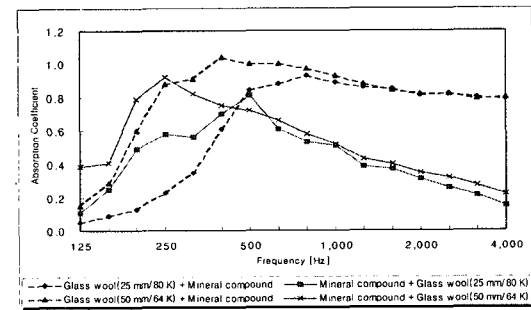


(b) Glass wool

Fig. 4 Sound absorption coefficient according to density of material

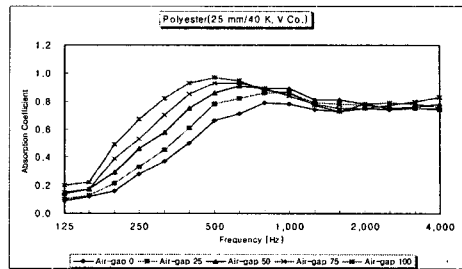
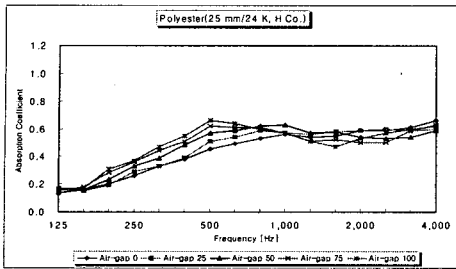


(a) Polyurethane

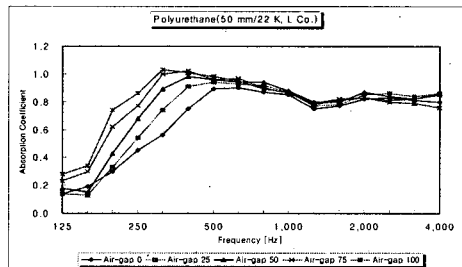
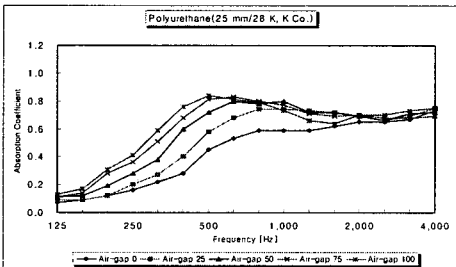


(b) Glasswool

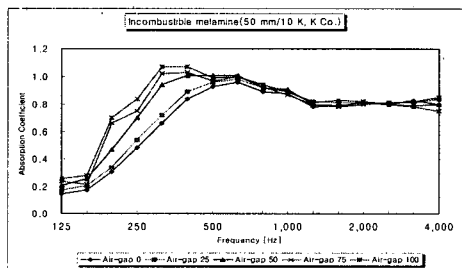
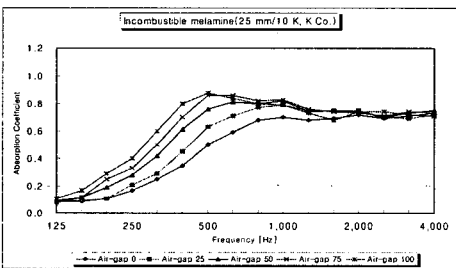
Fig. 5 Sound absorption coefficient according to facing of material



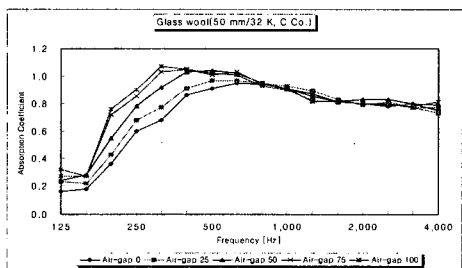
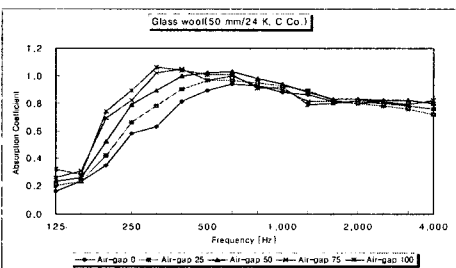
(a) Polyester



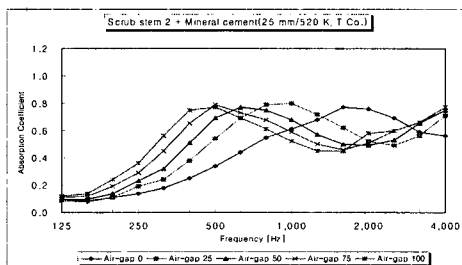
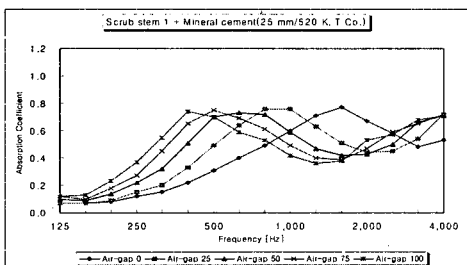
(b) Polyurethane



(c) Incombustible melamine



(d) Glasswool



(e) Scrub stem

Fig. 6 Sound absorption coefficient according to thickness of air-gap

흡음재의 시험조건에 따른 흡음성능 특성

Table 1 Noise reduction coefficient(NRC) of sound absorptive materials

Material	Composition	Thickness(mm) /Density(kg/m ³)	NRC					Co.
			Air-gap(mm)					
			0	25	50	75	100	
Polyester	Polyester	25/24	0.45	0.50	0.50	0.50	0.55	H
	Polyester	25/40	0.60	0.70	0.75	0.75	0.80	V
	Incombustible fabric+Polyester	25/45	0.70	0.75	0.80	0.80	0.80	S
	Polyester+Incombustible fabric	25/45	0.50	0.70	0.80	0.85	-	S
	Polyester	50/24	0.65	0.65	0.70	0.70	0.70	H
	Polyester	50/40	0.85	0.85	0.90	0.90	0.95	V
	Polyester	50/45	0.75	0.75	0.80	0.80	0.80	H
	Polyester	50/60	0.80	0.85	0.90	0.90	0.90	H
Polyurethane	Polyester	9/230	0.30	0.50	0.70	0.75	0.75	H
	Polyurethane	25/22	0.45	0.55	0.60	0.65	0.65	L
	Polyurethane	25/28	0.45	0.55	0.60	0.65	0.65	K
	Perforated resin+Polyurethane	25/22	0.50	0.60	0.60	0.60	0.65	S
	Perforated resin+Polyurethane	25/22	0.70	0.75	0.80	0.80	0.80	L
	Polyurethane+Perforated resin	25/22	0.45	0.65	0.75	0.80	-	L
	Incombustible fabric+Polyurethane	25/28	0.65	0.70	0.80	0.85	0.85	K
	Polyurethane+Incombustible fabric	25/28	0.55	0.65	0.80	-	-	K
	Polyurethane	50/22	0.75	0.80	0.85	0.85	0.90	L
	Polyurethane	50/28	0.75	0.80	0.80	0.80	0.85	K
	Perforated resin+Polyurethane	50/22	0.85	0.85	0.90	0.90	0.90	L
	Polyurethane+Perforated resin	50/22	0.70	0.75	0.80	-	-	L
Melamine	Incombustible melamine	25/10	0.50	0.60	0.65	0.70	0.70	K
	Incombustible fabric+Incombustible melamine	25/10	0.70	0.75	0.80	0.80	0.85	K
	Incombustible melamine+Incombustible fabric	25/10	0.55	0.65	0.75	-	-	K
	Perforated resin+Incombustible melamine	25/10	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	K
	Incombustible melamine+Perforated resin	25/10	0.55	0.65	0.70	-	-	K
	Mineral compound+Incombustible melamine	25/10	0.70	0.75	0.80	0.80	0.80	K
	Incombustible melamine	50/10	0.80	0.80	0.85	0.85	0.90	K
	Perforated resin+Incombustible melamine	50/10	0.80	0.85	0.90	0.90	0.90	K
	Incombustible melamine+Perforated resin	50/10	0.80	0.85	0.90	-	-	K
	Perforated metallic panel(aluminum) +Incombustible melamine+Incombustible fabric	20/10	0.60	0.65	0.75	0.75	0.80	K
Perforated metallic panel(iron) +Incombustible melamine+Incombustible fabric	20/10	0.60	0.70	0.75	0.80	0.80	K	
Glass wool	Mineral compound+Glass wool	25/80	0.55	0.55	0.55	0.50	0.50	K
	Glass wool+Mineral compound	25/80	0.70	0.80	0.80	0.80	0.80	K
	Incombustible fabric+Glass wool	25/96	0.75	0.80	0.90	0.90	0.90	B
	Glass wool	50/24	0.80	0.85	0.90	0.90	0.90	C
	Glass wool	50/32	0.80	0.85	0.90	0.90	0.90	C
	Glass wool	50/48	0.85	0.90	0.95	0.95	-	C
	Glass wool	50/48	0.85	0.90	0.95	0.95	-	N
	Glass wool	50/48	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95	P
	Glass wool	50/64	0.90	0.90	0.95	0.95	-	C
	Glass wool	50/64	0.90	0.90	0.95	0.90	0.95	N
	Mineral compound+Glass wool	50/64	0.65	0.65	0.65	0.60	0.65	K
	Glass wool+Mineral compound	50/64	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95	K
	Glass Cloth+Glass wool+Vapor Barrier	90/48	0.90	-	-	-	-	B
	Vapor Barrier+Glass wool+Glass Cloth	90/48	0.60	-	-	-	-	B
	Glass Cloth+Glass wool+Vapor Barrier	120/48	0.90	-	-	-	-	B
Vapor Barrier+Glass wool+Glass Cloth	120/48	0.60	-	-	-	-	B	
Other	Mineral wool	50/120	0.90	0.90	0.90	0.90	0.85	P
	Mineral wool	100/140	0.80	-	-	-	-	P
	Fibrous natural wood	25/400	0.35	-	-	-	-	K
	Scrub stem 1+Mineral cement	25/520	0.45	0.45	0.50	0.50	0.50	T
	Scrub stem 2+Mineral cement	25/520	0.45	0.50	0.50	0.55	0.55	T
Root of poplar	Root of poplar+Mineral cement	25/272	0.40	-	-	-	-	T
	Fibrous natural wood	50/400	0.60	-	-	-	-	K

Table 2 Weighted absorption coefficient (α_w) of sound absorptive materials

Material	Composition	Thickness (mm) / Density (kg/m ³)	Weighted sound absorption coefficient (α_w)					Co.
			Air-gap (mm)					
			0	25	50	75	100	
P o l y e s t e r	Polyester	25/24	0.50(H)	0.50	0.50	0.55	0.55	H
	Polyester	25/40	0.55(H)	0.65	0.60(M,H)	0.80	0.85	V
	Incombustible fabric+Polyester	25/45	0.65	0.70	0.80	0.80	0.80	S
	Polyester+Incombustible fabric	25/45	0.50(H)	0.60(M,H)	0.80	0.85	-	S
	Polyester	50/24	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	H
	Polyester	50/40	0.85	0.90	0.90	0.90	0.90(L)	V
	Polyester	50/45	0.80	0.80	0.85	0.80	0.80	H
	Polyester	50/60	0.85	0.85	0.90	0.85(L)	0.85(L)	H
	Polyester	9/230	0.25(H)	0.40(M,H)	0.60(M,H)	0.75	0.80	H
P o l y u r e t h a n e	Polyurethane	25/22	0.40(H)	0.50(H)	0.55(H)	0.60(H)	0.70	L
	Polyurethane	25/28	0.40(H)	0.50(M,H)	0.60(H)	0.70	0.70	K
	Perforated resin+Polyurethane	25/22	0.55	0.55	0.55(L)	0.60	0.55(L)	S
	Perforated resin+Polyurethane	25/22	0.65(M)	0.70	0.75	0.75	0.75	L
	Polyurethane+Perforated resin	25/22	0.45(L)	0.55(M,H)	0.75	0.80	-	L
	Incombustible fabric+Polyurethane	25/28	0.50(M,H)	0.65(M,H)	0.80	0.85	0.85	K
	Polyurethane+Incombustible fabric	25/28	0.45(M,H)	0.65(M,H)	0.75	-	-	K
	Polyurethane	50/22	0.75	0.85	0.90	0.85	0.85	L
	Polyurethane	50/28	0.70	0.80	0.85	0.85	0.85	K
	Perforated resin+Polyurethane	50/22	0.80	0.85	0.85	0.85	0.85(L)	L
Polyurethane+Perforated resin	50/22	0.70	0.75	0.85	-	-	L	
M e l a m i n e	Incombustible melamine	25/10	0.50(H)	0.50(M,H)	0.60(H)	0.65	0.70	K
	Incombustible fabric+Incombustible melamine	25/10	0.55(M,H)	0.60(M,H)	0.75	0.80	0.85	K
	Incombustible melamine+Incombustible fabric	25/10	0.50(H)	0.55(M,H)	0.70	-	-	K
	Perforated resin+Incombustible melamine	25/10	0.50(M,H)	0.55(M,H)	0.70	0.80	0.80	K
	Incombustible melamine+Perforated resin	25/10	0.50(M,H)	0.55(M,H)	0.65	-	-	K
	Mineral compound+Incombustible melamine	25/10	0.60(M,H)	0.65(M)	0.75	0.80	0.80	K
	Incombustible melamine	50/10	0.80	0.80	0.90	0.85	0.85	K
	Perforated resin+Incombustible melamine	50/10	0.80	0.85	0.85	0.85(L)	0.85(L)	K
	Incombustible melamine+Perforated resin	50/10	0.80	0.85	0.90	-	-	K
	Perforated metallic panel(aluminum) +Incombustible melamine +Incombustible fabric	20/10	0.50(M,H)	0.55(M,H)	0.65(M)	0.75	0.80	K
Perforated metallic panel(iron) +Incombustible melamine +Incombustible fabric	20/10	0.50(M,H)	0.55(M,H)	0.70	0.75	0.80	K	
G l a s s w o o l M i n e r a l w o o l	Mineral compound+Glass wool	25/80	0.30(L,M)	0.30(L,M)	0.35(L,M)	0.35(L,M)	0.40(L,M)	K
	Glass wool+Mineral compound	25/80	0.55(M,H)	0.80	0.85	0.85	0.85	K
	Incombustible fabric+Glass wool	25/96	0.65(M,H)	0.80	0.90	0.90	0.90	B
	Glass wool	50/24	0.80	0.80	0.90	0.85	0.85(L)	C
	Glass wool	50/32	0.80	0.85	0.90	0.85	0.90	C
	Glass wool	50/48	0.85	0.90	0.90	0.90(L)	-	C
	Glass wool	50/48	0.90	0.90	0.95	0.85(L)	-	N
	Glass wool	50/48	0.90	0.90	0.90	0.90(L)	0.90	P
	Glass wool	50/64	0.90	0.90	0.90	0.90	-	C
	Glass wool	50/64	0.90	0.90	0.90	0.85(L)	0.90	N
	Mineral compound+Glass wool	50/64	0.40(L,M)	0.35(L,M)	0.40(L,M)	0.40(L,M)	0.45(L,M)	K
	Glass wool+Mineral compound	50/64	0.90	0.85(L)	0.90	0.85(L)	0.95	K
	Glass Cloth+Glass wool+Vapor Barrier	90/48	0.90(L)	-	-	-	-	B
	Vapor Barrier+Glass wool+Glass Cloth	90/48	0.35(L,M)	-	-	-	-	B
	Glass Cloth+Glass wool+Vapor Barrier	120/48	0.85(L)	-	-	-	-	B
Vapor Barrier+Glass wool+Glass Cloth	120/48	0.35(L,M)	-	-	-	-	B	
Mineral wool	50/120	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	P	
Mineral wool	100/140	0.85	-	-	-	-	P	
O t h e r s	Fibrous natural wood	25/400	0.30(H)	-	-	-	-	K
	Scrub stem 1+Mineral cement	25/520	0.35(M,H)	0.45(M,H)	0.50(H)	0.50(H)	0.50(H)	T
	Scrub stem 2+Mineral cement	25/520	0.40(H)	0.50(M,H)	0.50(H)	0.55(H)	0.60	T
	Root of poplar+Mineral cement	25/272	0.30(M,H)	-	-	-	-	T
	Fibrous natural wood	50/400	0.55(M,H)	-	-	-	-	K

※ Sound absorption class according to KS F ISO 11654 : A(0.90~1.00), B(0.80~0.85), C(0.60~0.75), D(0.30~0.55), E(0.15~0.25)

가 나타나지만 그 증가가 미미하다. 이는 유리섬유 자체의 흡음계수가 높기 때문에 밀도 증가가 흡음계수에 영향을 크게 미치지 못하는 것으로 판단된다.

3.4 표면마감에 따른 흡음계수 비교

표면재의 설치 및 위치가 각 흡음재의 흡음계수 및 흡음특성에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 표면마감을 하지 않은 흡음재와 표면마감을 앞면에 했을 때, 뒷면에 했을 때의 흡음계수를 비교 분석하였으며 그 결과는 Fig. 5와 같다. 여기서, 표면마감이란 흡음재에 붙연성이나 내구성을 높이기 위하여 직물이나 인조가죽 등의 재질로 표면을 처리하는 것을 말하는 것이다.

폴리에스터 및 폴리우레탄, 불연멜라민은 표면재의 앞면 부착이 뒷면 부착에 비해 높은 흡음증가를 보이고 있다. 폴리우레탄에 난연직물을 부착하면 거의 전주파수 대역에서 고른 흡음계수 증가를 보이고, 有孔인조가죽을 배후에 부착하면 흡음계수 증가가 없거나 오히려 감소를 하는 반면 앞면에 부착하면 중주파수 및 저주파수 대역에서 높은 흡음계수 개선이 나타난다. 유리섬유 앞면에 무기질 compound를 부착하면 유리섬유의 주요흡음대역인 중·고주파수 대역에서의 흡음을 막아 고주파수 대역으로 갈수록 흡음계수가 급격하게 감소를 하고 뒷면 부착도 흡음계수에 거의 영향을 미치지 못한다.

3.5 배후공기층 크기변화에 따른 흡음계수 비교

흡음재 배후에 공기층 25, 50, 75, 100 mm를 두어 공기층 설치 및 두께변화가 흡음특성 및 성능에 미치는 영향을 흡음재 별로 나누어 비교 분석한 결과는 Fig. 6과 같다.

폴리에스터는 배후공기층이 증가함에 따라 1 kHz 이하에서 흡음계수 증가가 나타나며 밀도가 높을수록 공기층 증가에 따른 흡음계수 증가가 크게 나타난다. 폴리우레탄과 불연멜라민은 배후공기층이 증가함에 따라 중·저주파수 대역에서 흡음계수 증가가 나타난다. 유리섬유는 배후공기층이 증가함에 따라 약 630 Hz이하에서 흡음계수 증가가 나타나고 밀도가 높을수록 그 증가량은 적다. 미네랄울은 큰 변화가 나타나지 않는다. 잠목줄기는 배후공기층이 증가함에 따라 흡음피크가 1.25 kHz에서 400 Hz로 차츰 이동하여 흡음계수 증가보다는 흡음특성 변화에 크

게 영향을 미치는 것으로 나타난다.

3.6 흡음계수 평가방법에 따른 흡음계수 비교

흡음재의 흡음계수를 단일수치로 평가하는 NRC^(3,5)와 가중흡음계수(α_w)⁽⁴⁾로 평가한 결과를 Table 1 및 Table 2에 보이고 있다. NRC와 가중흡음계수 값은 대체로 비슷하게 나타나나 주파수 특성을 나타내는 데는 가중흡음계수를 이용하는 것이 유리하다.

4. 결 론

여러 가지 시험조건을 달리하면서 위의 시험대상 흡음재의 흡음성능을 조사한 결론은 다음과 같다.

먼저 흡음재의 재질별 흡음 특성은 폴리에스터, 폴리우레탄, 불연멜라민, 유리섬유 등의 섬유질 흡음재는 저주파수보다는 중·고주파수 대역에서 흡음 성능이 좋으며, 두께가 두꺼워짐에 따라 중·저주파수 대역(630 Hz 부근)에서, 밀도가 커짐에 따라 전주파수 대역에서 고르게 흡음 성능이 증가한다. 또한, 흡음재에 표면마감재(난연직물)를 앞면에 부착 시 전주파수대역에서 흡음 성능이 증가하며, 배후공기층을 첨가할 경우 저주파수 대역(630 Hz 이하)에서의 흡음 성능이 증가하는 것을 알 수 있다. 그리고 흡음재의 흡음성능 지표인 NRC와 가중흡음계수 값은 대체로 비슷하게 나타나나 주파수 특성을 나타내는 데는 가중흡음계수를 이용하는 것이 유리할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- (1) KS F 2805, 2004, Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room.
- (2) ASTM C 423, 2002, Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method.
- (3) Irwin, J. D. and Graf, E. R., 1979, "Industrial Noise and Vibration Control, Prentice-Hall", Inc..
- (4) KS F ISO 11654, 2003, Sound Absorbers for Use in Building-rating of Sound Absorption.
- (5) 前川純一, 朴棟玲 譯, 1989, Architectural Acoustics(建築音響), 技文堂.