

흡음재 구성방법에 따른 방음벽의 흡음특성에 관한 연구

Study on the Sound Absorption Properties of Noise Barrier according to the Compositions of Absorptive Material

°김 경우* · 양 관섭** · 강 재식** · 이 승언**

Kyoung-Woo Kim, Kwan-Seop Yang, Jae-Sik Kang and Seung-Eon Lee

Key Words : Noise Barrier(방음벽), Sound Absorptive Material(흡음재), 흡음특성(Absorption Properties)

ABSTRACT

Noise barrier is used to reduce traffic noise. The effect of a noise barrier depends not only on the materials, but also on the physical properties such as density, height and degree of absorption, etc. Typical absorptive noise barrier is used sound absorbing material, such as glass wool and mineral wool. The goal of this study is to develop excellent absorptive noise barrier using a polyester. Laboratory measurements were performed with various thicknesses, density and layer of absorber in a reverberation room.

1. 서 론

도로교통 소음의 효과적인 차단을 위한 하나의 방안으로 가장 일반적으로 사용하는 방법은 소음원과 수음원 사이의 전달경로를 길게 하는 방음벽의 설치이다. 2001년 현재 국내에서는 약 477km의 방음벽이 설치되었으며, 이중에서도 흡음형 방음벽의 설치가 주류를 이루고 있다. 일반적으로 흡음형 방음벽이 반사형 방음벽에 비하여 다소 효과가 좋은 것으로 알려져 있어 국내의 고속철도용으로 사용되는 방음벽의 경우는 상당히 높은 흡음율 기준을 가지고 있다. 이에 적합한 흡음형 방음벽이 개발되어 현재 시공중에 있다. 흡음형 방음벽에 사용되는 흡음재는 Glass Wool을 주로 사용하고 있으나, Glass Wool은 내구성이 약하고 물기가 침투했을 시에 배수성의 불량으로 처지게되며 흡음율도 상당히 저하된다. 또한 Glass Wool의 취급시 피부

의 따끔거림을 유발하여 인체유해가 우려될지 모른다는 점에서 취급을 꺼리게 만드는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 의복용으로 사용되는 소재를 기초로 제조되어 Glass Wool이나 암면에 대등한 흡음성능을 가지는 폴리에스테르 흡음재를 방음벽의 소재로 사용하고 있다.

본 연구에서는 폴리에스테르를 사용하여 흡음율이 높은 고흡음형 방음벽을 개발하려 한다.

2. 다공질 흡음재 종류

2.1 그라스울(Glass Wool), 암면(Rock Wool)

유리나 광물이 주원료로 그 원재료를 고온으로 용해하고, 부직화해서 성형, 가공한 흡음재료이다. 부직경이 10 μ m 이하로 극히 가는 것이 특징이며 그라스울의 원료 대부분은 시장에서 회수한 판유리나 병유리, 제조공정에서 발생하는 단재를 포함 재생이 진행되고 있다. 제조회사에 의하면, 생산하는 그라스울의 약 80%에 달한다고 알려져 있다. 그라스울의 흡음성능은 저음역에서 고음역으로 흡음율이 상승하는 평탄한 특성을 가지고, 두께의 증가나 배후에 공기층을 설계하면, 저음역의 흡음율

* 정희원, 한국건설기술연구원

E-mail : kwmj@kict.re.kr

Tel : (031)910-0356, Fax : (031)910-0361

** 정희원, 한국건설기술연구원

을 향상시킬 수 있다. 표면보호를 위한 필름으로 감싸면 고음역의 성능이 약간 저하된다.

울(Wool) 종류의 흡음재의 흡음율은 일반적으로 흡음재를 구성하는 울의 섬유직경이 작은 수록, 표면의 흐름저항이 높은 수록 증가하는 것으로 알려져 있다.

2.2 화학부직재료

폴리에스테르계의 합성부직이 많고, 폴리염화비닐계 합성부직도 개발이 진행되고 있다. 부직의 크기는 제각기지만 대체로 10-100 μ m이고, 그라스울에 비하면 부직경이 큰 소재가 많다. 흡음성능은 그라스울과 같이 비교적 양호한 특성을 지니고 있지만, 부직경이 크게되면 성능이 다소 열악해지는 경향이 있다. 내식성은 우수하게 되지만, 내화성에 관해서 난연성, 자기소화성이 있다. 그라스울에 비해 비산이 덜하고, 촉감이 양호하여 취급이 쉬운 특징이 있다.

3. 고흡음형 방음벽개발

3.1 개발목표

방음벽의 성능 및 설치기준 - 환경부 고시 제 1998 - 150호('99.1.6.)의 제2장 제7조에서 흡음형 방음벽이 가지는 흡음성능이 NRC값으로 70% 이상이 되어야한다고 규정하고 있다. 그러나 고속철도 관리공단에서는 고속철도 주위에 설치될 방음벽의 성능을 CEN(THE EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION)의 흡음율 기준을 적용하여 평가하고 있는데 CEN-10의 기준치 이상의 흡음율을 가지는 방음벽을 시공하고 있다. 본 연구에서는 일반적인 흡음형 방음벽이 가지는 흡음성능(NRC:0.7)과 고속철도에 적용 가능한 CEN-10 이상의 흡음성능을 가지는 것을 개발목표로 정하였다. 또한 방음판의 두께는 경제성 문제를 고려하여 125mm 이하로 선정하였다.

3.2 잔향실 흡음율시험

고흡음형 방음벽 개발을 위하여 폴리에스테르의 흡음성능을 살펴보고 방음판에 적용시 흡음성능의 변화를 잔향실 시험을 통하여 파악하였다. 시험에 사용된 방음판은 후면의 공기층이 30mm로 일반적으로 많이 사용되고 있는 갤러리 형태(두께: 100mm)와 전면 갤러리판 형태를 대신한 요철-타공형(두께:125mm) 형태 방음판을 사용하였다.

Table 1 CEN Standard

| CEN (dB) | 주파수 | | | | | | 성능 |
|----------|-----|-----|-----|------|------|------|--------------------|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| 4 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 0.8 | Old recommendation |
| 4 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | Light |
| 7 | 0.1 | 0.3 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | Good |
| 7 | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.4 | Low frequency |
| 8 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | Very good |
| 10 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.9 | 0.7 | High performance |

* 각각의 주파수별 흡음율 이상

Table 2 Test Type

| Type | 흡음재구성 | 방음판 | 흡음재 총두께 | 비고 |
|------|---------------------------------|------------|---------|-------------------------------|
| 1 | 48k, 25t | × | 25mm | 흡음재 시험 |
| 2 | 48k, 50t | × | 50mm | " |
| 3 | 65k, 25t | × | 25mm | 1. 흡음재 시험 2. 흡음면적 증가 영향 시험 |
| 4 | 65k, 50t | × | 50mm | 흡음재 시험 |
| 5 | 48k, 50t | 갤러리 타공형 | 50mm | 방음판 내부에 삽입 |
| 6 | 65k, 50t | 갤러리 타공형 | 50mm | " |
| 7 | 48k, 25t + 48k, 25t 65k, 25t | 타공형 | 75mm | " |
| 8 | 48k, 25t + 55k, 25t 65k, 25t | 타공형 | 75mm | " |
| 9 | 48k, 20t + 55k, 20t 65k, 25t | 타공형 | 65mm | " |
| 10 | 55k, 25t + 60k, 25t 65k, 25t | 타공형 | 75mm | " |
| 11 | 60k, 25t + 65k, 25t 65k, 25t | 타공형 | 75mm | " |
| 12 | 65k, 25t + 55k, 25t 48k, 25t | 타공형 | 75mm | " |
| 13 | 48k, 25t + 55k, 25t 65k, 25t | 타공형 | 75mm | 방음판전면 요철부에 흡음재 추가설치 |
| 14 | 65k, 25t + 55k, 25t 48k, 25t | 타공형 | 75mm | " |

Table 3 Measurement system

| | |
|--------------------------------|----------------------|
| □ Microphone | G.R.A.S. (Type 40AE) |
| □ Microphone Preamplifier | G.R.A.S. (Type 26CA) |
| □ Frequency Analyzer | Symphonie 01dB |
| □ Omnidirectional sound source | DO12 01dB |
| □ Amplifier | M700 INTER M |

Table 2는 폴리에스테르의 흡음성능 파악과 향상방안 모색을 위한 시험 Type이다. 시험 Type의 구성은 폴리에스테르 흡음재의 일반적인 흡음성능과 밀도변화를 조합하여 방음판 삽입시 흡음율을 측정하도록 하였다. 잔향실 시험은 KS F 2805 「잔향실내의 흡음율 측정방법」에 준하여 시험을 실시하였으며, 시험에 사용된 폴리에스테르 흡음재의 단위크기는 500mm×2000mm로 잔향실 바닥에 12장 설치하여 시험시편 크기를 12m²로 구성하였다. 폴리에스테르의 밀도는 48k, 55k, 60k, 65k를 사용하였으며 흡음재의 측면은 반사성 재료인 두께 12t의 아크릴을 사용하여 둘러싸 주었다. 흡음을 시험을 실시한 잔향실험실 체적은 260m³이며, 온도 및 습도조건은 10℃~11℃, 50%~55% 였다. 시험에 사용된 장비는 Table 3과 같다.

4. 결과분석 및 고찰

4.1 흡음재 두께 및 밀도

방음판 내부에 흡음재로 사용되는 폴리에스테르의 흡음성능을 파악하기 위하여 흡음재만을 이용하여 두께와 밀도변화에 따른 흡음율을 측정하였다. Fig.1과 같이 밀도증가(48k→65k)와 두께증가(25mm→50mm)에 따른 흡음율 변화를 살펴보면 밀도 증가시 흡음율이 전주파수 영역에서 증가되었으며, 두께가 2배로 증가되면 전주파수 영역에서 흡음율이 상승하는 것을 알 수 있었다. 저음역에서 고음역으로 흡음율이 상승하는 다공질 흡음재의 흡음특성을 보이고 있었다. Fig.2는 PVF필름으로 포장된 Glass Wool 32k, 50t와 폴리에스테르 48k, 50t의 흡음성능을 비교한 것으로 폴리에스테르 밀도가 48k로 높으나 Glass Wool 보다는 중음역에서 다소 흡음율이 저하되었다. Glass Wool보다는 흡음율이 떨어지지만 높은 밀도의 흡음재를 사용함으로 흡음성능을 향상시킬 수 있을 것이다.

4.2 방음판 전면 형상

폴리에스테르 흡음재를 방음판에 삽입하여 흡음율을 측정하였다. 사용된 방음판의 형상은 일반적인 형태의 갤러리타입과 전면부에 요철을 주어 타공 처리한 2가지 형태로 하였다.

Fig.3에서 48k, 50t와 65k, 50t 흡음재를 방음판에 각각 삽입시에 방음판 하부 공기층 영향으로 저음역에서 흡음율이 다소 상승하였으며, 갤러리 방음판의 경우 중·고음역에서 흡음율이 저하되었

다. 이는 전면부의 개구율과 갤러리 슬릿의 영향으로 사료된다. 그러나 요철-타공형태의 방음판의 경우 흡음재만의 흡음율에 비하여 저음역에서 다소 우수하고, 중음역에서는 다소 떨어지지만 2000Hz 이상에서는 오히려 더 좋은 흡음율을 나타내고 있었다. 방음판의 전면 형상을 비교한 결과 갤러리 형태보다는 요철-타공형 방음판의 흡음율이 다소 높게 나타났는데 이는 요철-타공형 방음판 두께가 125mm로 갤러리형 방음판보다 두꺼워 상부 공기층의 형성으로 고음역에서 원활히 흡음을 한 것으로 사료된다. CEN-10의 흡음율 기준을 만족하기 위해서는 갤러리 형태보다는 요철-타공형이 더 유리할 것으로 사료된다.

Table 4 Test Results

| 주파수[Hz] Type | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| CEN-10 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.9 | 0.7 |
| Type1 | 0.16 | 0.31 | 0.52 | 0.65 | 0.71 | 0.69 |
| Type2 | 0.26 | 0.59 | 0.88 | 0.95 | 0.84 | 0.81 |
| Type3 | 0.12 | 0.32 | 0.61 | 0.75 | 0.75 | 0.76 |
| 흡음면적추가 1.05m ² | 0.15 | 0.36 | 0.62 | 0.76 | 0.76 | 0.80 |
| 흡음면적추가 2.25m ² | 0.14 | 0.40 | 0.67 | 0.84 | 0.77 | 0.78 |
| 흡음면적추가 4.65m ² | 0.21 | 0.44 | 0.76 | 0.89 | 0.81 | 0.81 |
| Type4 | 0.27 | 0.63 | 0.93 | 0.99 | 0.86 | 0.81 |
| Type5(갤러리) | 0.29 | 0.79 | 0.95 | 0.83 | 0.71 | 0.73 |
| Type5(타공형) | 0.33 | 0.74 | 0.95 | 0.91 | 0.86 | 0.90 |
| Type6(갤러리) | 0.32 | 0.84 | 1.05 | 0.88 | 0.73 | 0.75 |
| Type6(타공형) | 0.35 | 0.78 | 1.04 | 0.96 | 0.88 | 0.91 |
| Type7 | 0.33 | 0.91 | 1.12 | 1.01 | 0.90 | 0.92 |
| Type8 | 0.43 | 0.89 | 1.08 | 1.02 | 0.91 | 0.96 |
| Type9 | 0.36 | 0.81 | 1.04 | 0.93 | 0.84 | 0.79 |
| Type10 | 0.40 | 0.93 | 1.09 | 0.96 | 0.89 | 0.86 |
| Type11 | 0.38 | 0.95 | 1.11 | 1.00 | 0.89 | 0.85 |
| Type12 | 0.42 | 0.88 | 1.06 | 0.97 | 0.86 | 0.83 |
| Type13 | 0.43 | 0.97 | 1.16 | 1.00 | 0.95 | 0.84 |
| Type14 | 0.36 | 0.99 | 1.19 | 1.01 | 0.91 | 0.82 |

표시는 CEN-10 흡음율 기준을 만족하는 경우를 표시한 것임

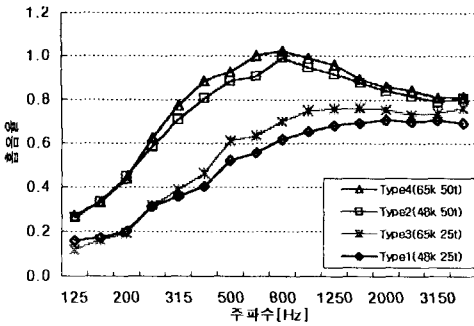


Fig.1 Sound Absorption Coefficient (Change to Thickness and Density)

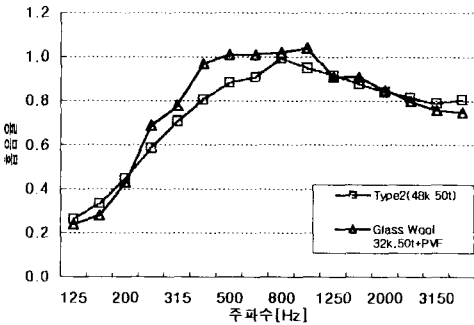
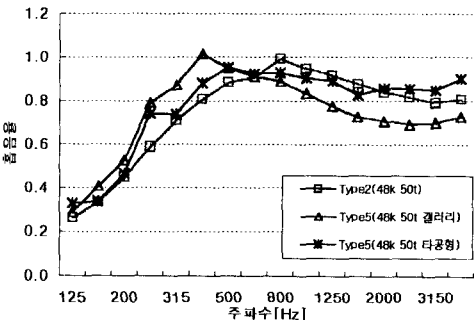
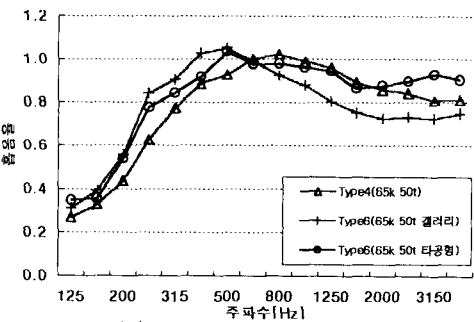


Fig.2 Sound Absorption Coefficient (Glass Wool and Polyester)



(a) Polyester 48k, 50t



(b) Polyester 65k, 50t

Fig.3 Sound Absorption Coefficient (Gallery Type and punching Type)

4.3 흡음재 밀도 조합

Fig.4에서 흡음재 밀도를 조합하여 25t 3겹을 시공한 방음판의 경우 밀도 조합에 의한 영향은 그다지 크게 보이지는 않으나 Type7의 경우 고음역에서 다소 높게 나타났다. 3가지 Type 모두 75t의 두께를 가지는 것으로 거의 유사한 흡음성능을 보이고 있었다. CEN-10의 기준에는 125Hz에서 0.5인 기준을 만족하지 않지만 Type7의 경우 다른 주파수에서는 기준을 만족하였다.

Fig.5는 48k, 55k, 65k 3가지 밀도의 흡음재를 순서대로 설치하여 밀도가 높은 65k 흡음재 위치에 따른 흡음율을 측정된 결과이다. 방음판 전면 방향으로 밀도가 높은 흡음재를 순서대로 설치한 Type8이 역순으로 설치한 Type12에 비하여 중·고음역에서 흡음율이 높게 나타났다. 밀도 조합시 밀도가 높은 흡음재를 소음원 방향으로 설치하는 것이 효과적인 것으로 파악되었다.

4.4 흡음면적 증가 I

Type3에 흡음면적 증가의 영향을 평가하기 위하여 구성된 흡음재 외에 추가적으로 65k, 25t의 흡음재를 50mm×500mm의 크기로 절단 후 Fig.6과 같이 배치하였다. 흡음을 계산시 시료의 면적은 투영면적으로 계산되기 때문에 요철형태로 흡음재가 설치되었을 시에 흡음면적 증가에 따른 흡음율 향상정도를 파악하고자 하였다. 추가로 설치된 흡음재의 면적은 1.05m², 2.25m², 4.65m²이었다. Fig.7처럼 추가로 설치된 흡음재의 면적이 증가됨에 따라 전 주파수 영역에서 흡음율이 증가하는 것을 알 수 있었다.

4.5 흡음면적 증가 II

요철-타공형 방음판의 경우가 갤러리형태 보다 고음역에서 다소 우수한 결과를 보여 125Hz를 제외하고 나머지 기준 주파수의 CEN-10 흡음율 기준을 만족하는 Type이 있었다. Fig.7에서 흡음재를 요철형태로 추가 설치할 경우 흡음율이 상승하는 것을 알 수 있으므로 요철-타공형 방음판의 요철 부위에 흡음재를 추가로 설치할 경우 흡음율 변화를 살펴보았다. Type8, Type12 요철부위에 48k, 25t 흡음재를 잘라 설치하였다.(추가설치:4.32m²) Fig.8 (a)에서 흡음재 추가설치로 전주파수 영역에서 흡음율이 다소 향상되었으며, (b)에서는 2500Hz 이상 주파수에서 흡음율이 다소 낮아지는 것을 볼 수 있었다.

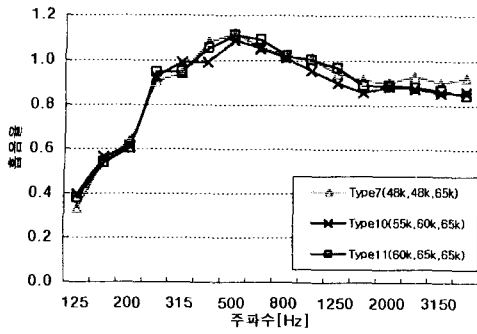


Fig.4 Sound Absorption Coefficient (Mix with different Density I)

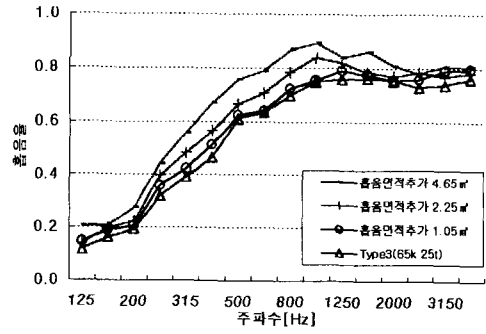


Fig.7 Sound Absorption Coefficient (Increase in Absorption Area I)

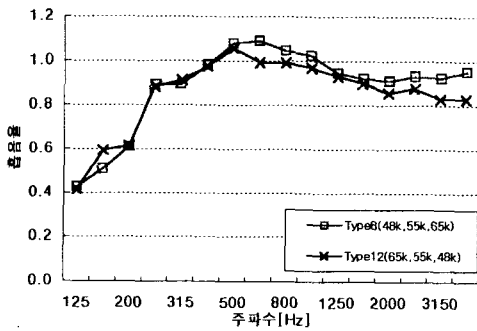
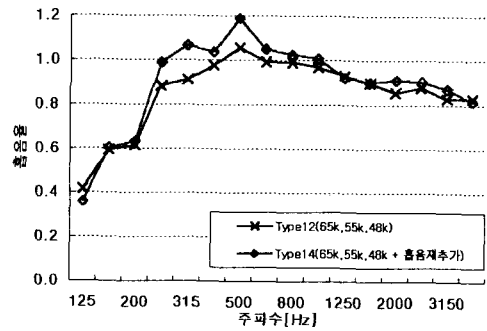
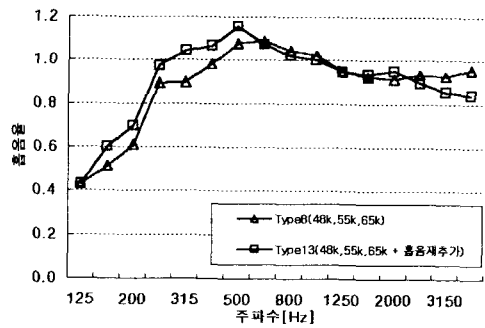


Fig.5 Sound Absorption Coefficient (Mix with different Density II)



(a) Type 12



(b) Type 8

Fig.8 Sound Absorption Coefficient (Increase in Absorption Area II)

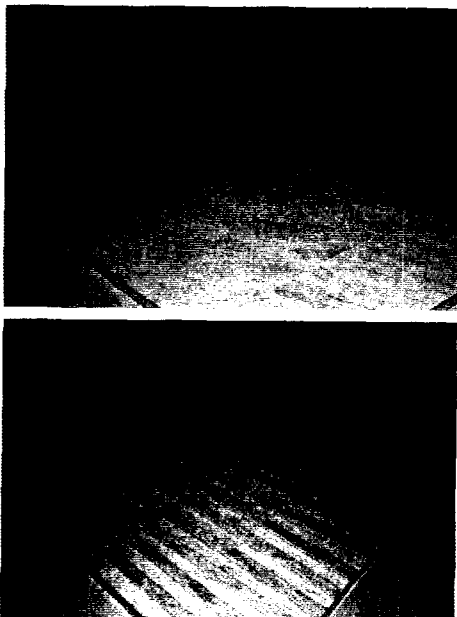


Fig.6 Photograph of Test Specimen

5. 결 론

폴리에스테르를 사용한 고흡음형 방음벽 개발을 위하여 CEN-10의 흡음율 기준을 목표로 여러 Type의 흡음율 시험을 실시하였다. 시험을 통한 결론은 다음과 같다.

1. 흡음재의 두께와 밀도가 증가함에 따라 흡음율이 전 주파수 영역에서 증가하였다.
2. 방음판의 전면 형상을 갤러리와 요철-타공형을 비교했을 때 중·고음역에서 요철-타공형 방음판 흡음율이 향상되었다.
3. 흡음재를 추가로 설치하여 흡음면적을 증가시키면 전 주파수 영역에서 흡음율이 증가되었다.
4. 3가지 다른 밀도를 조합할 경우 방음판 전면측으로 밀도가 높은 흡음재를 설치하는 것이 후면측으로 설치하는 경우보다 중·고음역에서 흡음율이 높게 측정되었다.

이번 연구에서는 125mm의 두께에 CEN-10의 기준을 만족하는 방음판을 개발하지는 못하였으나 차후 지속적인 연구를 통하여 고흡음형 방음판을 개발하려고 한다.

참 고 문 헌

1. KS F 2805, 1972, “잔향실내의 흡음율 측정방법”
2. 전용철, 2000, “환경 친화적인 폴리에스터 흡음재”, 음향·오디오기술 Vol.1, No.1, pp.50~57
3. 菅 眞一郎, 木村 博行, 1993, “意匠面を考慮した吸音材”, 音響技術, Vol.22, No.3, pp.19~24
4. M. David Egan, 1988, “Architectural Acoustics”