

# 공명흡음에 의한 목재와 목질보드의 흡음성능개선<sup>\*1</sup>

강춘원<sup>\*2</sup> · 박희준<sup>\*2</sup>

## Improvement of Sound Absorption Capability of Wood and Wood-based Board by Resonant Absorption<sup>\*1</sup>

Chun Won Kang<sup>\*2</sup> · Hee Jun Park<sup>\*2</sup>

### 요약

공명흡음에 의해 목재와 목질보드의 흡음성능을 개선하고자 무천공, 단순천공 그리고 계단형으로 천공한 목재와 목질보드의 흡음률을 정재파비를 이용하는 관내법으로 조사하였다. 그 결과, 측정주파수범위에서 계단형으로 천공한 시험편이 보통의 시험편보다 높은 흡음률을 나타내었으며, 특히 3~4KHz의 주파수영역에서는 50~60% 정도 높은 흡음률을 나타내었다.

목질보드는 측정주파수범위에서 높은 흡음률을 나타내었으며 천공한 목질보드는 300Hz에서 500Hz의 주파수 영역에서 조금 더 높은 흡음률을 나타내었다. 이는 시험편에 조성한 계단형 천공이 단일공명기로 작용하여 특정주파수영역에서 흡음률이 증가된 것으로 사료된다.

몇 가지 크기의 공극에 의해 공명이 발생하는 예상주파수는 실측한 주파수-흡음률 곡선에서 외삽한 공명주파수와 잘 일치하였다.

### ABSTRACT

Improvement of sound absorption capability of wood and wood-based board by resonant absorption was attempted. Sound absorption coefficients of wood and wood-based board which contain normal, simple perforation and stair type perforation had been estimated by the tube method using standing wave ratio.

\*1 접수 2000년 7월 7일, 채택 2000년 8월 23일

Part of this paper was presented at the 45th Conference of the Japan Wood Research Society at Tokyo, April 1999.

\*2 익산대학, Iksan National College, Iksan 570-752, Korea

Sound absorption coefficients of wood specimens of simply perforated and perforated with stair were higher than that of normal specimens. Especially, in case of stair type perforation, it was about 50 to 60% higher than that of normal specimen in the frequency of 3 to 4KHz. It was considered that the cavity which had been formed by perforation with stair type behaved as a single resonator.

Wood-based board showed good sound absorption coefficients in the frequency from 125Hz to 2KHz and that of perforated board showed a little higher in the frequency from 300Hz to 500Hz than that of normal board.

The computed data of resonant frequencies at several sizes of cavity showed good accordance with the estimated data of those.

**Keywords** : sound absorption coefficient, staircase type perforation, single resonator

## 1. 서론

목재는 외관이 미려하고 가공성이 좋으며 수종에 따라 차이는 있으나 타재료에 비해 비교적 우수한 자체 강도를 갖고 있다. 그러나 목재는 흡음률이 5% 내외인 음향반사재료이다.

한편 흡음은 음이 가지고 있는 에너지를 소실 또는 감소시키는 과정으로, 많은 공극을 가지고 있는 흡음 재료의 마찰에 의한 흡음, 벽면에 공기층을 두고 얇은 판을 설치하는 판진동에 의한 흡음, 그리고 단일공명기를 이용한 흡음기구 등을 이용한다. 다공질형 흡음은 흡음재료의 두께에 따라 차이는 있으나 넓은 주파수대역에서 흡음효과가 우수한 반면, 자체강도가 약하다. 판진동에 의한 흡음은 저주파수영역의 흡음률이 증가하나 흡음효과가 비교적 작은 편이며, 단일공명기에 의한 흡음은 좁은 주파수대역에서 높은 흡음효과가 나타난다.

이 중에서, 유리솜이나 암면은 흡음효과 외에도 단열성이 좋은 장점 때문에 건축물에 많이 이용되고 있으나 공기중에 노출되어 사용될 경우 분진에 의해 인체에 유해한 영향을 끼칠 수 있다. 또한, 재료자체의 강도가 약하기 때문에 흡음재료를 넣어 둘 틀이 필요하게 된다. 따라서, 흡음성과 단열성을 적절히 가지면서 인체에 유해하지 않은 신소재의 개발이 필요한데

그중 하나가 목재이다.

만약, 우수한 강도를 가지고 있는 목재의 흡음성을 개선할 수 있다면 기존의 흡음재료보다 외관이 미려하며, 공간을 적게 차지하여 새로운 개념의 흡음설계가 가능할 것이며, 소경재나 만곡재의 이용성을 증대시켜 효율적인 목재자원이용에 기여하게 될 것이다.

목질소재의 흡음에 관한 연구로는 Watanabe 등(1967)이 버드나무 등 6개 수종을 공시하여 수직입사 흡음률을, 홍(1989)이 우리 나라산 침엽수와 활엽수 각 5수종씩을 각 단면별로 흡음률을 측정, 보고하였다. 또한 홍(1996)은 공기층을 갖는 라왕합판의 흡음률에 대하여 보고하였다.

본 과제에서는 목재판과 목질보드에 계단형 천공을 하여 吸音性を改善하는 시도를 하였다. 재료의 양표면의 직경에 차이가 나는 천공을 하여 작은 쪽의 구멍 쪽에 음을 입사시키면 반대편의 큰 구멍과 밀착된 벽면 내에 형성된 공간이 공명기로 작용하여 특정한 주파수영역에서 음에너지의 손실이 커지게 된다. 이를 단일공명기(Helmholz resonator)라고 하는데, 단일공명기에 의한 흡음은 공명기 주변의 공기의 공진에 의하여 음에너지를 흡수하는 방식이다. 공진현상이 발생하는 주파수영역은 공명기의 크기, 목의 길이와 표면적으로 조절할 수 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 목재시험편

한국산 편백(*Chamaecyparis obtusa*)을 공시하여 Fig. 1과 같이 3종류의 원형 시험편을 두께 1cm와 2cm로 제작하여 흡음률 시험에 공시하였다. 시험편의 비중은 0.41, 함수율은 12.1%이었다.

#### 2.1.2 목질보드시험편

목질폐잔재로 저비중보드를 제작하여 공명흡음의 효과를 관찰하기 위하여 Fig. 1의 N형과 R형의 2종류의 원형 시험편을 제작하였으며 비중은 0.50, 함수율은 8.9%이었다.

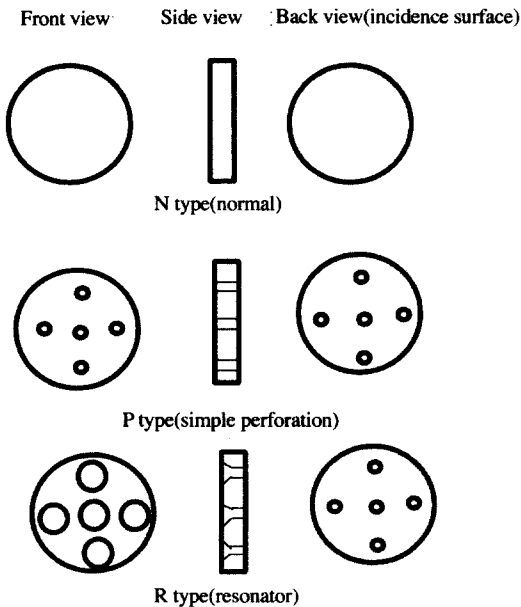


Fig. 1. Shape of sample specimens.

### 2.2 시험 방법

#### 2.2.1 시험 방법

흡음률 측정 방법에는 잔향실법과 관내법이 있는데 관내법이 장치와 방법이 간단하고 정밀도가 높아 관내법을 이용하였는데, 관내에서 정재파비를 측정하여 垂直入射吸音率을 구하는 "F2814 관내법에 의한 건축재료의 수직입사흡음률 측정방법"에 의해 Fig. 2와 같은 시험장치를 이용하였다. 100Hz에서 2KHz까지의 주파수대역에서는 내경이 99MM, 2KHz에서 4KHz까지의 주파수대역에서는 내경이 29MM인 정재파관을 사용하였다.

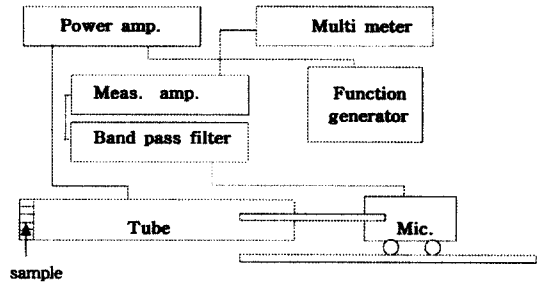


Fig. 2. Schematic diagram of apparatus for measuring sound absorption coefficients.

#### 2.2.2 계산

관내법으로 정재파관 내의 정재파비(Standing wave ratio)를 측정하여 구하는 흡음률과 계단형 천공에 의해 조성된 공명기에서 공명이 일어나는 주파수대역의 계산에는 다음과 같은 계산식을 이용하였다.

##### 2.2.2.1 흡음률의 계산

$$a = 1 - r^2 \quad (1)$$

여기에서,  $r$  : B/A, A, B : 음압

정재파비  $n$ 은 최소음압과 최대음압의 비로 구하는데,

$$n = P_{\max}/P_{\min}$$

$$n = (A+B)/(A-B), B/A = (n-1)/(n+1)$$

그러므로,  $a = 1 - ((n-1)/(n+1))^2$ ,

$$= 4n/(n^2+2n+1) \quad (2)$$

### 2.2.2.2 공명이 일어나는 주파수의 계산

$$f_0 = c/2\pi\sqrt{(G/V)^{0.5}}, G = s/le$$

$$le = l + \delta \quad (1)$$

- 여기에서, c : Sound velocity  
 G : Conductivity of neck  
 V : Volume of cavity  
 s : Surface area of neck  
 le : Effective neck length  
 l : Neck length  
 $\delta$  : End correction  $\approx 0.8d$   
 d : Diameter of neck

그러므로,  $f_0 = c/2\pi\sqrt{(s/V(1+\delta))^{0.5}} \quad (2)$

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 공명기를 조성한 목재시험편의 흡음률

Fig. 3은 보통의 목재원판과 직경 2mm의 단일천

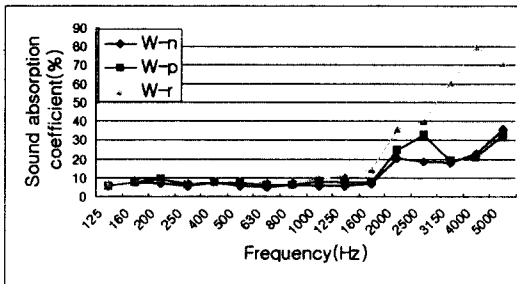


Fig. 3. Relationship between frequency and sound absorption coefficients of wood 1cm in thickness. N-n, p,  $\gamma$  means wood-normal, wood-simple, perforation and wood-stair-type perforation.

공, 그리고 직경 9mm와 직경 2mm의 계단형 천공시 시험편의 125Hz에서 4KHz의 주파수범위에서의 흡음률을 나타내고 있다. 모든 시험편에서 1KHz 이하의 주파수범위에서는 10% 이하의 흡음률을 나타내었으며 천공한 원판이 보통의 목재판(w-n)보다 약간 높은 수치를 나타내었다. 1KHz를 넘어선 주파수대역에서는 모든 시험편의 흡음률이 20% 이상을 나타내었다. 특히 계단형으로 천공한 원판(w-r)의 경우는 4KHz 부근의 주파수영역에서 보통의 목재판과 단일천공목재판(w-p)보다 훨씬 높은 수치를 나타내었다.

각 재료의 흡음성능을 비교하기 위하여 각 주파수대역에서의 흡음계수를 산술평균하여 나타내고 있는데, 측정주파수대역에서의 연속적인 흡음특성을 파악할 수는 없으나 개략적인 흡음성능을 알 수 있다. Table. 1에서 알 수 있듯이 계단형 천공은 공명기의 크기, 목의 길이와 표면적 등에 의해서 결정되는 특정주파수대역에서의 흡음성능이 크게 개선되었다.

다음은, 목재시험편의 두께를 2cm로 제작하여 공명기의 크기를 확대시킨 3가지 시편의 흡음률을 Fig. 4에 나타내고 있다. 공진현상이 발생하는 주파수영역은 공명기의 크기, 목의 길이와 표면적에 의하여 변화하는데, 약 800Hz에서 1.5KHz의 주파수범위에서 공명기의 흡음효과로 흡음률이 20~70%로 높아지는 것을 알 수 있었다.

비록, 유리솜이나 압면의 흡음계수(0.5~0.6)보다

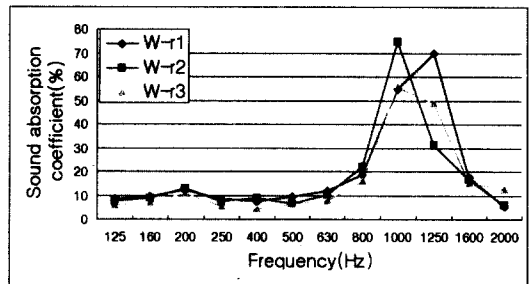


Fig. 4. Relationship between frequency and sound absorption coefficients of wood 2cm in thickness,  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  means different caving volume.

**Table 1.** Sound absorption coefficients in measuring frequency.

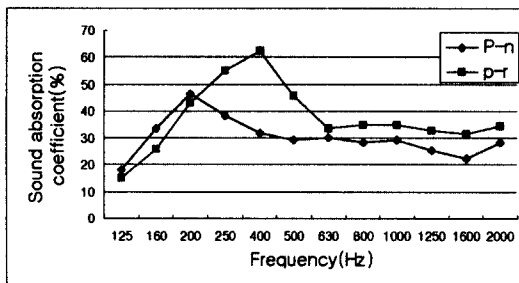
	Frequency (Hz)						Avg.
	125	250	500	1K	2K	4K	
Wood(N-1cm)	5.54	5.65	5.63	5.39	20.54	23.11	10.98
Wood(P-1cm)	5.54	6.07	6.74	7.88	24.65	21.23	12.02
Wood(R-1cm)	6.93	7.69	7.78	9.12	35.93	79.44	24.48
Wood(R-2cm)	8.15	8.16	9.26	54.79	5.27	-	17.13
Wood(R-2cm)	7.33	7.25	6.41	74.55	5.82	-	20.28
Wood(R-2cm)	5.79	5.24	6.40	55.60	12.53	-	17.11
P-board(N-5cm)	17.93	38.03	29.09	29.27	28.22	-	28.51
P-board(R-5cm)	15.08	55.07	45.56	34.64	34.55	-	36.98

W : wood specimen, P-board : wood-based board  
 N : normal type, P : simple perforation, R : stair-type perforation  
 1cm, 2cm and 5cm means thickness of sample specimens.

는 다소 낮지만 목재소재의 흡음성능을 개선할 수 있었다.

### 3.2 공명기를 조성한 목질보드의 흡음률

Fig. 5는 보통의 목질보드와 표면직경 9mm와 반대면직경 2mm의 계단형 천공시험의 125Hz에서 2KHz의 주파수범위에서의 흡음률을 나타내고 있다. 모든 시험편에서 1KHz 이하의 주파수범위에서는 20% 이상의 흡음률을 나타내었으며 천공한 원판이 보통의 목질보드보다 높은 수치를 나타내었다. 300~500Hz 부



**Fig. 5.** Relationship between frequency and sound absorption coefficients of wood-based boards 5cm in thickness. P-n: normal wood-based, board P-r: wood-based board with stair-type perforation.

근의 주파수대역에서는 계단형 천공으로 공명기를 조성한 시험편의 흡음률이 20~30% 정도 높은 수치를 나타내었다. 이처럼 저주파수영역에서 흡음성능이 저하되는 목질보드의 단점이 개선되어 넓은 주파수대역에서 높은 흡음성능을 나타내었다. 또한 Table 1에서 목질보드의 평균흡음계수는 약 37% 정도의 수치를 나타내어 소재 그 자체로도 흡음재료로의 사용이 기대되며, 공기층을 둠에 따라 흡음성능이 개선되는 홍(1989)의 보고를 토대로 흡음설계를 한다면, 더욱 효율적으로 흡음성능을 개선할 수 있을 것으로 사료된다.

### 3.3 예측공명주파수와 관측공명주파수

Fig. 6은 단일공명기의 흡음효과가 peak를 나타내는 공명주파수를 계산하여 예측한 예측공명주파수와 실측한 주파수-흡음률 관계곡선에서 외삽한 관측공명주파수의 관계를 비교하고 있다. Fig. 6에서 보듯이 공명기를 조성한 3가지 시험편의 이론적 예측치와 실측치가 잘 일치하고 있음을 알 수 있으며, 그 정도는 저주파영역보다 고주파수영역이 더 정확함을 알 수 있다.

이 결과로 특정 주파수대역에서의 흡음효과를 높일 수 있는 크기의 공명기를 조성해 주면 특정주파수대역에서 높은 흡음효과를 거둘 수 있음을 알 수 있다.

그러나, 위의 결과는 관내에서 수직입사흡음률만을

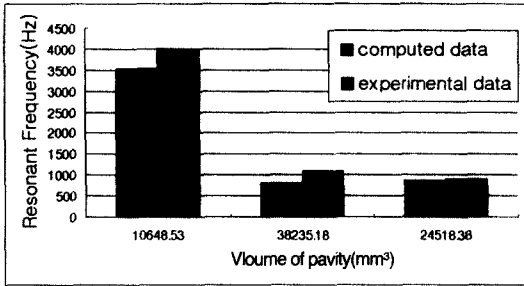


Fig. 6. Comparisons between experimental data and computed data of resonant frequencies.

측정하여 얻은 결과로서, 斜面入射 또는 亂入射하는 음에 대하여는 잔향실법에 의해서 흡음률을 측정해 보는 등의 추후 검토가 요구된다.

#### 4. 결론

계단형 천공에 의한 공명기의 조성으로 목재와 목질보드의 흡음성능을 개선하고자 100Hz에서 4KHz까지의 주파수대역에서 무천공, 단순천공 그리고 계단형으로 천공한 목재와 목질보드의 흡음률을 정재파비를 이용하는 관내법으로 측정하여 흡음성능 개선효과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 계단형으로 천공한 시험편이 보통의 목재판과 단일천공목재판보다 우수한 흡음효과를 나타내었다.

2. 공명의 영향이 없는 주파수영역에서는 목재의 공극용적이 클수록 흡음률이 높았다.
3. 공명에 의한 흡음효과는 공명주파수의 이론적 예측치와 실측치가 잘 일치하여 특정 주파수대역에서 흡음효과를 높일 수 있는 크기의 공명기를 조성해 주면 특정 주파수대역에서 높은 흡음효과를 거둘 수 있었다.

#### 참고 문헌

1. 김병삼 외 5인, 1997. 소음진동학: 261-279.
2. 김정석, 1992. 음향학개론, 한미: 74-94.
3. KSF2814, 한국표준학회, 1996. 관내법에 의한 건축재료의 수직입사흡음률 측정방법.
4. Sungsoo Jung, Cheolho Whang, Yongtae Kim and Jaegap Seo, 1999. The acoustic characteristics of a ceramic having a rectangular capillary tube, Ungyong Mulli, 12(1): 32-38.
5. Watanabe, T., T. Matsumoto, N. Kinoshita and H. Hayashi, 1967. Acoustical study of woods and wood products, J. Japan wood res. soc, 13(5): 177-182.
6. 홍병화, 1989. 목재단면의 흡음계수와 음향임피던스, 목재공학 17(2): 26-33.
7. 홍병화, 1996. 정상파장치에 의한 라왕합판의 흡음과 음향임피던스, 한국가구학회지, 7(1·2): 21-27.