

## 버섯폐골목의 흡음성능과 구조적 특징\*<sup>1</sup>

강 춘 원\*<sup>2†</sup> · 강 옥\*<sup>3</sup> · 정 인 수\*<sup>2</sup> · 박 희 준\*<sup>2</sup> · 전 순 식\*<sup>4</sup>

## Sound Absorption Capability and Anatomical Features of Oak Mushroom Bed Log\*<sup>1</sup>

Chunwon Kang\*<sup>2†</sup> · Wook Kang\*<sup>3</sup> · Insoo Jeong\*<sup>2</sup> · Heejun Park\*<sup>2</sup> · Sunsik Jun\*<sup>4</sup>

### 요 약

버섯종균에 의해 열화된 신갈나무 버섯폐골목의 흡음성능과 구조적 특징의 변화를 관찰하고자 버섯폐골목을 원반형으로 채취하여 무처리 목재와 구조적 특징의 변화를 비교하고, 전달함수법을 이용하여 흡음률을 측정·비교하였다. 측정주파수범위에서 버섯폐골목의 시험편이 보통의 시험편보다 높은 흡음률을 나타내었으며, 특히 2~6 KHz의 주파수영역에서는 보통 목재보다 2~3배 정도 높은 흡음률을 나타내었다. 버섯폐골목은 무 처리 목재보다 중량이 70% 정도 감소하였으며, 3단면에서 다수의 공극이 관찰되어 이들이 흡음공극으로 작용하여 측정주파수영역에서 흡음률이 증가된 것으로 사료된다.

### ABSTRACT

Sound absorption coefficients of oak (*Quercus mongolica*) wood and oak mushroom bed log were measured by the two microphone transfer function method and anatomical features of oak mushroom bed log examined by stereo scope and SEM observations. The sound absorption

\*<sup>1</sup> 접수 2007년 9월 30일, 채택 2007년 10월 25일

이 논문은 2006 익산대학 연구비지원사업에 의해 수행되었음.

\*<sup>2</sup> 익산대학 목조건축인테리어과. Department of Wooden Building Construction & Interior Design, Iksan National College

\*<sup>3</sup> 전남대학교 농업생명과학대학. Division of Forest Resources & Landscape Architecture, College of Agriculture & Life Science, Chonnam National University

\*<sup>4</sup> 전북대학교 농업생명과학대학. Department of Wood Science & Technology, College of Agriculture & Life Science, Chonbuk National University

† 주저자(corresponding author) : 강춘원(e-mail: kcwon@iksan.ac.kr)

coefficients of oak mushroom bed log seemed to be higher than those of normal oak wood specimen over all estimated frequency range. Especially, in the frequency range of 2 to 6 kHz, they were about 2~3 times higher than those of normal wood specimen. Due to fungi degradation, the specific gravity of oak mushroom bed log decreased about 70% than that of normal wood. For oak mushroom bed log, abundant pores occurred on the radial, tangential and cross sectional surface and it was considered that the pores behaved as a sound absorbing pore.

**Keywords:** sound absorption coefficient, oak mushroom bed log, anatomical features

## 1. 서 론

현재 소음저감을 위해 사용되는 건축내장용 또는 외장용 흡음재로 유리섬유, 암면 또는 석고보드가 사용되고 있다. 이러한 재료들은 사용상 편리하고 가격이 저렴하며 비교적 양호한 흡음효과 및 단열성을 갖고 있어 건축구조물에 적용되고 있으나 공기 중에 노출되어 사용될 경우 분진 등에 의해 인체에 유해한 영향을 끼치게 되므로 점차 사용규제 대상이 되고 있으며, 유리섬유와 같은 재료는 자체 강도가 약하기 때문에 흡음재료를 넣어둘 일정한 틀이 별도로 요구되므로 이들 흡음재를 대체할 수 있는 환경친화적인 흡음재료의 개발이 요구되고 있다.

새로운 흡음재료의 연구에 관련해서, Cheng 등 (2001)은 다공알루미늄의 흡음률을, Yang 등(2003)은 왕겨-목질복합보드의 흡음률을, 왕겨-waste tire 복합보드의 흡음률(2004)을, Xie 등(2004)은 lotus-type porous copper와 porous magnesium (2004)의 흡음성능에 대하여 보고하였다.

이러한 연구의 결과로 고흡음성 흡음재의 상용화가 시도되었는데, 예를 들면, 국내에서는 발포알루미늄을 이용한 흡음재가 시판되고 있다. 발포알루미늄흡음재는 두께 1 cm의 경우, NRC (Noise reduction coefficient, 소음저감계수)가 0.74 정도로 흡음계수는 매우 높으나, 금속성재료로 외관이 미려하지 못하며 비교적 고가이기 때문에 주거용 흡음재료의 적용에는 개선의 필요가 있다고 생각된다.

한편, 버섯재배과정에서 많은 양이 발생하는 버섯 폐골목은 몇 가지 연구가 수행되었으나 현재까지 적절한 용도를 찾지 못하고 있다. 예를 들면, 일반 버

섯 농가에서 발생하는 폐골목을 재질로 하여 식품용기에 활용하는 방법이 개시되어 있으며, 표고버섯 폐골목을 이용한 식용버섯류 배지 개발 등에 관한 방법이 개시되어 있으나 그 성과는 미미한 실정이다.

흡음재의 흡음률은 재료의 공기흐름저항, 투과성, 공극률, 탄성률, 비중 등의 복합적인 영향을 받는 것으로 보고되었는데(Wassilieff, 2001), 전반적으로 다공성 재료가 흡음에 효율적이다. 목재는 생태적 특성으로 많은 공극을 가지고 있지만 다공질형 흡음에 유용한 연속되는 공극이 적어 흡음률이 비교적 낮은 편인데, 버섯폐골목에서는 버섯을 배양하는 과정 중에 버섯종균에 의해 표면에서부터 열화되어 목재섬유를 구성하는 성분이 없어지면서 목재의 밀도가 감소하고 다공성이 높아져 고주파수영역에서의 흡음성능이 개선된다.

본 연구에서는 현재까지 사용처가 없어서 대부분이 폐기되었던 다대한 양의 버섯폐골목을 응용한 흡음성보드 제조의 가능성을 파악하기 위하여 버섯폐골목의 횡단면을 음입사면으로 하는 목재시험편을 제작하여 일정한 주파수 대역에서 무처리 목재와의 흡음특성을 비교하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 목재시험편

5년 경과된 표고버섯 폐골목과 이와 동일한 수종의 신갈나무(*Quercus mongolica*)를 공시하여 두께 30 mm로 원반형태로 절삭하였다. 한편, 폐골목에서는 원반과는 별도로 정목판형태의 시험편을 절삭하

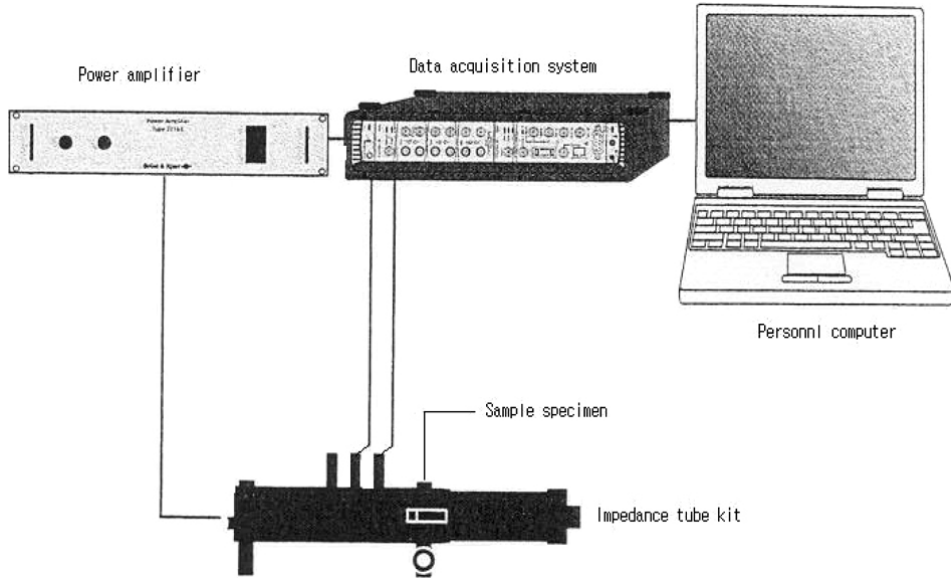


Fig. 1. A diagram for measuring sound absorption coefficients.

었다. 각 목편들을 직경 29.9 mm로 선삭가공하여 횡단방향과 방사방향의 수직입사흡음률 측정에 사용하였다. 각 처리 당 반복수는 3회이었고, 무처리 원반과 폐골목원반의 비중을 측정하였다.

## 2.2. 흡음률 측정

흡음률 측정은 Fig. 1과 같이 B&K사의 two microphone impedance tube와 pulse 분석장치를 이용하여 500 Hz~6.4 KHz의 주파수범위에서의 수직입사흡음률을 측정하였다.

KS규격에서는(KS F 2814-2, 2002) impedance tube의 직경에 따른 주파수제한으로 50 Hz~1.6 KHz의 주파수범위에서는 직경 100 mm의 관을 사용하고 1.6~6.4 KHz의 고주파수범위에서는 직경 29.9 mm의 impedance tube를 사용하도록 하고 있으나 폐골목의 경우, 5년이 경과해도 수부근까지는 열화가 진행되지 않기 때문에 원반 형태로 100 mm의 시험편을 제작하는 것이 불가하였다. 직경 29.9 mm의 경우 저 주파수영역에서는 내경이 큰 관을 사용한 경우보다 신뢰성이 저하되지만 1.6 KHz 이하

의 주파수범위까지 포함하여 전주파수범위에서 측정이 가능하다.

## 2.3. 구조적 특성 관찰

흡음률 측정이 끝난 목재시험편과 버섯폐골목 횡단면의 구조적특성을 실체현미경과 전자현미경으로 관찰하였다.

# 3. 결과 및 고찰

## 3.1. 버섯폐골목의 구조적 특징

Fig. 2와 Fig. 3은 보통 목재와 버섯폐골목 표면의 육안적 구조 변화를 보여주고 있다. 목재 표면이 열화되어 표면이 푸석해진 것을 알 수 있다. 이러한 구조적 변화로 목재 표면이 보통 목재에 거칠어져서 음입사면적이 넓어지고, 다공성이 증가된다.

Fig. 4의 a와 b는 버섯폐골목 횡단면의 전자현미경적 구조 변화를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있

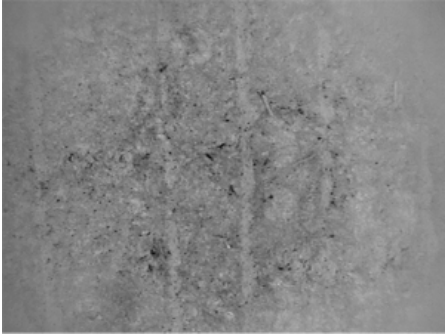


Fig. 2. Photography of cross surface normal oak wood.

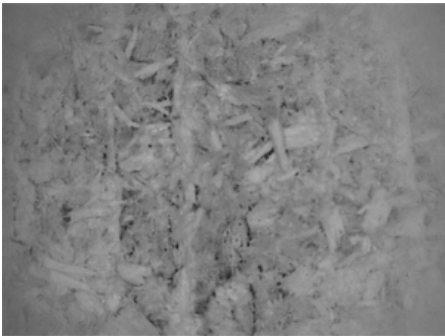


Fig. 3. Photography of cross surface of oak mushroom bed log.

듯이, 버섯종균의 작용으로 목재세포벽이 얇아지거나 붕괴되어 공극이 많아지고 목재실질이 감소하는 것을 확인할 수 있다.

또한 Fig. 4의 c와 d는 방사방향과 접선방향에서의 버섯폐골목 횡단면의 전자현미경적 구조를 보여주고 있는데, 역시 버섯종균의 작용으로 목재세포벽이 얇아지거나 세포벽벽공의 공극이 확대되고 방사조직의 목재실질이 감소하는 것을 확인할 수 있다.

이와 같은 세포벽의 변화는 목재비중이 변화하게 하여, 건전목재의 비중이 0.79인데 5년 경과된 버섯폐골목의 기건비중은 0.24로 나타났다.

### 3.2. 버섯폐골목의 흡음성능

Fig. 5의 a와 b는 보통의 목재원반과 폐골목원반

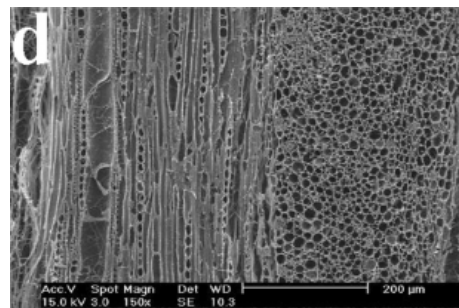
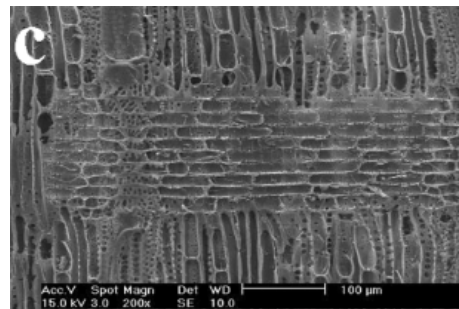
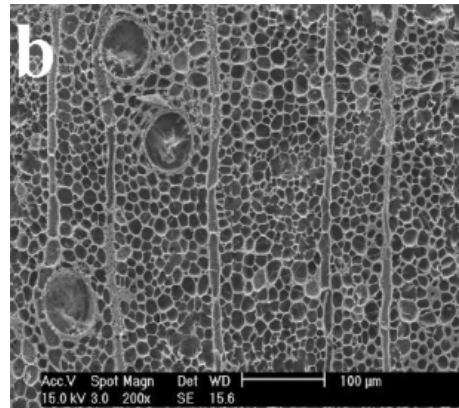
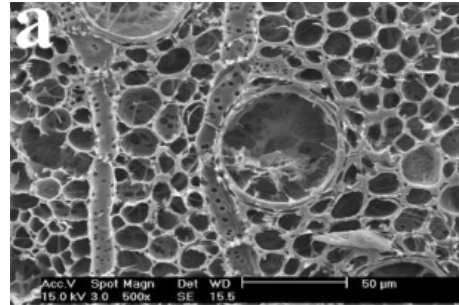


Fig. 4. Scanning electron micrography of oak mushroom bed log (a, b: cross surface, c: radial surface, d: tangential surface).

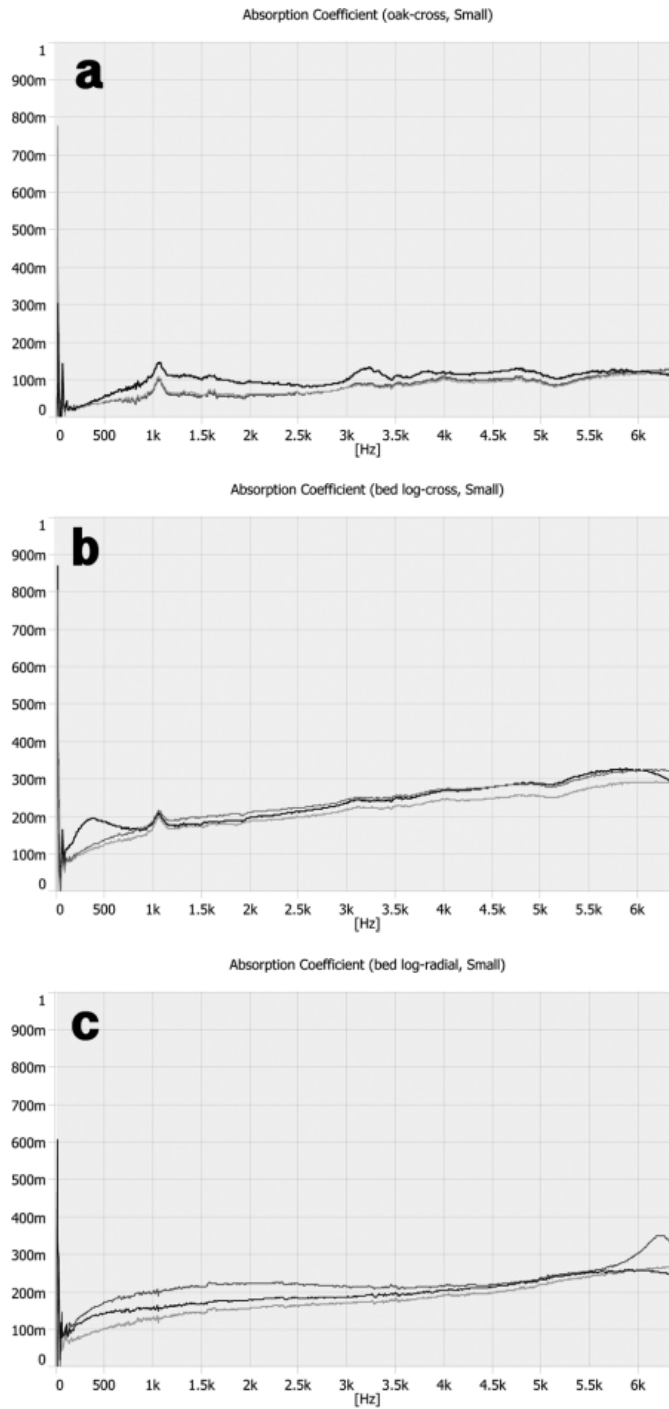


Fig. 5. Relationship between frequency and sound absorption coefficients (a: cross section of oak wood, b, c: cross and radial section of oak mushroom bed log).

의 500 Hz에서 6.4 KHz의 주파수범위에서의 흡음률을 나타내고 있는데, 각각 3개씩의 시험치를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 거의 모든 주파수범위에서 폐골목원반이 보통의 목재원반보다 높은 수치를 나타내었다. 또한 이러한 경향은 1 KHz를 넘어서는 고주파수대역에서 그 차이가 더욱 커졌으며 2 KHz 부근과 6 KHz 부근의 주파수 영역에서는 보통의 목재원반보다 폐골목 원반이 거의 두 배에서 세 배 정도 높은 흡음률을 나타내었다. 이처럼 고주파수영역에서 흡음률이 증가하는 것은 전형적인 다공질형 흡음특성인데, 버섯재배과정에서 버섯중균의 생명활동으로 폐골목원반의 다공성이 높아지고 열화로 인해 흡음에 유용한 연속된 통로가 확대되는 등 공극구조가 확대되었음을 알 수 있다.

Fig. 5의 c는 폐골목원반의 방사방향에 음이 입사할 때의 500 Hz에서 6.4 KHz의 주파수 범위에서의 흡음률을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 방사방향과 횡단방향의 흡음률은 모든 주파수 범위에서 보통의 목재원반보다 높은 수치를 나타내었는데, 5~6 KHz의 고주파수대역에서는 방사방향시험편이 횡단면시험편보다 약간 낮은 흡음계수를 나타내었다. 이는 횡단면의 경우가 음의 입사면에 공극이 많아서 다공질형 흡음에 유리하기 때문이며 방사방향의 공극구조도 다공질형 흡음에 적합할 정도로 많은 공극이 발생했음을 의미한다.

한편, 일반 목재의 경우, 횡단면의 흡음률이 방사방향보다 우수한데(Hong, 1989), 폐골목의 경우에서도 횡단방향과 방사방향의 흡음률이 고음역에서만 약간 차이가 나고 그 외의 주파수영역에서 유사하게 나타났다.

이러한 결과는 관내에서 수직입사흡음률을 측정하여 얻은 결과로서 斜面入射 또는 亂入射하는 음에 대하여서는 잔향실법으로 흡음률을 측정해 보는 등의 추후 검토가 요구되며 투과성, 구조적 변이 등과 관련하여서도 더욱 정확한 분석이 요구된다.

폐골목 목재가 건전목재보다 우월한 흡음성능을 나타내어 환경친화적인 흡음재료로의 활용이 가능하고 다른 재료와의 조합 등으로 흡음능력의 제고가 기대되어 흡음재료로 적용가능할 것으로 사료되

며, 폐골목 흡음성보드가 개발되면 버섯폐골목의 부가가치가 제고되고 새로운 흡음설계가 가능해질 것이다.

## 4. 결 론

버섯폐골목의 섬유방향에 입사하는 음파에 대한 흡음성능을 시험하기 위해 표면의 육안적 구조와 흡음성능을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 버섯폐골목 시험편이 측정 주파수대역에서 보통의 목재보다 높은 흡음률을 나타내었다.
- 2) 버섯폐골목표면에 미세한 공극이 다수로 원반 표면에 골고루 발생하여 고주파수영역에서 흡음계수가 높은 전형적인 다공질형 흡음형태를 나타내었다.

## 참 고 문 헌

1. 조남석 외. 1997. 표고버섯 재배 폐골목의 고도이용 기술개발에 관한 연구. 농림부.
2. 정우양, 강욱. 2003. 음향환경과 목재과학. 목재공학. 31(2): 1~15.
3. 한국표준협회. 2002. KS F 2814-2 임피던스 관에 의한 흡음계수와 임피던스의 결정방법 - 제2부: 전달함수법.
4. 홍병화. 목재단면의 흡음계수와 음향임피던스. 1989. 목재공학. 17(2): 26~33.
5. Cheng, G., D. He, and G. Shu. 2001. Underwater sound absorption property of porous aluminium. J. Colloids and surfaces. 179: 191~194.
6. Wassilieff, C. 1996. Sound absorption of wood-based materials. Applied Acoustics. 48(4): 339~356.
7. Yamamura, S., H. Shiota, K. Murakami, and H. Nakajima, Evaluation of porosity in porous copper fabricated by unidirectional solidification under pressurized hydrogen. J. Material science & Engineering. A386: 390~395.
8. Yang, H., D. Kim, Y. Lee, H. Kim, J. Jeon, and C. Kang, 2004. Possibility of using waste tire composites reinforced with rice straw as construction materials. Bioresource technology. 95(2004): 61~65.

9. Yang, H., D. Kim, and H. Kim. 2003. Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresource technology*, 86: 117~121.
10. Xie, Z. K., T. Ikeda, Y. Okuda, and H. Nakajima. 2004. Sound absorption characteristics of lotus-type porous copper fabricated by unidirectional solidification. *J. Material science & Engineering*, A386: 390~395.
11. Xie, Z. K., T. Ikeda, Y. Okuda, and H. Nakajima. 2004. Characteristics of sound absorption in lotus-type porous magnesium. *J. of the japan society of applied physics*, 43(10): 7315~7319.