

# 탄화 중밀도섬유판을 이용한 목재흡음판 개발<sup>1</sup>

이 민<sup>2</sup> · 박 상 범<sup>2,†</sup> · 변 희 섭<sup>3</sup> · 김 종 인<sup>4</sup>

## Developing of Sound Absorption Composite Boards Using Carbonized Medium Density Fiberboard<sup>1</sup>

Min Lee<sup>2</sup> · Sang-Bum Park<sup>2,†</sup> · Hee-Seop Byeon<sup>3</sup> · Jong-In Kim<sup>4</sup>

### 요 약

선행연구에서 다양한 목질 보드류를 열분해하여 다공질 탄화보드 제조에 성공하였고, 높은 난연성, 전자파차폐성, 원적외선방사, 폼알데하이드 흡착성, 흡음성능을 확인하였다. 본 연구에서는 경제성과 흡음성이 뛰어난 탄화 중밀도 섬유판(MDF)을 선택하여 보다 높은 흡음성능을 부여하기 위해 다른 흡음재료에도 사용 중인 샌딩처리와 타공기법을 시도하였다. 또한 개선된 흡음성능을 바탕으로 실제 음향판을 제작하여 그 음향적 효과를 파악하였다. 탄화 MDF를 십자모양(타공 5개), 직사각형모양(타공 9개), 일자모양(타공 5개)으로 타공 처리한 후, 흡음률을 측정할 결과, 무처리 탄화 MDF의 흡음률은 14% 정도를 나타내었고, 직사각형모양 타공 시편이 16.01%로 흡음률이 가장 높았고 십자모양 타공 시편이 15.68%, 일자 타공 시편은 14.25%의 흡음률을 나타내어 그 효과가 미미하였다. 반면에, 탄화 MDF의 표면을 각 1, 2, 3 mm로 표면샌딩 처리후 흡음률을 측정할 결과, 무처리 시편(13%)에 비해 65% 증가한 21.7% (1 mm 샌딩), 21.83% (2 mm 샌딩), 19.37% (3 mm 샌딩)를 확인하였다. 이 결과를 바탕으로 실대형 탄화보드 복합 음향판을 제작하였으며 잔향실법으로 흡음시험한 결과 감음계수 0.45로 높은 흡음성능을 발휘하여 상업화도 가능할 것으로 판단된다.

### ABSTRACT

In the previous study, a variety of wood-based panels was thermally decomposed to manufacture carbonized boards that had been proved to be high abilities of insect and fungi repellence, corrosion and fire resistant, electronic shielding, and formaldehyde adsorption as well as sound absorption performance. Based on the previous study, carbonized medium density fiberboard (c-MDF) was chosen to improve sound absorption performance by holing and sanding process. Three different types of holes (cross shape, square shape, and line) with three different sanding thickness (1, 2, and 3 mm) were applied on c-MDF and then determined sound absorption coefficient (SAC). The control c-MDF

<sup>1</sup> Date Received June 18, 2014, Date Accepted July 8, 2014

<sup>2</sup> 국립산림과학원 임산공학부. Department of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Seoul, Korea

<sup>3</sup> 경상대학교 농업생명과학대학 농업생명과학연구원. College of Agriculture and Life Science, Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Korea

<sup>4</sup> 국립산림과학원 남부산림자원연구소. Southern Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju, Korea

<sup>†</sup> 교신저자(corresponding author): 박상범(e-mail: parksb@forest.go.kr)

without holes had 14% of SAC, however, those c-MDFs with holes had 16.01% (square shape), 15.68% (cross shape), and 14.25% (line) of SAC. Therefore, making holes on the c-MDF did not significantly affect on the SAC. As the degree of sanding increased, the SAC of c-MDF increased approximately 65% on sanding treated c-MDFs (21.5, 21.83, and 19.37%, respectively) compared to the control c-MDF (13%). Based on these results, composite sound absorbing panel was developed with c-MDF and MDF (11 mm). The noise reduction coefficient of composite sound absorbing panel was 0.45 which was high enough to certify as sound absorbing material.

**Keywords :** noise reduction coefficient, carbonized board, sound absorption material, medium density fiberboard, carbonization

## 1. 서 론

현재 생활주거환경에서 소음과 진동은 중요한 문제로 대두되고 있으며, 이를 제어하기 위해서 여러 가지 규제와 방법들이 연구되어지고 있다. 층간소음으로 인한 사건, 사고가 증가함에 따라 2014년 6월 3일 환경부와 국토교통부 공동으로 공동주택에 있어서 층간소음의 범위와 기준에 관한 규칙을 제정하였다(Ministry of Environment Act no. 559; Ministry of Land, Infrastructure and Transport Act no. 97). 건물 또는 주거공간의 소음을 줄이기 위해서는 외부에서 발생하는 소음을 직접적으로 차단 또는 제거하거나 공간 안에서 발생한 소리를 흡음하는 방법들이 있는데, 소리를 직접 차단 또는 제거하기에는 어려움이 따른다(Godshall and Davis 1969). 그리하여 현재 흡음재 또는 내장재를 주거공간에 설치하는 방법들로 소음을 조절하고 있다(Kang *et al.* 2012).

국내 방음벽 시장에서는 가격경쟁력, 미관, 성능, 내구성 등의 이유로 90% 정도가 알루미늄 방음벽이 차지하고 있다(Kang *et al.* 2010). 또한 실내에서 가장 일반적으로 사용되는 흡음재의 경우에는 다공질 흡음재가 있는데, 이는 암면과 유리면을 사용하거나 폴리우레탄을 발포·가공한 스폰지 계열을 사용한 제품들이 주를 이루고 있다(Wassilieff 1996). 플라스틱 흡음판에는 폴리에스터 흡음재와 폴리우레탄 흡음재가 있는데, 폴리에스터 흡음재는 다양한 색상과 패턴, 다양한 시공방법으로 연출이 가능하며, 높은 흡음력으로 뛰어난 방음효과를 가지고 있어 가장 많이 사용되는 재료이다. 폴리우레탄 흡음판은 우레탄 재질로써 시공이 간편하며 저렴한 제품으로 방음

성능도 뛰어난 흡음재이다. 또한, 흡음성능을 더욱 좋게 하기 위해 피라미드형, 계란형, 암수형으로 가공한 것도 있다. 음악실, 피아노방, 연주실, 스튜디오 등 흡음 마감재로 주로 사용되고 사무실이나 공장, 특장차, 컨테이너, 기계실, 전기실 등등 모든 산업체까지 널리 사용되는 자재이다. 하지만 이러한 재료들이 가지고 있는 원천적인 문제점들인 유해성, 내구성, 불연성, 경제성 등의 이유로 사용이 제한적이다(Kang *et al.* 2010).

목재는 천연 건축재료로써 실내의 천장 또는 벽체로 마감재 용도로 사용되어 지고 있다. Watanabe *et al.* (1967)과 Zhou *et al.* (2005)은 목재와 목질판상제품의 흡음성에 관한 연구를 실시하였고, 그 결과로 목재와 목질판상제품의 경우 기존의 흡음재와 비교하여 낮은 흡음률을 나타내었다. 그래서 높은 밀도를 가진 목재와 목질판상제품은 흡음재료의 사용보다는 음향반사재로 사용이 적합하다고 보고하였다(Wassilieff 1996). 하지만 이러한 목재의 낮은 흡음성능을 개선하기 위해 많은 시도들이 이루어 졌다(Lee *et al.* 2005; Byeon *et al.* 2010; Hwang *et al.* 2008; Woods and Byrne 2010). Kang and Park (2001)은 간단하게 목재 또는 섬유판에 타공을 함으로써 흡음성능을 개선하였고, Seh *et al.* (2004)는 오목한(凹) 형태의 타공으로 인해 목질판상제품에서 흡음성이 증가하였다고 보고하였다. 또한 탈리그닌 처리를 하여 목재의 다공성을 증가시켜 고주파수영역에서의 흡음률을 높이기도 하였다(Kang *et al.* 2005).

흡음성은 재료에 따라서 차이가 나타나고 있는데, 이는 각각의 재료가 가지는 다공성에 따라서 마찰저항이 다르기 때문이며, 음파가 마찰저항에 의해서 반

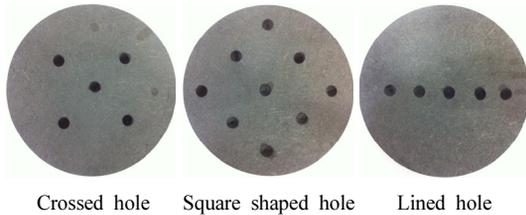


Fig. 1. Types of hole on carbonized MDF.

사되기보다 감소하기 때문이라고 하였다(Godshall and Davis 1969). 목재를 다공성의 재료로 변환하는 가장 쉬운 방법은 탄화하여 목탄으로 만드는 것이다. 목탄은 일반적으로 탄소가 80~95%이며 그 외 산소, 수소 및 회분을 함유하는 무정형의 무기 고분자 물질이다. 목탄은 연료 뿐만 아니라, 탈취, 제습, 여과, 흡착 등 여러가지 효과를 지닌다(Park *et al.* 2014). Ahn and Paik (2011)은 목탄을 이용하여 친환경 건축자재로 이용하기 위해 건축자재에 목탄을 함유하여 에너지 절감 및 차음 특성에 관한 연구를 하였다. 그 결과 중량충격음과 경량충격음 모두에서 저감효과를 나타내는 것으로 확인한 바 있다.

Park *et al.* (2009)은 백탄과 같은 성능을 가진 판상형태의 기능성 보드를 개발하기 위해 섬유판(MDF)을 목탄화하여 무할렬 탄화보드 제조에 성공하였다. 이러한 탄화보드는 다공성, 흡착성, 조습성, 전자파 차폐성 등 건축재료로서의 실용적 가치가 매우 높은 것으로 알려져 있다(Kwon *et al.* 2013). 탄화보드는 높은 다공성을 가지고 있기 때문에 음향재료로 사용이 가능하리라 판단되어 탄화에 따른 흡음성능에 대한 연구가 선행되었다. 탄화온도에 따른 흡음성능의 차이를 조사한 결과, 6%의 흡음률을 가진 원재료를 800℃~900℃에서 열분해한 탄화보드의 흡음률이 13%로 두배 이상 증가함을 확인하였다(Park *et al.* 2014). 또한, 밀도별 섬유판의 탄화에 따른 흡음특성 조사에는 흡음특성이 크게 영향을 미치지 않아 기존의 흡음특성을 유지하고 있었다(Lee *et al.* 2014). 또한, 원재료의 흡음특성을 가진 탄화보드는 탄화과정에서 수축하여 그 두께가 절반 정도로 줄어들어 공간 활용적인 측면에서 장점이 될 것으로 판단된다.

본 연구에서는 MDF로 탄화보드를 제조하고, 이

탄화보드의 흡음성능 개선을 위해 선행연구 방안을 접목하는 한편, 실대형 탄화보드 흡음판을 제작하여 흡음성능을 조사함으로써 기존에 흡음재료가 가지고 있던 단점을 보완할 수 있는 친환경 흡음건축재 개발을 목표하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

본 연구에서 탄화보드 제조를 위해 시판되는 크기 4" × 8", 두께 12 mm, 밀도 0.72 g/cm<sup>3</sup>의 중밀도섬유판(MDF, 선창기업, 한국)을 사용하였으며 또한, 실대형 탄화보드 음향판 제조를 위해 같은 MDF를 기본골격으로 사용하였다.

### 2.2. 탄화보드 제조 및 타공

MDF를 길이 40 cm × 폭 40 cm의 시험편으로 재단한 후 850℃의 온도와 질소가스(200 ml/min)가 흐르는 전기식 탄화로에서 탄화보드를 제조하였다. 승온 속도는 시간당 50~100℃로 조정하였으며, 설정온도 도달 후 2시간 유지시킨 다음 자연 냉각하였다. 기존의 탄화방법에 따라 시험편의 상하에 그래파이트(graphite)판을 놓아 압제 탄화하였다(Park *et al.* 2009).

850℃의 최고온도에서 MDF를 탄화시킨 탄화 MDF의 흡음성능의 향상을 위한 한 방법으로 선행연구에서 알려져 있는 샌딩처리와 타공기법을 적용하였다. 본 연구에서 탄화 MDF의 타공시 패턴의 종류를 달리하여 두께 6.8 mm의 탄화 MDF에 전동드릴로 직경 4 mm의 크기로 깊이 3 mm로 타공처리 하였다. Fig. 1에 십자모양(타공 5개), 직사각형모양(타공 9개), 일자모양(타공 5개)으로 타공처리 후 모습을 나타내었다. 또한, 샌딩의 정도에 따른 흡음특성을 파악하기 위하여 MDF 탄화시편을 각 조건당 3개씩 선택하여 4회 측정하여 평균값으로 흡음특성을 평가하였다. MDF 탄화시편의 샌딩처리는 단면을 1 mm, 2 mm, 3 mm로 샌딩처리하여 흡음률을 측정하였다.

**Table 1.** Sound absorbing test conditions of the re-verberation room method

Specification	Test conditions
Sound source	1/3 Octave band white noise
Frequency range	100 Hz~5000 Hz
Measurement point	12 points
Sample area	12.0 m <sup>2</sup>
Room volume	220.0 m <sup>3</sup>
Room area	214.3 m <sup>2</sup>

### 2.3. 탄화보드의 흡음성능

흡음특성시험은 2개의 마이크로폰을 사용하는 중간형 튜브를 사용하여 행하였다. 흡음측정장치는 임피던스 측정 튜브(impedance measurement tube, Type 4206A), 신호분석장치, signal analyzer unit, Type 2035), 파워앰플리파이어(power amplifier, Type 2706) 그리고 2개의 마이크로폰(two microphones, Type 2670)으로 구성되어 있다. 주파수 측정범위는 500 Hz~3200 Hz이며 각 조건당 3개의 시편을 사용하여 앞·뒤면에서 100회 측정하고 180도 돌린 후 다시 100회 측정 후 평균값을 사용하였다. 흡음계수는 KS F 2814-1:2001에 의거하여 계산되었다.

### 2.4. 잔향실법 흡음률 측정

실대형 흡음시험은 잔향실법에 의한 흡음률 측정 방법(KS F 2805; 2004)에 의거하여 실시하였다. Fig. 2에서와 같이 12 m<sup>2</sup>의 면적으로 5가지의 시험편을 잔향실 바닥에 깔고 흡음률을 측정하였다. 시험환경은 20.5 ± 0.5℃의 온도와 57 ± 5%의 상대습도의 조건하에 이루어졌으며, 시험장비로는 Multi channel signal analyzer (SA-01, RION), omni-directional speaker (SS-05T, Wakabayashi Acoustic Design), lower frequency speaker (SR 4145SUB, VASCOM), microphone calibrator (42AB, G.R.A.S), microphone (40AQ, G.R.A.S) 등이 사용되었다. 흡음성 시험은 Table 1과 같은 조건 하에서 이루어졌다.

시험 장비를 KS F 2805;2004에 의거하여 A형 설



**Fig. 2.** Sound absorbing test of carbonized board and prototype of complex board.

치법에 따라 설치한 후 음원 중단법(Interrupted Noise Method)을 이용하여 잔향 시간을 측정하였으며, 시험편의 설치 전·후의 잔향시간을 이용하여 흡음계수를 산출하였다. 또한, ASTM C 423:2009a에 따라 감음계수(Noise Reduction Coefficient)를 구하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 탄화보드 제조 특성

대형 전기로에서 MDF를 탄화(850℃)하였다. 탄화 전·후 시험재료의 치수, 중량 및 밀도변화율을 조사한 결과, 가로감소율은 19.4%, 세로감소율은 21.0%, 두께감소율은 41.7%, 부피감소율은 62.9%, 중량감소

**Table 2.** Results on sound absorption rate of hole treated carbonized MDF

Sample types	Sound absorption rate (%)	Standard deviation
Control A	13.83	0.95
Control B	14.27	1.12
Control C	14.46	0.82
Crossed hole	15.68	1.03
Square shaped hole	16.01	1.09
Lined hole	14.25	0.96

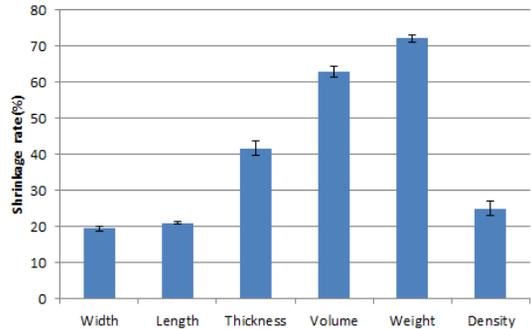
**Table 3.** Results on sound absorption rate of sanding treated carbonized MDF

Sanding thickness (mm)	Sound absorption rate (%)	Standard deviation
Control	12.75	1.03
1	21.70	0.70
2	21.79	0.72
3	19.37	1.65

율은 72.2%, 밀도감소율은 25.0%를 나타내었다(Fig. 3). 이와 같은 결과는 기존의 선행연구와 비교하여 큰 차이를 발견할 수 없었으며, 유사한 조건에서의 탄화에 의한 치수변화율의 경향은 예상이 가능할 것으로 판단된다(Park *et al.* 2014). 탄화 MDF 제조에서 가로와 세로방향으로의 수축은 실제제품의 생산에 있어 재료비의 증가를 초래하는 단점이 될 수 있지만, 오히려 두께와 무게의 감소는 흡음재로 사용함에 있어 다양한 장소에 활용 가능하게 하는 장점이 될 수 있다. 예를 들어 벽체 또는 천정재로 사용할 때, 기존의 스피너, 폴리우레탄의 경우 두께가 두꺼워 실내공간을 많이 차지하지만, 탄화 MDF의 경우 6~7 mm 두께로 실내공간을 적게 차지하게 되어 공간 효율 측면에서 강점이 있다. 또한, 저중량 특성은 천정재로써 이점으로 작용할 수 있다.

### 3.2. 탄화 MDF의 흡음특성

탄화 MDF의 흡음률을 개선하기 위해 선행연구에서 알려진 표면샌딩과 타공을 각각 또는 병행 처리

**Fig. 3.** Physical changes of MDF carbonized at 850°C.

하였다. 흡음률을 측정된 결과, 타공처리 전 탄화 MDF의 흡음률은 14% 정도를 나타내었고, 직사각형 모양 타공 시편이 타공처리를 한 시편 중에서는 16.01%로 흡음률이 가장 높았다. 십자형 타공 시편이 15.68%와 일자형 타공처리를 한 시편은 14.25%의 흡음률을 각각 나타내었다(Table 2). 타공에 의해 흡음률은 전체적으로 증가하는 경향을 보였지만, 증가 정도는 낮아 효율성 측면에서 타공처리는 바람직하지 않을 것으로 판단된다. 또한, 타공의 종류에 따라서 흡음률이 근소한 차이를 보였으나 통계적으로 유의성이 나타나지 않았다. 그러나 5개와 9개의 타공수에 따른 통계적 유의성이 나타남으로서 흡음률은 타공의 모양보다는 타공수에 영향을 더 받는 것으로 조사되었다.

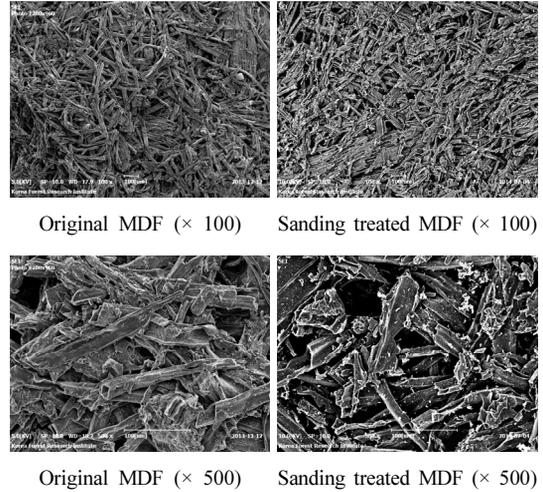
Table 3에 탄화보드의 샌딩처리 효과를 나타내었다. 샌딩처리 후 탄화 MDF의 흡음률 측정 결과, 샌딩처리를 하기 전 탄화시편의 흡음률은 13%를 나타내었다. 1 mm 샌딩처리한 후부터 흡음률은 점차적으로 증가하다가 2 mm 샌딩처리 했을 때의 흡음률이 가장 높게 나타났고 3 mm 샌딩처리 경우 흡음률이 감소하는 경향을 나타내었다.

샌딩처리를 하기 전 탄화시편의 주파수 1600 Hz대에서 흡음률은 25% 정도를 나타내었고, 2 mm 샌딩을 했을 때 주파수 1600 Hz대에서 40% 정도의 흡음률을 나타내었다. 3 mm 샌딩을 한 후의 1600 Hz대 주파수에서는 흡음률이 35% 이하로 떨어졌고 샌딩을 할수록 흡음률이 떨어지는 결과를 나타내었다. 앞의 시험 결과, 가장 높은 흡음률을 나타내는 시편

**Table 4.** Results on sound absorption rate of hole and sanding treated carbonized MDF

Sample types	Sound absorption rate (%)	Standard deviation
Control A	12.42	1.02
Control B	13.43	1.32
Control C	14.13	0.74
Crossed hole	15.55	0.72
Square shaped hole	16.67	1.21
Lined hole	16.98	0.85
Crossed hole + 2 mm sanding	23.22	0.72
Square shaped hole + 2 mm sanding	24.18	0.15
Lined hole + 2 mm sanding	24.35	1.07

은 두께를 1~2 mm 정도 샌딩처리한 탄화보드 시편이었다. 이러한 샌딩처리로 인한 흡음률의 증가는 탄화된 목섬유가 샌드페이퍼에 의해 마모가 되어 그 비표면적과 표면질감의 변화에 의한 것으로 판단된다. Fig. 3에서 탄화보드 샌딩 전·후의 전자현미경 사진을 나타내었다. 샌딩과정에서 목섬유로부터 발생된 작은 파편들이 샌딩처리하지 않은 탄화보드 보다 많이 관찰이 되었다. Godshall and Davis (1969) 연구에 의하면 흡음성은 음파가 마찰저항에 의해서 반사되기보다 감소하기 때문이라고 하였는데 이는 각각의 재료가 가지는 마찰저항이 다르기 때문이며 그 차이는 재료의 다공성과 표면질감에 영향을 많이 받는다고 하였다. 3 mm 샌딩의 경우, 흡음률이 다시 감소하는 것을 관찰하였는데 이는 탄화 MDF의 최종 두께가 얇아지기 때문이라고 판단된다. 또한, 본 실험에서는 전면만 샌딩처리하여 높은 흡음률 개선을 확인하였기에 양면을 샌딩하여 흡음률을 측정하였다. 탄화시편을 양면으로 양 단면의 두께를 합하여 1 mm, 2 mm, 3 mm, 샌딩처리하였다. 즉 1 mm를 샌딩할 때 한 단면을 0.5 mm, 나머지 다른 단면도 똑같이 0.5 mm 샌딩처리하였다. 나머지 2 mm, 3 mm도 동일하게 처리하였다. 그 결과, 단면만을 샌딩처리한 경우보다 1~2% 정도 흡음률이 더 높게 나타

**Fig. 4.** SEM images of original MDF and sanding treated MDF.

났지만 유의성 검증에서 차이는 나타나지 않았다.

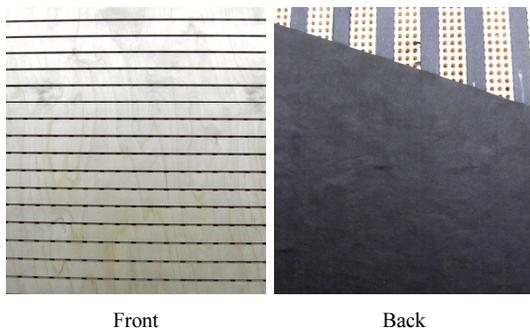
그리하여 탄화 MDF에 샌딩과 타공처리를 병행한 후 흡음특성을 평가하였다. 샌딩처리는 가장 높은 흡음률을 나타낸 2 mm 두께로 단면 샌딩처리를 실시하고 타공방법을 달리하여 실시하였다. 흡음률을 측정한 결과는 Table 4에 나타내었다. 탄화 MDF를 타공과 샌딩처리를 병행했을 때 흡음률은 크게 증가함을 알 수 있었다. 하지만 샌딩한 개별 시편의 1600 Hz대에서 주파수는 크게 차이나지 않았으나 흡음률은 직선으로 5개 타공을 한 탄화 MDF 시편이 흡음률 24.35%로 가장 높게 나타났다.

### 3.3. 실대형 탄화보드 음향판의 흡음 특성

이상의 결과를 바탕으로 전면에 목재, 뒷면에 탄화보드를 부착하는 흡음판을 고안하였다. 전면에 MDF를 16 mm 간격으로 줄홈을 내고 뒷면은 지름 10 mm로 타공을 하였다. MDF의 뒷면에 5 cm 폭의 홈을 깎아 6~7 mm 두께의 탄화 MDF를 삽입하는 형태의 목재 복합 탄화보드 음향판을 제작하였다 (Fig. 5). 탄화 MDF, 샌딩처리(단면) 탄화 MDF, 줄타공처리(단면) 탄화 MDF, 탄화 MDF+타공 MDF, 샌딩처리 탄화 MDF+타공 MDF 5가지 종류의 시험

**Table 5.** Summary of noise reduction coefficient

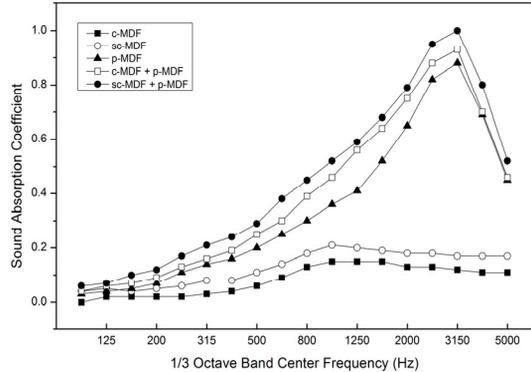
Sample types	Noise reduction coefficient
Carbonized MDF (c-MDF)	0.10
Sanding treated c-MDF	0.15
Hole treated original MDF	0.35
c-MDF + Hole treated original MDF	0.40
Sanding treated c-MDF + Hole treated original MDF	0.45



**Fig. 5.** Prototype of complex sound absorbing materials.

편을 각 주파수영역대별 흡음계수를 측정한 후, 감음계수(Noise Reduction Coefficient, NRC)를 구하여 Table 5에 나타내었다. 감음계수는 중파수인 250, 500, 1000, 2000 Hz의 흡음계수의 평균으로 단일 지수로 나타낸 것으로 감음계수가 0에 가까울수록 음향반사율이 높으며 1에 가까울수록 흡수율이 높은 특징이 있다. 각 재료별 감음계수는 탄화 MDF (0.10), 샌딩처리 탄화 MDF (0.15), 타공 MDF (0.35), 탄화 MDF+타공 MDF (0.40), 샌딩처리 탄화 MDF+타공 MDF (0.45)의 순이었다. 탄화보드 자체의 감음계수는 0.10으로 다소 낮은 값을 나타내었다. 샌딩처리 탄화 MDF와 흡음판으로 사용되는 타공 MDF와의 복합화에 의해 0.45의 가장 높은 감음효과를 얻을 수 있었다.

Fig. 6에는 음원의 주파수영역대에 따른 시료들의 흡음계수를 나타냈다. 탄화 MDF의 경우 전영역대에 걸쳐 낮은 흡음계수를 보였으나, 1000 Hz 이상 영역대에서 낮은 주파수(1000 Hz 이하)와 비교하여 다소



**Fig. 6.** Patterns of sound absorption coefficient in various samples.

높은 흡음력이 관찰되었다. 반면에, 타공 MDF의 경우 전영역대에 걸쳐 흡음력이 탄화 MDF와 비교하여 높게 나타났으며, 3000 Hz 영역대의 흡음력이 높게 나타났다.

#### 4. 결 론

목질판상제품을 열분해하여 제조한 탄화보드는 포름알데히드 흡착성, 전자파차폐성 등과 같은 특성을 가진 친환경 소재이다. 또한 목탄과 같이 다공질 (porous) 구조를 가져 흡음적 특성을 가지는 것으로 조사되어 이러한 흡음적 특성을 살린 친환경 실내건축재료로서 가능성을 확인하였다. 탄화 MDF의 흡음 성능을 높이기 위해서 타공과 샌딩처리를 적용한 결과 타공에 의한 흡음성능 개선은 미미한 것으로 나타났다. 하지만 샌딩처리를 함으로서 탄화 MDF의 흡음률이 2배로 높아짐을 확인하였다. 샌딩 시 탄화 MDF 표면이 마찰로 인해 표면질감이 거칠어지며 이로 인해 다공질 구조가 늘어남에 따라 마찰계수가 증가하여 흡음률이 높아지는 것으로 판단된다. 이 결과를 바탕으로 실대형 탄화 MDF 복합 목재 흡음판을 샌딩처리 탄화 MDF와 타공 MDF의 조합으로 제조하여 그 성능을 비교한 결과 소음저감계수 0.45의 비교적 높은 흡음률을 나타냈다. Park *et al.* (2014)의 선행 연구에서 구멍한 탄화보드의 유해물질 흡착과 같은 기능에 더하여 천정이나 벽판재 이용을 통

한 소음 저감용 친환경 실내건축재료로서 그 역할이 기대된다.

## REFERENCES

- Ahn, B.K., Paik, K.H. 2011. Utilization of charcoal as an environmentally friendly building materials (II) - A study on the energy saving and sound insulation characteristics of building materials prepared with charcoal. *Mokchae Konghak* 39(1): 41-52.
- ASTM C384-04. 2011. Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials by Impedance Tube Method. USA.
- ASTM C423-09A. 2009. Standard method for sound absorption and sound absorption coefficients by the reverberation room method. USA.
- Byeon, H.S., Park, J.H., Hwang, K.K., Park, H.M., Park, B.S., Chong, S.H. 2010. Sound absorption property of heat-treated wood at a low temperature and vacuum conditions. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 38(2): 101-107.
- Godshall, W.D., Davis, J.H. 1969. Acoustical absorption properties of wood-based panel materials (No. FSRP-FPL-104). Forest Products LAB, (Madison, WI USA).
- Hwang, K.H., Kim, G.H., Park, B.S., Park, J.H., Byeon, H.S., Lee, W.H. 2008. Sound absorption characteristic of resonator by hole position and wood species. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 36(3): 9-16.
- Kang, C.W., Kang, W., Kim, G.C. 2010. Sound absorption capability and anatomical features of highly sound absorptive wood. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 38(4): 292-297.
- Kang, C.W., Park, H.J. 2001. Improvement of sound absorption capability of wood and wood-based board by resonant absorption. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 29(1): 16-21.
- Kang, C.W., Park, H.J., Jeon, S.S. 2012. Sound absorption capability and bending strength of miscanthus particle based board. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 40(1): 38-43.
- Kang, C.W., and Lee, N.H. 2005. Changes of Sound Absorption Capability and Anatomical Features of Wood by Delignification Treatment. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 33(4): 9-14.
- KS F 2805. 2004. Measurement of sound absorption in a reverberation room. South Korea.
- KS F 2814-1. 2001. Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes, Part 1: Method using standing wave ratio. South Korea.
- Kwon, J.H., Park, S.B., Ayrilmis, N., Kim, N.H., Kwon, S.M. 2013. Electromagnetic interference shielding effectiveness, electrical resistivity and mechanical performance of carbonized medium density fiberboard. *Journal of Composite Materials*. 47(16): 1951-1958.
- Lee, D.H., Seo, S.W., Hong, B.K., Song, H.Y. 2005. A study on the improvement of acoustic absorption of multiple layer perforated panel systems. *The Korean Society for Noise and Vibration Engineering*. 15(5): 571-577.
- Lee, M., Park, S.B., Byeon, H.S. 2014. Sound absorption and physical properties of carbonized fiberboards with three different densities. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 42(5): 555-562.
- Ministry of Environment Act no.559 and Ministry of Land, Infrastructure and Transport Act no.97. 2014. Rule on standard and scope of apartment houses' floor impact sound. Ministry of Environment

- and Ministry of Land, Infrastructure and Transport. South Korea.
- Park, S.B., Lee, S.M., Park, J.Y., Lee, S.H. 2009. Manufacture of Crack-free Carbonized Board from Fiberboard. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 37(4): 293-299.
- Park, S.B., Lee, M., Son, D.W., Lee, S.M., Kim, J.I. 2013. Fire performance of carbonized medium density fiberboard manufactured at different temperatures. *Journal of Wood Science* 1-6.
- Park, S.B., Son, D.W., Suh, J.S., Lee, S.M., Kim, J.I., Lee, M., Byeon, H.S., Oh, S.W., Lim, K.H. 2014. Study on performance improvement of wood-based carbonized boards. Research report 14-07. ISBN 978-89-8176-351-0.
- Suh, J.S., Kang, E.C., Park, J.Y. 2004. Manufacturing characteristics of cement-bonded wood composite board as sound absorption type-noise barrier. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 32(6): 50-56.
- Watanabe, T.T., Kinoshita, M.N., Hayashi, H. 1967. Acoustical study of woods and wood products. *Journal of Japan Wood Research Society*. 13(5): 177-182.
- Wassilieff, C. 1996. Sound absorption of wood-based materials. *Applied Acoustics* 48(4): 339-356.
- Woods, k., Byrne, C. 2010. Acoustic property development from wood to carbon composite. Mechanical engineering, Western Kentucky University.
- Zhou, H., Li, B., Huang, G. 2006. Sound absorption characteristics of polymer microparticles. *Journal of Applied Polymer Science*. 101(4): 2675-2679.