

억새 파티클보드의 흡음성능과 휨강도성능*1

강 춘 원*2† · 박 희 준*2 · 전 순 식*2

Sound Absorption Capability and Bending Strength of Miscanthus Particle Based Board*1

ChunWon Kang*2† · HeeJun Park*2 · SoonSik Jeon*2

요 약

억새파티클보드의 흡음재로서의 사용가능성을 파악하고자 몇 가지 목표비중의 억새파티클보드를 제작하여 전달함수법(two microphone transfer function method)으로 상용주파수대역에서 흡음성능을 측정하고 휨강도 시험으로 역학적성질을 각각 측정, 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 측정주파수범위에서 거대억새보드의 흡음률이 상용석고보드보다 높은 흡음성능을 나타내었다. 단성계수와 휨강도는 목표비중 증가에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 억새보드의 흡음률은 1~2.5 Khz 범위의 주파수범위에서 50~80%의 수치를 나타내다 이후의 주파수에서는 30~50%의 흡음률을 나타내었으며 비중에 따라서는 비중이 증가할수록 흡음률이 낮아지는 경향을 보였다.

ABSTRACT

Sound absorption capability and mechanical properties such as MOE and MOR in bending of miscanthus particle based board were estimated by the two microphone transfer function method and three point bending method, respectively. The results are summarized as follows: The sound absorption coefficients of miscanthus particle based board was higher than those of commercial gypsum board which is well used as sound absorbing barrier. The MOR and MOE of miscanthus particle based board increased with increasing of board density. The sound absorption coefficients

*1 접수 2011년 11월 1일, 채택 2011년 12월 31일

본 연구결과의 일부는 2011년 한국목재공학회 학술발표대회에 발표되었음.

*2 전북대학교 생활과학대학 주거환경학과, 전북대학교 인간생활과학연구소, Department of Housing Environmental Design, and Research Institute of Human Ecology, College of Human Ecology, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

† 교신저자(corresponding author) : 강춘원(e-mail: kcwon@jbnu.ac.kr)

of miscanthus particle based board were 50~80% in the frequency range of about 1~2.5 KHz. In entire frequency range, those value increased with target board density decreasing.

Keywords: miscanthus particle based board, sound absorption coefficient, bending strength

1. 서 론

지구온난화가 가속되고 환경에 대한 관심이 높아지면서 목재 또는 목질보드에 대한 관심도 높아지고 있다. 우리 주변에는 여러 종류의 목질재료가 있으나 적당한 활용방안이 개발되지 못한 경우가 있다. 현재 정부주도로 추진 중인 4대강 정비사업의 수변공간에 대규모 거대 역새단지 조성을 계획하고 있는데, 여기에 조성되는 역새도 활용기술이 개발되어 있지 않은 목질재료 중의 하나이다.

역새(Miscanthus)는 리그노셀룰로오스계 재료(lignocellulosic materials : 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌의 혼합물로 이루어진 재료, 대부분의 목재 및 초본식물이 포함됨)로 다공성이 높은 저비중 재료이다. 리그노셀룰로오스계 재료는 광합성 작용으로 대기 중의 CO₂를 흡수하고 O₂를 방출하는 생태적 특성이 있으며, 이를 각종 건축재료 등으로 제조하고 활용할 경우 탄소를 고정할 상태로 이용되므로 리그노셀룰로오스계 재료를 활용한 건축자재의 개발과 이용은 탄소방출저감과 탄소고정능 제고로 지구온난화 방지에 기여한다.

목재와 목질보드의 수입측면에서 2007년 FAO자료에 의하면 우리나라는 세계 6위의 원목 수입국이며, 목질재료로는 파티클보드(PB)와 중밀도섬유판(MDF)의 경우 수입량이 각각 세계9위(768,000 m³)와 11위(374,000 m³)이며 2008년 한국합판보드협회 자료에 의하면 목질패널의 연간 총 수입액은 약 9,100억원으로 보고되고 있다. 이와 같은 배경에서 거대 역새를 활용한 환경 친화적인 건축자재의 개발은 자원의 효율적 활용 측면과 부족한 수입목재자원의 대체와 친환경 건축자재의 공급이라는 측면에서도 경제적, 산업적 효과가 매우 클 것으로 기대된다.

한편, 건축재료가 실내의 벽체나 천장재료로 사용되어질 때 고려되어야 할 사항 중의 하나가 흡음성능

인데 실내에서 벽체의 흡음성능(bending strength)이 너무 작으면 잔향시간이 길어져서 음의 명료도가 떨어지고 흡음률이 너무 큰 경우에는 음이 너무 빨리 소멸되어 음의 생동감이 저하되기 때문에 적당한 흡음성능이 요구되는데, 실상은 흡음률이 너무 커서 문제가 되는 경우는 별로 없고 벽체의 흡음률이 작아서 실내음향환경이 저하하는 문제가 많다. 특히, 한국처럼 국토가 좁고 인구밀도가 높은 나라에서는 아파트와 같은 고도밀집주거형태 비율이 높는데, 실의 흡음과 차음은 중요한 음향환경지표가 된다. 이와 같은 배경에서 목재 또는 목질재료를 건축용 흡음재료로 사용해 보려하는 시도가 있었으나 주로 판재가 음입사면으로 이용되는 목재의 경우는 흡음률이 낮아 이용이 제한적이며 이를 개선하기위하여 목재와 목질보드의 흡음성능에 대한 연구가 시도되었다. 지금까지의 연구로 공명기를 부가하거나 탈리그닌처리, 폭쇄처리 등에 의해 목재의 흡음성능이 개선될 수 있는 사실이 규명되었으며 목질보드의 경우 목표비중을 조절하여 저비중보드로 만들면 강도감소가 수반되거나 흡음률이 증가하는 결과가 보고되었다(강과 박, 2001; Yang *et al.*, 2004; 강 등, 2008; 강 등, 2010; Kang *et al.*, 2008; Kang *et al.*, 2010; Kang *et al.*, 2012).

본 연구에서는 높은 다공성과 저비중으로 높은 흡음효과가 기대되는 역새 줄기를 원료로 하는 보드의 흡음재료의 적용가능성을 평가하기 위하여 몇 가지 비중조건으로 목질보드를 제작하여 실용주파수대역에 해당하는 500~6,400 Hz 내에서 흡음성능을 측정하고 흡음보드로 많이 사용되는 석고보드와 비교하였다. 또한 흡음재가 건축내장재료 사용되어질 때 필수적으로 고려되어야 할 역학적성질을 측정하여 역새보드의 흡음성능과 역학적성질에 대한 기초지식을 파악하고자 하였다.

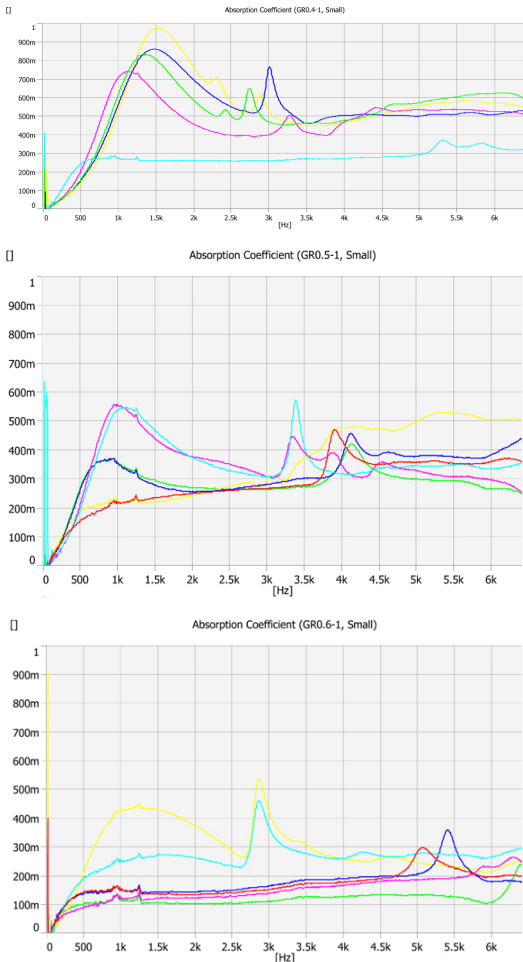


Fig. 1. Typical plots of sound absorption coefficient versus frequency for miscanthus particle based board. (Top, middle and bottom : target density 0.4, 0.5 and 0.6, respectively).

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

강변에서 채취한 억새를 치퍼로 파쇄하여 1~3 cm 정도의 파티클로 만들고, 페놀수지를 첨가하여 보드를 제작하였다. 페놀수지는 강남화성의 phenolite

J-301, 불휘발분 39-43%, 점도 0.05~0.5 Pa·s, pH 11.5~12.5이었다. 보드의 형상은 가로 × 세로 × 두께가 25 cm × 25 cm × 1.7 cm이었으며 보드열압온도는 180°C, 열압압력과 열압시간은 각각 30 kg/cm³에서 6분, 25 kg/cm³에서 2분으로 도합 8분이었다. 목표비중은 0.3, 0.4, 0.5 그리고 0.6이었다. 보드제작 후 기건상태에서 측정법으로 비중을 측정하였으며 흡수율은 6~7%이었다.

흡음률시험편은 억새보드에서 띠톱으로 직경 3.5 cm 정도의 개략적인 원형조각을 절삭한 후 밀링머신을 이용하여 정확하게 직경 29 mm의 원반형태로 선삭가공하여 제작하였다. 이때 흡음률시험편과 임피던스튜브와의 간격이 흡음률에 크게 영향하므로 임피던스튜브에 정확하게 밀착하는 것을 확인하였다.

흡음률시험편은 25 cm × 2 cm × 1.7 cm (길이 × 폭 × 두께)의 형상으로 제작하여 흡음률시험에 공시하였다.

2.2. 흡음률측정

흡음률 측정은 진보(강 등, 2011)와 마찬가지로 B & K사의 impedance tube, pulse분석장치 그리고 스펙트럼 아날라이저를 이용하여 전달함수법(transfer function method)으로 500~6,400 Hz 구간의 주파수 변화에 따른 흡음률 변이를 측정하였다.

시험 시 외부조건은 온도, 상대습도, 기압이 각각, 18°C, 43%, 1,023 hPa, 이었으며 음속, 공기밀도 그리고 음향임피던스는 각각 342.06 m/s, 1.22 kg/m³, 418.0 Pa/(m/s) 조건에서 시험하였다. 각 목표비중 조건에서 5개씩의 시험편의 흡음률을 측정하고, 실내흡음관으로 자주 사용되어지는 두께 1.1 cm의 석고보드 흡음률과 비교하였다.

2.3. 휨시험

만능강도시험기(autograph 1,000 gh, shimatsu cooperation)를 이용하여 3점지지중앙집중하중, 스펙길이 20 cm의 조건으로 10 mm/min의 하중속도로 휨탄성율과 휨강도를 측정하였다.

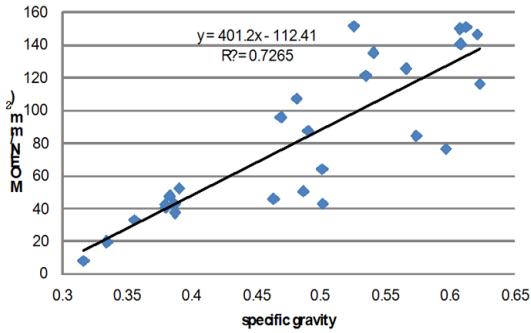


Fig. 2. MOE (modulus of elasticity) in bending of miscanthus particle based board.

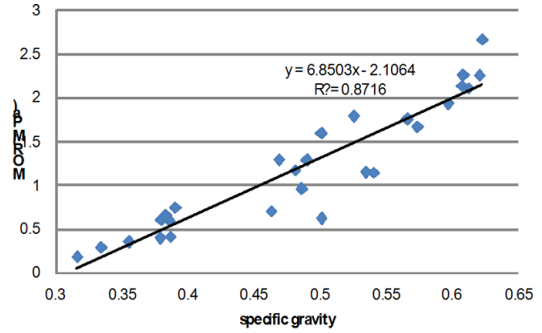


Fig. 3. MOR (modulus of rupture) in bending of miscanthus particle based board.

3. 결과 및 고찰

3.1. 억새보드 흡음성능 변이

목표비중 0.4, 0.5 그리고 0.6의 실제비중은 각각 0.37, 0.49 그리고 0.59 이었다. 한편, 보드제작 시에는 비중 0.3의 보드를 제작하였으나 결합력이 약하여 강도시험편과 흡음률시험편 제작과정에서 파괴되어 시험에서 제외하였다. 향후 보드제조 시에는 목표비중을 0.3이상으로 설정하거나 접착방법을 개선하여 보드강도를 개선해야 할 것으로 사료되었다.

Fig. 1은 두께 1.7 cm 억새보드의 500 Hz에서 6,400 Hz의 주파수범위에서의 목표비중 0.4, 0.5 그리고 0.6의 억새보드의 흡음률을 나타내고 있는데, X축이 측정주파수, Y축이 흡음률을 각각 나타내고 있다. 이때 흡음률의 수치는 최소 0에서 최대 1의 수치를 나타내며, m은 mili의 약자로 1/1,000을 의미하여 Y축 수치에 0.1을 곱하면 %로 환산되며 각각의 그래프가 시험편 1개의 측정주파수 변화에 따른 흡음률 측정치의 변화를 나타내고 있다.

그림에서 알 수 있듯이 목표비중 0.4보드는 거의 모든 주파수범위에서 30%에서 40% 이상의 흡음률을 나타내고 있다. 특히, 1,000~2,500 Hz에서는 50~80%에 달하는 높은 흡음률을 나타내어 잔향시간 저감효과가 클 것으로 기대된다. 이 결과는 현재 흡음목적으로 사용되는 11 mm 두께의 석고보드의 흡음률보다 우수한 결과이다. 이 결과에서 갈대재활용

목질보드의 흡음계수가 비교적 넓은 주파수 대역에서 흡음성이 높아서 환경친화적인 흡음재료로의 활용이 가능하고 다른 재료와의 조합 등으로 흡음능력의 제고가 기대되어 흡음재료로 적용가능 할 것으로 사료된다. 한편, 흡음률은 비중이 낮은 보드일수록 높은 수치를 나타내었는데, 이는 비중이 낮을수록 표면강성이 감소하여 입사하는 음에 의한 공기유동에 따라 변형하며 에너지를 흡수하여 음의 감쇠시키는 것이다.

강 등(2010)은 재료의 흡음성이 기체투과성과 관련한다고 보고하였고, Jena and Gupta (2002)는 다공성이 높고 관통공극 비율이 높을수록 흐름저항이 낮아진다고 보고했는데 억새보드는 고유의 다공성과 저비중으로 보드제조 시의 공극형성, 그리고 낮은 강도에 의한 높은 체적탄성율 등으로 높은 흡음계수를 나타내는 것으로 생각된다.

한편, 억새보드의 흡음률은 1,000 Hz부근에서 300~400 m, 1,000~2,500 Hz부근에서는 600~800 m, 그리고 3,000 Hz 이상의 주파수에서는 300~400 m 정도의 높은 흡음률을 나타내어 건축용 내장재료 많이 사용되는 합판, 섬유판 또는 석고보드보다 높은 흡음성능을 나타내었다. 이 결과는 관내에서 수직입사흡음률을 측정하여 얻은 결과로 斜面入射 또는 亂入射 음에 대하여는 잔향실법으로 흡음률을 측정해보는 등의 추후 검토가 요구된다.

3.2. 역새보드의 휨강도성능

Fig. 2와 Fig. 3에 역새보드의 휨강도와 휨탄성계수를 나타내고 있는데, 0.19~2.67 MPa 정도로 낮은 수치를 나타내었으며 비중의 증가에 따라 휨강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 역새파티클보드가 비중의 증가에 따라 강도가 증가하지만 절대치가 목재, 합판, 섬유판 그리고 파티클보드보다 낮아 강도가 요구되는 장소의 부재나 구조물의 부재로는 적용이 곤란할 것으로 사료되었다. 따라서 강도적성질이 그다지 높지 않으면서 흡음성능을 요구하는 천장 등의 흡음재료로의 사용이 권장되며 비교적 넓은 주파수 대역에서 흡음성이 높아서 환경친화적인 흡음재료로의 활용이 가능하고 다른 재료와의 조합 등으로 흡음능력의 제고와 강도보강이 기대된다. 역새보드가 흡음보드로 사용가능해진다면 자원절약과 주거환경개선에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

역새를 활용하여 흡음보드로서의 사용가능성을 파악하기 위하여 목표비중 0.3, 0.4, 0.5 그리고 0.6으로 보드를 제작하여 전달함수법으로 수직입사 흡음률을 측정하고 휨탄성계수와 휨강도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 저비중 역새보드는 공극이 많고 표면강도가 작아 측정주파수대역에서 높은 흡음률을 나타내었고, 실내 천장용 흡음재로 주로 사용되는 석고보드보다 높은 흡음성능을 나타내었다.
- 2) 역새보드는 비중의 증가에 따라 흡음성능이 감소하였다.
- 3) 역새보드는 비중의 증가에 따라 강도성능이 증가하였지만 전체적으로 강도성능이 높지 않았다.
- 4) 목표비중 0.4의 저비중 역새보드는 역학적성질은 낮지만 흡음계수가 높아 하중이 크게 작용하지 않는 실내 천장과 같은 장소에 친환경성 흡음보드로의 적용이 가능할 것으로 사료되었다.

사 사

본 논문은 2011년 농촌진흥청 ‘에너지절감 기술 및 바이오에너지 개발’ 연구비 지원과 “2011 중소기업청 산학연공동기술개발사업(No. 00047661-1)” 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 강춘원, 박희준. 2001. 공명흡음에 의한 목재와 목질보드의 흡음성능개선. 목재공학 29(1): 16~21.
2. 강춘원, 이남호. 2005. 탈리그닌처리에 의한 목재의 흡음성능과 구조적특징의 변화. 목재공학 33(4): 9~14.
3. 강춘원, 강욱, 정인수, 박희준, 전순식. 2008. 버섯폐골목의 흡음성능과 구조적특징. 목재공학 36(1): 54~60.
4. 강춘원, 강욱, 김광철. 2010. 고흡음성 목재의 흡음성능과 구조적특징. 목재공학 38(3): 54~60.
5. 강춘원, 이용훈, 강호양, 강욱, 서혜란, 정우양. 2011. 백합나무 횡단면 흡음성능의 방사방향 변이. 목재공학 39(4): 326~332.
6. Akshaya, J. and K. Gupta. Characterization of pore structure of filtration media. 2002. Fluid/ particle Separation Journal 14(3): 227~241.
7. Wassilieff, C. 1996. Sound Absorption of Wood-Based Materials. Applied Acoustics 48(4): 339~356.
8. Kang, C., W. Kang, W. Chung, J. Matsumura, and O. Kazuyuki. 2008. Changes In Anatomical Features, Air Permeability And Sound Absorption Capability Of Wood By Delignification Treatment. J. Fac. Agr., Kyushu Univ. 53(2): 479~483.
9. Kang, C., G. Kim, H. Park, N. Lee, W. Kang, and J. Matsumura. 2010. Changes in permeability and sound absorption capability of yellow poplar wood by steam explosion treatment. J. Fac. Agr., Kyushu Univ. 55(2): 327~332.
10. Kang, C., S. Oh, T. Lee, W. Kang, and J. Matsumura. 2012. Sound absorption capability and mechanical properties of a composite rice hull and sawdust board. Journal of Wood Science, DOI 10.1007/s10086-011-1243-5.
11. 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
12. Xie, Z. K., T. Ikeda, Y. Okuda, and H. Nakamura. 2004. Characteristics of sound absorption in lotus-type porous magnesium., J. of the Japan Society of Applied Physics. 43(10): 7315~7319.
13. 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.