

섬유판에서 음향방출원의 위치표정

박익근*, 김용권+, 윤종학**, 노승남***, 서성원****

Acoustic Emission Source Location of Fiberboard

Ik-keun Park*, Yong-Kwon Kim**,Joung-hak Yun*, Sing-nam No*, Sung-won Seo*

Abstract

음향방출 신호를 이용하여 목재 섬유판(fiberboards)의 위치표정의 유용성 유무를 실험적으로 검증하였다. 위치표정의 정확도를 향상하기 위해 신호처리 방법중의 하나인 웨이블릿 변환 디노이징 기법을 활용하여 저주파수인 대칭모드(굽힘파)를 활용하고, 고주파수인 비대칭 모드(팽창파)를 제거하여 신호를 재구성함으로써 섬유판의 위치표정시 문턱값 통과방법을 사용할 때 발생하는 도달시간차를 최소화 할 수 있음을 확인하였다. 디노이징 기법을 활용한 섬유판의 위치 표정과 굽힘강도에 대한 사상총수를 기초로 하여 목재 구조물 및 문화재의 건전성을 평가 할 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : Acoustic Emission(AE)

1. 서 론

일반적으로 재료가 외부로부터 하중을 받아 변형을 일으킬 때나 재료내부에 전위, 균열 등의 결함이 생성하고 질량의 급격한 변화가 생기면 원자의 재배열이 일어나며 이 때 물체는 급속한 에너지 해방과 함께 탄성파(elastic wave)를 방출한다. 이 탄성파 방출을 음향방출(acoustic emission;AE)이라 부르며 이는 재료 내부의 균열발생 및 성장 등의 동적 거동을 상시상태에서 모니터링하고 AE 발생원의 위치 및 발생원에서 무엇이 일어나고 있는가를 파악할 수 있는 매우 유익한 재료평가 기법의 하나이다.

근년에 세계적으로 환경문제 및 자원문제가 고조되면서 우리나라의 섬유판 제조설비가 급격히 확장되어 왔다. 따라서 섬유판에 의한 목재, 합판 등의 대체수요확장 및 신수요개발을 위한 치열한

기술개발노력을 기울여 가고 있어, 품질의 신뢰성 및 용도의 호환성은 더욱 개선될 것으로 기대된다.

본 연구에서는 목질 판상 제품인 섬유판(fiberboard)의 함수율, 접착제, 그리고 한국산업규격(KS)에 규정된 물리적 성질의 실험적 검증과 AE 전파거리측정, 음속 및 이방성측정, 평면위치표정, 하중과 AE사상총수와의 관계 및 분산성 파동의 시간-주파수해석에 Gabor 웨이블릿을 이용한 웨이블릿 변환을 통하여 섬유판의 재료 특성 평가의 유용성 유무를 알아보고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치 및 시험편

본 연구에서 사용한 AE 신호분석장비로는 MISTRAS-2001(PAC)이 사용되었으며 AE 센서(sensor)는 Table 2.1과 같다. 또한 섬유판이 굽힘하중을 받을 때 AE특성을 평가하기 위하여 미국 United사의 SFM-10E 5톤 만능 재료시험기를 사용하였다.

* 박익근, 서울산업대학교 기계공학과(ikpark@snut.ac.kr)
** 김용권, 서울산업대학교 산업대학원 기계공학과
* 윤종학, 서울산업대학교 기계공학과
* 노승남, 서울산업대학교 기계공학과
* 서성원, 서울산업대학교 기계공학과

Table 2.1 Sensors used for experiments

Model Related Specifications	WD
Sensor drive capability (w/RG-58 AU cable)	up to 300ft. (100m)
Dimensions (dia.×ht(mm))	29×30
Dimensions (dia.×ht(in))	1.13×1.16
Weight(gm)	70
Peak sensitivity RefV/m/s[RefV/mbar]	87† [-28]*
Operation frequency range(kHz)	100-1000
Resonant frequency (kHz)	125† [500]*

Note: † Denotes response to plane waves
*Denotes response to surface waves

AE은 센서의 위치에 따라 정확도에 큰 영향이 있기 때문에 센서를 정확한 위치에 고정시키기 위하여 지그를 제작 활용하였으며 시편에 수직, 수평선을 작도하여 지그의 수직, 수평면에 작도면을 일치시키면 그 중심에 센서의 중심을 일치시킬 수 있고, 형상은 Fig. 2.1과 같다. 또한 접촉매질(couplant)로 고진공 그리스(grease)를 사용하였고 돌발형 AE 신호원을 발생시키기 위하여 JSNDI-006 샤프심을 사용하였으며, 목재는 감쇠가 심한 재료이기 때문에 미세한 신호를 획득하기 위하여 전치증폭기(pre-amplifier)에 의해 60dB로 증폭되어 AE 신호 분석 장비로 보내졌다.

재료 특성평가를 위한 실험에 사용된 섬유판은 P형, M형, U형을 사용하였으며, 각각의 특성은 Table 2.2, Table 2.3과 같다. 목재의 변수중 함수율(moisture content)은 중요한 비중을 차지하고 있으며, 함수율에 따라 AE 카운트수(count)는 현저하게 차이가 나지만 본 연구에서 사용된 시편들은 모두 함수율 10%미만인 시편을 사용하여 함수율에 따른 카운트수의 변화를 최대한 제거하였다.

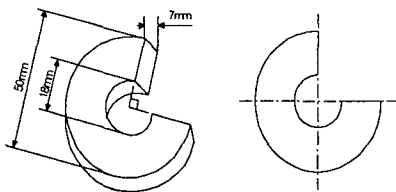


Fig. 2.1 Jig

Table 2.2 Chemical composition

Type	Resin	Solid (%)	Resin Content (%)
P	Tannin 100%	50	20
M	Melanin 100%	60	13
U	Urea 100%	52	13

Table 2.3 Material properties

Type	Density (g/cm ³)	Moisture content (%)	Bending strength (N/mm ²)	Modulus of elasticity (Kg/mm ²)
P	0.99	9	63.1	425.7
M	0.92	8	52.6	414.5
U	0.60	6	25.1	189.1

2.2 실험방법

AE 전파거리를 측정하기 위하여 각 형별로 Fig. 2.2와 같은 시험편을 사용하였다. 또한 전파거리를 측정하기 위하여 Fig.2.3과 같이 하나의 센서를 시험편에 부착하고 20mm간격으로 샤프심을 파단시켰을 때, 발생하는 돌발형 AE의 카운트수 및 에너지 파라미터의 변화를 목재의 각 형별로 살펴보았다. 이때 샤프의 끝 부분에 45°플라스틱 지그를 사용하여 샤프심이 일정한 각도에서 파단될 수 있도록 하였다.

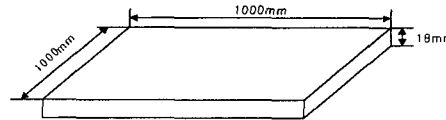


Fig. 2.2 Specimens

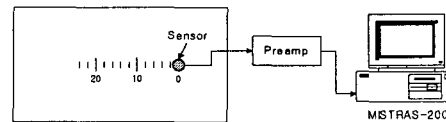


Fig. 2.3 Arrangement of Sensors and specimen

평면 위치표정의 가능성을 알아보기 위하여 Fig. 2.4와 같이 3개의 센서를 90°의 각도로 배열하고 각 센서간의 거리를 150mm로 하여 좌측 하단의 센서를 기준으로, mm를 기준단위로 하여 2차원 좌표계를 생성하고 기준으로부터 Table 2.4과 같이 5개의 위치에서 돌발형 AE 신호를 발생시키고 평면 위치표정 기술을 이용하여 데이터를 분석하였다.

Table 2.4 The exact coordinates of AE sources

X(mm)	Y(mm)
50	50
50	90
70	70
90	50
90	90

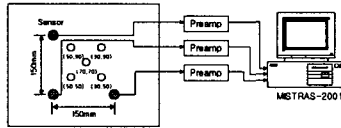


Fig. 2.4 Arrangement of sensors and specimen

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 AE 전파거리 측정

재료의 감쇠가 심한 경우 음향방출법을 이용하여 신호를 해석하는데 있어서 음향방출신호의 전파거리는 매우 중요한 변수이다. Fig. 3.1 (a)은 각각 다른 종류의 시험편에서 AE원과 센서의 거리에 따른 카운트수를 측정함으로써 신호의 전파 가능한 거리를 보여주고 있고 Fig. 3.1 (b)은 센서의 거리에 따른 에너지를 측정함으로써 신호의 전파 가능한 거리를 보여주고 있다. P형, M형, U형의 순서로 밀도와 강도가 높은 시험편이며 이에 따라 밀도와 강도가 높은 시험편에서 상대적으로 많은 카운트수 및 에너지를 측정할 수 있었으며 또한 신호의 전파거리가 길다는 것을 측정할 수 있었다. P형 및 M형의 경우 220mm 까지 신호가 측정되었으며 U형의 경우 에는 180mm까지 신호가 측정되었다. P형과 M형의 음속은 큰 차이가 나지 않으나 U형 섬유판의 경우 음속이 상대적으로 느리기 때문에 신호의 전달거리가 짧다.

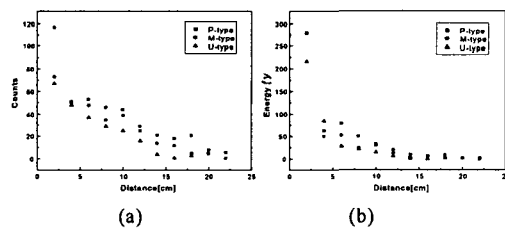
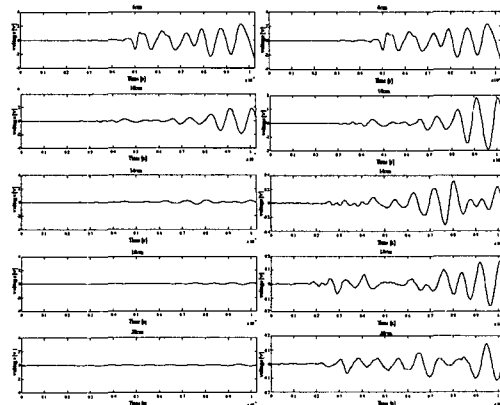


Fig. 3.1 (a) Variation of counts with distance
(b) Variation of energy with distance



(a) RF signal of P-type board
(b) Scaled RF signal of P-type board

Fig. 3.2 (a) RF signal of P-type board

(b) Scaled RF signal of P-type board

Table 3.1 Threshold levels

Type	Threshold(V)
P	0.1
M	0.1
U	0.04

목재 경우 조직의 그레인 크기가 크기 때문에 감쇠가 심하며 특히 목재 섬유판의 경우에는 제품의 제작 환경 및 방법에 따라서 큰 차이를 보인다. 목재 섬유판에 AE를 적용시키는 경우 가장 큰 문제는 밀도의 불균일성과 심한 감쇠라고 사료된다. Fig. 3.2 (a)은 P형 목재 섬유판에서 각각 60mm, 100mm, 140mm, 180mm, 200mm거리에서 획득한 RF 신호이며, M형 및 U형 또한 P형과 비슷한 RF 신호를 획득할 수 있었다. 200mm거리에서는 거의 신호를 구별할 수 없어 Fig. 3.2 (b)에서 신호가 미약하게 측정되는 원거리에서 측정된 신호의 Y축 스케일을 조정하여 신호를 분석한 결과로 잡음을 제거하고 AE신호의 특성을 파악할 수 있는 문턱 전압값을 Table 3.1과 같이 선택하였다.

3.3 평면 위치표정

섬유판에서 전통적인 문턱값 통과 방법과 디노이징 방법을 이용하여 각 형별로 위치표정을 실시하였으며 각 문턱값은 Table 3.1과 같다. 각 형별로 위치 표정의 결과는 Fig. 3.1에서 Fig. 3.3과 같으며 전통적인 문턱값 통과 방법과 웨이블릿 디노이징 방법과 비교되어 있다. 그림에서 보면, 모의 발생원이 모든 센서로부터 같은 거리에 있는 중앙에서는 비교적 정확한 값을 얻고 있는데, 이는 각각의 센서에 측정되는 파형이 거의 비슷하여 문턱

전압값으로부터 얻어지는 시간차가 거의 나지 않아서 이다. 하지만 모의 발생원이 어느 임의의 센서에 가깝거나 멀어질 때 전통적 방법에 의한 위치 표정의 결과는 매우 좋지 않았다. 하지만 각 센서에 도달하는 파형에서 고주파 성분을 제거해 줌으로써, 위치 표정의 오차가 더욱 줄어드는 것을 Table 3.3에서 보여준다. 특히 U형 섬유판의 경우 감쇠가 심하여 비교적 원거리의 센서에서 측정된 신호에서 감쇠에 민감한 고주파성분과 감쇠에 영향을 비교적 적게 받는 신호에서 구분이 확실해지며, 웨이블릿 디노이징 기법을 적용하였을 경우 그 효과가 다른 유형의 섬유판보다 뚜렷함을 알 수 있다.

Table 3.3 Comparison of location errors between conventional with wavelet de-noising

Type	Error(cm)	
	Measured	De-noised
P	1.01	0.76
M	1.00	0.82
U	1.32	1.01

4. 결 론

목질 판상 제품인 섬유판(fiberboards)의 비파괴적 재료 특성 평가의 유용성 유무를 실험적으로 검증한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 목재 섬유판의 경우 밀도와 강도가 높은 시험편에서 상대적으로 많은 AE 카운트와 에너지를 측정할 수 있었으며, P형 및 M형의 경우 220mm 까지 측정되었으며, U형의 경우에는 180mm까지 신호가 측정 되어 대체로 감쇠가 심하여 AE신호의 유효전파거리가 짧음을 알 수 있었다.
2. AE 위치표정에서 문턱값 통과 방법을 사용할 때 야기되는 도달시간차 측정상의 오차문제를 웨이블릿 변환에 의한 디노이징을 통해 팽창과 성분을 제거할 수 있었다. 따라서 각도별 측정 속도가 보다 일정하게 유지되어 음속 측정 및 평면위치표정 측정의 오차를 줄일 수 있었다.

참고문헌

- [1] Robert E. Green, Jr., 1993, "Acousto-Ultrasonics or Ultra-Acoustics?", The American Society for Nondestructive Testing, Inc., Second International Conference on Acousto-Ultrasonics, pp. 5-8.
- [2] Ronald W. Anthony, 1993, "Application of acoustic-ultrasonics to finger-jointed lumber", The American Society for Nondestructive testing, Inc., Second International Conference on Acousto-Ultrasonics, pp. 191-200.
- [3] Gorman, M. R., 1991, "Plate wave acoustic emission," J. of Acoustical Society of America, Vol. 90, No. 1, pp. 358-364.
- [4] Gorman, M. R. and Prosser, W. H., 1990, "AE source Orientation by Plate Wave Analysis," J. of Acoustic Emission, Vol. 9, No. 4, pp. 283-288.
- [5] Michel Misiti, 1997, *Wavelet Toolbox User's Guide, For use With MATLAB*, The MATH WORKS.
- [6] K. Kishimoto, 1995, "Time-Frequency analysis of dispersive waves by means of Wavelet transform", Transaction of the ASME, Journal of Applied Mechanics, 62(4), pp.841-846.

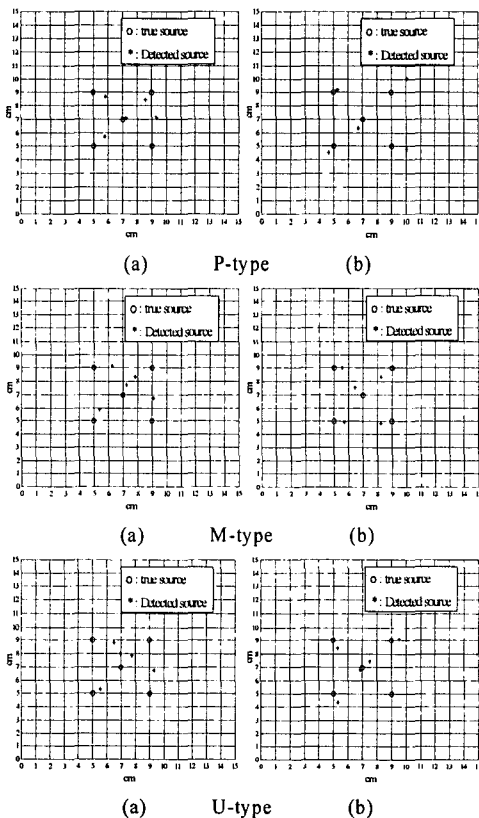


Fig. 3.3 Comparison of fiberboard source location with different method
(a) conventional (b) wavelet de-noising