

셀룰로오스 압전 종이를 이용한 진동 센서 응용 연구

A study on the vibration sensor application of cellulose piezoelectric paper

김 흥 수*

Kim, Heung Soo

요 약

압전 효과에 기초한 셀룰로오스 압전 종이의 진동센서 응용 가능성을 알아보았다. EAPap (Electro-active paper)은 재생과정과 테입 캐스팅을 이용해 만들었으며, 얇은 적층 필름을 이용해 코팅하였다. EAPap 샘플을 알루미늄 외팔보에 부착하여 진동 실험을 수행하였다. EAPap 센서의 출력을 비교하기 위해 가속도계를 이용하여 보의 응답 특성을 동시에 측정하였으며, 유한요소법을 이용해 보의 동특성을 구하여 비교하였다. EAPap 센서는 주위 환경 노이즈의 영향을 많이 받았는데, 접지와 절연을 통해 이러한 노이즈의 영향을 많이 감소시킬 수 있었으며, 실험결과로부터 EAPap의 진동센서 응용 가능성을 확인하였다.

keywords : Cellulose, Electro-Active Paper, Piezoelectric sensor, Vibration

1. 서 론

셀룰로오스는 나무나 식물에서 얻어지는 천연재료로서 이를 가지고 만든 압전종이는 다른 반도체 재료나 나노재료들과 다르게 인체에 무해하고 자연에서 소멸되는 환경 친화적인 특징이 있다. EAPap은 셀룰로오스 종이를 가지고 만든 지능재료로, 큰 변형을 내고, 가볍고, 유연하고, 건조하고, 낮은 작동전압, 적은 전력소모, 또한 자연 분해되는 특징을 가지므로 많은 장점이 있다 (Kim 2006).

압전 상수와 유전율의 값을 보면, 셀룰로오스 압전 종이가 기존의 피에조 폴리머 필름이 가지고 있는 성능을 비슷하게 낼 수 있다는 것을 알 수 있다. 이는 천연 셀룰로오스에 기초한 친환경 재료가 기존의 석유화학 재료를 기반으로 한 피에조 폴리머 필름의 역할을 대체할 수 있다는 것을 알 수 있다. 피에조 폴리머의 대표적인 응용 분야가 스트레인에 기초한 센서 분야이며, 셀룰로오스 압전 종이의 진동 센서 응용 가능성을 간단한 진동 실험을 통해 알아보았다.

2. 실험 결과 및 분석

EAPap의 진동 센서로서의 가능성을 알아보기 위해 간단한 외팔보를 이용한 진동 테스트를 수행하였다. 외팔보의 고정단 근처에 스마트종이를 부착하고, 충격 하중에 따른 센서 특성을 알아보았다. 비교를 위해 가속도계를 같은 위치에 부착하여, 보의 진동 특성을 알아보았다. 가속도계는 차지 앰프를 통해 증폭된 신호를 Pulse Analyzer를 이용하여 계측하였으며, EAPap의 센서 신호는 바로 Pulse Analyzer로 계측하였다. 그림 1은 이를 위한 실험장치도이다.

* 정회원 • 동국대학교 기계로봇에너지공학과 교수 heungsoo@dgu.edu

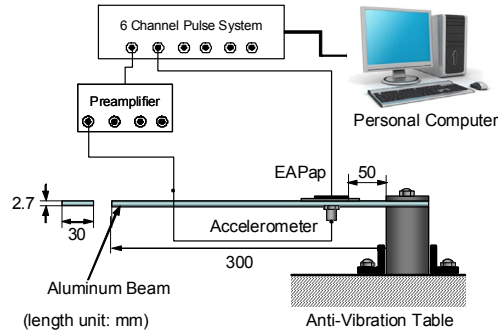


그림 1 진동 실험을 위한 개념도

그림 2는 충격하중에 따른 외팔보의 시간 응답과 주파수 응답을 각각 가속도계와 EAPap으로 측정한 것을 나타낸 것이다. EAPap 센서로 측정한 시간 응답은 접지와 절연을 하지 않을 경우, 전원 노이즈가 크게 섞여 있어, 제대로 된 주파수 응답을 얻을 수 없다. 하지만 접지와 절연을 시킬 경우 그림 2에 주어진 것처럼 가속도계와 비슷한 응답 특성을 보여준다. 가속도계와 EAPap 센서로 측정한 주파수 응답으로부터 주어진 외팔보의 고유진동수를 비교하면, 오일러 보로 가정된 외팔보의 이론적인 고유진동수와 잘 일치한다. 특이한 점은 세 번째 굽힘 모드와 네 번째 굽힘 모드 사이에 주파수 응답이 크게 나타나는 구간이 있는데 (470 Hz), 가속도계의 경우보다 EAPap의 경우 더 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한, 다섯 번째 굽힘 모드 뒤쪽에서도 또 다른 피크가 나타난다 (1439 Hz). 이는 외팔보의 첫 번째와 두 번째 비틀림 모드이며, 일축 가속도계의 경우 가속도계가 정확하게 가운데 위치하지 않았기 때문에 나타난 현상이다. 하지만 EAPap 센서의 경우에는 양방향 면내방향 스트레인에 기초해서 압전 효과가 나타나기 때문에, 굽힘모드 뿐만이 아니고 비틀림 모드까지 자연스럽게 계측이 된 경우이다.

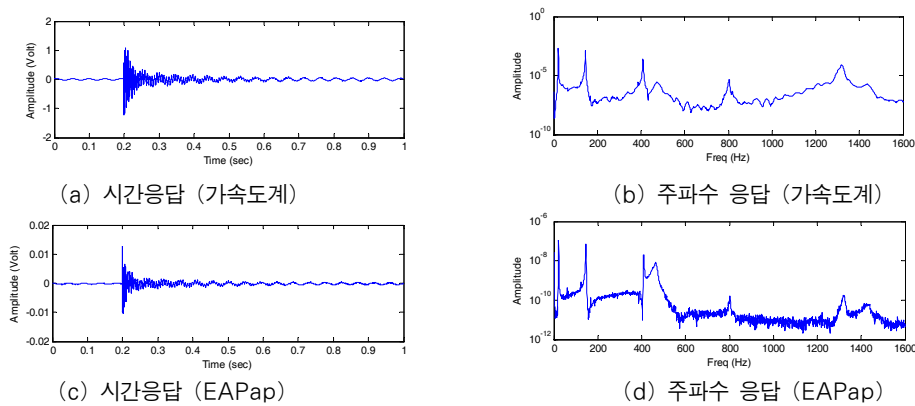


그림 2 충격하중에 따른 외팔보의 시간응답과 주파수 응답

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 임(No. 2010-0015734)

참고문헌

Kim, J., Yun, S., Zoubeida O., (2006) Discovery of Cellulose as a Smart Material, *Macromolecules*, 39(12), pp. 4202-4206.