

스마트 빔 구조물을 이용한 적응형 에너지 하베스팅 : 실험적 고찰

Adaptive Energy Harvesting Device Using Smart Beam Structure :

Experimental Investigation

전준철* · 손정우* · 최승복†

Jun-Cheol Jeon , Jung Woo Sohn, Seung-Bok Choi

1. 서 론

최근 구조물들의 대형화로 인한 안전진단을 위해 주변환경과 구조물에 대하여 실시간으로 모니터링 하는 센서 네트워크 구축에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 하지만 센서 네트워크 구축의 큰 문제점 중 하나는 넓은 곳에 장착되어 있는 센서들에게 전원을 공급하는 것으로, 이를 위해서는 모든 센서에 전선을 연결하거나 배터리를 사용해야 하는 점이다. 모든 센서에 전선을 연결하는 것은 매우 복잡하고 어려운 일이며, 배터리를 사용하는 것은 배터리의 유한한 수명으로 인한 주기적인 교환이 필수적이다. 그 결과 진동, 열, 태양광, 바람 등과 같은 자연의 에너지원을 이용하여 실시간으로 에너지를 수집하여 센서에 전원을 공급하는 에너지 하베스팅 (energy harvesting) 기술이 널리 연구되고 있다. 진동에 의해 전기적 에너지를 수집할 수 있는 방법으로 제안된 것 중의 하나가 압전 재료를 이용한 에너지 수집 장치이다. 압전 재료는 기계적인 에너지에 의해 변형이 발생하면 전기적 에너지를 생산하고 반대로 전기적 에너지를 가해주면 기계적인 변형이 생기는 재료이다. 최근의 압전 재료를 이용한 에너지 하베스팅 연구들은 기존 시스템과 비교하였을 때 에너지 수집 효율을 높이는 것에 집중 되어있다.

본 연구에서는 에너지 수집 효율을 높이기 위해 빔의 고유 진동수를 조정 가능한 ER (Electrorheological) 빔을 제시한다. ER 빔은 Fig. 1 과 같이 전기장을 가함에 따라 빔의 고유 진동수가 바뀌는 특징을 가지고 있다⁽¹⁾. 본 연구에서는 이러한 ER 효과를 이용하여 빔의 고유 진동수를 외부 가진 진동수와 일치시켜 빔의 변위를 크게 하고, 그에 따라 빔에 부착된 압전 재료의 변형을 크게 하여 높은 에너지 수집 효율을 얻도록 한다.

2. 시스템 구성

본 연구에서는 Fig. 2 와 같이 두 개의 복합재료 판, 실리콘고무, 접착제, 알루미늄 포일 등으로 이루어진 샌드위치형의 외팔보 ER 빔을 구축 하였다. 알루미늄 포일은 전도체로서 복합재료 판에 붙여서 전극(electrode)역할을 하고 있으며, 실리콘 고무는 절연체(insulator)역할을 하는 것으로서 부드럽고 내열성을 지니고 있다. 접착제는 복합재료 판과 실리콘 고무를 접착시켜 ER 유체가 밖으로 흐르는 것을 방지하여 주기 위한 것으로 실리콘을 사용하였다. 이 접착제는 경화 후 실리콘 고무와 같은 성질을 가진다. 아크릴은 부도체로 외팔보를 고정구에 지지시키기 위해서 사용되었다. ER 빔의 진동에너지를 전기적

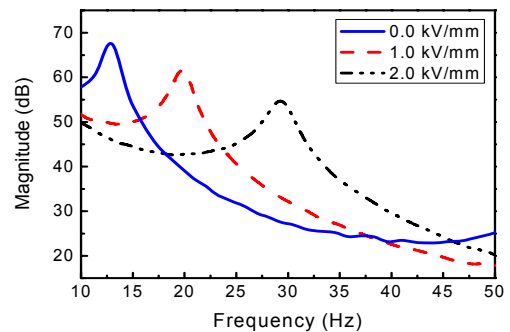


Fig. 1 Tunable natural frequency of ER beam

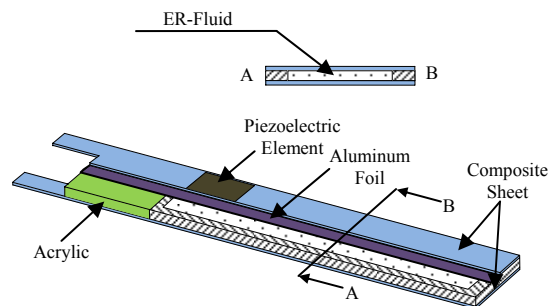


Fig. 2 Schematic diagram of the ER-beam

† 교신저자; 정희원, 인하대학교 기계공학과

E-mail : seungbok@inha.ac.kr

Tel : (032) 860-7319, Fax : (032) 868-1716

* 정희원, 인하대학교 기계공학과

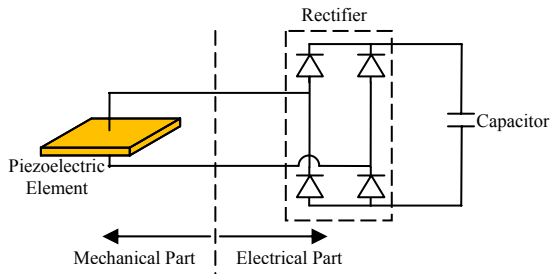


Fig. 3 Schematic diagram of the power harvesting circuit

인 에너지로 바꾸기 위해서 압전 세라믹 패치를 사용하였다.

압전 재료에서 생성되는 전기에너지는 사인곡선 형태의 교류 파장으로, 에너지 수집을 하는데 문제점을 가지고 있으므로 Fig. 3 와 같은 수집 회로를 제안하였다. 먼저 ER 빔에 부착된 압전 재료에서 기계적인 에너지가 전기적인 에너지로 변화하면서 교류 전압 신호를 얻게 된다. 그리고 다이오드로 구성된 정류기(rectifier)를 통하여 기존 교류 전압 신호가 반파 형태의 전압 신호로 변환되어 축전지(capacitor)에 충전 된다.

3. 에너지 하베스팅 실험

Fig. 4 는 본 연구에서 제안된 실험장치를 나타낸 것으로, 먼저 ER 빔의 전극이 있는 한쪽 끝을 가진기의 고정구에 고정시키고, 2 채널 주파수 분석기(FFT analyzer)를 이용하여 가진기를 가진 시켰다. 가진기에 부착된 가속도 센서로 ER 빔에 부가되는 입력을 측정하였고, ER 빔 끝 단에는 비 접촉 변위기인 레이저 센서를 이용하여 변위를 측정하였다. 가속도계와 레이저 센서의 신호 특성을 바탕으로 구조물의 주파수 응답을 확인 하였다.

먼저, ER 빔의 특성 변화를 관찰하기 위해 가진기를 이용하여 ER 빔에 랜덤 신호를 인가하고 그에 따른 빔의 고유 진동수를 주파수 분석을 통해 측정 하였다. ER 빔에 전기장이 인가된 상태에서 같은 방법으로 주파수 응답을 측정하고, 전기장의 크기에 따라 고유 진동수가 변화하는 것을 확인 하였다.

에너지를 획득하기 위하여 압전 세라믹을 빔에 부착한 뒤 에너지 수집 회로와 연결하여 에너지 수집 장치를 구성 하였다. 에너지 수집량은 회로를 통한 축전지의 전압 변화로 확인 하였다. 먼저, 전기장을 가하지 않은 ER 빔의 공진 주파수를 피하여 가진 하였을 때 수집 되는 에너지 량을 측정하였다. 그 후, 빔의 고유 진동수와 가진 주파수를 맞추기 위해, 앞 실험에서 얻은 전기장에 따른 ER 빔의 고유진동수 변화 데이터를 이용하였다. 적절한 전기장을 ER 빔에 가해주어 기존 가진 주파수와 빔의 고유 주파수

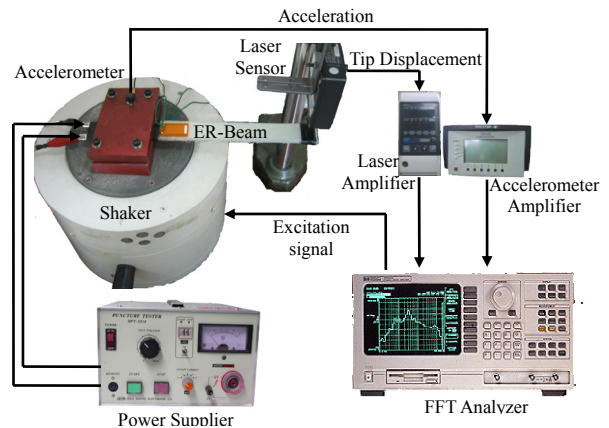


Fig. 4 Experimental apparatus for energy harvesting using ER-beam

를 맞추어 에너지 수집량을 측정하였다. 적절한 전기장을 가하였을 때 얻어진 에너지량과 전기장을 가하지 않았을 때 에너지량을 비교 하였다.

4. 결론

본 연구에서는 먼저 전기장에 따라 특성이 변하는 ER 유체의 성질을 이용하여 고유 진동수를 조절할 수 있는 ER 빔을 제안하였다. ER 빔을 제작하여 전기장에 따른 주파수 응답을 실험적으로 구하였고 전기장에 따른 빔의 고유 진동수 변화를 확인하였다. 제작된 ER 빔에 압전 세라믹을 부착하여 에너지 하베스팅 장치를 제작한 후, ER 빔의 고유 진동수와 일치하지 않는 주파수로 시스템을 가진 하여 비 공진 영역에서 에너지 수집을 수행 하였다. ER 빔에 전기장을 인가하여 구조물의 고유진동수를 가진 주파수와 일치하도록 하여 획득할 수 있는 에너지의 양을 비교하고 더 많은 에너지를 얻을 수 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 ER 유체를 이용한 다양한 에너지 하베스팅 장치 설계에 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술재단의 전략 기술인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참 고 문 헌

- (1) Park, Y. K., Choi, S. B. and Cheong, C. C., 1995, "Active Vibration Control of Intelligent Composite Laminate Structures Incorporating Electro-Rheological Fluid", The Korean Society for Aeronautical & Sciences, Vol. 23, No. 1, pp.74~84