

스마트 구조물의 음향 방출파 감지를 위한 FBG 센서

FBG sensor for detecting acoustic emission waves in smart structures

서문웅, 이윤재, 서대철, 김치엽, 권일범

한국표준과학연구원 삶의질표준부

smung@kriss.re.kr

1. 서론

스마트 구조물의 센서로서 많이 적용되는 광섬유 센서는 일반적으로 저렴한 가격에 우수한 민감도와 분해능을 지니고 있으며, 재질이 유연하고 크기가 작아서 구조물의 표면에 부착하는 것은 물론 구조물에 삽입하여 측정이 가능하다. 또한 신호가 빛에 실려서 전송되기 때문에 외부 전자기파의 영향을 크게 받지 않으며, 다양한 물리량의 측정이 가능하며 임의의 한 지점뿐만 아니라 거대한 구조물까지 측정대상이 다양하다. 광섬유 센서는 크게 광 강도형 센서와 간섭형 센서, 산란형 센서, FBG(fiber bragg grating)센서 등이 있다⁽¹⁾. 이 중에서 FBG 센서는 광섬유 코어에 일정한 간격으로 굴절률이 다른 격자를 새겨서 특정한 파장의 빛만 반사시키고 나머지는 투과시키는 성질을 이용한 것이다. 하지만 FBG 센서의 단점은 온도의 영향을 많이 받는다는 점이다. 항상 외부의 온도와 기후에 노출되어 있는 건축물에 FBG 센서를 설치하기 위해선 온도에 따른 브래그파장 이동에 따라 LD(laser diode)의 파장을 이동시킬 필요가 있다⁽²⁾. 본 연구에서는 FBG 센서를 이용하여 구조물의 음향 방출파 감지를 위해 변형률을 측정하는 것을 목적으로 하였다.

2. LD 파장제어의 설계 및 측정

FBG 센서의 온도에 따른 파장변화는 $0.01\text{nm}/^\circ\text{C}$ 이며 PD의 변화는 $0.1\text{nm}/^\circ\text{C}$ 로서 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 FBG의 실사용 환경의 온도변화를 -30°C 에서 80°C 로 설정하면 FBG의 파장변화는 25°C 를 기준으로 $\pm 0.55\text{nm}$ 가된다. 따라서 FBG의 파장변화를 보완하기 위한 LD의 파장제어를 위한 온도 변화범위는 19.5°C 에서 30.5°C 가 되며 이러한 온도범위를 제어하기 위한 TEC의 데이터 값은 $24.83\text{mV}/^\circ\text{C}$ 로서 전압으로 환산하면 1.5099V 에서 1.2616V 의 범위를 갖는다. 제어보드에는 16Bits의 D/A 컨버터가 설계되어 있으며 최대한의 출력 분해능을 갖기 위하여 출력전압을 최대 2.5V 로 설정하였다. 따라서 분해능은 $0.03^\circ\text{C}/\text{Bit}$ 가 되며 위의 FBG 변화를 보상하기 위한 충분한 전압의 범위를 갖고 있다. Fig. 1의 우측 자료는 D/A 컨버터의 실제 동작을 나타내며 온도보정 프로그램이 가동되면 D/A컨버터의 출력전압이 초기 값 A지점에서부터 상승을 시작하며 동시에 PD로 입력된 LD의 값을 순차로 읽으며 최대값이 읽히는 지점(D점)을 기억한다. 이후 D/A전압이 최대값에 도달한 뒤 D/A전압은 PD에 최대값이 입력된 지점의 출력값(C점)을 유지한다(B점). 이러한 Feedback 동작을 통해 최대 동작점을 유지하며 실제 전압값은 개별 LD모듈의 편차 및 회로구성 소자의 편차등의 영향으로 인하여 위의 이론값과 약 500mV 상승된 결과를 보이고 있다.

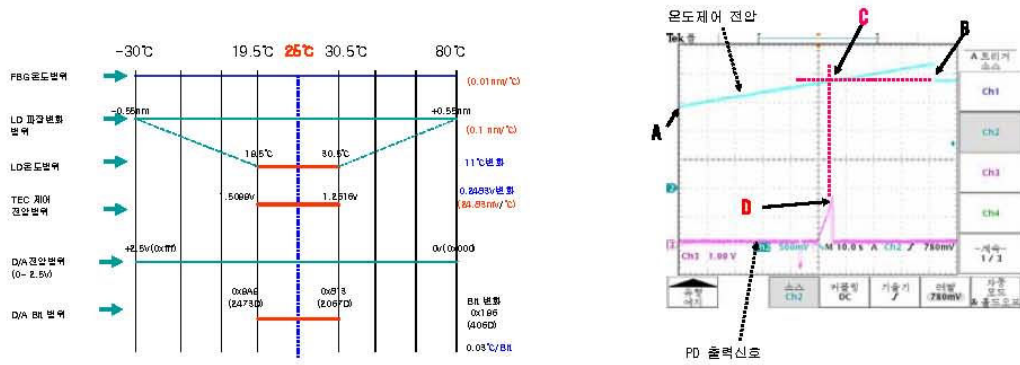


Fig. 1 TEC control data chart & circuit signal waveform

3. FBG 센서 시스템 실험 및 결과

FBG 센서의 구성도는 Fig. 2와 같다. 구조물의 음향 방출에 의한 변형률을 측정하기 위하여 FBG와 Araldite epoxy를 이용하여 표면 부착형 센서 탐촉자를 제작하였다. 제작된 표면 부착형 FBG 센서 탐촉자를 알루미늄 판에 부착하였고 렌치를 이용하여 음향 방출 신호를 주어서 FBG 센서 탐촉자의 감지도를 조사하였다. Fig. 2에서 우측은 FBG 센서 실험 구성에 의해 실험 결과를 보여주고 있다. 제안한 FBG 센서에서 렌치에 의한 음향 방출 신호 감지를 확인할 수 있다.

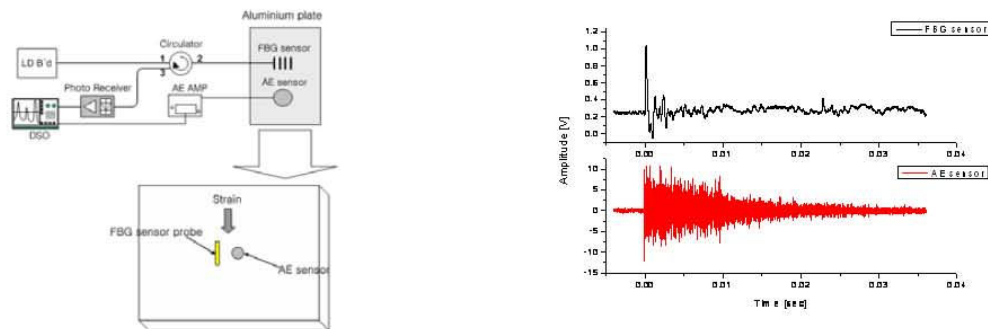


Fig. 2 Measurement setup for the detection of AE waves using fiber Bragg grating & AE wave detection using FBG sensor and the signal received by AE sensor

참고문헌

1. Daniel C Betz, Graham Thursby, Brian Culshaw and wieslaw J Staszewski "Acoustic-ultrasonic sensing using fiber Bragg gratings", Smart Mater. struct. 12, 122-128 (2003).
2. Takahashi, Thongnum, Ogawa and Tanaka "Compensation of temperature-induced fluctuation in fiber-Bragg-grating vibration sensor by using feedback control of source wavelength", Microwave and Optoelectronics Conference 2003. 2, 20-23 (2003).