

# 4채널 광섬유 마이켈슨 센서의 변형률 감지도 조사

## Strain Sensitivity of

## 4-channel Fiber Optic Michelson Sensor

권일범\*, 김민수

한국표준과학연구원 산업측정표준부, ibkwon@kriss.re.kr

### 1. 서론

광섬유 센서는 전자기적 신호잡음, 부식 등의 장점을 갖고 있어서 대형 구조물의 안전계측을 위하여 사용하기에 적합하다. 따라서 본 연구에서는 4채널 광섬유 마이켈슨 센서를 1개의 광원을 이용하여 구성하고 구조물 변형률 측정에 적용할 수 있도록 하였다.

### 2. 변형률 측정 원리

광섬유 마이켈슨 센서는 그림 1과 같이 광섬유의 끝단을 거울도금하고 구조물에 부착하게 된다. 광원인 레이저다이오드에서 빛이 광섬유에 입사되면 3X3 광섬유 연계기(fiber optic coupler)를 통과하면서 3갈래로 빛이 분할되는데 그 중에서 2개는 기준 광섬유와 감지 광섬유로 입사되고 탐촉자 끝단에서 거울을 만나 반사되게 된다. 이 반사된 두 빛은 다시 3X3 광섬유 연계기를 만나면 간섭을 일으키게 되어 광검출기1, 2로 검출될 때는 변형률에 비례하는 정현파(sinusoidal wave) 광신호를 그림 2와 같이 출력하게 된다. 그림 2에서 변형률이 증가 감소하게 되면 두 개의 광섬유 신호가 일정한 위상이동을 갖고 연속적으로 생성되는 것을 볼 수 있다. 그런데 광섬유 정현파 신호는 변형률의 증감 방향이 바뀌는 시점에서는 두 광섬유 신호 사이의 위상이동의 순서가 바뀌어 뒤집어지는 현상이 발생한다. 즉 그림 2에서 변형률의 증감의 방향이 변화하는 A,B,C,D,E,F의 시점에서 광섬유 신호를 살펴보면 이 신호들의 위상이동이 바뀌고 있음을 볼 수 있다. 따라서 두 개의 광섬유 신호중에서 한 개는 정현파의 개수를 계수함에 의하여 변형률의 크기를 결정

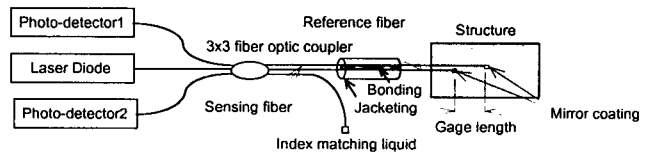


그림 1. 3x3 광섬유 마이켈슨 센서.

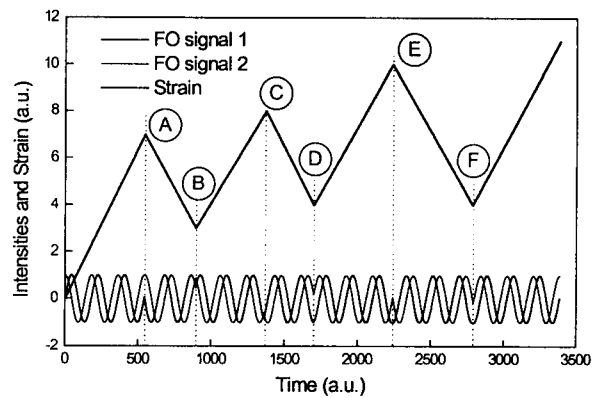


그림 2. 변형률과 광섬유 신호와의 관계.

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\Delta\phi}{\frac{4\pi n}{\lambda_0} \left\{ 1 - \frac{n^2}{2} [p_{12} - \nu(p_{11} + p_{12})] \right\} L} \\ &= \frac{m\pi}{\frac{4\pi n}{\lambda_0} \left\{ 1 - \frac{n^2}{2} [p_{12} - \nu(p_{11} + p_{12})] \right\} L} \\ &= G \frac{m}{L} \end{aligned}$$

하고, 다른 광섬유 신호와의 위상이동의 선후를 판별함에 의하여 변형률의 증감 방향을 결정하게 된다. 이러한 방식의 광섬유 간섭 센서를 3x3 수동변조회로가 광섬유 마이켈슨 간섭형 센서라고 한다.

광섬유 센서 출력신호의 정현파 반주기의 개수를 m이라 하면 위상차  $\Delta\phi = m\pi$ 라고 할 수 있으며 게이지 길이 L에 대하여 변형률은  $\epsilon = \Delta L/L$ 이므로 수식 1과 같은 관계를 얻게된다. 수식 1에서 G는 광

위상차 계수  $m$ 으로 부터 변형률을 계산하기 위한 변형률 감지도 (strain sensitivity)이다.

광섬유 센서시스템은 변형률을 4개 까지 측정할 수 있도록 구성하였다. 이 시스템은 그림 3에 보인것과 같이 한 개의 레이저 다이오드를 사용하고 1x4 스타 연계기(star coupler)로 분할하여 4개의 채널을 구성하였다. 그 후 3x3 광섬유 연계기를 사용하여 센서 탐촉자를 구성하고 구조물에 적용하였다. 광검출기는 모두 8개를 적용하여 각각 1개의 센서로부터 2개의 광섬유 신호를 출력받을 수 있도록 하였다. 이러한 광검출기는 자체에 증폭기를 갖고있어서 일정전압만 인가하면 되므로 전압인가장치만 따로 설치하였다.

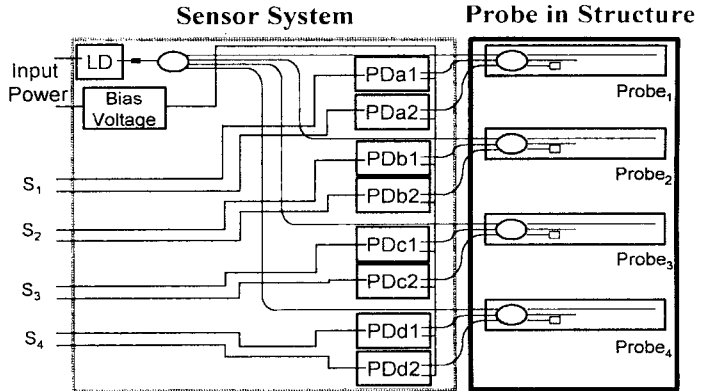


그림 3. 4채널 광섬유 센서시스템의 구성.

### 3. 교정 실험

외팔보 형태의 알루미늄 보 실험을 통하여 변형률 감지도  $G$ 값을 결정하였다. 시험편의 외부에 67.5mm의 게이지 길이로 광섬유 센서를 부착하고, 전기저항형 변형률 게이지(게이지길이 = 67.5mm)도 부착한 후 보에 굽힘을 주어 위상차 계수  $m$ 을 변형률과 비교하여 변형률 감지도를 결정하였다. 실험으로부터 구해진 변형률과 광섬유 신호는 그림 5와 같았다. 이러한 신호로부터  $m$ 값을 구하고  $G$ 값을 적절하게 택하면 그림 6과 같이 변형률게이지 값과 같은 변형률을 얻게 된다. 이렇게 구한  $G$ 값은  $0.343 \times 10^{-6}$ 으로 얻어졌다. 이때 게이지 길이의 단위는 mm이다.

### 4. 결론 및 향후계획

4채널 광섬유 마이켈슨 센서시스템을 구성하고 변형률 감지도를  $0.343 \times 10^{-6}$ 으로 결정하여 구조안전감시를 위한 기본연구를 수행하였다. 향후 4채널 모두를 사용하여 구조부재의 거동을 일관성있게 계측하는 연구를 진행할 예정이다.

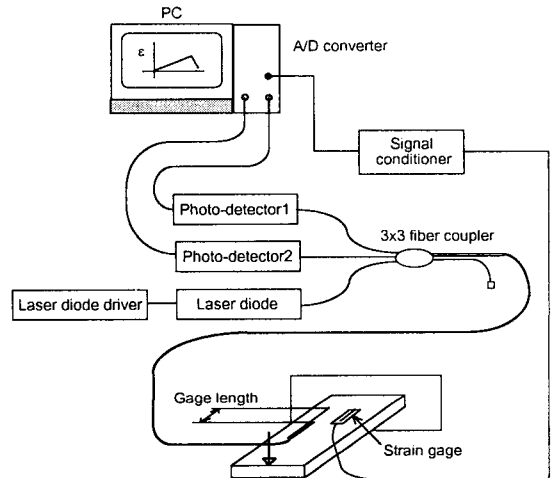


그림 4. 교정용 AL 보 시험장치.

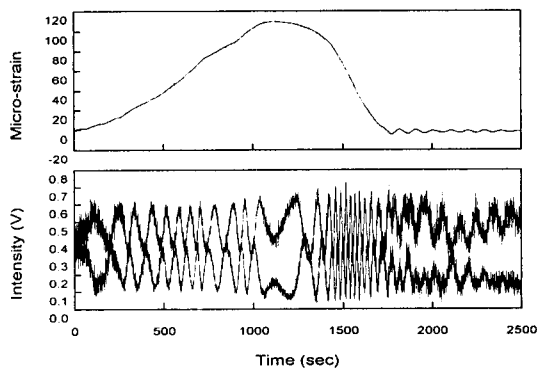


그림 5. 광섬유 신호.

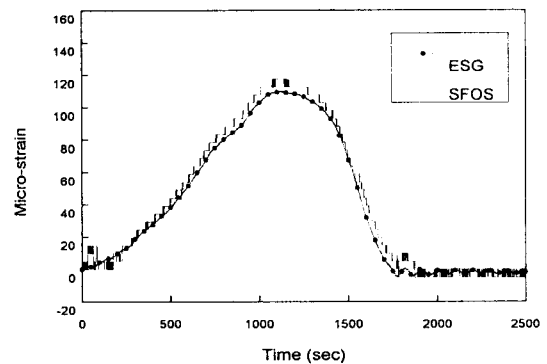


그림 6. 변형률의 비교.