

DEMOSTRACIÓN EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA SENSOR BASADO EN REDES DE DIFRACCIÓN EN FIBRA PARA LA MEDIDA DE LA DEFORMACIÓN DE VIGAS METÁLICAS

J. Echevarría, C. Jáuregui, A. Quintela, R. García, M.A. Rodríguez, G. Gutiérrez* & J.M. López-Higuera

Grupo de Ingeniería Fotónica – Dpto. TEISA – Universidad de Cantabria
* Dpto. Estructuras – Universidad de Cantabria
e-mail: jeche@teisa.unican.es

ABSTRACT

A experimental demonstration of the viability of a Fiber Bragg Grating (FBG) based fiber optic sensor system for the measurement of strain in a girder has been made. The girder has been monitored with both conventional strain gauges and FBG transducers. Comparison results after several tests are reported.

1. INTRODUCCIÓN

La medida de la deformación y temperatura en estructuras de obra civil es una de las áreas de aplicación más interesantes de las redes de difracción en fibra o Fiber Bragg Gratings (FBG) [1]. Estos dispositivos permiten construir transductores de muy pequeño tamaño y con las ventajas propias de la fibra óptica tales como su inmunidad a interferencias electromagnéticas, poco peso, etc. Adicionalmente, los sistemas sensores basados en fibra óptica para la medida de deformación y temperatura tienen las siguientes ventajas respecto a los sensores basados en galgas extensiométricas convencionales:

- Los transductores contruidos en fibra óptica pueden integrarse fácilmente dentro de una red de sensores, lo cual abarata el coste total del sistema.
- Las bajas pérdidas inherentes a la propagación en la fibra óptica permiten construir sistemas con cables de fibra de gran longitud sin pérdida apreciable de las prestaciones del sistema completo.
- Dado que las fibras ópticas son químicamente inertes la durabilidad, fiabilidad y robustez de este tipo de sensores se incrementa de forma apreciable frente a aquellos basados en tecnologías tradicionales.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SENSOR

Las redes de difracción en fibra están formadas por una estructura periódica de cambios de índice de refracción dentro del núcleo de la fibra óptica [2]. El comportamiento de esta estructura frente a una luz incidente es la producir una reflexión solo a una longitud de onda característica llamada longitud de onda de Bragg, la cual viene dada por la siguiente expresión :

$$\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda \quad (1)$$

donde n_{eff} es el índice efectivo del modo principal LP_{01} que se propaga por la fibra monomodo y Λ es el periodo de la variación de índice. Básicamente, los parámetros físicos que puede medir esta estructura son la temperatura y la deformación (*strain*). La información de la variación de estas magnitudes físicas está codificada en la longitud de onda, por lo tanto, para realizar una medida de este parámetro es necesario iluminarlos con una fuente de gran ancho espectral y analizar el espectro de la luz reflejada. Este sistema es perfectamente apto para la multiplexación en longitud de onda (WDM) lo cual permite colocar varios sensores en la misma fibra óptica para obtener información de diferentes puntos de medida.

El sistema sensor diseñado consta de un interrogador de longitudes de onda, un multiplexor óptico para realizar una multiplexación espacial (SDM) y una serie de fibras ópticas conteniendo los transductores basados en FBG [3]. El control de los equipos que integran el sistema se realiza mediante un ordenador equipado con GPIB y una tarjeta de adquisición de datos tal y como se muestra a continuación.

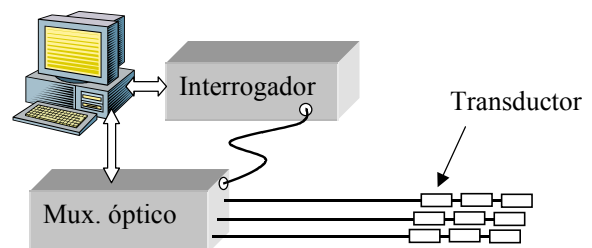


Figura 1. Diagrama del sistema sensor combinando multiplexación WDM y SDM.

3. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Para realizar la demostración experimental del sistema de medida se dispuso una viga metálica de doble T colocada sobre unos apoyos que estaban a una distancia de 6 m. Sobre la parte central se aplicó de forma distribuida en dos puntos equidistantes del centro 30 cm una fuerza obtenida con un gato hidráulico. Los esfuerzos a los que se ve sometida la viga en este tipo de ensayo son en compresión en la parte superior de la misma y en tracción

en la parte inferior. La deformación resultante en cada una de las caras de la viga y dentro de la zona central es aproximadamente la misma. En la siguiente figura se muestra un diagrama del ensayo y la disposición de los transductores.

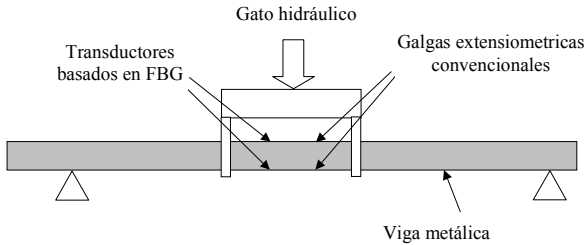


Figura 2. Diagrama del ensayo de deformación realizado.

Se colocaron una serie de galgas extensiométricas convencionales en la parte derecha de la zona central y una serie de transductores ópticos en la parte izquierda, tanto en la cara superior como en la cara inferior de la viga. De esa forma se pudo realizar un contraste de los resultados tanto para las medidas en compresión como las de tracción.

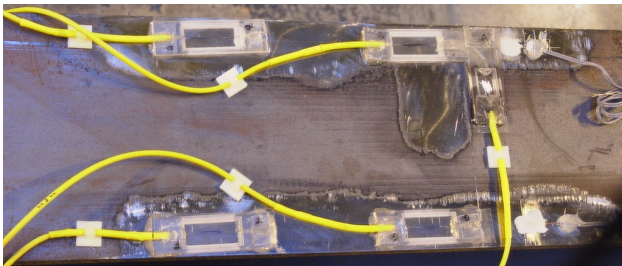


Figura 3. Fotografía de la parte superior de la viga instrumentada mostrando en la parte izquierda los sensores de fibra óptica y en la parte derecha las galgas extensiométricas convencionales.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez realizado el montaje se procedió a someter a deformación a la viga metálica. El gato hidráulico utilizado para presionar la parte superior de la viga llevaba acoplado un medidor de la presión aplicada, el cual, suministraba una señal de voltaje para poder realizar la monitorización de la fuerza realmente aplicada. Cada uno de los sistemas sensores utilizados incorporaba un sistema de medida de este voltaje de referencia, el cual, se utilizó posteriormente como medio de sincronización de todas las medidas. Al finalizar el ensayo, se realizó la comparación entre las medidas de elongación obtenidas por cada uno de los transductores ópticos utilizados con su correspondiente medida de la galga extensiométrica. En la figura siguiente se muestra una de las gráficas obtenidas para ambos tipos de transductores trabajando en una zona de tracción. Se han representado en función de la tensión de referencia adquirida dos respuestas: por una parte, la deformación en $\mu\epsilon$ medida por la galga convencional, y por otra parte, la medida de la deformación obtenida por el transductor óptico a través de la variación de la longitud de onda de Bragg. La sensibilidad de este parámetro a la

deformación había sido caracterizado previamente y era de $1.1 \text{ pm}/\mu\epsilon$.

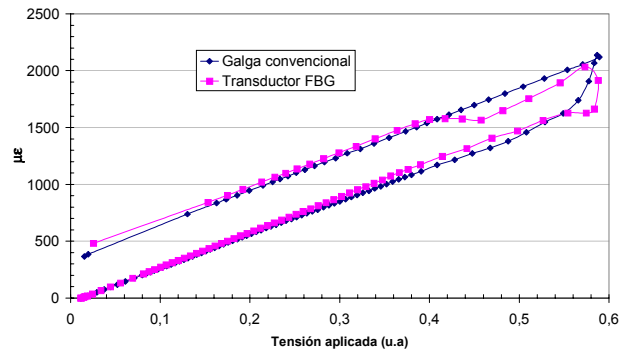


Figura 4. Comparación de la respuesta frente a la deformación de la viga entre una galga convencional y un transductor basado en un FBG.

El ensayo consistió en realizar en primer lugar un aumento de la fuerza aplicada a la viga seguido de una disminución de la misma y se puede observar este comportamiento en la elongación medida. La fuerza de deformación máxima aplicada superó la zona elástica de la viga haciéndola entrar en la zona plástica, por lo que los resultados de bajada no se superponen a los de subida. Hasta los límites del ensayo (unos 2000 $\mu\epsilon$) ambas respuestas son lineales y la diferencia entre ambas respuestas es muy pequeña.

5. CONCLUSIONES

Se ha realizado la validación experimental de un sistema sensor de fibra óptica basado en redes de difracción en fibra. Se ha diseñado un sistema sensor para la medida de la deformación de una viga metálica realizando medidas tanto en la zona de tracción como en la de compresión. La respuesta de los transductores basados en FBG se han comparado con la de galgas extensiométricas convencionales obteniéndose resultados similares en todos los casos.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por la CICYT a través de su proyecto TIC'98-0397-C03-02 y por la UE a través de su proyecto FEDER "SISFOCDETIC" 1FD97-0775.

7. REFERENCIAS

- [1] E.Udd, "An overview of fiber-optic sensors" Review of Scientific Instruments, Vol.66 (8), p. 4015, 1995.
- [2] G. Meltz, W.W.Morey, & W.H.Glenn, "Formation of Bragg gratings in optical fibers by a transverse holographic method", Opt. Lett., Vol. 14, p. 183, 1989.
- [3] J. Echevarría et al., "Viabilidad teórico-experimental de un sistema sensor cuasidistribuido para la medida de deformaciones basado en redes de difracción en fibra", 5ª Reunión Nacional de Óptica, Valencia, 1997.