

Nuevas prácticas en la evaluación de estructuras de puentes. Uso de tecnologías de instrumentación y auscultación de estructuras de puentes

Ing. Yi Cheng Liu Kuan, Unidad de Puentes, PITRA-LanammeUCR

Introducción

Después de que una obra de infraestructura civil está construida, ésta debe ser operada adecuadamente al realizando inspecciones en forma periódica, efectuando mantenimientos rutinarios y preventivos, y haciendo las reparaciones necesarias en casos de detectar deterioro o daños en sus elementos. Sin embargo, ¿cómo lograr conocer el estado global y real de una estructura después de ser construida y las diferencias que existen entre ésta y su diseño original? ¿Cómo se cuantifica su variación con el paso del tiempo? E inmediatamente después de un evento: ¿Está dañada la estructura? ¿Dónde está el daño? ¿Cuál es la magnitud del daño? Y ¿Cuál sería la vida útil que le queda a la estructura? Todas estas preguntas son sumamente importantes y proveen información crítica para la toma de decisiones.

La forma tradicional de inspección y evaluación de estructuras de puentes se basa primordialmente en evaluaciones visuales, inspecciones físicas y aplicaciones de ensayos no destructivos o destructivos. Estas prácticas son muy importantes ya que en forma directa permiten conocer el estado de los componentes estructurales que constituyen un puente, en qué partes se presentan daños o deterioros y qué medidas correctivas se debe implementar. Sin embargo, si solamente la inspección visual es empleada, ésta tendría ciertas deficiencias tales como: a) únicamente las partes accesibles a la vista pueden ser inspeccionadas. b) Los resultados de la evaluación son cualitativos, y de alguna forma, podrían ser subjetivos. c) No se puede conocer el estado global del puente como un todo ante la acción de cargas, ni predecir y detectar fallas en el comportamiento durante la operación. d) La inspección visual demanda un gran esfuerzo humano si la estructura es compleja y extensa.

Ante todas estas necesidades mencionadas anteriormente, se dio origen a un campo muy activo de investigación denominado “Monitoreo de Salud Estructural” (Structural Health Monitoring, SHM por sus siglas en inglés), que de ahora en adelante se llamará como MSE en este texto.

Monitoreo de Salud Estructural

MSE puede definirse como “el proceso en el cual las estrategias de detección de daños son implementados en las infraestructuras aero-espaciales, mecánicas y civiles” [1]. El daño aquí es definido como cambios en los materiales o de propiedades geométricas de estos

sistemas incluyendo los cambios en las condiciones de frontera y la conectividad del sistema, los cuales afectan adversamente el desempeño de éste [2].

El concepto de MSE es similar a los chequeos que hace un médico, estos pueden ser tan rutinarios y generales como la toma de muestras de sangre, orina y heces cada año, y en caso de detectar deficiencias se puede realizar chequeos más específicos y profundos; pero también hay casos de pacientes en estado crítico que requieren de un monitoreo continuo, por ejemplo, de la función cardíaca y presión sanguínea. De igual forma, no todos los puentes son tan esenciales o críticos como para instalar un sistema de monitoreo permanente dado su costo y complejidad, y ciertamente lo que requieren la gran mayoría de los puentes es una auscultación de rutina cada cierto período de tiempo dependiendo de su nivel de “salud”. De aquí se puede hablar de dos distintas metas de MSE: monitoreo continuo o evaluación en línea, y evaluación fuera de línea. Los objetivos de cada uno se detallan en la **Figura 1**.

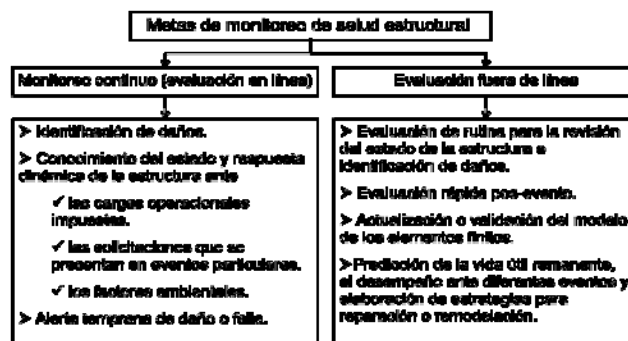


Figura 1. Metas de Monitoreo de Salud Estructural

Uso de tecnologías de instrumentación y auscultación de estructuras de puentes

Se requiere de plataformas tecnológicas para hacer realidad las metas propuestas de MSE. Estas se refieren a la infraestructura tecnológica para la medición (sensores), adquisición, comunicación y transmisión de datos sobre la que se implementan las teorías de MSE y técnicas de identificación de sistemas, procesamiento de señales y extracción de patrones.

De las innovaciones tecnológicas de mayor uso para MSE, se puede clasificar, de resumidas formas, en tres plataformas: a) Fibra Óptica: esta no sólo constituye un medio de transmisión de información, sino en sí también es un sensor. La aplicación de la fibra óptica como un sistema integral de monitoreo alámbrico es común en puentes de gran envergadura por su estabilidad y durabilidad. b) Sensores Inalámbricos: estos no son sino es una unidad inalámbrica que permite conectarse con cualquier sensor tradicional electrostático, procesar y transmitir la información adquirida. La aplicación de los sensores inalámbricos en el diagnóstico y monitoreo de puentes es sumamente popular, y acompañados de acelerómetros permiten implementar los algoritmos de análisis modal que tienen como entrada a las

vibraciones de la estructura ante excitaciones ambientales. c) Sensores de medición remota: se puede mencionar tecnologías como el sistema de posicionamiento global GPS, radares, técnicas de interferometría de microondas, métodos óptico-electrónicos y de procesamiento de imágenes digitales, etc.

Ejemplo de aplicación a puentes

Tomando como ejemplo la aplicación de análisis modal en puentes mediante acelerómetros unidos a una plataforma inalámbrica, este permite extraer los parámetros modales del puente tales como las frecuencias, amortiguamiento y las formas modales del puente. Las frecuencias modales de las estructuras son muy sensibles ante cambios en las condiciones de frontera y de conectividad de estructuras de un puente, y el cambio en las formas modales permite localizar posibles zonas de daño. Asimismo, con los parámetros modales identificados, el modelo teórico de los elementos finitos del puente puede ser calibrado contra comportamientos reales del puente, de forma que permite determinar niveles reales de esfuerzos en los elementos del puente ante la acción de cargas, y predecir el comportamiento de este mismo ante la ocurrencia de eventos.

Conclusión

El diagnóstico, la evaluación y el monitoreo del estado estructural de puentes es un tema crítico en todos los países del mundo. Las inspecciones de rutina deben ser complementadas mediante tecnologías innovadoras de instrumentación y auscultación de estructuras de puentes. En los últimos años, gran esfuerzo ha sido entregado y diversas soluciones y sistemas para la implementación de este propósito se encuentran disponibles tanto a nivel académico como a nivel industrial. Asimismo, dada la gran complejidad de las estructuras civiles, aún queda grandes retos tanto en innovaciones tecnológica como en el establecimiento de procedimientos estándares, manuales y soluciones para todas las tipologías existentes de puentes.

Referencias

- [1] Sohn, H., C. R. Farrar, et al. (2004). "A Review of Structural Health Monitoring Literature form 1996-2001". LA-13976-MS. Los Alamos National Laboratory
- [2] Farrar y Worden (2007). "An introduction to structural health monitoring" . Phil. Trans. R. Soc. A 365, 303–315.