

SESIONES DEL COMITÉ TÉCNICO

29 Septiembre 2011 (am)

COMITÉ TÉCNICO D.3: PUENTES DE CARRETERA

INFORME PRELIMINAR

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 3 |
| MiEMBROS DEL COMITÉ Y PAÍSES QUE HAN CONTRIBUIDO AL INFORME | 5 |
| 1. Introducción..... | 7 |
| 1.1. Programa de la Sesión..... | 7 |
| 2. TRABAJO DEL COMITÉ..... | 8 |
| 2.1. Acreditación de inspectores, ensayos no destructivos y asesoramiento sobre el estado de los puentes..... | 8 |
| 2.2. Grandes puentes, gestión, valoración, inspección y técnicas de mantenimiento preventivo. | 9 |
| 2.3. Gestión del patrimonio de puentes..... | 9 |
| 2.4. Adaptación al cambio climático | 10 |
| 3. CONTRIBUCIONES INDIVIDUALES..... | 11 |
| BORRADOR DE CONCLUSIONES | 14 |

RESUMEN

Los puentes de carretera constituyen una infraestructura fundamental en todas las redes nacionales, regionales y locales de carreteras. En numerosos países desarrollados se destinaron importantes presupuestos a infraestructuras de carreteras, incluyendo en ello puentes de carreteras, durante el periodo de expansión económica que siguió a la segunda guerra mundial. Debido a esta situación, muchos países desarrollados se enfrentan en la actualidad a problemas relacionados con la edad de los puentes de carretera. Los países en vías de desarrollo han dedicado sus presupuestos a la creación de infraestructuras más recientemente y se enfrentarán a problemas similares en el futuro.

Daños de muchos tipos en losas de hormigón armado, fisuras de fatiga en puentes metálicos, ataques por corrosión inducida por la presencia de cloruros y reacción álcali-árido en puentes de hormigón son los aspectos que se han presentado con mayor frecuencia. Además, en algunos países, la reparación de las infraestructuras tras los movimientos sísmicos de alta intensidad sufridos constituye una tarea prioritaria de urgente resolución.

Para salir al paso de esta casuística, las administraciones de carreteras han puesto a punto un sistema de inspección de puentes. Bajo este sistema se llevan a cabo inspecciones periódicas a intervalos predeterminados. Como parte de la inspección de los puentes se analiza su situación y se prescriben acciones correctoras. Los resultados de la inspección se registran en un sistema de gestión de puentes que comprende el estado estructural y los condicionantes medioambientales, al tiempo que un historial de las reparaciones y refuerzos. El sistema de inspección es un primer paso en el procedimiento de gestión de estos activos que persigue aportar un mantenimiento adecuado y un refuerzo en el momento oportuno destinados a extender la vida útil del puente. Además el sistema permite la asignación adecuada de los limitados fondos destinados a la reparación y reconstrucción de los puentes construidos durante un periodo de rápido crecimiento económico.

A la vista de lo anterior, la acreditación de los inspectores, los ensayos no destructivos y el análisis del estado de los puentes, las técnicas innovadoras de mantenimiento, así como la gestión del parque de puentes, son tareas importantes para los administradores de carreteras.

Para complicar aún más la gestión de sus activos de puentes, muchos países encuentran actualmente dificultades adicionales debidas al cambio climático. Es importante identificar aspectos de los puentes de carretera potencialmente afectados por el cambio climático. El comité técnico TC D.3 ha investigado sus impactos en los puentes carreteros y ha identificado las estrategias de adaptación actualmente en curso.

El trabajo del Comité TC D.3 durante los últimos cuatro años se ha basado en informaciones recogidas en distintos países del mundo a través de cuestionarios. Se establecieron tres grupos en el seno del Comité. Se trataron por parte de estos tres grupos cinco temas asignados por la PIARC, que se han concretado en cuatro informes. El programa de los trabajos al que el Comité TC D.3 se ajustó se presenta a continuación en la Figura 1.

En base a los cuatro informes preparados por los tres grupos, la sesión organizada por el Comité Técnico de Puentes de Carretera constará de cuatro partes e incluirá lo siguiente:

- Acreditación de Inspectores, Ensayos no destructivos y Valoración del Estado de los puentes
- Grandes puentes de carretera, gestión, valoración, inspección y técnicas innovadoras de mantenimiento
- Gestión del parque de puentes
- Adaptación al cambio climático

| Ítem | Año 2008 | | | 2009 | | | | | | | | | | | | 2010 | | | | | | | | | | | | 2011 | | | | | | | |
|--|----------|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|---|---|---|---|---|---|--|
| | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | |
| Reunión | X | | | | | | | X | | | | | X | | | | | | | X | | | | | X | | | | | | | | | X | |
| Seminario | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Desarrollo del plan de trabajo | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Preparación del índice | | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recabando información | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Preparar el borrador | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | |
| Periodo de revisión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | |
| Borrador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | | | |
| Traducción | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | |
| Revisión de la traducción para ajustar al original | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| Sometimiento al Secretariado General de la PIARC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | |

Figura 1: Programa de trabajo

Además, para intercambiar ideas y conocimientos a lo largo de todo el mundo, todos aquellos interesados en la inspección y valoración del estado de los puentes carreteros, en el mantenimiento innovador y las técnicas de reparación aparejadas, así como en la gestión del patrimonio de puentes, están invitados a presentar su información durante la sesión organizada por el Comité TC D.3.

Se han recibido 45 resúmenes para la sesión técnica. Todos los resúmenes fueron recibidos por el TC D.3, y de ellos 32 recibieron la aprobación para someter la ponencia completa.

Este Informe Preliminar intenta dar una visión de los principales temas que se presentarán para ser discutidos en la sesión TC D.3 de Puentes de Carretera.

Estas instrucciones van dirigidas a la preparación de los Informes Preliminares para el XX Congreso Mundial de Carreteras de 2011. Para asegurar una preparación eficiente y en plazo de los procedimientos del Congreso, de manera que de ello resulte una edición consistente y de fácil lectura, los autores deberán someter sus manuscritos ajustándose estrictamente a estas instrucciones. Su cooperación, en forma de adhesión a estas instrucciones, se agradecerá sobremanera.

MIEMBROS DEL COMITÉ Y PAÍSES QUE HAN CONTRIBUIDO AL INFORME

Los miembros del Comité y los países que han contribuido con su actividad son los siguientes:

| | |
|--------------------------|----------------------|
| Satoshi KASHIMA, Japón | Presidente |
| Pierre GILLES, Bélgica | Secretario (Francés) |
| Brian HICKS, Canadá | Secretario (Inglés) |
| Pablo DIAZ SIMAL, España | Secretario (Español) |

Grupo 1

| | |
|------------------------------|----------------------|
| Líder | |
| Borre STENSVOLD, Noruega | Miembro |
| Alessandro Contin, Italia | Miembro delegado |
| Brian HICKS, Canadá | Miembro (Secretario) |
| Gediminas VIRSILAS, Lituania | Miembro |
| Malcolm T. KERLEY, USA | Miembro |
| Philipp STOFFEL, Suiza | Miembro |
| Ravi RONNY, Sudáfrica | Miembro |
| Timo TIRKKONEN, Finlandia | Miembro |
| Toma IVANESCU, Rumanía | Miembro |
| Victor POPA, Rumanía | Miembro |

Grupo 2

| | |
|-------------------------------------|----------------------|
| Líder | |
| Erica SMITH, Australia | Miembro |
| Alberto ASCENZI, Italia | Miembro delegado |
| Alvaro NAVARENO ROJO, España | Miembro |
| Andres TORRES ACOSTA, México | Miembro |
| Dimitrios KONSTANTINIDIS, Grecia | Miembro |
| Geraldine VILLAIN, Francia | Miembro |
| Henrik NIELSEN, Dinamarca | Miembro |
| Janos KARKUS, Hungría | Miembro |
| Kiyohiro IMAI, Japón | Miembro asociado |
| Louis-Marie BELANGER, Canadá-Quebec | Miembro |
| Maurizio LIEGGIO, Italia | Miembro |
| Pierre GILLES, Bélgica | Miembro (Secretario) |
| Vaclav HVIDZDAL, República Checa | Miembro |

Group 3

| | |
|----------------------------|----------------------|
| Líder | |
| Thierry KRETZ, Francia | Miembro |
| Masahiro YANAGIHARA, Japón | Miembro delegado |
| Pablo DIAZ SIMAL, España | Miembro (Secretario) |

Países que han contestado a los cuestionarios preparados por el Grupo 1:

Tema 3.4 :

Canadá (New Brunswick, Ontario), Finlandia, Alemania, Italia, Japón, Lituania, Sudáfrica, Suiza, USA

Tema 3.5 :

Bélgica, Finlandia Alemania, Italia Japón, Lituania, Noruega, Eslovenia, Sudáfrica, Suiza

Países que han contestado a los cuestionarios asociados a los temas 3.1 y 3.2 preparados por el Grupo 2 :

Australia (Queensland, South Australia, Victoria, Western Australia), Bélgica, Canadá (Alberta, New Brunswick, Ontario), Canadá-Quebec, Dinamarca, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Japón, México, Noruega, Sudáfrica, España, USA (Virginia)

Países que han contestado a los cuestionarios asociados a los temas 3.1, 3.2 y 3.3 preparados por el Grupo 3 :

Australia, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Francia, Alemania, Grecia, Japón, Suecia, USA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Programa de la Sesión

La sesión está dirigida a todas las administraciones que tengan a su cargo puentes, a ingenieros, técnicos dedicados a la inspección de puentes, ensayos no destructivos, análisis del estado de los puentes y técnicas de mantenimiento innovador tanto de puentes convencionales como de grandes puentes. Además, se incluye la gestión de puentes y la adaptación al cambio climático desde el punto de vista de los puentes de carreteras. Para intercambiar ideas y conocimientos en todo el mundo, aquellos interesados en la inspección y asesoramiento sobre el estado de los puentes de carretera, las técnicas de mantenimiento y reparación, así como la gestión de puentes, están invitados.

La sesión queda estructurada en tres partes:

- Presentación del trabajo del Comité TC D.3

Informe 1: Acreditación de inspectores, ensayos no destructivos y asesoramiento sobre el estado de los puentes

Informe 2: Grandes puentes, gestión, asesoramiento, inspección y técnicas innovadoras de mantenimiento

Informe 3: Gestión de puentes

Informe 4: Adaptación al cambio climático

- Contribuciones individuales

Para intercambiar conocimientos e ideas en todo el mundo, aquellos interesados en la inspección y asesoramiento sobre el estado de los puentes de carretera, las técnicas de mantenimiento y reparación, así como gestión de puentes, están también invitados.

32 resúmenes procedentes de todo el mundo han sido seleccionados para presentar sus contribuciones.

2. TRABAJO DEL COMITÉ

2.1. Acreditación de inspectores, ensayos no destructivos y asesoramiento sobre el estado de los puentes

El objetivo de la PIARC, Tema D es mejorar la calidad de las infraestructuras de carreteras a través de la gestión efectiva de los activos de acuerdo a las expectativas de los usuarios y las instrucciones de los gestores. A medida que las nuevas tecnologías y el desarrollo social y medioambiental van expandiendo la esfera de interés de las autoridades, la infraestructura y la gestión de activos siguen siendo objeto primordial de su trabajo. La necesidad de una asignación más eficiente de los recursos dedicados requiere una constante mejora de las técnicas en los campos del diseño, la gestión y el mantenimiento de los activos.

El Informe ha sido escrito de acuerdo a los siguientes requisitos del plan estratégico del Comité Técnico D.3:

- Tema D.3.1 – Inspecciones y supervisiones no destructivas del estado de los puentes; y
- Tema D.3.2 – Asesoramiento de la condición de los puentes carreteros

El primer tema se refiere a las técnicas de ensayos no destructivos utilizadas a lo largo de todo el mundo, sus usos, ventajas e inconvenientes de cara a confeccionar una guía de buenas prácticas para su publicación. La idea era conseguir una valoración de los sistemas más eficientes a la hora de ejecutar inspecciones estructurales, identificando los elementos clave del proceso de inspección, e informar sobre las técnicas más eficientes de ensayos no destructivos de distintos elementos estructurales, teniendo en cuenta no sólo los costes, sino la complejidad y seguridad.

El segundo tema tiene que ver con los procedimientos de valoración que se basan en un proceso de inspección detallada y con los regímenes de cualificación y acreditación de los inspectores, para asegurar tanto la consistencia de los resultados como la seguridad de los propios inspectores. La meta ha consistido en resumir la información contenida en los cursos de acreditación disponibles que aseguren que dos diferentes inspectores que lleven a cabo la inspección del mismo puente producirán idénticos resultados y en documentar los diferentes procedimientos de evaluación del estado de los puentes.

Los datos se recabaron a partir de una investigación bibliográfica y de un cuestionario enviado a las administraciones de puentes de todos los países miembros del Comité Técnico D.3 de la PIARC. (Puentes de Carretera). Se envió por parte del Grupo de trabajo 2 un cuestionario para identificar los diferentes programas de acreditación, técnicas de ensayo no destructivas y valoración del estado de los puentes usados por las distintas administraciones de carreteras.

Contestaron al cuestionario un total de 22 administraciones locales de carreteras de 15 diferentes países. Los datos recabados durante el estudio han sido agrupados, resumidos, y evaluados como se desprende de la lectura del Informe.

El Grupo 2 del Comité Técnico D.3 ha completado un estudio comparativo que presenta los procesos de cualificación destinados a la inspección de puentes de carretera, los tipos de técnicas de ensayo no destructivas usadas para determinar las características clave de

los distintos materiales de los puentes y la evaluación del estado de los puentes carreteros en distintos países o regiones. Son todos ellos componentes importantes de una gestión global de puentes dirigida a asegurar una apropiada gestión de los activos y de las actividades relacionadas con los puentes.

La formación de los inspectores y sus programas de estudio se comparan utilizando una serie de criterios que incluyen los requisitos de admisión, la duración y contenido de los cursos específicos y los estándares de recalificación.

Los ensayos no destructivos están adaptados a los distintos tipos de material e incluso a problemas específicos que se deben atajar (por ejemplo, detección de cables rotos, detección de fisuras o de resistencias). El propósito de los ensayos se autoexplica con imágenes del ensayo en sí o de sus resultados. Se llevan a cabo comparaciones entre posibles ensayos con recomendaciones de la técnica no destructiva más apropiada a aplicar de manera fácil, económica y de seguridad, derivada de las características específicas de cada material.

Las actividades de valoración de la condición de los puentes son comparadas utilizando una serie de parámetros que incluyen los catálogos de daño, procedimientos de asesoramiento del estado, relaciones de puntuación del elemento, relaciones de puntuación globales del puente y uso de esas relaciones.

2.2. Grandes puentes, gestión, valoración, inspección y técnicas de mantenimiento preventivo.

De cara a tratar con los problemas específicos de la gestión de grandes puentes, el Grupo 3 ha preparado un cuestionario que se ha repartido entre los miembros de la PIARC, con los siguientes objetivos específicos:

- Obtener información del mantenimiento de grandes puentes y la valoración de su estado; se ha prestado especial atención a los puentes colgados y atirantados.
- Obtener información específica en las técnicas de rehabilitación y mantenimiento innovador

El objetivo del cuestionario ha sido recabar datos de grandes puentes específicos. El cuestionario se dirigió a los propietarios de grandes puentes, o a las personas responsables de las compañías dedicadas a o involucradas en extensos trabajos de rehabilitación.

El Grupo 3 recibió diez respuestas relativas a la gestión de grandes puentes específicos, más una respuesta concerniente a los trabajos de rehabilitación de un gran puente colgado. Esta información ha sido analizada y sintetizada, con lo que el informe del Grupo 3 sobre gestión de grandes puentes incluye:

- Una presentación de los principios generales de la gestión de grandes puentes
- Casos de estudio como ejemplo de buenas prácticas
- Información más detallada en técnicas de rehabilitación y mantenimiento innovador

2.3. Gestión del patrimonio de puentes

Los puentes son elementos a la vez costosos y valiosos que forman parte de la infraestructura de transporte de cualquier país. Algunos países gestionan su inventario a nivel nacional, otros lo hacen a nivel provincial, y no faltan quienes recurren a sociedades público privadas para ello. Algunos países disponen de extensas redes de infraestructuras de puentes mientras que otros tienen un número limitado bajo su responsabilidad. De los

países estudiados, la mayoría de los diseños han producido puentes de hormigón, mientras los Estados Unidos y Japón han nutrido su inventario con puentes metálicos.

Con independencia del número de puentes que figuran en el inventario de un país, parece que muchos de ellos han desarrollado su sistema de gestión de puentes. En estos sistemas se incluye la inspección de los puentes, el mantenimiento, la rehabilitación y algunas veces el diseño. Algunos países mantienen sus bases de datos de puentes por sí mismos mientras que otros emplean consultores externos. La mayor parte de las Administraciones utilizan su sistema de Gestión de Puentes (SGP) para optimizar sus programas de mantenimiento y rehabilitación.

El trabajo en el Tema D.3.4 “Gestión del Patrimonio de Puentes” del Grupo 1 del CT D.3 “Puentes de Carreteras” ha consistido en valorar las distintas aproximaciones utilizadas en la elección de las actuaciones dirigidas a la gestión de puentes por parte de un conjunto de administraciones de carreteras. El Grupo 1 desarrolló un plan de trabajo, preparó un cuestionario detallado, analizó las respuestas y documentó los resultados, incluyendo estructuras tanto grandes como pequeñas, con comentarios referidos a los costos y a la destreza o conocimiento necesarios para gestionar todo ello.

Las respuestas provenientes de los distintos países investigados revelaron también varias medidas que podrían contribuir a la priorización de los proyectos de puentes. La experiencia y formación de los inspectores son cruciales para lograr al respecto una correcta implementación, al igual que lo son el buen entendimiento y la praxis por parte de las instancias decisorias.

2.4. Adaptación al cambio climático

El cambio climático se ha constituido de un tiempo a esta parte en un objeto global de preocupación y es ésta la razón por la que la PIARC lo ha incorporado como uno de los temas estratégicos a tratar por sus comités técnicos para el periodo 2008-2011. Las altas concentraciones de dióxido de carbono como parte de las emisiones de gases de efecto invernadero han provocado la concentración de calor en capas de la atmósfera, lo que con el tiempo va dando lugar al aumento de temperatura del aire en la superficie. Tal aumento térmico se va propagando a los océanos provocando un crecimiento del nivel del mar. Ya se aprecian en algunas partes del mundo síntomas en forma de fenómenos climatológicos extremos que han derivado en sequías, inundaciones, tifones, asociados a cuadros sísmicos o tsunamis.

En la cumbre de Copenhague, celebrada en diciembre de 2009, no pudo alcanzarse un acuerdo global relativo al cambio climático con lo que es muy probable que el ritmo actual de emisiones de dióxido de carbono continúe. Englobado en el Tema Estratégico D (Calidad de infraestructuras de carreteras), se puso de relieve la preocupación que las condiciones climatológicas extremas están imponiendo en el diseño y mantenimiento del patrimonio. Con relación a los puentes de carreteras, son de temer las diferencias térmicas intradiarias y el consiguiente juego de dilataciones y contracciones de las superestructuras de los puentes y la frecuencia e intensidad de las precipitaciones atmosféricas (causa de grandes avenidas). Es por tanto necesario revisar los actuales códigos de diseño en relación con los periodos de retorno de las avenidas, la frecuencia e intensidad de los movimientos sísmicos, al tiempo que sus efectos colaterales en forma de deslizamientos de tierras y tsunamis. El problema de la socavación necesita igualmente ser considerado.

El estudio ha consistido por lo tanto en investigar cómo definen el cambio climático los distintos países y las políticas en vigor que puedan existir, los casos bajo condiciones climáticas extremas apreciados y si de ello se ha derivado algún cambio en la metodología de diseño de los puentes. Se recibieron las respuestas a través del cuestionario que fue remitido a los distintos países. Tales respuestas servirán para entender el impacto del cambio climático y su efecto en el diseño, construcción y mantenimiento de las infraestructuras de puentes.

Trece países o estados de los cinco continentes respondieron al estudio, con un rango de redes que van desde los escasos cientos de kilómetros a las decenas de miles y con un número sustancial de puentes incluidos en ellas. En general, se presentan fenómenos naturales extremos en muchos países de lo que resultan pérdidas de vidas humanas y pérdidas o daños en infraestructuras. E importante también si cabe, muchos países no achacan estos acontecimientos al efecto del cambio climático.

Los datos recabados a lo largo del estudio se han resumido y se aportan al igual que los comentarios provenientes de distintos países con ocasión este trabajo.

3. CONTRIBUCIONES INDIVIDUALES

45 resúmenes asociados a la inspección y valoración de la condición de los puentes de carretera, las técnicas de mantenimiento y reparación innovadoras y la gestión del patrimonio de puentes se han presentado a la sesión técnica. Todos los resúmenes fueron recibidos por el Comité TC D.3, 32 de ellos se han seleccionado para someter una contribución completa; siendo estos los siguientes:

Gestión de estructuras en las autopistas croatas

Aplicación de un modelo de vulnerabilidad de puentes sobre cauces frente a avenidas a 100 casos de la red de carreteras española

La rehabilitación de puentes y la gestión de puentes de una red de carreteras. Resultados de implantaciones actuales. Desarrollo futuro

Mejora de la eficacia aplicada a Sistemas de Gestión de Puentes de la Red de Carreteras del Estado en España

Introducción a los métodos no destructivos de inspección de autopistas mediante la utilización de tecnologías de video e infrarrojos

Resultados de la investigación en vigilancia a largo plazo de puentes de carreteras

Mejora de las prestaciones de puentes de hormigón armado utilizando FRP

Estudio de la reducción de vibraciones mediante dispositivos de control en el puente Akashi-Kaikyo

Comportamiento de vigas hiperestáticas corroídas y su reparación con mortero

Desplazamientos y empuje de tierras en puentes integrales y comparativa entre distintas soluciones de rellenos

Guía finlandesa de costes del ciclo de vida útil de los puentes

Aplicación de los materiales compuestos a las estructuras de los puentes

Un caso de medidas para mejora de la durabilidad a largo plazo de un puente de hormigón pretensado utilizando hormigón de alta resistencia.

Métodos de refuerzo de puentes mixtos frente al cortante longitudinal

Reparación de una pila sumergida utilizando FRP – Estado del arte

Página web del sistema de gestión de puentes argentino

Puente William R Bennett – una estructura flotante a través del Lago Okanagan

Diseño de puentes ortotrópicos con superficies bituminosas viscosas: ensayos in situ y en laboratorio, modelo y análisis por elementos finitos

Seguimiento de la integridad y el daño por corrosión en los puentes atirantados de las autopistas mejicanas

Ensayo de corrosión electroquímica en dos pilas

Seguimiento en red de los puentes de autopista en España

Comportamiento de láminas de betún reforzado para impermeabilización de tableros de puentes de acuerdo al estándar de producto europeo.

Puentes de Stonecutters and Forth – Aproximación holística al diseño de puentes atirantados de grandes luces

Puente Baluarte

Investigación del Puente Fórmulas

Análisis de la fiabilidad de un puente atirantado utilizando el método de la simulación estadístico de Montecarlo

Diseño y estrategia del centro de seguimiento de puentes y estructuras inteligentes de Méjico

Tecnología de fibra óptica para el seguimiento de puentes con aplicación a las cargas dinámicas del tráfico en los puentes mejicanos

Comparación entre la deformación de la superestructura de un puente extraída de un modelo analítico y la proveniente de los resultados de campo utilizando un sistema de auscultación basado en sensores de fibra óptica

Puente del Río Papaloapan: Diseño y aplicación satisfactoria de técnicas especiales de inspección no destructivas

Planes de mantenimiento en puentes de carretera

Inspección de puentes pretensados de carreteras mediante captador de ultrasonido en 3D

BORRADOR DE CONCLUSIONES

Con relación al trabajo desempeñado por el Comité en los cinco temas, algunas conclusiones provisionales son susceptibles de presentación de acuerdo a cuatro informes:

- En relación con la acreditación de inspectores, ensayos no destructivos y valoración del estado de los puentes

El Informe redactado por el Grupo 2 fue preparado y escrito para cumplir con los requisitos del plan estratégico relativos a las inspecciones y reconocimientos no destructivos sobre el estado de los puentes y con las valoraciones de la condición de los puentes carreteros. Ambas materias van intrínsecamente ligadas al objetivo del Tema D de la PIARC de mejorar la calidad de las infraestructuras de carreteras a través de la gestión eficiente de los activos, de acuerdo a las expectativas de los usuarios y a las instrucciones de los gestores. Infraestructuras y gestión de activos constituyen el núcleo de la actividad para todas las administraciones de carreteras y la necesidad de una asignación de recursos más eficiente requiere de una constante mejora de las técnicas en términos de diseño, gestión y mantenimiento de activos.

Acreditación de inspectores

Asumiendo que el proceso de inspección detallada es la clave para reunir la información relativa al estado de la red de puentes, se considera esencial la implantación de cursos de formación para la cualificación de los inspectores. Este procedimiento formativo, un curso teórico unido a un entrenamiento práctico, se ve como un requisito esencial de cara a conseguir datos consistentes en la inspección, aun tomados por distintas personas.

Se recomienda que la responsabilidad de la inspección detallada de un puente recaiga sobre ingenieros experimentados, asistidos por auxiliares técnicos especializados y utilizando recursos externos de probada experiencia en puentes. El curso en sí habrá de tener una duración mínima de 2 días, incorporando prácticas de inspección en casos reales. Para completar la total acreditación se recomienda completar la inspección de un cierto número de puentes de diferentes características a certificar por el responsable de la Propiedad de los puentes. Un procedimiento de recalificación se considera un componente imprescindible de cualquier sistema de entrenamiento y acreditación para asegurar el sostenimiento de la calidad exigida en el proceso de inspección.

En una situación ideal, el procedimiento de inspección detallada de puentes ha de seguirse con ánimo de aprendizaje. Quizá en algunas circunstancias esto sea posible, pero la premura y limitaciones del mundo actual, la extensión y envejecimiento progresivo del parque de puentes y los fondos cada vez más escasos asignados al mantenimiento de los puentes, hacen de ello un objetivo inalcanzable muy a menudo. Es por lo que la calidad en el programa de inspecciones al detalle, combinado con un procedimiento continuo de aseguramiento de la calidad (tipo auditoría) y con un proceso de recalificación, son esenciales. Es imprescindible creer o depositar la confianza en alto grado en los datos técnicos iniciales generados durante el proceso de gestión, en los que se basará cualquier sujeto posterior a lo largo de las actividades de análisis y toma de decisiones.

Ensayos no destructivos

Otros datos de inspección, más allá de los proporcionados por la inspección visual detallada, son esenciales de cara a conocer el estado de la red de puentes y a planificar intervenciones juiciosas para la mejora de su estado. Los ensayos no destructivos (END) son un herramienta con que cuenta el inspector para proporcionar información fiable y numerosa sobre el estado actual de los puentes.

Se proponen métodos de END para cada material principal del Puente y así resolver los distintos problemas aparecidos en los puentes durante su construcción. Sin embargo, se debería consignar que el abanico de problemas puede ser muy amplio y que es difícil proponer un único método que salga al paso de todos los problemas y situaciones. Aunque estas recomendaciones se basan en la valoración de 22 respuestas al cuestionario y tratan de reflejar las técnicas más eficientes de ensayos no destructivos de distintos elementos estructurales, cada organización debe considerar sus propias necesidades en relación con los costos, la complejidad, las instalaciones de ensayo en laboratorio, la fiabilidad de los datos, el acceso a expertos técnicos y tecnologías especializadas, la portabilidad de los equipos y la aplicación directa de los resultados.

Sin perjuicio de las recomendaciones y la elección hecha por cada organización particular de acuerdo a la valoración de sus necesidades, es importante tener en consideración que muchos métodos de END no dan medidas absolutas directamente sino que se basan en la calibración y validación de los equipos antes de extraer conclusiones estructurales. Una implantación satisfactoria de cualquier tecnología de END requiere apoyo de la gestión, entrenamiento extensivo, calibración y transferencia de tecnología. Tales consideraciones de implementación deben ser de aplicación efectiva si un END ha de ser aplicado satisfactoriamente. Es más, se ha de reconocer que muchos métodos de END son útiles sólo para replantear en un puente defectos identificados con recomendaciones específicas para posteriores ensayos destructivos.

Valoración del estado o condición

La valoración del estado o condición de los puentes es una parte de cualquier sistema global de gestión de puentes. Asumiendo que el proceso de inspección detallada es la clave para recabar información sobre el estado de una red de puentes, la puntuación de los elementos del puente se considera esencial para la determinación de la condición global del puente. Una aproximación estandarizada a la valoración de su condición proporciona por lo tanto un esquema lógico consistente en la asistencia a la toma de decisiones y a la divulgación de la evolución del inventario de puentes.

Las organizaciones necesitan diseñar por sí mismas un procedimiento de valoración del estado de los puentes que se ajuste a sus sistemas de información; sin embargo hay que insistir en algunas recomendaciones al respecto. Los catálogos de daños están considerados como los medios más efectivos de cara a asegurar asignaciones claras en relación con dicha valoración del estado de los puentes. Ésta ha de ser sólo asignada a los elementos estructurales mayores con puntuaciones que tengan en cuenta la extensión y severidad del daño, la progresión del mismo (deterioro) y el funcionamiento del elemento estructural en servicio. Se considera que un índice global calculado de acuerdo a la suma ponderada de los distintos elementos estructurales valorados es la mejor aproximación para determinar el susodicho índice global.

En el actual entorno de limitación de fondos con destino al mantenimiento y reparación de puentes, es importante disponer de datos objetivos para ser capaces de demostrar el declive de la respuesta estructural de un puente y sostener que el mantenimiento a largo plazo resultará más caro. La utilización de los índices de valoración ayuda a cumplir con esta tarea. La valoración del estado de los puentes forma también parte de las bases para la estimación de posibles intervenciones y de los costes de una eventual intervención paliativa.

Sin embargo, es importante constatar que los datos de inspección compilados a lo largo de cientos de informes son el resultado de juicios subjetivos. Los inspectores juzgan el comportamiento, estabilidad y funcionamiento estructural de los elementos críticos cuando asignan sus estados de valoración. Por esta razón hay que tener en cuenta que aunque la puntuación global que arroja el cálculo parezca objetiva, está construida en base a numerosos juicios subjetivos. Los principios que están detrás de la valoración proporcionan una base sólida que anticipa el estado del arte de la gestión del mantenimiento de los puentes. A pesar de ello, el uso de índices globales en la valoración del estado de los elementos estructurales ha de considerarse únicamente una herramienta añadida al criterio de un ingeniero experto en la obtención de resultados de cara a la determinación de las tareas más efectivas a acometer por parte de los gestores de los puentes.

- En relación con los grandes puentes carreteros, su gestión, valoración, inspección y técnicas de mantenimiento innovadoras

El Informe se basa en las respuestas recibidas al cuestionario divulgado a través de los miembros del CT D.3 de la PIARC y destinado a los gestores y propietarios de grandes puentes. Describe la organización de la gestión en 10 grandes puentes, que están situados en diferentes países y que ilustran una variada tipología estructural: puentes atirantados, grandes celosías metálicas de diversos tipos (arcos, cantilevers), grandes cajones de hormigón pretensado, puentes de vigas metálicas o de hormigón.

Se hace patente que para la mayoría de los grandes puentes una Autoridad específica está al cargo de la gestión, y que la seguridad, nivel de servicio y requisitos de durabilidad son más estrictos que los padecidos por los puentes convencionales. En relación con la seguridad, parece que el análisis de riesgo está presente, bien sea de manera explícita o implícita, para prever y mitigar los riesgos. En relación los requisitos de durabilidad y niveles de servicio parece conveniente introducir los términos “Mantenimiento Preventivo Condicional” y “Mantenimiento para la Durabilidad” para explicar cómo estos requisitos se tienen en cuenta.

De cara a actuar de forma preventiva y alcanzar los requerimientos de servicio, es necesario tener un conocimiento preciso del estado del Puente. Para ello se usan, en el caso de los grandes puentes, procedimientos específicos y sistemas de seguimiento de cara a comprobar de manera continua o con una determinada frecuencia los materiales constitutivos, los componentes y el comportamiento de la estructura.

Los grandes puentes son activos muy valiosos que se construyen para durar durante periodos considerables. La noción estricta de vida útil es aquí un tanto inapropiada. De hecho, podríamos pretender que se construyen para durar permanentemente. Recientes progresos en los materiales acero y hormigón y en el conocimiento de sus procesos de envejecimiento hacen factible plantear una vida útil milenaria, más allá del usual periodo de cien años.

Pero hay que cumplir tres condiciones:

- Diseño de la estructura y elección de los materiales muy cuidadosos, basados en el análisis de riesgo y en las restricciones inherentes a la gestión, incluyendo la reposición de todos los componentes cuya vida útil sea limitada.
- Buena ejecución.
- Una aproximación moderna a la gestión de activos, basada en el concepto de mantenimiento preventivo tal cual se ha descrito en este artículo y en el uso de técnicas inteligentes de seguimiento para proporcionar información ajustada sobre los materiales, componentes y estado estructural y sobre su envejecimiento.

- En relación con la gestión del patrimonio de puentes:

Los puentes son elementos costosos y valiosos del inventario de las infraestructuras de transportes de cualquier país. Por lo tanto, una aproximación comprensible y sistemática para gestionar estos activos es esencial tanto para los propietarios como para los usuarios.

Doce países, estados o agencias de los cinco continentes participaron en el estudio que incluía las respuestas al cuestionario desarrollado por el comité. Desde el punto de vista financiero y de acuerdo a las experiencias internacionales se recomienda que se dedique al mantenimiento anual de un Puente y a las actividades ligadas a su inspección una cantidad que oscile entre el 1 y el 1.5% del valor de reposición del mismo. Esta apreciación valorativa no se desprende de las respuestas dadas al cuestionario.

La investigación ha demostrado que los sistemas de Gestión de Puentes (SGP) se utilizan actualmente en todos los países que respondieron al cuestionario aunque se apliquen a inventarios de puentes de muy distinto tamaño. Se puede por ello concluir que un SGP es una importante herramienta de gestión de cara a facilitar una eficiente toma de decisiones en la preservación de estos activos de puentes.

Un uso eficiente de un SGP se ha de basar en la calidad del método de inspección y de la puesta al día de los datos. Por ello, tanto la experiencia como la formación de los inspectores son críticas para implantarlo con éxito, como lo son la comprensibilidad y el uso por parte de los estamentos de decisión.

Como un posible trabajo futuro el Comité recomienda estudiar los informes existentes de los SGP, especialmente si ha existido algún desarrollo en el campo de la gestión de activos. **¿Preparado por el Grupo 1?**

- En relación con la adaptación al cambio climático:

El cambio climático esta inmerso en una gran escala temporal (i.e. Décadas, siglos). Parece claro que ambas causas, la natural (“interna”) y la basada en las actividades humanas (“externa”), afectan al rango de los efectos ligados primordialmente al cambio climático. El presente resultado del clásico esquema de preguntas y respuestas muestra que, para las más o menos nuevas incertidumbres, nuevas vías de información deben ser

abiertas. Talleres multidisciplinares que aglutinen a diversos expertos internacionales prometen mejores resultados..

Dotar a los puentes de una capacidad de adaptación al cambio climático es ciertamente el objetivo de las administraciones propietarias de puentes en todo el mundo, aunque las distintas edades de los puentes existentes dificultan la decisión en torno a cómo actuar en los puentes antiguos y cómo diseñar lo nuevos. Las deficiencias existentes en las actuales estructuras casi nunca se deben a los efectos del cambio climático exclusivamente, al tiempo que las reglas de diseño de los nuevos rara vez se ocupan de los efectos del cambio climático separadamente. Medidas preventivas a adoptar en obras de nueva construcción parecen más fáciles de desarrollar.

No obstante, la exposición al cambio climático abocará seguramente a la necesidad conocer más en profundidad los diferentes efectos causados por el cambio climático en las estructuras de los puentes. Esto podría constituir el objeto de un posterior trabajo de investigación a ser desarrollado en próximo periodo 2012-2015 de la PIARC.