INSPECCIONES DE DETALLE EN PUENTES DE LA RED GENERAL DEL ESTADO, CON MEDIOS ESPECIALES DE ACCESO. MINISTERIO DE FOMENTO

Pedro Pablo SÁNCHEZ MARTÍNEZ-FALERO
Ingeniero Técnico de Obras Públicas
TORROJA INGENIERÍA S.L.
pps@torroja.es

Francisco José PONCE CORDERO
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
TORROJA INGENIERÍA S.L.
fponce@torroja.es

José Emilio CRIADO MORÁN
Ingeniero Técnico de Obras Públicas
MINISTERIO DE FOMENTO
Subdirección General de Conservación de la
Dirección General de Carreteras
jecriado@fomento.es

RESUMEN

La necesidad de realizar inspecciones visuales de detalles de los elementos difícilmente accesibles en grandes viaductos llevó a la Subdirección General de Conservación y Explotación del Ministerio de Fomento a licitar el primer contrato de inspecciones de detalle con medios especiales de acceso.

Los resultados de estas inspecciones han permitido completar las inspecciones visuales realizadas con medios convencionales y detectar deterioros que no se indicaban con anterioridad y que en algunos casos son fuente de problemas importantes en estas estructuras.

PALABRAS CLAVE: Inspecciones, Grandes Puentes, Medios especiales

1. Introducción

Desde que en 1999 se iniciaran las campañas de inspecciones principales de puentes de la Red General del Estado, coincidiendo con la implantación del Sistema de Gestión de Puentes en el Ministerio de Fomento, se ha puesto de manifiesto la carencia de resultados fiables en algunos puentes con alturas importantes o con cauces no rebasables. La imposibilidad física de acceder a determinados elementos con medios convencionales revela que las inspecciones realizadas sobre grandes puentes son incompletas.

Con el fin de regularizar esta situación, la Subdirección General de Conservación y Explotación del Ministerio de Fomento licita, en julio de 2009 el primer contrato para la realización de inspecciones de detalle, con medios especiales de acceso.

Así, se han podido inspeccionar con suficiente detalle elementos habitualmente inaccesibles, como apoyos, cargaderos de pilas de cierta altura y, por supuesto, los tableros, tanto por el exterior como por el interior, en aquellos que son visitables. En algunas ocasiones, las reducidas dimensiones de los cajones, dificultaron la realización de dichas tareas.

2.- Medios empleados para la realización de las inspecciones

2.1.- Medios especiales

Para la realización de las inspecciones se han utilizado los siguientes equipos especiales.

Inspecciones subacuáticas:

Para la realización de las inspecciones subacuáticas ha sido necesaria la colaboración de cuatro buceadores profesionales titulados. El acceso a los elementos inspeccionados (cimentación de pilas y estribos) se ha realizado con una embarcación “Valiant”, con motor fuera borda de 50 CV. Durante la tarea de inspección los buzos estaban provistos con equipos CCTV con luz incorporada, cámara fotográfica subacuática, compresores de aire para respiración humana, material de comunicación submarina y equipo de video autónomo en constante comunicación con una unidad móvil exterior situada junto al puente. Los datos recogidos por los buzos durante la inspección fueron guardados directamente por la unidad móvil. A estos datos se le añadieron las fotografías realizadas por los buzos.

Inspecciones en altura:

Durante la campaña de inspecciones de detalle con medios especiales se ha realizado una inspección en altura, concretamente la realizada sobre el arco metálico perteneciente al puente sobre el embalse de Ricobayo. Para dicha tarea, los dos inspectores estuvieron acompañados en todo momento por dos técnicos especialistas en escalada. Dichos técnicos, previamente a la inspección, habían colocado dos líneas de vida independientes por vano (de un total de 10 vanos) para aseguramiento lateral y vertical compuestas de anclajes a la estructura interior de las pilastras y cuerdas estáticas homologadas. Para el desplazamiento a lo largo del arco, los inspectores y técnicos estavieron provistos de arneses de seguridad unidos a las líneas de vida.

Inspección exterior de tableros:

Los medios especiales utilizados durante las inspecciones exteriores de los tableros han sido:

- 1 camión dotado con una estructura metálica autoportante de acción oleodinámica.
- 1 camión con brazo telescópico de 25 m de alcance de pluma, con cesta.

Estas máquinas han permitido a los inspectores aproximarse a los elementos en cuestión (paramentos inferiores y laterales de los viaductos, coronación de pilas y estribos, elementos de apoyos de las estructuras) a una distancia suficientemente cercana para poder apreciar, de manera minuciosa, los deterioros sobre cada elemento, y así, poder valorar el estado de conservación de los puentes.

Inspección interior de tableros:

En la campaña de inspecciones de detalle de los viaductos con medios especiales se han realizado gran número de inspecciones interiores de tablero en todos los viaductos visitables. Para dicha tarea los inspectores han necesitado usar linternas portátiles 32+5 led y proyectores halógenos portátiles de 400 w, además de cámaras fotográficas y material para anotar los

deterioros detectados. Para el acceso al interior de los viaductos ha sido necesario, en muchos casos, la ayuda de los camiones-pasarela utilizados en las inspecciones exteriores de tablero, ya que, la entrada a las estructuras, casi siempre, estaban fuera del alcance de los inspectores.

2.2.- Medios humanos

En la realización de estos trabajos participaron un total de 8 titulados, 4 Ingenieros de Caminos y otros tantos de Obras Públicas, además de 4 auxiliares técnicos. Cada puente se inspeccionó con un equipo de 2 personas. Si el puente era visitable, se doblaba el equipo, realizando simultáneamente las inspecciones exteriores e interiores de los tableros optimizando así el uso del medio especial de acceso.

3.- Inspecciones realizadas

3.1.- Datos generales

De manera ilustrativa se exponen a continuación algunos datos de carácter técnico que resumen la envergadura de los trabajos realizados:

- 65 Inspecciones de detalle en puentes, con medios especiales de acceso.



Figura 1. Imágenes durante la campaña de inspecciones

- 35 Inspecciones en interior de tableros.



Figura 2. Imágenes durante las inspecciones interiores de tableros

- 9 Inspecciones subacuáticas de cimentaciones.




Figura 3. Imágenes durante las inspecciones subacuáticas de cimentaciones

- 472 vanos de luz variable entre 20 m y 175 m. Media de 7,3 vanos/puente.
- 20,5 km de tableros inspeccionados, correspondientes a 312.000 m² de plataforma. Longitud media de 315,7 m/puente.
- Rendimiento camión pasarela: 5-7 vanos/día.
- Cerca de 12.000 registros de deterioros introducidos (~ 180 deterioros/puente).

Empleando medios de acceso especiales se han inspeccionado 65 estructuras de las siguientes tipologías:

- 31 vigas cajón continuas de hormigón pretensado con los siguientes procedimientos constructivos:
    - 8 por voladizos sucesivos con carros de avance.
    - 3 por empuje.
    - 5 por lanzamiento de dovelas prefabricadas.
    - 15 por vanos sucesivos con cimbra autolanzable.
- 24 tableros de vigas prefabricadas (artesas, doble T, rectangulares...).
- 2 vigas cajón continuas de doble acción mixta hormigón-acero.
- 4 losas continuas aligeradas de hormigón pretensado.
- 3 losas hiperestáticas fungiformes de hormigón armado.
- 1 puente-arco de tablero superior mixto.



Figura 4. Imágenes durante la campaña de inspecciones

En lo que se refiere a la localización se han inspeccionado:

- 29 puentes en A-52 (Provincia de Orense y Zamora).
- 6 puentes en la A-11 (Provincia de Zamora).
- 2 puentes en la N-122 (Provincia de Zamora).
- 5 puentes en la N-630 (Provincia de Zamora).
- 19 puentes en la A-6 (Provincia de León y Lugo).
- 4 puentes en la N-VI (Provincia de Lugo).



Figura 5. Imágenes durante la campaña de inspecciones

Las inspecciones subacuáticas se han realizado sobre 9 puentes de la vertiente atlántica (Galicia) y Cantábrica (Asturias). Además se han realizado 9 inspecciones de la subestructura de algunos puentes situados sobre cursos de agua importantes. Para la realización de estas inspecciones se han empleado medios subacuáticos.

4.- Ejecución de las inspecciones

La realización de inspecciones visuales con medios de acceso especial es una tarea a realizar por personal altamente cualificado que presenta algunas particularidades en su ejecución. Entre los factores que inciden en los rendimientos de realización de las inspecciones figuran los siguientes:

a) Necesidad de corte de carril: La necesidad de realizar cortes intermitentes de carril está supeditada a las condiciones climatológicas y a las condiciones de tráfico. Los viernes hay que levantar cualquier corte alrededor de las 13,00 horas y con nieve o niebla se restringe el corte de carril. Si el tráfico es muy intenso, sólo se permite el corte nocturno de un carril.

b) Limitaciones del camión-pasarela: También este tipo de máquinas tienen sus limitaciones de trabajo. Con viento superior a 50 km/h no se permite trabajar según el protocolo de seguridad. Si hay tormenta o lluvia con riesgo eléctrico también deben replegar la pasarela y parar la actividad. El protocolo de seguridad también indica la imposibilidad de trabajar a una distancia inferior a 5,0 m de una línea de alta tensión.

No todas las máquinas del mercado permiten trabajar con peraltes superiores al 4,5 % ni con pendientes muy desfavorables.

Los obstáculos en los bordes laterales de los tableros, como pueden ser báculos de iluminación, obligan a realizar el repliegue completo de la pasarela. Esta maniobra dura del orden de 10 minutos, valor nada despreciable teniendo en cuenta que, por ejemplo, los báculos de iluminación se suelen instalar cada 20 m.

c) Inspecciones interiores en tablero visitables: La realización de las inspecciones interiores de los tableros de los viaductos visitables no siempre es una tarea sencilla. Las principales causas que reducen el rendimiento de las visitas interiores son las siguientes:

- el acceso al interior de los tableros suele necesitar la ayuda de medios auxiliares (escaleras, camión-pasarela…), bien, porque se encuentran a demasiada altura, bien porque la superficie bajo los accesos no permite la colocación de una escalera…
- las inspecciones interiores requieren el empleo de linternas, cámaras fotográficas, material para anotar los deterioros, tablet-pc…, los cuales dificultan mucho, tanto la inspección en sí, como el desplazamiento por el interior del tablero.
- en muchos casos, las reducidas dimensiones del tablero, así como las ridículas dimensiones de los pasos de hombre en traviesas de pilas y estribos complican las inspecciones y además obliga al inspector a realizar un ejercicio físico importante.
- la presencia de insectos y aves en el interior de los tableros hace, aún si cabe, más difícil la tarea del inspector.



Figura 6. Imágenes durante las inspecciones interiores de tableros

d) Equipos de inspección: Los equipos de inspección deben tener cualificación adecuada. Generalmente se dispusieron equipos formados por dos titulados, en las inspecciones con la pasarela, para optimizar el rendimiento, dejando equipos de un titulado y un auxiliar para las inspecciones desde el terreno.

La razón era obvia; dos ingenieros cualificados podían realizar trabajos de inspección, simultáneamente en la pasarela, acelerando el rendimiento de aquellos. Téngase en cuenta que este tipo de máquinas discurren a una velocidad de unos 8 m/minuto.

e) Optimización de la entrada de registros: Este es también un factor determinante a tener en cuenta. En el apartado de datos técnicos se indicaba que se introdujeron una media de 180 registros de deterioros por cada puente con una promedio de 200 imágenes digitalizadas. Esta actividad, puede durar 4-5 horas. Para optimizar los tiempos de esta actividad, se utilizaron tablet-pc (uno por equipo) para introducir los registros directamente en los archivos, dejando para después del trabajo en campo, la introducción del imágenes. Esto funcionó perfectamente en las inspecciones bajo tablero con la pasarela, en zona sombría constante, pero no se pudo utilizar en inspección sobre el terreno y difícilmente en inspecciones interiores, debido a la gran luminosidad, en el primer caso y al tener que transportarlo, con accesos, en ocasiones, muy dificultosos, en el segundo.

5.- Algunos resultados de las inspecciones

A pesar de la gran diversidad de tipologías y procesos constructivos empleados en los viaductos, los deterioros detectados en las numerosas inspecciones con medios especiales realizadas suelen ser comunes en todas las estructuras.

Dichos deterioros pueden agruparse en dos bloques. En primer lugar, los deterioros relacionados con el paso del tiempo, generados principalmente por los agentes meteorológicos (lluvias, heladas…) y en segundo lugar los deterioros relativos a los errores sistemáticos cometidos tanto, en la redacción de proyectos como en la construcción de los viaductos en sí.

Dentro del primer bloque, es destacable, como agente meteorológico externo más dañino en las estructuras, el agua. Una deficiente evacuación del agua de una estructura genera en la misma gran cantidad de deterioros, que a medio-largo plazo pueden comprometer la durabilidad de la misma, en cualquiera de sus partes: estribos, pilas o tablero.

Tales deterioros son:

- Eflorescencias.
- Corrosión de armaduras (pasivas y activas).
- Corrosión del acero estructural en puentes mixtos.
- Pérdida de pátina y delaminación del acero estructural en puentes mixtos.
- Lajaciones.
- Humedades en el interior de los tableros, así como humedades en el paramento inferior de los tableros.

- Degradación de los elementos de apoyo.

Estos deterioros provocados por el agua suelen degenerar en otros deterioros como:

- Armaduras expuestas por eliminación del recubrimiento, que desaparece como consecuencia del aumento de volumen del acero al corroerse.
- Disminución de la sección útil del acero estructural, como consecuencia de la delaminación.

Respecto al segundo bloque, los principales deterioros son:

- Fisuras por retracción, normalmente en estribos y pilas por ausencia de juntas de continuidad.
- Fisuras en mapa por afogarado y por retracción plástica del hormigón.
- Fisuras por exceso de pretensado en los puentes de vigas.

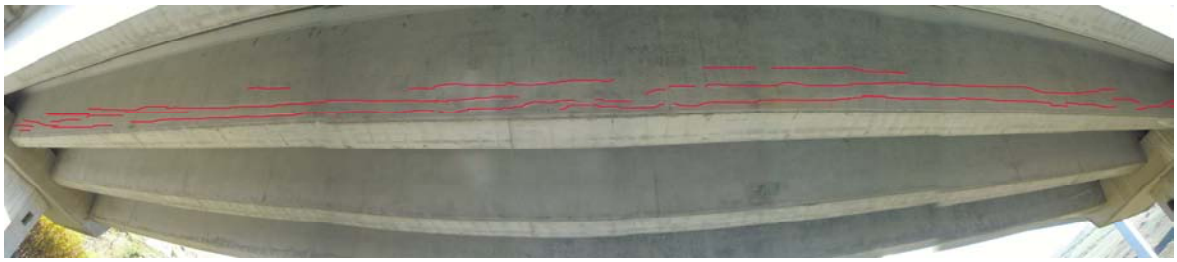


Figura 7. Fisuras en horizontales en tableros de vigas

- Armaduras expuestas por falta de recubrimiento.
- Fisuras oblicuas por esfuerzo cortante en los tableros en zonas de apoyo.

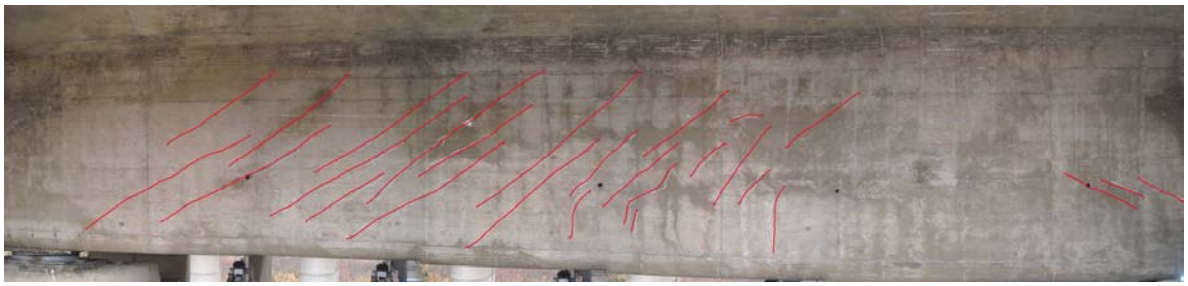


Figura 8. Fisuras oblicuas por cortante en tablero

- Fisuras por exceso de pretensado en tacones, al no coserse correctamente las tracciones.
- Errores en el replanteo, principalmente en apoyos de pilas.
- Errores en la dirección de colocación de los apoyos (guías de apoyos en sentido transversal, cuando su función en longitudinal)…
- Fisuras por esfuerzos en pasos de hombre en el interior de los tableros, así como, en las traviesas de pilas y estribos.

- Fisuras en frente de fase en viaductos de esta tipología.



Figura 9. Fisuras en frente de fase de tablero

Por último, es preciso destacar los deterioros detectados en los viaductos situados en zonas de montaña, donde es habitual la presencia de nieve. La utilización de fundentes para la eliminación de la nieve genera una fuerte abrasión en los pretiles de hormigón, así como, en el pavimento de los puentes. Además, si los sistemas de drenaje de los viaductos no funcionan de forma adecuada, estos fundentes entran en contacto con el hormigón y el acero de los tableros de los viaductos generando deterioros importantes, como corrosión de armaduras, eflorescencias, corrosión y delaminación del acero estructural en puentes metálicos…

En este tipo de viaductos también es habitual la rotura o degradación de las juntas de estribos a causa de las cuchillas de las máquinas quitanieves.

6.- Conclusiones

Si bien no resulta excepcional la realización de una inspección con medios especiales de acceso, ocasionalmente dirigida a la ulterior redacción de un proyecto de reparación, sí es novedosa la realización sistemática de un número considerable de inspecciones principales de detalle de grandes puentes, por cuanto a metodología y rendimientos de las mismas se refiere, por la optimización llevada a cabo en la introducción de registros en el SGP y por las conclusiones extraídas de las evaluaciones particularizadas de cada uno de los puentes.

Estas conclusiones podrían ser:

- Los puentes inspeccionados, correspondientes a luces medias tienen, en líneas generales, un buen estado de conservación.
- Los procedimientos constructivos parecen influir en la buena ejecución de las obras. Cuanto más sofisticado es el proceso constructivo, mejor ejecución y mayor durabilidad.
- Los apoyos son, sin duda alguna, los elementos más vulnerables de los puentes, sin tener en cuenta los elementos de vialidad. El deterioro de los elementos de apoyo, tanto en pilas como en estribos, al estar sometidos a las inclemencias meteorológicas es evidente y se produce a mayor velocidad que los deterioros que sufren otros elementos del puente. Entre los deterioros más representativos y habituales en los elementos de apoyos se encuentran:
    - Deficiente conexión de los apoyos con el tablero, las pilas o los estribos.

  - Deformación y desplazamiento excesivo de los apoyos.
  - Orientación errónea de los apoyos POT unidireccionales.
  - Movimiento impedido de los apoyos, al no eliminarse el elemento de bloqueo utilizado durante la construcción.
  - Corrosión de los elementos de unión de los apoyos.

- El acceso a los tableros visitables requiere, en muchos casos, medios de acceso no convencionales, lo cual dificulta la cadencia de inspecciones. Se debería pensar, bien a nivel de proyecto, o bien en la construcción de los viaductos, en la realización de un acceso adecuado al interior de los puentes.
- Los accesos a los tableros visitables deberían estar cerrados para evitar el anidamiento de aves. La inspección interior de un viaducto suele ser una tarea sacrificada para el inspector, debido, a las reducidas dimensiones de las estructuras, a los reducidos accesos, a la falta de luz y sobre todo a la presencia de aves e insectos.
- El agua y, en muchos casos, el empleo de fundentes son los principales agentes patógenos. Como hemos comentado anteriormente estos dos factores provocan gran cantidad de deterioros en las estructuras. Debería hacerse mayor hincapié en la realización de un eficiente sistema de drenaje de la estructura.
- Algunos deterioros, fundamentalmente estados de fisuración en puentes de hormigón y delaminación en puentes metálicos, aparecen repetidamente en estructuras de similares características y de análogo proceso constructivo, independientemente del proyectista o del constructor.

  La delaminación del acero estructural viene originada por el contacto entre el agua y el acero. Esto es relativamente fácil de evitar mejorando los sistemas de drenaje de las estructuras.

  Los estados de fisuración detectados (fisuración en frentes de fase, fisuración oblicua por cortante en zonas de apoyo, fisuración en zonas de pretensado…) son deterioros que deben ser corregidos a nivel de proyecto.
- Hay que prestar atención a la entrada de agua en los tableros, mejorando los sistemas de drenaje de las estructuras, así como, mejorar la impermeabilización de la plataforma de los viaductos.
- En el interior de los tableros visitables es frecuente encontrar gran cantidad de materiales empleados durante la construcción de los viaductos. Estos objetos dificulta la inspección interior de los tableros y, en muchos casos, bloquean los desagües interiores de las estructuras.