

Puente sobre el río Ebro en la Autopista de Navarra. Instrucciones para la Conservación del Puente

Por D. Javier Arraiza Cañedo-Argüelles
Jefe de Mantenimiento, Vialidad
Invernal (AUCALSA)



Puente sobre el río Ebro. Vista general

1. Introducción

EL puente sobre el río Ebro en la Autopista de Navarra consta de un vano principal atirantado de 146 m. de luz, y dos vanos continuos de 32 y 25 m de luz. La disposición estructural del dintel es la misma en estos vanos que en el vano atirantado.

El dintel, la torre y los contrapesos son de hormigón armado; en el dintel se utiliza armadura activa para resistir todos los esfuerzos principales, y armadura pasiva para armar la flexión de losas, el cortante y los cercos de torsión. Está realizado con dovelas prefabricadas unidas con resina epoxi en el perímetro del cajón y con hormigón en los voladizos.

Los contrapesos tienen armadura

activa para referir el tiro de los tirantes anclados en la parte superior al plano inferior de éste; el resto de los esfuerzos que aparecen en él se resisten con armadura pasiva.

La torre tiene armadura activa transversal para resistir las tracciones que producen las fuerzas oblicuas de anclaje de los tirantes; los esfuerzos longitudinales se resisten con armadura pasiva.

Los tirantes están formados por cables cerrados de diámetros 60 mm, 80 mm y 88 mm de composición OZZZ en unos casos y OVZZ en otros, las dos capas exteriores están galvanizadas y posteriormente se han pintado.

En estas condiciones, los elementos más delicados desde el punto de vista de la durabilidad de la obra son los elementos metálicos y móviles del puente, pues el hormigón,

si no existen problemas resistentes, es un material con unas condiciones de durabilidad excelentes.

Las revisiones de conservación tienen dos finalidades fundamentales:

1. Comprobar el buen estado de los materiales que componen el puente y sus correctas condiciones de protección.
2. Comprobar el buen funcionamiento estructural del puente que depende del buen estado de los materiales que lo forman, ya que el comportamiento inicial del puente, tanto durante el proceso constructivo, como en las pruebas de carga realizadas, ha sido satisfactorio.

Aparte de las revisiones de conservación del puente es necesario también tomar precauciones especiales en la explotación para evitar posibles deterioros del puente.

2. Precauciones de Explotación

1. Uso de fundentes en invierno

Se ha limitado a la extensión de tratamientos preventivos con salmuera y con bajas dotaciones (6 g/m^2), para evitar el ataque de armaduras y anclajes de cables.

2. Sobrecargas especiales

El puente está previsto para la sobrecarga de la Instrucción española, es decir, un vehículo de 60 Tm y 400 kg/m^2 de sobrecarga uniforme.

Para cualquier vehículo que se salga de las normas debe estudiarse la posibilidad de peso, teniendo en cuenta el efecto conjunto de ambas sobrecargas.

3. Recrecimiento del pavimento

El puente está previsto para el pavimento inicial, por lo que cualquier recrecimiento de pavimento supone un aumento de la carga muerta y una reducción en la misma cantidad de la sobrecarga admisible en el puente.

En 1986 se realiza un estudio del peso a añadir, debido a un perfilado. Este valor no fue significativo, pero en caso de serlo habría que realizar una sustitución y no un recrecimiento.

3. Revisión de los Elementos del Puente

Todas las revisiones se hacen con una determinada periodicidad.

Esta periodicidad depende del elemento a revisar y de la facilidad para realizar esta revisión.

A continuación se relacionan las distintas revisiones a realizar agrupadas según periodos de revisión.

1. Revisiones cada dos meses

A. Estado de los desagües superficiales del tablero

Es uno de los elementos que deja de funcionar con más facilidad por almacenamiento de suciedad en la boca de salida. La revisión bimestral es sencilla de hacer y se evita un problema que puede ser causa de deterioros posteriores por filtraciones de agua.

“Las juntas de dilatación del puente es uno de los puntos más delicados de funcionamiento por el impacto de las ruedas. Cualquier deterioro inicial, se acelera rápidamente por dicho impacto.”

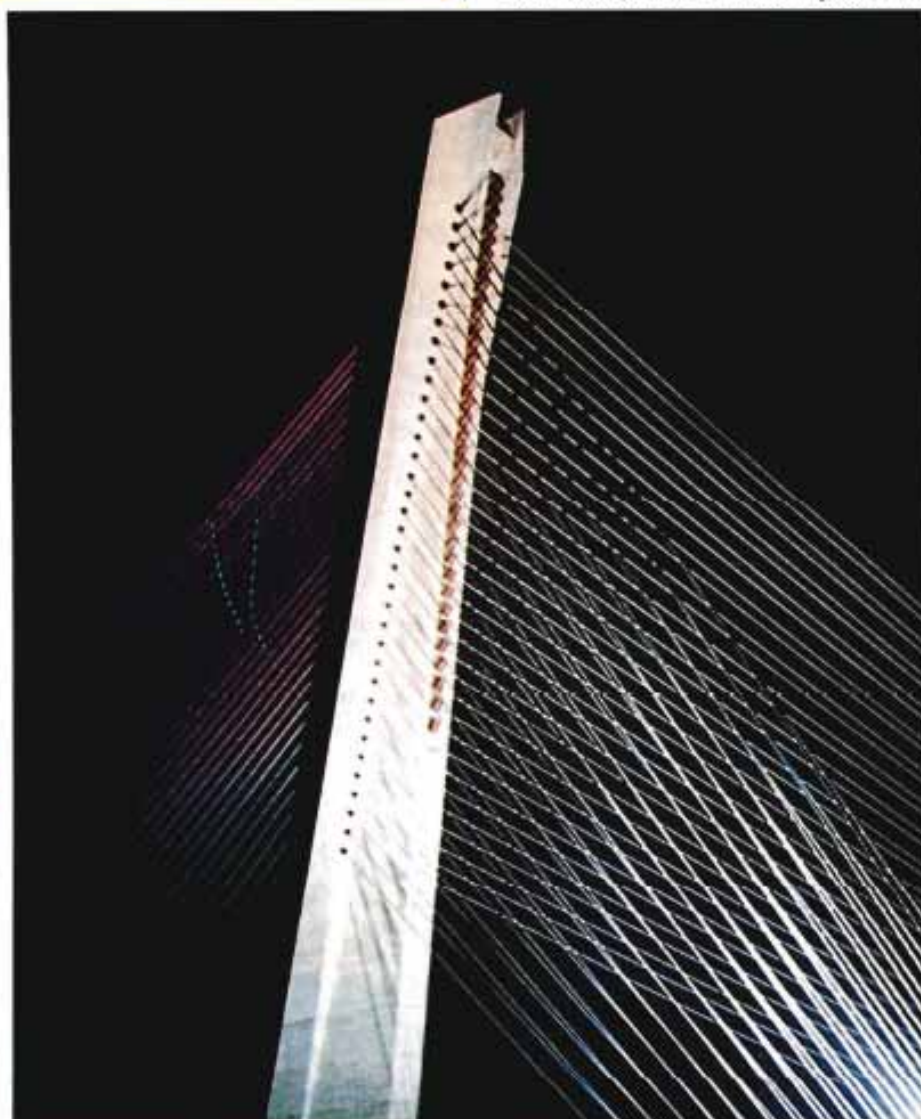
En 10 años ha sido necesario sustituir 3 módulos de junta.

C. Revisión de los cierres de agua de la entrada de los cables en el dintel y contrapesos

Se comprueba que los cierres están bien sujetos, que no se ha deteriorado la goma y que no puede entrar agua por ellos.

D. Limpieza y desagüe de la zona de protección de los cables en la salida de los contrapesos

Los cables de los contrapesos sa-



Vista nocturna del Puente sobre el río Ebro. Detalle.

B. Estado de las juntas de dilatación

Las juntas de dilatación del puente es uno de los puntos más delicados de funcionamiento por el impacto de las ruedas. Cualquier deterioro inicial, se acelera rápidamente por dicho impacto, por lo que conviene solucionarlo en cuanto se inicia.

len a una cota inferior que la teórica del terraplén en ese punto. Esto ha obligado a crear un recinto de protección mediante unos muros de hormigón.

Este recinto debe estar limpio de suciedad que pueda caer en él; debe comprobarse también que el desagüe previsto en su frente funciona perfectamente, para que no se pro-



Puente de Sancho el Mayor. Vista general. Foto Rta. MOPU

duzca una acumulación de agua que terminaría entrando en los cables.

2. Revisiones cada cuatro meses

A. Estado de los desagües interiores del cajón

Se comprueba que en el interior de los cajones del dintel no se ha acumulado agua asegurándose que los agujeros dispuestos en éste para la salida del agua no estén taponados.

B. Estado de los desagües de las mazarotas en el dintel y contrapesos

Las placas de anclaje, tanto en el dintel como en los contrapesos, tienen una ranura en su parte inferior para que el agua de condensación de la zona cerrada entre el anclaje y la goma pueda salir. Este desagüe tiene también la finalidad de vaciar la zona sobre el anclaje en caso de deterioro de la goma u otra posible entrada de agua al anclaje; por tanto debe estar perfectamente abierto.

Se comprueba mediante un alambre del máximo tamaño que quepa en la ranura, que la zona de ésta que se encuentra bajo la tuerca se encuentra libre de grasa y deja pasar el agua.

C. Estado de las mazarotas

Se comprueba que las mazarotas están recubiertas de grasa y no se ha producido en ellas una oxidación excesiva.

D. Desagüe del contrapeso

La galería del contrapeso donde están alojados los anclajes de los cables de compensación tiene en el fondo un desagüe para evitar acumulación de agua; debe comprobarse el buen funcionamiento de este desagüe.

3. Revisiones anuales

A. Estado de los cables

Mediante inspección visual por medio de prismáticos, se comprueban las siguientes condiciones de los cables en toda su longitud:

1. No existe ninguna alteración de los alambres, es decir, no hay ninguna rotura ni deterioro en la capa exterior del cable.

Hay dos cables que tienen la capa exterior alterada en una zona por falta de acoplamiento de la Z; este problema no tiene importancia, pero es conveniente comprobar especialmente esas zonas.

2. El estado de la pintura.

Comprobar que la pintura se encuentra en buenas condiciones o si es necesario una nueva pintura. Esto será necesario cuando en más de un 10% de la superficie del cable se observe ausencia total de pintura.

El galvanizado de los alambres supone una protección de aproximadamente 10 años de duración, que deberá mantenerse siempre como reserva, por lo que se considera fundamental el buen estado de la pintura.

Debe observarse especialmente la

“**E**l punto más delicado de los cables es el correspondiente al anclaje inferior y el arranque del cable, donde pueden almacenarse sustancias agresivas. Es conveniente en la revisión anual **desmontar las gomas que cierran la entrada del cable en el dintel y contrapesos para comprobar el estado de los cables en esa zona.**”

zona de los cables que tienen la capa exterior de las Z descolocadas, pues en este caso, un deterioro de la pintura pasaría a la segunda capa de Z que también está galvanizada. En caso de observarse alteraciones en esas zonas sería necesaria una protección local, bien mediante una tela plástica adherente pintada posteriormente, o bien mediante alambre arrollado y pintado.

3. Botes protectores de la mazarotas de la torre.

Debe hacerse una inspección visual del estado de los botes mediante el mismo sistema que el utilizado para los cables, observando el estado de la pintura y la posible circunstancia de alguna anomalía que pudiera afectar a los anclajes.

4. El punto más delicado de los cables es el correspondiente al anclaje inferior y el arranque del cable, donde pueden almacenarse sustancias agresivas.

Es conveniente en la revisión anual desmontar las gomas que cierran la entrada del cable en el dintel y contrapesos para comprobar el estado de los cables en esa zona.

B. Estado del dintel

1. Se debe comprobar que no existen filtraciones de agua en la losa superior del cajón, fundamentalmente en las juntas de resina epoxi. Estas filtraciones, en el caso de producirse, podrían atacar el acero de pretensado en la losa superior.

2. Debe comprobarse si existe alguna alteración o anomalía en la resina de las juntas que pudiera alterar el funcionamiento de éstas.

3. Se observa también el cajón en su totalidad comprobando que no existe ninguna fisuración y que la protección de los anclajes de las unidades de pretensado no se ha alterado.

C. Apoyos

Debe comprobarse el buen funcionamiento de los apoyos móviles del puente situados en las pilas de la margen izquierda del río.

4. Comprobaciones Estructurales del Puente

Estas comprobaciones se hacen anualmente.

1. Comprobación de la directriz

Debe comprobarse anualmente las flechas relativas del dintel. Para este efecto se considera como punto fijo la intersección del dintel con la torre en el punto delantero de ésta, es decir, el punto de la torre más próximo al primer tirante.

2. Asientos de la cimentación

Debe comprobarse anualmente el asiento de la cimentación principal para lo cual es necesario tener una referencia fija anterior al puente que no se vea afectada por el posible asiento de la cimentación. Esta referencia está a 30 m del punto más próximo de la zapata.

El asiento previsto en la cimentación de la torre desde la finalización del puente hasta tiempo ∞ es de 6 cm. Este asiento ha de ser similar a la diferencia de flechas que se produzca entre los dos extremos de la directriz, ya que el asiento

“Aun cuando, como diríamos, la estructura no ha cumplido los 10 años, se ha realizado ya parte de la inspección prevista con auxilio de una pasarela tipo FIP y las comprobaciones de Carbonatación, Resistencia y Recubrimiento correspondiente al tablero.”

previsto en la pila de la margen izquierda es despreciable.

3. Fuerza de los cables

Anualmente se comprobarán las tensiones en los cables mediante medición del periodo de vibración en éstos.

Esta comprobación no se considera necesaria si las dos anteriores han dado resultados satisfactorios.

La frecuencia se obtiene mediante la medición de oscilaciones por minuto del cable; se miden produciendo impulsos al cable hasta obtener el primer modo de vibración de éste. Es necesario tener la precaución de que no aparezca el segundo o tercer modo de vibración que alcanzaría la medida.

Las fórmulas de obtención de la fuerza en función de la frecuencia son las siguientes:

$$F = 4L^2 F^2 \mu \left(1 - \frac{2}{f^2 l^2} \sqrt{\frac{E}{\mu}} \right)$$

Siendo:

L = longitud del cable (en metros).

F = frecuencia (en pulsaciones por segundo).

μ = masa del cable por unidad de longitud (en toneladas/m²).

E = módulo de elasticidad del cable (en toneladas/m²).

I = momento de inercia de la sección del cable (metros cuarta).

La fuerza F se obtendrá en toneladas.

En caso de cable sin rigidez la fórmula se transforma en:

$$F = 4L^2 f^2 \mu$$

En nuestro caso, tomamos la medida entre el valor que obtenemos aplicando la fórmula del cable sin rigidez y la fórmula del cable con la rigidez correspondiente a una barra de acero homogénea con el diámetro del cable.

5. Inspecciones cada 10 años

Con esta periodicidad está previsto (la estructura no ha cumplido aún los 10 años), la realización de una inspección detallada, con el auxilio de medios (andamios, pasarela, grúa), que permitan la observación directa de las zonas más difícilmente accesibles de la estructura: torre y parte inferior del tablero.

En esta inspección se han de realizar como mínimo la siguientes determinaciones, además de todas las observaciones previstas en puntos anteriores:

– **Carbonatación:** ensayo sobre testigos tomados con piqueta en diferentes zonas de la estructura.

– **Resistencia:** mediciones con esclerómetro en tres puntos elegidos al azar en cada una de las zonas en que se tomen muestras para el ensayo de carbonatación.

– **Recubrimiento:** con determinación mediante pachómetro del recubrimiento de armadura y diámetro de las barras.

– Comprobación de la geometría de armaduras.

– Medida del potencial de corrosión en las armaduras.

Aun cuando, como diríamos, la estructura no ha cumplido los 10 años, se ha realizado ya parte de la inspección prevista con auxilio de una pasarela tipo FIP y las comprobaciones de Carbonatación, Resistencia y Recubrimiento correspondiente al tablero.



Detalle del Puente atirantado Sancho el Mayor.