

Patologías en vigas prefabricadas por sales fundentes. Caso de estudio: 3 pasos superiores en la Autovía A-1 Madrid

*Pathologies in prefabricated beams produced by the effect of road salt
Case study: 3 overpasses on the A-1 motorway, Madrid*

J. Ignacio Cuñado Arroyo^a, Alberto Ruiz Muñoz^b, Luis Matute Rubio^c, Ignacio Pulido Sánchez^d, Carlos Jiménez Solanas^e, Rosa Díaz Pérez^f, Francisco J. González Ramos^g, Felix López Martínez^h

^a Máster Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Ministerio de Fomento

^b Técnico de Obras Públicas. Ministerio de Fomento

^c Máster Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Director General. IDEAM, S.A.

^d Master Ingeniero de Caminos, C y P. Director Dpto. de Mantenimiento, Inspección y Rehabilitación IDEAM, S.A.

^e Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de Proyectos. IDEAM, S.A.

^f Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Ingeniero de Proyectos IDEAM, S.A.

^g Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Betazul

^h Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Betazul

RESUMEN

A lo largo de las múltiples campañas de inspección de puentes desarrolladas por IDEAM a lo largo de los últimos años para diferentes administraciones, se han detectado una serie de patologías asociadas a daños durables de las estructuras, más concretamente al uso de sales fundentes usadas dentro de las campañas de vialidad invernal en conservación de carreteras, llegando incluso a producir graves afecciones estructurales.

ABSTRACT

During several bridges inspections campaigns developed by IDEAM along the latest years for different administrations, a number of pathologies associated to the durability of structures have been detected, particularly related to the use of road salt during winter maintenance programmes. These pathologies have even produced severe structural affections.

PALABRAS CLAVE: Patología, corrosión, puente vigas, pretensado, supresión juntas dilatación

KEYWORDS: Pathologies, corrosion, girder bridges, prestress, expansion joint removal

1. Introducción

Como bien es sabido, los protocolos de seguridad vial aplicados en las campañas de vialidad invernal en las carreteras españolas son

bastante estrictos, lo que conlleva al frecuente al uso de salmueras y sales fundentes.

En este sentido, no debemos olvidar que las tareas de impermeabilización y cuidado de los

sistemas de drenaje y de evacuación de agua de los tableros suele ser una actividad dentro del diseño y construcción de puentes, frecuentemente, olvidada y minimizada en dichas etapas de la vida de las estructuras. No obstante, este aspecto acaba siendo determinante de cara a la conservación y vida útil de las mismas (Figura 1).

En este sentido, el presente artículo tiene como objeto recoger y detallar una serie de daños detectados por IDEAM en las diferentes

campanas de inspección de estructuras, principales y especiales, realizadas por IDEAM a lo largo de los últimos años.

Como ejemplo práctico más representativo de la patología detectada, se incluyen los trabajos de reparación de 3 pasos superiores en la autovía A-1, para la Demarcación de Carreteras del Estado en Madrid, del Ministerio de Fomento.



Figura 1. Ejemplos de daños tipo en tableros de vigas por ataque químico de sales fundentes y ciclos de hielo-deshielo

2. Descripción de la patología

En general, todas las administraciones de infraestructuras presentan unos criterios más o menos homogéneos para la conservación y mantenimiento de sus activos y, concretamente, para realización de inspecciones de estructuras.

En general y si bien podría esperarse que el hormigón presentara un comportamiento impermeable, tal y como se puede constatar

frecuentemente, esa afirmación presenta muchos matices y, a efectos prácticos, no resulta de aplicación. La presencia de fisuras iniciales de retracción, de juntas de dilatación, de pequeños huecos o pasa tubos que quedan en las estructuras tras su ejecución, unido a que, con relativa frecuencia, no se presta la atención que realmente requiere a los sistemas de impermeabilización y de evacuación de agua de los tableros de las estructuras, conlleva a la

frecuente circulación de agua a través de los diferentes paramentos de las estructuras.

Este hecho se ve gravemente acentuado en aquellas zonas en donde existe un uso más o menos frecuente de sales fundentes (figura 2). A este respecto se quiere realizar un llamamiento especial en cuanto al empleo en Proyecto de estructuras, especialmente en el caso de puentes de carretera, de la clase específica de exposición “F” especificada en la Instrucción de Hormigón vigente, la EHE-08. En dicha normativa se establecen unos criterios generales para la asignación de la clase “F” que en realidad no van ligados con el uso de fundentes que realmente aplican las responsables de la conservación y explotación de carreteras, existiendo un importante desfase al respecto, al usarse este tipo de agentes químicos en muchas más zonas que en las que indica estrictamente la norma. En este sentido y con objeto de prevenir daños y patologías futuras, se considera fundamental que el Projectista realice una evaluación lo más realista posible de cara a la especificación del hormigón en estos casos.



Figura 2. Degradación de muro de hormigón en masa por efecto de las sales fundentes y los ciclos de hielo/deshielo

Este tipo de daños, lógicamente, se ve gravemente acentuado en las zonas con claros ciclos de hielo-deshielo, donde se produce una doble degradación del hormigón. En primer lugar, el agua contaminada con fundentes produce la degradación superficial del hormigón y generación de fisuras internas, así como la delaminación superficial del mismo, lo que a su vez produce un aumento de la porosidad exterior

del hormigón y su saturación superficial que, unido a los ciclos de hielo, produce la degradación mecánica superficial del mismo.

En este sentido, si pensáramos en una estructura bien diseñada y construida en lo que al sistema de impermeabilización y evacuación de agua se refiere, no habría lugar al contacto del agua con fundentes con el hormigón y, por tanto, no debería existir problemas al respecto.

Desgraciadamente, tanto la realidad de los proyectos como de las propias obras, es muy distinta, no prestándose la especial atención que este tipo de equipamientos de los puentes requiere en general y, especialmente, en las zonas de viabilidad invernal, que insistimos, son mucho mayores que las que se derivan de una lectura estricta de la EHE-08.

Como resultado de las diferentes campañas de inspección desarrolladas se puede afirmar que, en las estructuras realmente ejecutadas, los principales puntos críticos a este respecto son:

- Ausencia de sistema de impermeabilización de tableros en general.
- Ausencia de sistema de recogida de aguas y detalle de bajante en los sumideros de tablero.
- Ausencia de babero o faldón para la recogida de aguas bajo juntas de dilatación.
- Circulación de agua a través de juntas de hormigonado losa-aceras/zunchos de pretiles.
- Fisuración de losas por retracción temprana (ligado a la ausencia de impermeabilización).

De todos los puntos anteriores, si bien se puede afirmar que son todos bastante generalizados, se ha de resaltar la importancia de proyectar y aplicar un buen sistema de impermeabilización global junto con el correspondiente sistema de drenaje, que evite el contacto directo del agua con fundentes con los paramentos de hormigón del tablero.

A título de ejemplo, en la pequeña obra de fábrica de la imagen siguiente, de apenas 12 m de luz, se produjo la filtración de agua tanto a través de la losa del propio tablero, de la junta de hormigonado losa-aceras y de las propias juntas de dilatación, produciendo importantes daños tanto en las culatas/extremos del tablero como, especialmente, en las vigas de borde del puente, hecho que llegó a tener que proceder a la sustitución de las vigas de borde (figuras 3 y 4).

Otro de los ejemplos más llamativos detectados se produjo en una estructura inspeccionada con apenas 10 años de vida, la cual presentaba un aspecto excelente salvo en zonas muy localizadas de las vigas de borde coincidentes con los sumideros del tablero donde, por efecto de la acción directa del drenaje del tablero, se produjo la corrosión del pretensado, hasta en el caso más crítico, llegar a producir la afección al 100% de los cables (figuras 5, 6 y 7).



Figura 3. Obra de fábrica con daños severos por corrosión de armaduras por efecto de la circulación de aguas con sales fundentes



Figura 4. Grave afección al pretensado de las vigas laterales por afección directa de agua con fundentes sobre los paramentos de hormigón



Figura 5. Puente de vigas con aparente buen estado de conservación



Figura 6. Ausencia de bajante en sumidero de tablero, produciendo la circulación del agua por los paramentos de losa y viga, produciendo graves daños en el pretensado de la viga



Figura 7. Detalle del estado del pretensado en cara inferior de viga doble “T”



Figura 8. Vista general de uno de los pasos superiores afectados

3. Reparación de pasos superiores en la Autovía A-1 en Madrid

Como resultado de una campaña de inspecciones principales de estructuras, se detectaron 3 pasos superiores en la autovía A-1, en las inmediaciones de Buitrago de Lozoya (≈ 1000 m altitud), con una serie de daños severos en las culatas o zona de apoyo de las vigas, entre otros.

Ante el mal apoyo de las vigas, con el consiguiente fallo de tipo frágil de la estructura, se decidió proceder a su inmediata reparación, al mismo tiempo que se ha aprovechado a acometer otra serie de mejoras generales, todas ellas encaminadas a mejorar las condiciones resistentes, funcionales y durables de las estructuras.

3.1. Descripción de las estructuras

Los pasos superiores objeto de la intervención llevada a cabo son tableros de vigas prefabricadas de unos 20-25 años de antigüedad, los cuales, fundamentalmente, presentaban patologías que, aunque presentaban un origen de tipo durable, acabaron llegando a comprometer la resistencia y seguridad estructural de parte de las vigas en su zona de apoyo (figura 8).

Las estructuras disponían originalmente de junta de dilatación tanto en estribos como en pilas, no existiendo detalles de continuidad de losa, por lo que el agua de la plataforma, circulaba libremente por el tablero y la infraestructura.

3.2. Descripción de patologías

Comenzando por los estribos y pilas, pese a disponer de recubrimientos generosos, el hormigón de estos elementos presentaba significativos daños superficiales, con grandes grietas e importantes delaminaciones superficiales (figura 9).



Figura 9. Detalle de estado de la armadura de estribo tras un mínimo picado del paramento de hormigón



Figura 10. Detalle cables de pretensados afectados por corrosión

Como se ha comentado, el principal daño que manifestaban las estructuras se localizaba en las culatas de las vigas, en donde la circulación del agua con fundentes y los ciclos de hielo-deshielo había producido serios daños de carácter estructural, al haber afectado tanto al propio pretensado de forma directa como al hormigón del recubrimiento, dejando parcialmente dicha armadura en unas condiciones de adherencia limitadas tanto desde el punto de vista estructural como durable. Todo ello, unido a unas longitudes de entrega originales estrictas, incluso en cierto modo escasas, de apenas 0,20 m desde los ejes de apoyo, llevó a tomar la decisión de recomendar el saneo y refuerzo de la estructura (figuras, 10, 11 y 12).



Figura 11. Detalle de degradación de alma por corrosión de armaduras



Figura 12. Detalle de degradación de hormigón de alma

3.3. Soluciones de reparación y refuerzo

Las labores de reparación y refuerzo de las estructuras, en términos generales han consistido en:

- Picado y saneo de paramentos de hormigón de la subestructura (fig 13).



Figura 13. Saneado de hormigón deteriorado en cabeza de pila

- Ejecución de recrecido de hormigón armado de estribos con doble objetivo: dotar de un sistema de protección efectivo contra la corrosión tras el saneo de los paramentos y, aprovechar dicho recrecido como estructura de reacción para el gateo del tablero para la

reparación de las culatas de las vigas. (fig 14).



Figura 14. Vista general de estribo recrecido finalizado

- Apeo de vigas en estribos y pilas para posibilitar su picado, saneo y refuerzo. En este sentido, resaltar la complejidad de buscar soluciones seguras, funcionales, rápidas y económicas que suele suceder en los tableros de vigas para la realización de los gateos “directos” del tablero, lo que obliga generalmente a acudir a sistemas de apeo o sistemas estructurales accesorios que aseguren la viabilidad de estos trabajos. En este caso concreto, se utilizó un sistema de vigas metálicas de cuelgue y el recrecido estructural de estribos y cabeceros de pilas (fig 15).



Figura 15. Sistema de apeo de tablero mediante cuelgue de pila a través de entramado metálico

- Picado y saneado profundo de culatas de vigas (fig 16).



Figura 16. Saneado de culatas de vigas tras apeo de estructura

- Evaluación de estado de vigas y ejecución de refuerzos de extremo de viga mediante hormigón armado (fig 17).



Figura 17. Refuerzo de culatas mediante disposición de armadura pasiva complementaria

- Eliminación de juntas de dilatación, consistente en el picado de extremos de losa, la disposición de un armado de zuncho de losa y continuidad (barra pasante de acero inoxidable) y hormigonado continuo de losa (fig 18).

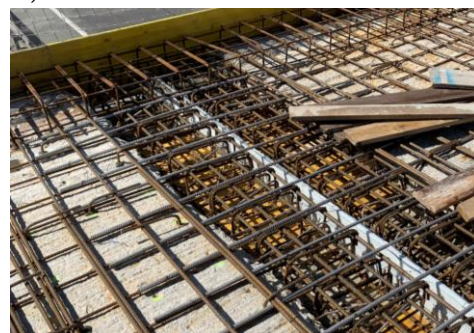


Figura 18. Detalle de supresión de junta de dilatación en estribo

- Impermeabilización de tablero mediante sistema de doble lámina asfáltica. En este sentido, destacar la importancia que tiene en estos casos realizar una adecuada protección y gestión del agua de la plataforma para que no se vuelvan a repetir en el futuro las patologías descritas. Para ello se previó la utilización de cazoletas (figura 19) de EPDM bajo el sistema de impermeabilización, garantizando que el agua de plataforma se evacúe directamente, sin afectar al hormigón del tablero. Lógicamente, en prolongación de las cazoletas de EPDM se dispone una bajante que canaliza el agua del tablero sin que afecte a la subestructura del puente.



Figura 19. Detalle de cazoleta de EPDM bajo sistema de impermeabilización.

El otro detalle ejecutado en este sentido consiste en el sellado y disposición de un “babero” bajo las juntas de dilatación (figura 20), que evite la circulación de agua por los paramentos de estribos

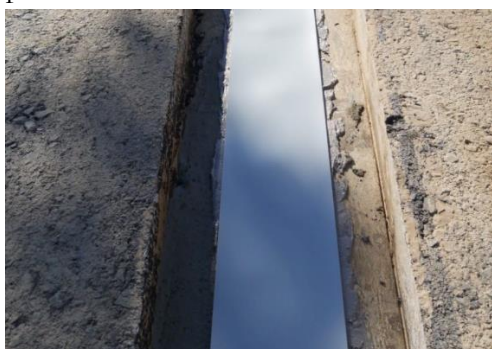


Figura 20. Detalle de lámina de sellado bajo juntas de dilatación.

- Adecuación de sistemas de contención conforme a la normativa vigente.
- Aglomerado. A este respecto, destacar la importancia que tiene la coordinación de las actividades de la propia impermeabilización y el aglomerado, debiendo exigir las máximas precauciones al equipo de aglomerado para no dañar el sistema de impermeabilización (fig 19).



Figura 21. Detalle de impermeabilización de plataforma con sistema de doble lámina asfáltica

4. Principales participantes en el proyecto y obra

Propiedad:	M. Fomento. Demarcación de Carreteras en Madrid
Dirección de obra:	<i>D. J. Ignacio Cuñado Arroyo</i> <i>D. Alberto Ruiz Muñoz</i>
Empresa Constructora:	Betazul: <i>D. Francisco J. González Ramos</i> <i>D.ª. Félix López Martínez</i>
Diseño de solución de reparación:	IDEAM <i>D. Ignacio Pulido Sánchez</i> <i>D. Carlos Jiménez Solanas</i> <i>D. Rosa Díaz Pérez</i>
Asistencia Técnica especializada:	IDEAM <i>D. Ignacio Pulido Sánchez</i> <i>D. Santiago Salas Fdez-Polanco</i>