

Conclusiones Generales de las IV Jornadas sobre Pavimentos de Hormigón. (Oviedo, 1993)

Por CARLOS KRAEMER
Dr. Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos
Director Técnico de las Jornadas



Autovía de Aragón

1. Presentación

CON un temario muy amplio se celebraron recientemente en Oviedo (29 de setiembre - 1 de octubre de 1993) estas IV Jornadas de carácter trienal, aunque en 1990 fueron sustituidas por el 6º Simposio Internacional celebrado en Madrid.

Se dedicó especial atención a la construcción y comportamiento en servicio de importantes obras recientes incluidas en el Plan General de Carreteras o pertenecientes a varias Comunidades Autónomas.

Otros temas tratados fueron la conservación, rehabilitación y refuerzo, los firmes de hormigón compactado con rodillo, la reutilización de firmes existentes, los pavimentos de aeropuertos, los cementos, el control de calidad, las características superficiales y la evaluación económica. Hubo también ocasión de conocer la experiencia americana, alemana y portuguesa a través de expertos de esos países. Una mesa redonda sobre construcción permitió conocer la opinión de varios ingenieros de empresas constructoras sobre algunos aspectos de interés. En total fueron 38 ponentes que con sinceridad y detalle aporta-

ron su experiencia a unos 200 asistentes.

La Asociación Técnica de Carreteras y el Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) fueron los organizadores de estas Jornadas, siendo los patrocinadores la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente y la Consejería de Infraestructuras y Vivienda del Principado de Asturias. Se espera que pronto se publique el volumen que recogerá toda esta valiosa información.

El autor de este artículo actuó como Director Técnico y moderador de las Jornadas y presentó en

la clausura unas conclusiones generales basadas en las notas que iba tomando durante las presentaciones y coloquios.

Estas conclusiones han sido ahora redactadas con algo más de orden, pero sin pretender exponer el estado del arte de los pavimentos de hormigón en España. Se mantiene por tanto una cierta informalidad al destacar varios aspectos de la rica experiencia española que pueden ser útiles en los futuros proyectos y obras.

2. Concepción técnica, aplicaciones

Se estima que en España había a finales de 1992 unos 1 500 km de calzada con pavimento de hormigón vibrado con la siguiente distribución porcentual:

57% en autovías y autopistas libres de la Red de Carreteras del Estado

38% en autopistas de peaje

5% en carreteras y autopistas de las C.C.A.A.

(Madrid, Navarra, Andalucía)

No se incluyen aquí los pavimentos de las vías de baja intensidad de tráfico, ni de las vías urbanas.

Antes de iniciarse el Plan General de Carreteras (1984-1991), a finales de 1985, había menos de 700 km de calzada con pavimentos de hormigón, que pertenecían en su mayoría a las autopistas de peaje del Mediterráneo y Sevilla-Cádiz. Ha sido pues notable el ritmo de construcción de estos pavimentos, especialmente en las autovías.

La técnica más empleada ha sido la de pavimentos de hormigón en masa con juntas transversales de contracción. Como ya se había hecho en el tramo de autopista Variante de Torrejón de Ardoz (N-II, Madrid, 1968), en las autovías y autopistas construidas a partir de 1986, año en que se revisó la Norma 6.2 IC, las juntas se dotaron de pasadores. La técnica californiana de juntas de contracción sin pasadores, de empleo generalizado en autopistas de peaje y otras carreteras principales hasta 1986, fue perfeccionándose a lo largo de los años con losas más cortas (4 m), bases no erosionables (hormigón magro) y drenaje del borde longitu-



Autovía Oviedo-Pola de Siero. Colocación de armaduras con trompetas en pavimento continuo de hormigón armado.

dinal del pavimento. En el tramo de autopista Ondara-Jeresa (1984-85), alcanzó su máximo desarrollo. Con la misma técnica se construyeron en el período 1985-87, las variantes de Benidorm y de Zuera, el puerto de Monrepós y las variantes de Albacete y de La Roda. Desde entonces esta técnica ha quedado reservada a las carreteras con menos de 800 vehículos pesados por día y carril en el año inicial.

Las bases de hormigón magro, introducidas en 1984 en Ondara-Jeresa para pavimentos con juntas sin pasadores, llegaron pronto a sustituir a las bases de gravacemento, cuya erosionabilidad también fue disminuyendo al alcanzar contenidos de cemento no inferiores al 5%. A partir de 1988, prácticamente todas las bases han sido de hormigón magro y su comportamiento hasta la fecha ha sido excelente.

Aunque falta un estudio que analice el comportamiento de los arcenes drenantes y drenes laterales, parece que ha sido en general satisfactorio cuando han sido correctamente proyectados, contruidos y conservados. Todavía hay poca experiencia en España con el empleo de bases drenantes, siendo el tramo de autovía Zaragoza-Villanueva de Gállego un ejemplo singular, cuyo buen comportamiento debería promover otras aplicaciones.

Los pavimentos continuos de hormigón armado se utilizan con

éxito en Asturias desde 1975. Se empezó con la autopista Oviedo-Gijón-Avilés (la Y asturiana), una obra bien ejecutada y conservada, que 16 años después fue seguida por dos tramos de la autovía Oviedo-Pola de Siero y la adición de un carril para vehículos lentos de 5 km en la propia autopista. En total hay 110 km de calzada con este tipo de pavimento.

Esta técnica no se ha aplicado aún fuera de la región asturiana. En Europa, Bélgica fue la pionera al aplicarla decididamente en más de 600 km de calzada de autopista. Desde 1983, Francia la aplica resueltamente en refuerzos y también en nuevos tramos de autopista. Italia la emplea con una capa de rodadura de mezcla bituminosa porosa y Gran Bretaña en pavimentos y bases. Por último, en Portugal, han construido recientemente en el Algarve y en la región de Lisboa unos 75 km de calzada de autopista.

Los pavimentos continuos de hormigón armado son actualmente más competitivos que en el pasado por el empleo de trompetas de colocación de las armaduras, que eliminan la necesidad de las cunas y de las barras transversales, y también por la posibilidad de emplear armaduras planas corrugadas con una cuantía sensiblemente inferior. Es de esperar por ello que su uso aumente moderadamente, en particular en tramos de tráfico TO —en muchos casos como refuerzo de

“*E*n conclusión, la experiencia española con los pavimentos de hormigón es buena y admite una favorable comparación con la práctica en otros países.”

pavimentos existentes— en los que se desee una elevada durabilidad, una conservación muy reducida y un alto valor residual. Debería también permitirse su empleo con tráfico T1.

El comportamiento de los firmes con hormigón compactado es más controvertido, pues al ser una técnica con menos de 10 años de vida y España líder en su aplicación en autovías, se mezcla la evaluación de las obras realizadas antes y después de 1990. Los problemas se concentran en la reflexión de las juntas y grietas a la superficie a través del pavimento bituminoso. Se han realizado avances con la formación de juntas transversales en fresco a sólo 2,5-3,5 m de separación, un factor probablemente más beneficioso que la disposición de una membrana de absorción de tensiones interfaciales. El firme mixto de la variante de Medinaceli (Soria) en una zona de asientos previstos por la existencia de un importante espesor de lodos es una notable realización reciente. También hay que citar la autovía variante de Irurzun (Navarra). Entre 1988 y 1990 se habían construido por la Junta de Andalucía unos 100 km de la autovía Sevilla-Granada con un comportamiento aceptable, pero con una marcada reflexión de las juntas (a 6-7 m) y algunos fallos locales por movimientos de la explanada. A finales de 1992 había en España 220 km de calzada con hormigón compactado en autovías y carreteras principales.

En otro orden de cosas, se puso de manifiesto la necesidad de una normativa de pavimentos sobre ta-

bleros de puentes, en su doble vertiente de tipo de pavimento a emplear en cada caso y recomendación para su proyecto y ejecución.

Por último hay que destacar, el interés de la técnica de reutilización *in situ* de firmes antiguos, heterogéneos y de insuficiente capacidad de soporte, pero situados en carreteras con buen trazado. Las potentes máquinas escarificadoras-mezcladoras hoy disponibles permiten estabilizar adecuadamente con cemento hasta 35 cm de espesor, como se ha comprobado en el primer tramo realizado entre Huelva y Ayamonte.

plantas continuas de fabricación de hormigón que en algún caso, pero no en la mayoría, producen un hormigón homogéneo, o el pago del sobreespesor del pavimento necesario para asegurar el espesor mínimo prescrito. Aquí cabría modificar la forma actual de abono por m³ de hormigón terminado según planos por la fórmula americana de abono del m³ de hormigón enviado al tajo más la puesta en obra por m² de pavimentación.

El preextendido del hormigón delante de la terminadora de encofrados deslizantes con extendidora (y no con pala cargadora que es la



Máquina CRAFT para la formación de juntas en fresco para hormigón compactado.

En conclusión, la experiencia española con los pavimentos de hormigón es buena y admite una favorable comparación con la práctica en otros países.

3. Proyecto

En la mesa redonda sobre construcción los propios contratistas reconocieron que los proyectos no plantean problemas. La Norma 6.1 y 6.2 (1989) de la Instrucción de carreteras y el Art. 550 del Pliego de prescripciones técnicas generales "Pavimentos de hormigón" en su nueva versión de 1990, son documentos puestos al día que permiten redactar adecuadamente un proyecto.

Únicamente se discutieron algunas cuestiones de detalle. Por ejemplo, si deben aceptarse las

práctica usual) no ha sido aplicado aún en ninguna obra a pesar de estar prescrito en el PPTG. Parece que es necesario insistir en este punto en el Pliego de prescripciones técnicas particulares a fin de mejorar la regularidad superficial, particularmente en tramos con pendientes apreciables.

Aunque es obvio, la obtención de la calidad empieza en el proyecto del que depende además la economía de la obra. Es necesario prestar suficiente atención al diseño de los detalles y a las prescripciones específicas para la ejecución de la obra.

4. Construcción

La gran actividad de los últimos años ha dado lugar a un número suficiente de empresas bien equi-

padas y con experiencia. La mayoría de las obras han sido bien ejecutadas, algunas muestras algunos defectos localizados y muy pocas tienen problemas generales. Con frecuencia los daños se deben más a causas relacionadas con las obras de tierra y el drenaje que al firme en sí mismo. En todo caso no parece que haya más fallos que con los otros tipos de firmes. Aun cuando contratistas noveles han realizado excelentes "óperas primas" y otros con gran experiencia han incurrido en errores injustificables, en general una experiencia reciente anterior de todo el equipo humano suele asegurar el éxito de una obra. En este sentido cabe preguntarse incluso si en España no existen demasiados pavimentadores de hormigón.

Los cementos tipo V han sido muy debatidos a lo largo de las Jornadas. Se han reconocido sus ventajas técnicas, económicas y ambientales, pero se expresaron críticas por la variabilidad de las resistencias mecánicas encontradas en algunas obras. A veces se olvida que su campo de aplicación no se restringe a las carreteras y en todo caso existe la garantía de un control en las fábricas con sistemas rigurosos de muestreo. En suma, no debe haber problemas en el futuro en las obras, recomendándose un contacto permanente entre el contratista y el fabricante.

El estudio previo del hormigón merece quizá un poco más atención que la prestada hasta ahora para optimizar sus características. No suele ser difícil conseguir las resistencias mecánicas, pero el estudio de su manejabilidad contribuiría a facilitar la puesta en obra. Podría así mejorarse la regularidad superficial, evitando por ejemplo un "hormigón goma", y la calidad de los bordes, tan necesaria sobre todo en aeropuertos. A este último aspecto podría ayudar un pequeño porcentaje de arena de machaqueo.

No ha habido problemas para pavimentar diferentes anchuras de proyecto (dos y tres carriles, arcenes exteriores e interiores, adición de un carril), gracias a la disponibilidad de muchas terminadoras de ancho normal y pequeño. La puesta en obra no ha presentado problemas con temperaturas extremas,



Autovía de Andalucía.

adoptando las precauciones necesarias. En los días con grandes variaciones diarias de temperatura que provocan fuertes gradientes en las losas, es recomendable serrar las juntas longitudinales al tiempo que las transversales.

Hasta ahora en ninguna obra se han declarado fallos relacionados con la inserción de los pasadores. En cambio, en varias obras se ha obtenido una peor regularidad superficial en rampas y pendientes que en terreno llano.

Asegurar el espesor mínimo prescrito del pavimento es fundamental para la durabilidad del mismo. Se ha mencionado que 1 cm puede equivaler a 5 años de vida útil. Aunque sea una simplificación, no cabe duda sobre la importancia de controlar el espesor.

En los últimos años se ha ido evolucionando hacia texturas más suaves, menos ruidosas. Se trata, en general, de texturas longitudinales obtenidas con una arpillera mojada y un cepillo suave de cerdas de plástico.

En cuanto al sellado de las juntas, han dado buen resultado los perfiles de neopreno bien instalados. Los fallos prematuros del sellado de algunas juntas con productos en frío de dos componentes se deben con frecuencia a la inexistencia de un cajeado suficiente. No hay sin embargo informes negativos de las juntas sin sellar.

En suma, se obtienen buenos re-

sultados si se trabaja con cuidado. Se reconoce por otra parte que la mayoría de los fallos son de construcción. Muchos de estos desperfectos son además evitables, como los asientos producidos por la insuficiente compactación del trasdós de algunas obras de pasos inferiores, de rellenos sobre tubos metálicos o de transiciones desmonte/terraplén. Por otra parte algunos fallos son corregibles antes de abrir al tráfico (grietas, regularidad superficial, etc.) o durante el período de garantía.

En todo caso sólo se consigue calidad si se quiere. El control de calidad es fundamental a partir de esta premisa. El control y el aseguramiento de la calidad es uno de los cuatro temas generales que abordará el próximo Congreso Mundial de Carreteras de la AIPCR (Montreal 1995).

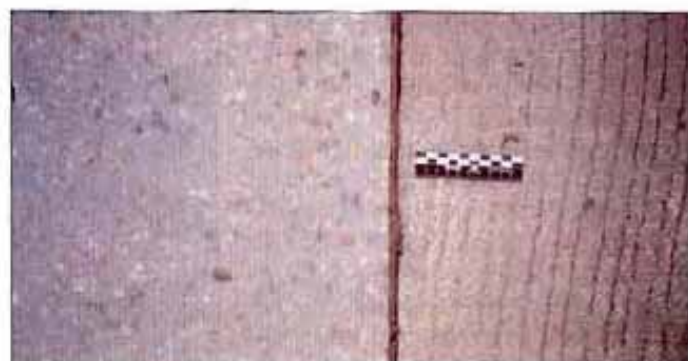
5. Conservación, rehabilitación y refuerzos

Para una conservación adecuada es preciso un seguimiento del comportamiento del pavimento, con anotación de los deterioros que aparecen, registro de su evolución e investigación de las causas de los mismos. Entre los ejemplos a citar, están el de la Y asturiana y el de AUMAR.

Desde 1989 se van adjudicando contratos de "conservación inte-



Equipo TARGET para el fresado superficial de pavimentos.



Detalle del pavimentos antes (derecha) y después (izquierda) de fresar.

gral" para las nuevas autovías de la Red de Carreteras del Estado. Ha sido un paso muy positivo que posibilita, pero no garantiza, la conservación de los pavimentos de hormigón. En la actualidad son excepción los tramos bien conservados. En general sólo se actúa para mantener la vialidad, rellenando por ejemplo con aglomerado las depresiones producidas por asiento. Otras veces los pavimentos de hormigón se reparan inadecuadamente (grietas, juntas, sustitución de losas, etc.), a pesar de la disponibilidad de manuales y recomendaciones que detallan el procedimiento de ejecución. Hay que destacar la durabilidad de las reparaciones bien ejecutadas, como las de la Y asturiana o la reconstrucción de juntas de la Variante de Torrejón, que tienen ya 25 años de vida. Las reparaciones no provisionales deberían ejecutarse con hormigón.

Es urgente empezar ya a conservar bien la mayoría de los pavimentos de hormigón en servicio. Una actuación preventiva alargaría sin duda la vida de los mismos.

Hay que señalar el éxito del sellado del borde longitudinal exterior de la calzada cuando el arcén es bituminoso. Se trata de una medida muy eficaz para evitar la entrada y acumulación de agua en esa zona crítica.

Para el fresado local, parcial o total de la superficie del pavimento a fin de conseguir una buena regularidad superficial es necesario esperar turno: sólo opera una máquina de elevado rendimiento, que tampoco puede atender muchos tramos con pavimentos bituminosos. El rápido crecimiento de la red de autopistas y autovías requiere más máquinas de este tipo

para aumentar la comodidad y la seguridad del usuario y evitar sobrecargas dinámicas al pavimento.

La rehabilitación de algunos tramos (paso de Despeñaperros, Villatobas, Autopista del Mediterráneo) ha sido positiva para mantener los pavimentos en buenas condiciones de servicio, como fase anterior a su refuerzo o reconstrucción.

En España existe aún una experiencia limitada con refuerzos de pavimentos de hormigón. Con mezcla bituminosa es muy difícil evitar la reflexión de juntas y grietas a la superficie si hay movimientos verticales diferenciales al paso de las cargas. Los refuerzos con hormigón se usan cada vez más en Estados Unidos, tanto sobre hormigón como sobre firmes flexibles agotados (white-topping). Así se ha hecho en el puerto de Huelva, en una vía de circunvala-

ción de Córdoba y en parte de la autovía Zaragoza-Villanueva. Por último se recuerda el notable empleo de los pavimentos continuos de hormigón armado para reforzar antiguos pavimentos de hormigón en Francia.

6. Explotación

La durabilidad de los pavimentos de hormigón es uno de los factores que más influyen en su elección. Empieza a haber ya pavimentos que se acercan al final de su período de proyecto.

Entre sus características funcionales destaca la elevada resistencia al deslizamiento y su mantenimiento en el tiempo. La adopción hace ya treinta años de la especificación de un mínimo de un 30% de partículas silíceas en la arena ha sido muy positiva. No hay ningún tramo deslizante en la Red de Ca-



Autovía Zaragoza-Villanueva. Pavimento de hormigón sobre base bituminosa porosa.

“**S**ería una lástima desperdiciar la experiencia nacional, en particular el factor humano, de todos los niveles que tanto ha costado formar.”

reteras del Estado, ni siquiera la autopista variante de Torrejón tras más de 25 años bajo tráfico muy pesado. La macrotextura, en su mayoría longitudinal, también se

loración del tráfico pesado.

7. Aeropuertos

Brevemente puede decirse que la evolución ha sido positiva, con una mejora de la técnica y una adaptación a las crecientes solicitudes de las aeronaves. Se han construido obras muy importantes y hay otras en fase de proyecto.

8. Recomendaciones finales

Los cursos, seminarios y jornadas sobre pavimentos de hormigón organizados desde 1985 por el IECA, la Asociación Técnica de Carreteras y el Departamento de Transportes de la E.T.S. de Ingenieros, de Caminos, Canales y

mayor durabilidad y menores gastos de conservación.

Por otra parte, una vez revisada la Instrucción de secciones de firme y el PPTG, debería seguirse con la experimentación de nuevas soluciones, tal como se ha hecho en Alcalá-Meco e Iruzun (hormigón compactado con juntas próximas), Zaragoza-Villanueva (base de mezcla bituminosa porosa), Carabias (gravacemento), Medinaceli (hormigón magro compactado), Eje del Culebro (capa de rodadura de hormigón poroso), Oviedo (pavimento continuo de hormigón armado con flejes, arcenes de hormigón magro), etc. Parece interesante probar cuanto antes, como en Portugal, las estructuras inversas con una capa granular intermedia entre



Mesa de Clausura presidida por D. José A. del Busto (Dtor. Regional de O. P. del Principado de Asturias), acompañado por D. Carlos Kraemer (Director de las Jornadas), D. Juan I. Cuesta (Director de la A.T.C.), D. Juan C. López Agüí (Director Gral. del I.E.C.A.) y D. Ramón San Martín (Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias).



Capa de rodadura de hormigón poroso. Eje del Culebro. Madrid.

mantiene. Las texturas de gran profundidad empleadas hace años no fueron desgastándose como se esperaba, por lo que se ha ido a texturas más suaves y silenciosas.

La regularidad obtenida ha variado de excelente a mala en alguna obra. La calidad media debe mejorarse para la aceptación del usuario, más habituado a los pavimentos bituminosos cuyas irregularidades le parecen más tolerables. Evidentemente el fresado puede convertir cualquier acabado deficiente en una rodadura excelente, y hay quien lo acepta como un mal necesario, pero eso no es cierto y además es muy costoso.

En general, los defectos o fallos prematuros están ligados a la construcción, en particular de las explanaciones; rara vez se pueden achacar al proyecto. Cuando esto ocurre suele deberse a una infrava-

lencia de Madrid han sido muy útiles a proyectistas, constructores y consultores. Ahora parece apropiado concentrarse más en conservación, rehabilitación y refuerzo.

Sería una lástima desperdiciar la experiencia nacional, en particular el factor humano de todos los niveles que tanto ha costado formar. Para ello debería mantenerse una cuota del 10-20% en las obras nuevas de autovías y nuevas carreteras de suficiente longitud e incrementar el empleo de pavimentos de hormigón en refuerzos. Sólo la decisión administrativa puede conducir a proyectos que al menos evalúen técnica y económicamente la solución hormigón. Por supuesto de algún modo deberían considerarse los costes globales para que el pequeño sobre coste de construcción del pavimento de hormigón pudiera compensarse con su

una base tratada con cemento y el pavimento bituminoso, o la prefabricación en fresco de las capas de gravacemento.

Con ocasión del 7º Simposio Internacional de Carreteras de Hormigón (Cembureau/AIPCR) que se celebrará en Viena (Austria) del 3 al 5 de octubre de 1994 habrá ocasión de conocer los últimos avances en el campo e intercambiar experiencias. ■

Carlos Kraemer, Director del Departamento de Transportes de la E.T.S.I.C.C.P. - Universidad Politécnica de Madrid.

**Suscríbase a la revista
"RUTAS"
la mejor revista para
técnicos y profesionales.
Boletín de suscripción en
pág. 89**