

INFORME SOBRE EL PRIMER SIMPOSIO EUROPEO DE PAVIMENTOS DE HORMIGON

Por OLEGARIO LLAMAZARES GOMEZ.

Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

Constituye el presente trabajo un interesante resumen sobre la moderna técnica de pavimentos de hormigón. El autor ha elegido los temas más importantes que se discutieron en el reciente Simposio de París y los expone en forma muy clara y con sentido eminentemente práctico. En las referencias de las comunicaciones que al final se reseñan podrá el lector interesado ampliar conocimientos sobre las materias que desee.

Los días 2, 3 y 4 de julio pasado tuvo lugar, en París, el Primer Simposio Europeo de Pavimentos de Hormigón, organizado por el Cembureau en colaboración con la Asociación Permanente de los Congresos de Carreteras (AIPCR).

La gran evolución de la técnica de estos pavimentos en los últimos años, requería ya un foro a nivel europeo para el intercambio de información y experiencia de las grandes realizaciones de autopistas en todos los países de la Europa libre.

La amplitud que exigiría una confrontación general de esta técnica en su doble vertiente de proyecto y construcción obligó a reducir el programa del Primer Simposio a cinco temas, elegidos por el singular interés que presentan en el momento actual en Europa.

Indudablemente se tiende a una mayor uniformidad de la técnica y en lo que se refiere a los pavimentos rígidos existen grandes analogías en las prácticas de construcción de los distintos países, pero se observan también grandes diferencias. Puede apreciarse esto en el *Cuadro sinóptico de normas y prácticas de los pavimentos de hormigón en Europa*. Este trabajo que forma parte de la documentación entregada a los participantes en el simposio ha sido preparado por el *Comité Técnico de Carreteras de Hormigón* de la AIPCR y constituye una compilación exhaustiva sobre datos básicos, elementos estructurales del firme, características del pavimento y de los materiales integrantes, exigencias y tolerancias, en los diversos países europeos.

La experiencia aportada en las ponencias, comunicaciones libres e intervenciones orales de los delegados, así como la información de primera mano obtenida en la visita de estudios a tres tramos de autopista en construcción, justifican el gran interés de este Primer Simposio Europeo.

Sobre sus puntos más relevantes y para conocimiento de los técnicos españoles, nos proponemos informar en el presente trabajo, que comprende los cinco temas a que antes nos hemos referido: *Los materiales. Juntas. Conservación y reparaciones. Pavimento de armadura continua y Acabado superficial.*

A) Los materiales.

Las condiciones del hormigón de pavimentos, tanto por su abierta exposición a las variantes climáticas como al paso repetido de ejes pesados, exige una rigurosa selección de materiales en cuanto a sus características básicas y unas dosificaciones estrictas, incluso con mayor rigor que en las obras más delicadas de esta fábrica.

La calidad, forma y limpieza de los áridos se precisan cada vez con mayores exigencias en los pliegos contractuales de prescripciones técnicas, así como el volumen de huecos, relación agua-cemento y otros datos que ya se consideran como esenciales.

La limitación en el contenido de agua que mejora las resistencias características está condicionada a su vez por la docilidad o facilidad de puesta en obra de la mezcla.

Una comunicación francesa [1] expone un criterio de agua óptima, buscando la humedad mínima para una docilidad admisible. Se introduce para ello el concepto de *manejabilidad granular* que, para una proporción de agua dada, caracteriza a la mezcla de componentes sólidos a efectos de su facilidad de puesta en obra y compactación. Se pretende con ello llegar a una humedad crítica para lo que será preciso una normalización y una uniformidad de referencias en todos los laboratorios con las consiguientes comprobaciones en obra que creen el necesario clima de confianza en los ingenieros de construcción. Las medidas de compacidad de la mezcla, utilizadas en otros métodos experimentales, se sustituyen por las determinaciones de un aparato que mide el período de paso de un volumen de mezcla en condiciones normalizadas; o sea, como una especie del viscosímetro que caracteriza los ligantes asfálticos. El nuevo método tiene al menos la ventaja de la rapidez, que actualmente es muy interesante por los ritmos de ejecución.

La homogeneidad de la mezcla y su capacidad de retención de agua son también dos características importantes. Por lo que se refiere al árido y en relación con la proporción óptima de agua, si se quiere reducir ésta hay que limitar las fracciones finas que producen un gran aumento de la superficie específica. Se citan como límites de las fracciones 0/1 y 0/0,02 milímetros, el 25 y el 2 por 100, respectivamente, del peso total del árido.

Respecto al conglomerante a emplear, y con vistas a evitar los peligros de la fisuración de la calzada en las primeras horas después de la construcción —lo que es especialmente importante en los pavimentos con juntas serradas—, se recomiendan cementos con bajo contenido de aluminato tricálcico. La conclusión procede, principalmente, de observaciones sistemáticas llevadas a cabo en Francia y, no obstante, debe tomarse con prudencia sin olvidar los efectos higrotérmicos y la posible influencia de los aditivos que se incorporen a la mezcla.

El creciente empleo de sales que hacen descender el punto de congelación del agua para la limpieza de nieves y hielo de las calzadas plantea problemas por la agresividad de estas sales, que producen el descascarillado de los pavimentos de hormigón. Este efecto es mejor resistido por los hormigones con aire ocluido. En los países alpinos se han llevado a cabo lar-

gas series de observaciones, y se ha llegado a la conclusión de que los hormigones de pavimento, que tienen un número suficiente de poros y uniformemente distribuidos, resisten mejor los efectos del hielo y de las sales fundentes de deshielo. En estas observaciones se ha investigado la influencia de los distintos tipos y dosificaciones de agentes aireantes.

La obtención de hormigones aireados de buena calidad en especial en cuanto a su resistencia al ataque de las sales, es hoy una preocupación dominante en los países de clima frío, así como los métodos de control que garanticen esta calidad.

La proporción de aireante está ligada con la relación agua-cemento; si aumenta, ésta se puede bajar la cantidad de aireante, pero va en perjuicio de la calidad del hormigón. Son interesantes también el período de amasado óptimo y el proceso de compactación, cuanto más intenso sea éste más se reduce el volumen de aire ocluido.

Se prosigue la investigación sobre testigos sometidos a ciclos de hielo y deshielo con tratamiento de sales fundentes, cuya estructura de poros se observa a efectos de un análisis comparativo de comportamiento. En Alemania se determina la proporción de aire en el hormigón fresco y su correlación con la del hormigón fraguado.

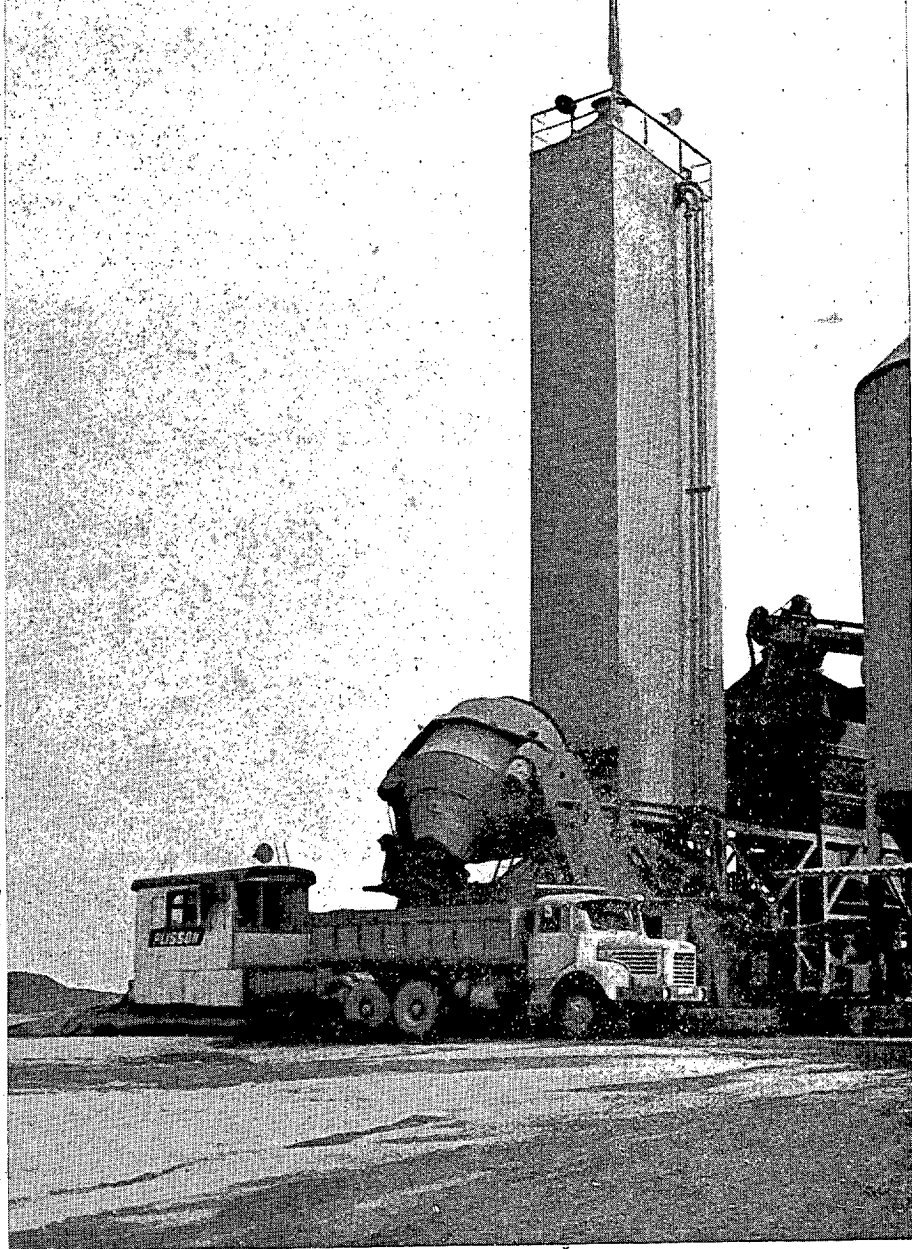
La ejecución de pavimentos de hormigón se aproxima cada vez más a un proceso industrial. Como en toda obra de carreteras se presenta en estos pavimentos el problema de grandes ritmos de ejecución que invalida los métodos tradicionales de control de calidad.

En la construcción de autopistas con los modernos equipos de fabricación y puesta en obra, el rendimiento de kilómetro de calzada por día es normal; esto supone unos 2.000 m.²; o sea, casi 500 toneladas de hormigón diarias.

En consecuencia, el control *a posteriori* es muy lento para el hormigón fresco y no digamos para el hormigón fraguado. Este control *a posteriori* sólo puede tener ya un valor científico para conocer el comportamiento o la evolución de un pavimento con el paso del tiempo y el efecto de las sollicitaciones.

Las tendencias actuales [2] se basan en controles rigurosos *a priori* sobre los materiales y la fórmula de trabajo y un control instantáneo del proceso de fabricación; este debe atender a los siguientes puntos: 1) humedad de los ári-

Carga de un camión en la central de hormigón.



dos; 2) temperatura del cemento y el agua, y 3) dosificación de la mezcla.

Se citó respecto al control de fabricación la apreciación de las características del hormigón fresco en función de la energía absorbida en el amasado. Como ya hemos escrito en otra ocasión (*) puede ejercerse este control mediante un aparato sensible —el watímetro diferencial del Laboratorio Regional de Burdeos—, que mide la potencia que absorbe el eje del motor de la mezcladora. La variación de ésta se

inicia con un valor mínimo cuando la mezcladora gira en vacío; crece cuando recibe los áridos y el cemento; después, cuando se añade agua, disminuye el rozamiento de los materiales sólidos y baja la potencia hasta un período que se mantiene constante. A partir de éste se inicia la hidratación y con ello el aumento de la potencia. No hay que olvidar que los cambios de tensión en la línea suministradora de energía pueden falsear los resultados y, por ello, para aplicación de este método se necesita una gran regularidad en el servicio.

El control de pavimentos de hormigón requiere por los grandes ritmos y la perfección

(*) Véase nuestro trabajo: "Sobre los métodos rápidos de control de calidad en las obras de carreteras". *Boletín de Información del M. O. P.*, núm. 122.

exigida, que se fijen los ensayos más apropiados y una frecuencia de éstos que dé el suficiente grado de *fiabilidad*. Los valores medios y las desviaciones típicas admisibles deberán imponerse de acuerdo con las necesidades reales de la obra. El análisis estadístico permitirá definir mejor los niveles de calidad evitando criterios subjetivos con ventajas para ambas partes contratantes.

B) Juntas.

El tema de las juntas quizá sea el más interesante en los pavimentos rígidos. Desde luego, hasta ahora ha sido el problema fundamental, y la preocupación por llegar a soluciones óptimas se ha puesto bien claramente de manifiesto por el número, amplitud y detalle de las ponencias y comunicaciones libres del simposio que comentamos.

Con una rica aportación de experiencias y conclusiones, el tema se centró en los siguientes puntos:

- Concepción y comportamiento de las juntas.
- Ejecución práctica.
- Influencia de la capacidad portante de la base de apoyo.
- Movimientos diferenciales por efectos térmicos y del tráfico.

La experiencia ha mostrado la sorprendente influencia del gradiente térmico de la losa sobre movimientos y deflexiones que por tal motivo pueden variar en proporciones de 1 a 10.

El elemento esencial de discusión fue las *juntas transversales de construcción*. En caso de losas no armadas la separación entre estas juntas debe ser como máximo de 6 metros. Esta separación dependerá del clima de la zona de emplazamiento del tramo y de la naturaleza del árido empleado. En definitiva, con la separación debe conseguirse que las tensiones de origen térmico provocadas al coartar el alabeo de la losa o por la retracción inicial sean despreciables frente a las producidas por el tráfico.

Las juntas de dilatación tienden a suprimirse. En la Instrucción alemana de 1963 se fijó una separación para estas juntas de 200 metros, distancia que posteriormente fue ampliada; incluso empiezan a suprimirse en los contactos con las pequeñas obras de fábrica.

Las dificultades de lograr una junta de dilatación con buenas condiciones funcionales y el coste que esto supone, inducen a este abandono que se está generalizando en muchos países de Europa, según se expuso en el simposio.

Un tema interesante, dentro de la concepción de la junta, es la necesidad de establecer pasadores de transmisión de cargas entre losas contiguas para evitar asientos diferenciales. De las comunicaciones y coloquios se dedujo que disponer pasadores es ventajoso y económico a partir de una determinada intensidad de tráfico definida, lógicamente, por la proporción de vehículos pesados, que son los que dan lugar al movimiento de las losas. La fijación del umbral o límite de vehículos pesados no es fácil, ya que influyen las condiciones climáticas del emplazamiento y la capacidad portante de la base de apoyo.

Se citó como ejemplo que para capas de base estabilizadas con cemento, con espesores de 10 a 15 centímetros, pueden resistir bien las losas sin pasadores hasta 1.000 vehículos pesados/día por calzada, incluso en zonas húmedas y de temperaturas extremas.

En Austria se ha demostrado que si las losas se apoyan sobre capas de mezcla asfáltica de 8 centímetros de espesor, no son necesarios los pasadores hasta tráfico de 2.000 vehículos pesados. Los desniveles medios correspondientes al paso de un eje de 10 toneladas resultaron en la experiencia comentada de 0,017 milímetros para las juntas con pasadores, y de 0,015 para las juntas sin pasadores, pero con la capa asfáltica antes indicada.

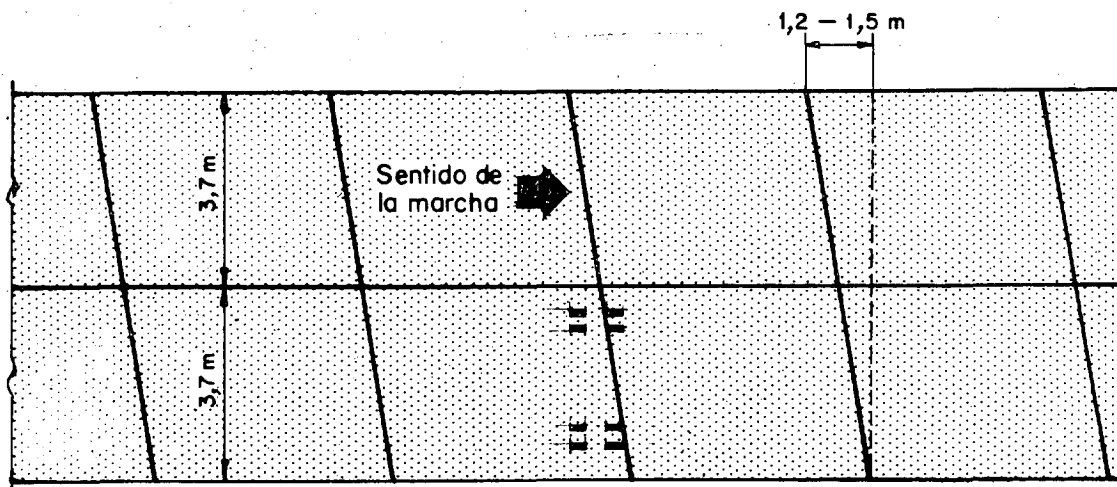
Según las últimas tendencias, el armado de las losas con el consiguiente espaciamiento de juntas no está justificado económicamente; además, con la distancia mayor entre juntas no se aprovecha el efecto resistente al desplazamiento vertical que produce la imbricación de los áridos en los bordes de las losas contiguas.

En la comunicación española de Kraemer y Santamaría se informó sobre el comportamiento de las juntas del tramo de ensayo (CN-II de Madrid a Francia por Barcelona) observado durante un período de cuatro años. La capa de base es de arena estabilizada mecánicamente; o sea, sin tratamiento con ligantes hidráulicos ni bituminosos. Esta observación sistemática ha mostrado que para temperaturas superiores a 20° C., las deflexiones diferenciales máximas son muy pequeñas, incluso en las juntas sin pa-

sadores; pero para temperaturas inferiores a 10-15° C., estas deflexiones son mucho menores en las juntas con pasadores [3].

Actualmente se usan cada vez más para mejorar el comportamiento de la junta y conservar el pavimento durante un período más largo con buen índice de servicio, las juntas transversales oblicuas [4]. La figura muestra una disposición

En la comparación juntas serradas *versus* juntas vibradas en fresco, se pusieron de manifiesto los pros y contras de ambos sistemas. Ya no se discute que las juntas serradas son las que en verdad garantizan la calidad de rodadura de la calzada. En cada caso, las condiciones económicas decidirán, pero no hay que olvidar los costes de conservación y reparacio-



El croquis muestra una disposición típica de juntas de contracción oblicuas. La oblicuidad es justamente la necesaria para que las ruedas de un extremo y otro de los ejes pesados no queden simultáneamente en el borde de una losa.

típica. La oblicuidad es justamente necesaria para que las ruedas de un lado, y de otro, de los ejes pesados no pisen simultáneamente en el borde de una losa; con ello se consigue una doble ventaja:

- Se reducen las deflexiones y tensiones en las juntas, aumentando en consecuencia la capacidad portante de la losa y se aumenta la vida del pavimento.
- El impacto en los vehículos cuando cruzan la junta es menor, y con ello, más suave la rodadura.

Otro método que se usa con los mismos propósitos es el de espaciamiento irregular de las juntas transversales de construcción para evitar fenómenos perjudiciales de resonancia. En California y otros Estados americanos se usa, para las separaciones, una repetición periódica definida por las siguientes longitudes de losas:

4 — 5,80 — 5,50 — 3,70 metros.

nes que pueden dar lugar las corrientes imperfecciones de las juntas vibradas.

Respecto a la obturación de juntas se siguen utilizando los productos asfálticos de aplicación en caliente y otros compuestos a base de resinas, pero para calzadas de calidad es preciso emplear perfiles de *neopreno*. Este sistema es mucho más seguro, pues con él se evita el peligro de despegue en tiempo frío o de afloramiento del producto a la superficie de la calzada en tiempo cálido. El *neopreno* resiste, asimismo a la abrasión y al efecto disolvente de los carburantes e impide la penetración en la junta de gravilla u otros elementos extraños que puedan coartar el juego de ésta.

Este material, que empezó a usarse en los Estados Unidos en 1958 y del que existe una experiencia concreta desde 1960, tiene la suficiente elasticidad para adaptarse a la junta y obturarla perfectamente en los límites máximo y mínimo de abertura, cualquiera que sean las temperaturas ambientes extremas. Esto obliga a una relación entre la abertura de la junta y

el ancho del perfil. La abertura debe variar entre 8/10 y 3/10 de este ancho.

Estos perfiles se imprimen con un líquido también a base de *neopreno*, que tiene una doble función: como lubricante en la introducción del perfil y como adhesivo después para asegurar la sujeción a los bordes de las losas que une. Si bien las juntas con preformados de *neopreno* son más caras —del orden del 25 al 100 por 100 respecto a las otras—, el incremento de coste compensa por la seguridad y calidad que dan a la calzada. Estas juntas suelen garantizarse por diez años.

Una comunicación austríaca [5] trató de las nuevas juntas no obturadas, serradas con muy poca abertura, con separación más reducida de lo normal y con base de apoyo asfáltica resistente e impermeable. Este nuevo sistema se caracteriza por los siguientes puntos esenciales:

- Juntas transversales serradas de 2 a 2,2 milímetros con separación de 5 metros.
- Capa de base de mezcla asfáltica en caliente.
- Losas sin pasadores ni mallazo.
- Ausencia de relleno o cualquier tipo de obturación.

Se augura éxito para este nuevo tipo de pavimento de hormigón por la sencilla ejecución, economía y una mayor duración con buen *índice de servicio*.

C) Conservación y reparaciones.

La dificultad de reparación de los pavimentos de hormigón hidráulico impone lógicamente la preocupación de tratar de evitarlas, aplicando para ello con el más estricto rigor todas las prescripciones técnicas y observando todas las reglas y limitaciones de la ejecución. No obstante, existen en el mundo muchos kilómetros de carreteras y autopistas con este tipo de pavimento que no fueron construidas con la depurada técnica actual, sobre todo en cuanto a juntas y bases de apoyo, que son las principales causas de deterioro. Por ello, ha sido preciso poner a punto métodos de reparación eficaces y seguros que permitan prolongar la vida de las calzadas en mal estado. El problema no preocupa en España, donde la longitud de carreteras de hormigón ha sido reducidísima hasta ahora en que empiezan a construirse de

acuerdo con las últimas concepciones de proyecto y los más modernos equipos de maquinaria; citemos como ejemplo el tramo de autopista para supresión de la travesía de Torrejón de Ardoz (CN-II) y el acceso al Valle de los Caídos.

Una solución tradicional de reparación es la cubrición con mezcla asfáltica. Se ha empleado en los Estados Unidos; es el llamado *overlaying*, que ahora se aplica sistemáticamente en varios Estados en cuanto el *índice de servicio* (*) es inferior a 2,5. La transmisión de fisuras y juntas a la superficie asfáltica no constituye preocupación para los ingenieros americanos.

El empleo de morteros de cemento para pequeñas reparaciones se sustituye cada vez más por morteros de resinas sintéticas, preferentemente las resinas epoxídicas. Estos morteros tienen resistencias a la compresión y a la flexión, que son 3 y 5 veces superiores, respectivamente, que las de los morteros normales de cemento.

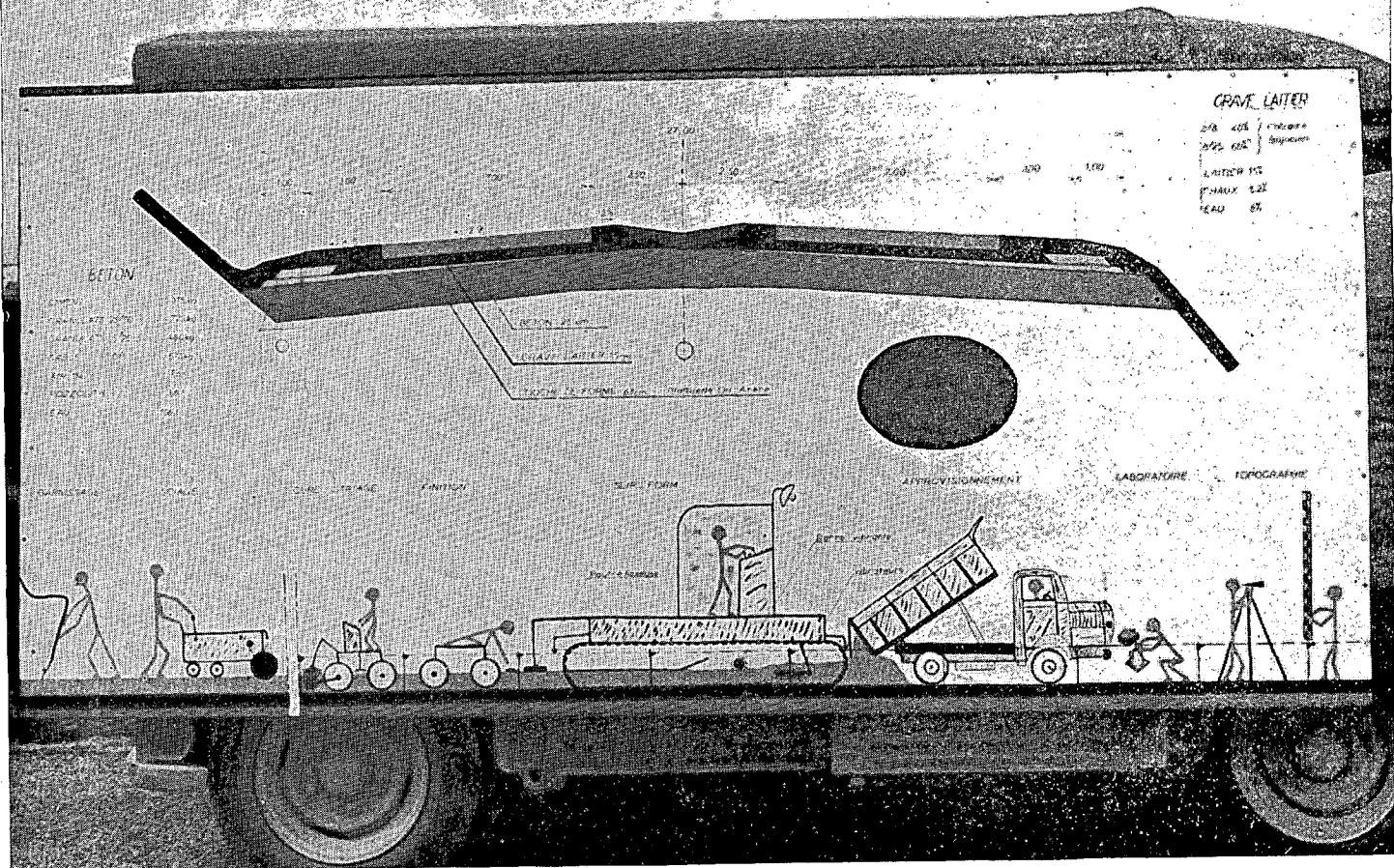
Se recomienda el empleo de morteros con resinas *epoxy* cuando los baches u otras irregularidades de la superficie de rodadura tienen menos de 4 centímetros de profundidad. Cuando son precisas aplicaciones de mayor espesor se aplica hormigón de las mismas características que el de la losa sobre una capa de adherencia de resina *epoxy*.

Dada la variedad de este tipo de resinas que ofrece actualmente el mercado es necesario extremar el cuidado en la elección del tipo a emplear mediante los correspondientes ensayos de recepción.

En todo caso, para estas reparaciones hay que actuar con precaución. Es interesante citar en este punto una intervención oral italiana en que se manifestó la desconfianza ante las resinas epoxídicas por los fracasos de adherencia que habían tenido en la calzada, no obstante los resultados favorables de los ensayos de laboratorio.

Respecto a la reparación de juntas y fisuras merecen citarse las comunicaciones del *Comité del Cembureau* [6] y [7]. En la primera se describen las causas de los desperfectos y los métodos de reparación, que deben adaptarse a la función de la junta. Con estos métodos se asegura una vida muy larga, prácticamente limitada, de las juntas reparadas.

(*) Este índice es el llamado PSI, *Present Serviceability Index*, definido como consecuencia del Ensayo WASHO.



Panel con la sección-tipo y esquema del proceso de ejecución.

El perjudicial efecto de las sales fundentes de deshielo surgió también entre los temas de conservación. Existen pavimentos de hormigón con insuficiente proporción de aire ocluido (*), lo que es peligroso para los ataques del hielo y para los de las sales. La experiencia ha demostrado que una buena solución es la imprimación del pavimento con aceite de linaza. Se recomienda hacer la imprimación cuando la superficie esté seca y caliente; en Europa debe imprimirse cada dos años.

D) Pavimentos de armadura continua.

Dentro de la técnica de los pavimentos armados, y con el deseo de suprimir las juntas de construcción con su riesgo de un funcionamiento defectuoso cuando la ejecución o la conser-

(*) Esta proporción debe ser como mínimo del 3,5 por 100 en un hormigón de buena calidad.

vación no es buena —lo que da lugar a una notable reducción de la comodidad de rodadura—, se ha tendido a la solución de armadura continua que últimamente ha alcanzado una gran extensión en los Estados Unidos.

Los tramos de ensayo de este país, pionero siempre de la técnica vial, han permitido definir las condiciones óptimas de la solución. Esta en esencia consiste en armar longitudinalmente las losas con redondos de 16 milímetros y cuantías del orden del 0,7 por 100 (*).

Las losas pueden tener una longitud indefinida, limitada sólo por las obras de fábrica. Los dispositivos de extremidad que se establecen, generalmente contiguos a los estribos de estas obras, tienen secciones de 0,45 x 1,30 metros, aproximadamente.

Se pueden emplear para los pavimentos de armadura continua las máquinas de encofrado

(*) Esta cuantía supone 11 y 14 Kg./m.² para espesores de losa de 20 a 25 centímetros, respectivamente.

deslizante, ya que éstas se pueden dotar con un equipo complementario para colocación de las armaduras por vibración. Si el hormigón se hace en dos capas, la armadura se coloca sobre la primera capa.

Con los pavimentos de armadura continua se logra una rodadura mejor que con los de juntas serradas, pero la solución es cara, ya que sólo permite reducciones de espesor del 20 por 100 respecto a las losas no armadas, y esto incluso con el ahorro de juntas no compensa el costo de las armaduras.

Las numerosas intervenciones de esta sesión dieron lugar a una larga discusión, en la que se consideraron los dos tipos: fisuración y fisuración controlada. En el primer caso no es preciso obturar las juntas.

La técnica de fisuración libre que es la más empleada en los Estados Unidos, se usa también en Inglaterra en soluciones de *negro sobre blanco*, especialmente para vías urbanas de tráfico pesado [8]. Su ventaja reside en que las fisuras del hormigón no afloran a la superficie del revestimiento asfáltico.

A partir de los primeros tramos experimentales con los que el *Road Research Laboratory* inició la promoción de esta técnica, se ha llegado a la solución actual. El pavimento asfáltico viene siendo el mismo que el normal de nuestros firmes flexibles, con 10 centímetros de espesor (6 cm. de capa intermedia y 4 cm. de capa de rodadura). El espesor de la base de hormigón armado depende del tráfico y de las características del terreno subyacente:

- de 20 a 25 centímetros para un tráfico superior a 3 000 vehículos pesados/día, según la capacidad portante del suelo.
- de 18 a 23 centímetros para un tráfico de 1 500 a 3 000 vehículos pesados/día, también según la capacidad portante del suelo.

El armado es del orden de 5,7 Kg./cm.², o sea una cuantía del 0,2 al 0,3 por 100 según el espesor de la losa.

El sistema de fisuración controlada se ha utilizado, principalmente, en Suiza, incluso en losas de espesor reducido (10 cm.), salvo la presencia de algunas grietas longitudinales en los bordes, estos pavimentos se han comportado bien durante un período de seis años.

E) Acabado superficial.

Con el acabado superficial se pretende conseguir las mejores condiciones posibles de rodadura para el usuario y lo que es aún más importante, evitar todo peligro de deslizamiento que, en días de lluvia puede dar origen a accidentes mortales.

El problema de deslizamiento constituye, lógicamente, una gran preocupación y hay que reconocer que en los últimos años se ha realizado un gran esfuerzo para conseguir pavimentos antideslizantes para cualquier velocidad de los vehículos, con permanencia de esa cualidad durante todo el período de servicio del tramo. Asimismo se han estudiado tratamientos de corrección para pavimentos de hormigón desliantes.

Los trabajos aportados a esta Sesión son un claro índice de este esfuerzo y de los problemas planteados. Por ejemplo, conseguir una capa de rodadura antideslizante para todas las condiciones y todas las velocidades es difícil, ya que, indudablemente, hay una contradicción de exigencias entre un área máxima de contacto entre la rueda y el pavimento y la eliminación del agua entre ambos; esto es, para la evacuación del agua de lluvia la textura debe ser rugosa, pero para asegurar un área grande de contacto la rugosidad debe ser fina.

Después de escuchar las referencias aportadas en las comunicaciones sobre los diversos métodos para medir la rugosidad, el profesor Ariano, señaló el gran interés de llegar a una confrontación entre los resultados obtenidos por los aparatos empleados en los distintos países a los efectos de la equivalencia y correlación que permita una comparación de valores críticos.

Respecto al acabado superficial y para la conservación de la rugosidad en el tiempo, se tiende al estriado profundo (profundidades superiores a 0,6 mm.) obtenido por cepillado transversal con púas de acero.

La textura superficial del hormigón y las características óptimas del estriado se han estudiado a fondo. Sobre este último punto merece citarse la investigación llevada a cabo para el Aeropuerto de Orly y la interesante película sobre los ensayos realizados en pistas experimentales para determinar las condiciones del estriado en este aeropuerto.

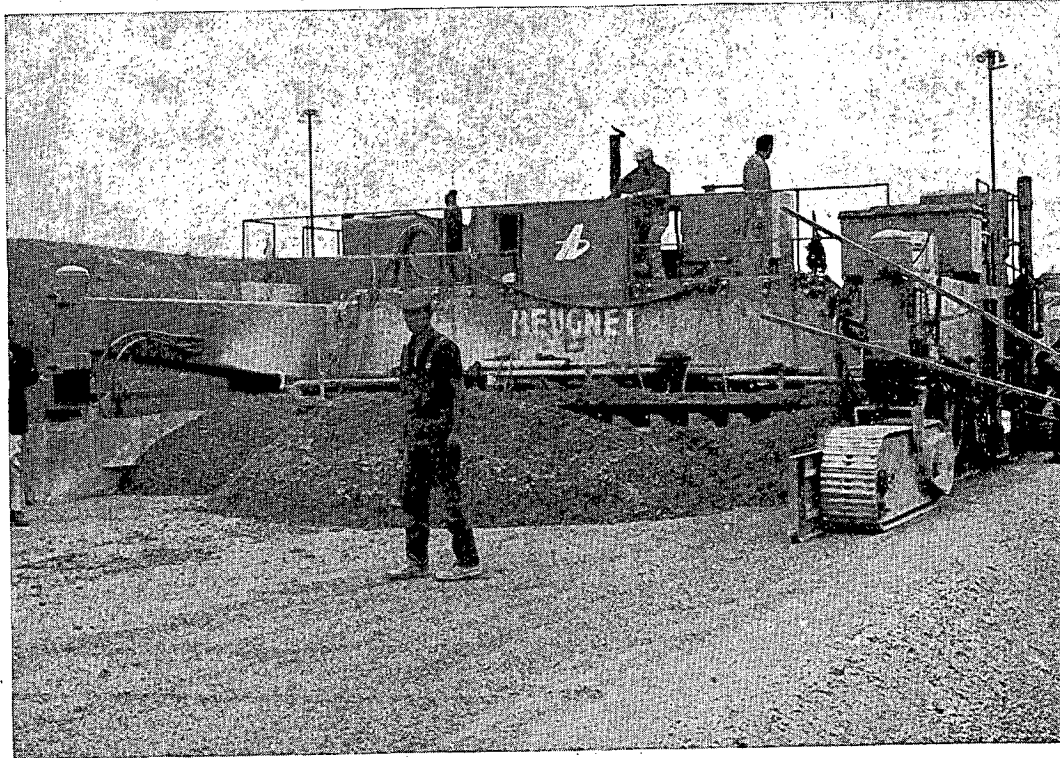
VISITA DE ESTUDIOS

Como complemento de las jornadas de informes y debates, se realizó una visita de estudios a las obras de la Autopista París-Lyon, tramo de Athie a Pouilly-en-Auxois (Departamento de Dijón). Este tramo de 57,900 kilómetros de longitud, se dividió en tres lotes para la adjudicación.

Solución adoptada:

- 15 cm. de base grava-escoria, eventualmente sobre una capa drenante de 20 centímetros.
- 25 cm. de hormigón.

Para mantener el espesor inicial de 63 centímetros y no introducir variaciones en el per-



En la visita de estudios al tramo en construcción de la autopista París-Lyon, los participantes vieron el extendido de la base de grava-escoria con la máquina de encofrados deslizantes.

Indicaremos, a título informativo, que este tramo se había proyectado con firme flexible pero por la necesidad de una política de equilibrio entre pavimentos negros y blancos se sustituyó por firme de hormigón hidráulico. Las secciones estructurales correspondientes son las que se definen a continuación:

Solución primitiva:

- 35 cm. de subbase granular 0/30 mm.
- 15 cm. de base de grava-cemento 0/30 milímetros.
- 13 cm. de mezcla asfáltica.

fil longitudinal, o sea, en las cotas de explanación y obras de fábrica del proyecto primitivo, esta última sección se ha complementado con 23 cm. de explanada mejorada.

Para la solución de firme de hormigón también se pensó en principio en base de grava-cemento, pero se decidió el empleo de grava-escoria por dos ventajas esenciales que más adelante se indicarán.

El empleo de mezclas de grava con escoria granulada se ha extendido notablemente en Francia merced a un esfuerzo coordinado de productores y Departamentos de Carrete-

ras. La escoria granulada se obtiene por el enfriamiento brusco mediante agua a presión de la colada de horno alto, consiguiéndose un material de 0/5 mm. Este material, incorporado al árido inerte a modo de agente conglomerante, da lugar a capas monolíticas de elevada capacidad portante.

En la obra que nos ocupa el árido procedía de machaqueo de caliza con una granulometría deficiente en material fino que exigía la corrección por adición de arena. Como esta arena era cara por la distancia de transporte, se decidió sustituirla por escoria granulada que cumplía una doble función: granulométrica y resistente.

La segunda ventaja de la grava-escoria era la de que permitía la extensión en febrero y marzo — lo que era necesario para cumplir el plazo de ejecución —, y esto con grava-cemento era peligroso. La proporción de escoria es del 15 por 100, incorporándose un 1 por 100 de cal apagada como catalizador.

En el hormigón de las losas se empleó árido grueso porfídico con coeficiente Los Angeles de 11. Las fórmulas de trabajo se adaptaban a la siguiente dosificación típica:

- 725 Kg. de árido de 25/50 mm.
- 460 Kg. de árido de 5/25 mm.
- 700 Kg. de arena.
- 315 Kg. de cemento.
- 600 gr. de plastificante.
- 60 gr. de aireante.

Tanto la base de grava-escoria como el hormigón de pavimento se extienden con máquinas de encofrados deslizantes. Se emplean dos tipos diferentes; en los lotes números 2 y 3 el tren consta de dos orugas independientes que soportan, sobre cuatro gatos hidráulicos, un chasis que lleva los diferentes órganos del equipo, guiado en nivel y dirección por dos palpadores electrónicos que se apoyan sobre dos cables de acero. En el lote número 1 el tren lleva cuatro orugas.

Las juntas transversales se disponen con oblicuidad y separación variable según se indicó antes al hablar del tema.

CONSIDERACION FINAL

En el presente informe se ha pretendido recoger los puntos más importantes entre los debatidos en el simposio de París. El lector habrá advertido el avance y complejidad de esta técnica de pavimentación vial en la que más que en otras se precisa la perfección para evitar difíciles y costosas reparaciones:

Es una técnica viva y joven que presenta gran diversidad. Los tipos de juntas, la solidez de las bases de apoyo, las losas de armadura continua, el estriado que confiere rugosidad permanente, etcétera, son puntos sobre los que debe proseguir la investigación y la observación de las calzadas en servicio para acercarse cada vez más a la perfección y a la economía.

Según dijo M. Coquand en el discurso de clausura, la técnica de los pavimentos blancos nos reserva muchas mejoras y seguridades, pero para ello es preciso un gran esfuerzo de unificación basado en el intercambio de experiencia. En este aspecto el I Simposio Europeo de Pavimentos de Hormigón, por su aportación de variada experiencia ha constituido un éxito, cumpliendo el objetivo propuesto y sirviendo a la vez de estímulo para los especialistas de los diversos países en esta hora de la sociedad motorizada que inaplazablemente exige muchas vías de gran tráfico.

REFERENCIAS

1. J. BARON y E. LESAGE: *Fondements théorique et pratique d'une méthode de composition des bétons.*
2. Ch. PAREY: *Contrôles dans la construction des chaussées de béton.*
3. C. KRAEMER y L. SANTAMARIA: *Performance of concrete pavement joints under controlled loads.*
4. P. FORDYCE: *Joint design for concrete pavements.*
5. R. SPRINGENDSCHMID: *Essais et expériences sur des joints longitudinaux et transversaux.*
6. Comité de Cembureau: *Reparations des joints.*
7. Ibid: *Méthodes de réparation des fissures dans les chaussées de béton.*
8. E. BURKS: *Continuously reinforcing paving as base form asphalt running surface.*