construcción de un pavimento rígido para autopistas

- la variante de Torrejón de Ardoz -

ALVARO GARCIA MESEGUER, Dr. Ing. de Caminos
RAFAEL FERNANDEZ SANCHEZ, Dr. Ing. de Caminos

introducción

trazado y secciones

En el pavimento no se han dispuesto juntas de dilatación. Las de contracción se han realizado cada 6 m y van provistas de un material de reserva inferior (fibrocemento ondulado) y pasadores $\varnothing$ 25 de 50 cm de longitud, espaciados a 50 cm. La junta longitudinal va provista de anclajes $\varnothing$ 12 de acero de alta adherencia colocados cada 50 cm. Todas las juntas se obturan con neopreno, realizándose las ranuras correspondientes mediante corte del hormigón duro con disco de diamante.

sección transversal tipo

Los arcenes y paseos laterales se han ejecutado con mezclas bituminosas. La mediana y terraplenes recibirán más adelante plantaciones adecuadas al clima seco de la zona.

La sección tipo y restantes características geométricas de la autopista se han adaptado al Grupo 60 de las Normas de Proyecto de la Dirección General de Carreteras, para una velocidad específica de 120 km/hora.

principales características exigidas en el pliego de condiciones

Sub-base estabilizada con cemento

Equivalente de arena	> 25 (se obtuvo = 35)
Contenido de cemento	= 3 % en peso
Resistencia a 7 días *	= 9,6 kp/cm ² (se obtuvo = 12 kp/cm ²)

Gravacemento

Equivalente de arena	> 30 (se obtuvo = 75)
Huso granulométrico	= G.C.1
Contenido de cemento	= 5 % en peso
Resistencia a 7 días *	= 35 kp/cm ² (se obtuvo = 45 kp/cm ²)

Hormigón del pavimento

Número mínimo de tamaños de áridos	= 0-8, 8-18, 18-35 mm
Contenido de cemento	= 320 kg/m ³ de P-350
Relación agua/cemento	≦ 0,45
Resistencia a compresión a 28 días	≧ 300 kp/cm ²
Resistencia a flexotracción a 28 días	≧ 46 kp/cm ²

estudio del hormigón

Con la antelación necesaria se emprendió en el Instituto Eduardo Torroja un estudio de laboratorio para establecer la dosificación óptima, con objeto de alcanzar las mayores resistencias compatibles con una buena colocación del material con el tren de hormigonado.

El análisis del agua no arrojó ninguna anomalía, así como tampoco el de los áridos, todos los cuales eran rodados y de naturaleza silíceo. El contenido en finos de la arena (tamiz 0,080 UNE 7050) fue objeto de especial atención, comprobándose en diversas muestras que no superaba el 2 %, cifra perfectamente admisible.

Las curvas granulométricas de las tres fracciones disponibles pueden verse en el gráfico 1. A partir de ellas se establecieron cinco dosificaciones distintas: dos de ellas adaptadas a la parábola de Fuller y las otras tres adaptadas al huso de la Instrucción alemana de pavimentos de hormigón. En todas ellas se mantenía constante el contenido en cemento, 320 kg de P-350, y la relación agua/cemento, igual a 0,43.

* Después de 4 horas de inmersión en agua.

curva granulométrica

gráfico 1

En la tabla 1 figuran los distintos tipos estudiados y los resultados medios obtenidos. Las diversas dosificaciones aparecen representadas en el gráfico 2.

A la vista de los resultados obtenidos se seleccionaron para su estudio en obra las dosificaciones I y III. La II fue desechada por exceso de agua y bajas resistencias. La IV, que proporcionaba muy buenos resultados, resultaba prohibitiva en el aspecto económico por exigir una recomposición de la arena para mejorar su granulometría. En fin, la V correspondía a masas difícilmente trabajables (21 segundos de compactación VEBE).

Posteriormente se comprobó en obra que el tipo III era menos adecuado para el trabajo del tren que el tipo I, debido sin duda a que la fracción fina de la arena era muy elevada (80 % inferior a 2 mm). En definitiva, se empleó la dosificación I, en la que se suprimió posteriormente el aditivo.

El mayor consumo de gravilla que supuso la dosificación empleada creó dificultades de suministro hacia el final de la obra, por lo que esta fracción rodada hubo de ser sustituida por otra procedente de machaqueo. La adaptación a las nuevas condiciones no originó ningún problema.

TABLA 1

	I	II	III	IV	V
Grava 18/38	582 kg	582 kg	490 kg	490 kg	490 kg
Gravilla 8/18	755 kg	755 kg	585 kg	585 kg	575 kg
Arena de río 0/8	630 kg	630 kg	880 kg	880 * kg	630 kg
Arena caliza 2/6	—	—	—	—	270 kg
Cemento P-350	320 kg	320 kg	320 kg	320 kg	320 kg
Agua	138 kg	153 kg	137 kg	137 kg	137 kg
Frioplast PCH-4	640 g	—	600 g	600 g	600 g
Relación A/C	0,432	0,48	0,428	0,428	0,428
Asiento en cono (cm)	1,5	3,0	0,3	1,0	0,5
Tiempo de compactación en segundos (VEBE)	8	7	20	14	21
Aire ocluido (%)	2,7	0,9	3,0	2,8	2,6
Densidad (g/cm ³)	2,44	2,45	2,43	2,43	2,44
Resistencia media a flexotracción a 7 días (kp/cm ²)	48,0	40,0	48,4	49,2	42,4
Resistencia media a compresión a 7 días (kp/cm ²)	386	276	370	365	355

* Arena tamizada por malla 2,38 mm y tomando el 65 % del que pasa y el 35 % de lo retenido.

gráfico 2

descripción general de la ejecución

Fabricación y transporte del hormigón

Se fabricaba el hormigón en una central automática IBAG de 120 m³/hora de capacidad. La central va provista de una amasadora de eje vertical capaz para 3 m³, aunque las amasadas se hacían de 2 m³ para no forzar el automatismo de la planta, desfavorablemente influido por las variaciones de tensión del fluido eléctrico. El vertido se realizaba por gravedad, con altura libre de caída inferior a un metro.

El transporte se efectuaba en camiones de caja especialmente preparada para conseguir un vuelco lateral a la altura requerida, sin retención de material en la caja. Esta preparación era importante porque del automatismo del vuelco dependía el ritmo de avance del hormigonado, dados los grandes rendimientos de las diversas máquinas del tren. Otras formas de suministro, tales como los camiones-hormigonera, no habrían resultado adecuadas por su mayor lentitud.

Al estar colocada la central en el punto medio de la obra, la distancia máxima de transporte no llegó a superar los 4 km; esto permitió prescindir de lonas de cobertura en los camiones.

Encofrados y preparación de la base

Las piezas de encofrado, de 25 cm de altura, se colocaban sobre lecho de mortero pobre de muy pequeño espesor, dada la buena regularidad de acabado de la base. La nivelación del

Plataforma de cabeza, con rollos de plástico y material de preparación de juntas.

El fibrocemento se sujeta mediante pequeñas escuadras de chapa clavadas al terreno.

Base preparada con lámina de plástico y las tiras de fibrocemento de juntas.

encofrado se realizaba cuidadosamente y en ningún caso resultaron cejas entre carriles superiores al milímetro. La fijación del encofrado se consiguió bien utilizando clavos cortos, de 15 cm, colocados a maza.

Puesto el encofrado y barrida la superficie de la base, se colocaba sobre ésta una lámina de polietileno y se disponía el material de reserva de juntas en los lugares adecuados. La sujeción al suelo de las tiras de fibrocemento se efectuaba con pequeñas chapas de perfil en L, colocadas cada metro de distancia, que recibían el fibrocemento por una escotadura y se clavaban al suelo por su tacón. La firmeza de esta sujeción resultó suficiente, como quedó después demostrado por el buen comportamiento de las juntas.

Las operaciones de preparación de la base venían facilitadas por una plataforma móvil provista de dos tambores con sendos rollos de polietileno, en la que se transportaba además el fibrocemento ondulado de las juntas.

Puesta en obra del hormigón

La puesta en obra se llevó a cabo con un tren ABG formado por las siguientes máquinas:

- Una extendedora de cubo, con fondo móvil.
- Una compactadora-terminadora transversal.
- Una colocadora de pasadores en juntas.
- Un cuchillo vibrante para juntas en fresco.
- Una terminadora diagonal.
- Una esparcidora de producto de curado.

Tren completo de hormigonado ABG.

El acabado final se daba a mano, con cepillo, desde la última máquina e inmediatamente antes de extender el producto de curado. Tras de dicha máquina avanzaba una serie de tejadillos de protección de 200 m de longitud.

En general, se procuraba no ejecutar juntas vibradas en fresco. Cuando las condiciones de cambios de temperatura previstos las hacían aconsejables, se vibraban juntas cada 36-48 m, colocando tiras de poliuretano para su obturación provisional. Posteriormente se prefirió emplear tiras de fibrocemento, cuyo comportamiento al paso de la terminadora fue más satisfactorio, debido a su mayor rigidez.

1

5

2

6

3

7

4

8

1. Camión de vuelco lateral descargando en la extendidora de cubo.
2. Compactadora-terminadora transversal en acción.
3. Aspecto de la superficie detrás de la compactadora.
4. Colocadora de pasadores por vibración.

5. Huellas tras la colocación de los pasadores y vista del cuchillo vibrante.
6. Terminadora diagonal.
7. Superficie terminada y acabado de bordes. Al fondo, la repartidora del producto de curado.
8. Textura antideslizante mediante cepillado transversal.

Desencofrado

El desencofrado se realizaba entre las 24 y las 36 horas de edad del hormigón, por procedimientos manuales. El despegue había de llevarse a cabo con las debidas precauciones para no dañar la arista superior de la losa. El aspecto del hormigón al desencofrar confirmó siempre la eficacia de la compactación efectuada por las máquinas del tren.

Desencofrado. En este caso, la posición del pico no es correcta.

Ejecución de juntas

Con la excepción apuntada más arriba, todas las juntas se hicieron serradas con disco de diamante. En los tramos en que se habían dispuesto juntas vibradas, se procedía al serrado de las juntas transversales intermedias inmediatamente después del desencofrado. En los que no llevaban tales juntas, se procedía al serrado de una junta cada tres, a las 8-12 horas de edad del hormigón, para evitar una fisuración prematura; y se realizaba luego el serrado de las restantes, conservando siempre una secuencia alternada de ejecución.

En cuanto a la junta longitudinal, su edad de serrado no era crítica y se efectuaba algunos días más tarde.

Cortes de las juntas transversales y longitudinal.

obtención con neopreno

En general, el serrado de unas y otras juntas se realizaba en dos fases: la primera, con 3 mm de anchura y la profundidad definitiva, se ejecutaba a las edades más arriba mencionadas y al ritmo que imponía el avance del hormigonado; y la segunda, de formación del cajeadado para alojar el perfil de neopreno, se hacía con desfase de algunos días de edad, formando parte del tajo de acabado de juntas, cuyo ritmo podía independizarse del de hormigonado. El tajo de acabado incluía también el biselado de bordes de la junta, con objeto de facilitar la introducción del perfil y eliminar el peligro de descantilladuras al paso del tráfico. Las juntas se limpiaban luego con chorro de arena en circuito cerrado, procediéndose seguidamente a la colocación del neopreno.

Aquellas juntas que habían sido vibradas y obturadas provisionalmente se mantuvieron intactas hasta su apertura. Después se serró el material de obturación provisional con el perfil geométrico del cajeadado necesario para la introducción del neopreno. En alguna de estas juntas, y a título experimental, se habían dispuesto anclajes entre losas además de los pasadores, comprobándose más tarde que la apertura de la junta era inapreciable. En consecuencia, estas juntas no se serraron.

Operaciones finales

El último tajo que actuaba sobre el pavimento estaba encargado de pequeñas reparaciones con resina epoxi. Estas reparaciones fueron de dos tipos:

- a) aquellas fisuras no controladas que se presentaban esporádicamente, fueron descarnadas en unos 10 cm de profundidad y rellenas con mortero de epoxi. Lo mismo se hizo con las pequeñas coqueas superficiales aparecidas en algunos puntos;
- b) las descantilladuras producidas en algunas juntas durante el serrado fueron reparadas con mortero de epoxi antes de proceder al biselado de la junta. Por otra parte, cuando existía alguna fisura en la zona de junta, se demolía toda la zona y se rellenaba con mortero de epoxi u hormigón, según el volumen de la reparación.

La formulación epoxídica se estudió para conseguir una coloración análoga a la del hormigón, con lo que las reparaciones quedaron disimuladas convenientemente.

Para preservar las aristas laterales de la losa se procedió a su biselado antes de colocar las capas bituminosas de los arcenes. De este modo, el paso de vehículos de la calzada al arcén

Vista de las dos calzadas principales con el firme de hormigón acabado.

Calzada terminada, con bandas laterales pintadas sobre los arcenes.

no descantillará los bordes de la losa, cosa que ocurriría inevitablemente en otro caso, dada la diferencia de rigidez de ambos elementos.

En fin, una vez terminados los arcones, se procedió a pintar sobre ellos, y junto al hormigón, las bandas blancas laterales, con el fin de conseguir carriles de 3,50 m de anchura útil.

La línea amarilla discontinua de separación de carriles no se pintó centrada, ya que hubiese resultado antiestético al quedar cortada por la junta longitudinal. Se ha preferido desplazarla hacia el carril de circulación lenta, dejando así ligeramente más ancho el de circulación rápida, lo que es acorde con su función.

Control de la ejecución

En cabeza de avance se verificaba el control de nivelación de los carriles y el de la distancia entre encofrados; el primero con nivel topográfico y el segundo pasando un gálibo.

En el tajo de hormigonado se comprobaba el asiento en cono de Abrams y el contenido en aire ocluido. Y se confeccionaban 6 probetas prismáticas y 6 cilíndricas cada día (3 para 7 y 3 para 28 días); estas últimas con objeto de establecer las oportunas correlaciones.

GRAFICO DE RESISTENCIAS A COMPRESION

— ROTURA A 7 DIAS
- - - ROTURA A 28 DIAS
— RESISTENCIA MEDIA 322 kg/cm²

gráfico 3

GRAFICO DE RESISTENCIAS A FLEXOTRACION

— ROTURA A 7 DIAS
- - - ROTURA A 28 DIAS
— RESISTENCIA MEDIA 47 kg/cm²

gráfico 4

Comprobación de la regularidad de la superficie mediante regla rodante.

Detalle del estriado transversal para alta velocidad.

La resistencia media obtenida a lo largo de toda la obra ha sido de 47 kp/cm^2 en flexotracción y de 322 kp/cm^2 en compresión sobre las medias probetas resultantes del ensayo anterior, ambas a 28 días de edad. Las resistencias de cada día aparecen en los gráficos 3 y 4.

Sobre el pavimento terminado se hizo la comprobación de regularidad con regla de 3 m, obteniéndose resultados muy alentadores. La mayor parte del pavimento presenta diferencias menores de 3 mm, es decir, puede ser calificado de muy bueno. Por encima de 5 mm y sin llegar en ningún caso a los 10 mm, se han detectado irregularidades tan sólo en 101 losas, o sea, en un 3 % de las losas ejecutadas *. El área total afectada por estas irregularidades totaliza unos 90 m^2 , que podrán ser objeto de cepillado con máquina apropiada si así se decide. De este modo resulta un porcentaje estricto de superficie cepillable del 1 %, aun cuando en la práctica, dada la pequeñez de cada zona, será prudente contar con una cifra varias veces mayor.

Por último, se ha efectuado también la medición de la altura media de las estrías para comprobar la eficacia del cepillado superficial, lo cual está íntimamente relacionado con las características de adherencia del firme. Se utilizó el procedimiento inglés del círculo de arena, resultando una altura media de 0,5 mm, que es la considerada como óptima para velocidades del orden de los 100-120 km/hora. Conviene recordar, a estos efectos, que la Cement and Concrete Association recomendaba, hasta el año pasado, una altura de 0,6 mm para velocidades superiores a 140 km/hora, habiendo sido elevada esa cifra recientemente a 0,75 mm.

algunas enseñanzas extraídas

Por ser esta autopista española la primera que se resuelve con pavimento rígido, parece oportuno reseñar aquí las enseñanzas más destacables que se han obtenido durante la construcción de este último.

* En Francia se considera un buen resultado cuando esta cifra no supera el 4 %.

Importa comenzar diciendo que *la central de hormigonado es el auténtico responsable de la calidad del pavimento*, idea ésta que, por muy elemental que parezca, nunca se repetirá bastante. La homogeneidad de las masas y la regularidad de suministro son los dos pilares sobre los que se asienta una buena ejecución.

En la obra que comentamos no se presentaron dificultades cuando la central funcionaba correctamente; viceversa, cuando ésta se comportó con irregularidad, ello repercutió siempre en la puesta en obra. Es de justicia señalar que las irregularidades mencionadas eran ajenas al constructor, teniendo la mayor parte su origen en el hecho de tratarse de una instalación recién estrenada.

Abstracción hecha del suministro, *el ritmo de avance viene marcado por la primera máquina del tren*, es decir, por la extendidora. En la obra ha resultado un avance medio por día de trabajo igual a 250 metros lineales *, con máximos de 430 m, equivalentes a 780 m³ de hormigón en jornada de 12 horas. Como en ningún momento se agotaron las posibilidades de la extendidora, puede concluirse que la capacidad práctica del tren, con una sola de estas máquinas, es del orden de los 40 a 50 metros lineales por hora.

Resultó confirmada también la posibilidad de alcanzar al día, e incluso superar, un *avance igual al tercio de la capacidad total del encofrado*, o, lo que es lo mismo, al sexto de los metros lineales de encofrado disponibles. Ello requiere una buena organización del tajo de desencofrado y transporte, como efectivamente se hizo.

La máquina colocadora de pasadores por vibración demostró ser totalmente eficaz, simplificando y economizando notablemente la ejecución al permitir prescindir de las cunas me-

* Hay que tener en cuenta que el tren de hormigonado trabajó pocas horas durante muchos días, especialmente en los primeros, por averías de la planta.

Autopista en servicio: Apertura 11 de octubre de 1968.

táticas de sujeción. Las huellas dejadas por la acción de esta máquina son perfectamente corregidas por la terminadora diagonal.

Se ha pagado el tributo de algunas irregularidades finales en la rodadura a cambio de la enseñanza de que *la terminadora longitudinal no debe detenerse en su trabajo*, ya que las pasadas y nuevos avances de esta máquina son difícilmente empalmables con la continuidad general del acabado. Esta razón viene a incrementar la responsabilidad que tienen los cortes de suministro en el resultado final.

Una vez más se ha comprobado *la superioridad de las juntas serradas sobre las vibradas*, habiendo de confesar por nuestra parte que la ejecución de estas últimas no ha sido totalmente satisfactoria. Se comenzó obturándolas provisionalmente con tiras de poliuretano, que ofrecían la dificultad de no mantener del todo su posición inicial al paso de la terminadora. Al cambiarlas por fibrocemento mejoró el efecto antedicho, dada la mayor rigidez de éste, pero no siempre se consiguieron juntas tan rectas y limpias como se esperaba. En cambio, el serrado del fibrocemento, de cuya facilidad se dudaba, no ofreció dificultad.

El ritmo de serrado de juntas viene marcado, evidentemente, por el de avance diario y ha de ajustarse a él sin el menor agobio. Significa esto que *las disponibilidades de serradoras han de ser holgadas*, no debiendo confiarse a improvisaciones de última hora, que conducen siempre a fracasos. En la obra que se comenta se presentaron algunos en los primeros días, precisamente debidos a esta causa.

Un factor primordial para la determinación de las disponibilidades mínimas necesarias de máquinas serradoras reside en la naturaleza del árido, ya que los rendimientos (y por supuesto, los costes) pueden variar fácilmente de 1 a 10 en función de dicha variable. Para lo sucesivo hay que tomar buena nota de la conveniencia —por no decir necesidad— *de efectuar ensayos previos de serrado* con el hormigón que vaya a emplearse, con objeto de poder determinar los rendimientos previsibles.

El serrado con máquinas convencionales es perfectamente admisible siempre que esté a cargo de operarios experimentados; pero *es clara la conveniencia de emplear, para estos pavimentos de autopista, una máquina serradora a todo ancho* con varios discos de acción simultánea. Su rendimiento y calidad en la ejecución así lo aconsejan.

En cuanto a la *junta longitudinal*, quedó demostrado el hecho (con el que se contaba desde un principio) de que *su serrado puede demorarse siempre que se prohíba todo tipo de tráfico sobre las losas*. Cumplida esta norma a rajatabla, no existe peligro de fisuración longitudinal aunque pasen varios días antes del serrado. Sin olvidar, como es obvio, que a mayor edad del hormigón corresponde mayor dificultad y coste de la operación.

algunos datos de interés

mano de obra

La mano de obra necesaria para la ejecución de un pavimento de autopista de hormigón en masa, con un tren de hormigonado, puede estimarse como sigue, de acuerdo con la experiencia adquirida en la realización que comentamos:

Central de hormigonado

- 1 palista y 1 peón en acopios y alimentación.
- 1 operador y 4 peones en la central.

Transporte

14 conductores.

Encofrado y desencofrado

1 capataz.

14 peones.

Preparación de base y juntas

1 capataz.

7 peones.

Tren de hormigonado

1 capataz general.

1 maquinista y 3 peones en la extendidora.

1 maquinista y 4 peones en la compactadora-terminadora transversal.

1 maquinista y 1 peón en la colocadora de pasadores.

1 maquinista y 1 peón en el cuchillo vibrante.

1 maquinista y 1 peón en la terminadora diagonal.

2 peones en acabado de bordes.

1 maquinista y 1 peón en la esparcidora de producto de curado.

Serrado y obturación de juntas

Variable según el número y tipo de máquinas.

costes

El precio de coste directo del pavimento terminado (hormigón en masa de 26 cm de espesor real) ha resultado de 400 ptas./m², según datos facilitados por Constructora Internacional. El desglose porcentual es como sigue:

Equipo	28,6
Juntas	19,9
Cemento	18,6
Aridos	17,9
Mano de obra	9,8
Armaduras de borde	3,6
Curado	1,6
TOTAL	100,0

En Equipo se incluyen los costes de la maquinaria de fabricación: planta, transporte (camiones) y puesta en obra (tren). En juntas se incluyen todos los materiales y todo el proceso de su ejecución, cualquiera que sea su tipo.

La intervención del Instituto Eduardo Torroja en esta obra, a través del servicio SEPAR, ha supuesto 22 ptas./m², es decir, un 5,5 % del coste del pavimento. En este precio va comprendido:

- prestación del tren de hormigonado, con 3 maquinistas;
- prestación del encofrado y tejadillos de protección;
- realización de ensayos de control (en particular, rotura diaria de probetas);
- asesoría técnica.

Las dos primeras partidas del desglose, es decir, equipo más juntas, suman un 48,5 %; deduciendo lo que corresponde al tren de hormigonado, resulta un 43 % del coste para equipo de fabricación, transporte y juntas. La cifra anterior es muy elevada y estimamos habrá de reducirse en obras futuras. En este caso, las principales razones de ese coste han sido:

- a) la fuerte repercusión del montaje y desmontaje de una planta de hormigonado de gran capacidad. Se deduce la *conveniencia de aumentar los tramos cuya ejecución salga a subasta*;
- b) los gastos de transformación de los camiones de transporte para dotarlos de una caja adecuada en forma y tipo de vuelco;
- c) la elevada dureza del árido, que obligó a consumir gran cantidad de discos de diamante en el serrado de juntas.

reconocimiento

Al final de este artículo descriptivo de la construcción del primer pavimento de hormigón para autopistas que se realiza en España, es justo y nos complace hacer constar que esta obra ha sido el fruto de la colaboración conjuntada de muchas personas, equipos y organizaciones, todos los cuales han puesto al tablero su mayor interés y mejores cuidados. En particular, importa subrayar el buen entendimiento que siempre ha reinado entre la Administración, la Empresa Constructora y el Instituto Eduardo Torroja, entendimiento que nos parece indispensable para cualquier logro futuro.

Nuestro sincero agradecimiento a:

- la Dirección General de Carreteras**, que tuvo la iniciativa de promover un firme rígido para autopista;
- la Oficina Regional de Proyectos**, que realizó el proyecto completo de la autopista;
- la Jefatura de Obras Públicas de Madrid**, que asumió la dirección de la obra con energía y acierto;
- la Empresa CONSTRUCTORA INTERNACIONAL**, que la ha construido con calidad, sin regatear medios ni esfuerzos;
- la Empresa Sika Obras**, que tomó a su cargo la ejecución completa de las juntas;
- la Casa ABG**, constructora del eficaz tren de hormigonado, que suministró la maquinaria en muy breve plazo;
- la Agrupación de Fabricantes de Cemento**, que, sin espíritu lucrativo, financia el SEPAR en nuestro Instituto.

la técnica es múltiple, pero la obra es sólo una.

résumé • summary • zusammenfassung

Exécution d'un revêtement rigide pour autoroute (Route de Torrejón de Ardoz)

Alvaro García Meseguer et Rafael Fernández Sánchez, Drs. Ings. des Ponts et Chaussées

Cet article décrit l'exécution du revêtement rigide de béton en masse de la route de Torrejón, qui constitue le premier tronçon d'autoroute (de 7 km de long) construit en Espagne avec ce type de revêtement. A cette exécution a participé le Service de revêtements rigides (SEPAR) de l'Institut Eduardo Torroja, dans un double rôle de conseiller pour le projet et direction de chantier et d'auxiliaire de l'entrepreneur (prestation de matériel et d'équipement mécanique).

Construction of a stiff motor road pavement (At Torrejón de Ardoz bypass)

Alvaro García Meseguer & Rafael Fernández Sánchez, Drs. Civil Engineers

The article describes the stiff mass concrete pavement at Torrejón bypass, which is the first motor road section (7 km long) made in Spain with this type of pavement. In the construction the Stiff Pavements Section (SEPAR) of the Instituto Eduardo Torroja has taken part, both as adviser at the design and construction stages of the work, and it has also helped with the loan of machinery and equipment.

Bau einer Betonautobahnstrecke (Torrejón de Ardoz - Madrid)

von Dr. Bauingenieur Alvaro García Meseguer und Dr. Bauingenieur Rafael Fernández Sánchez

Dieser Artikel gibt Aufschluss über die Bauarbeiten einer Autobahnstrecke bei Torrejón, welche in Beton gebaut wurde und wobei es sich um das erste Autobahnlos in Beton mit einer Länge von 7 km und doppelter Fahrbahn handelt.

An der Ausführung dieses Loses hatte die Abt. Beton des amtlichen spanischen Bauinstitutes «Eduardo Torroja» einen entscheidenden Einfluss, was die technische Beratung des Projektes und die Überwachung der Bauarbeiten anbetraf sowie den Verleih des Maschinenparkes.