

Pavimentos de hormigón de rápido endurecimiento (Pavimentos de uso rápido)

por Ricardo López Perona
Ingeniero de Carreteras
Instituto del INVI y la Andaluza



1. Introducción

DEL 2 al 4 de abril de 1991 se ha celebrado en Kansas City (EE.UU.) una Conferencia sobre Pavimentos de Hormigón de muy rápido endurecimiento (Fast Track Concrete Pavements). Organizada por la American Concrete Pavement Association (ACPA) y patrocinada por la Federal Highway Administration (FHA), han participado en ella más de ciento cincuenta personas procedentes de todos los EE.UU. así como de Canadá, Gran Bretaña y España.

Fast Track Concrete Pavements, se puede traducir por pavimentos de rápida huella o más libremente de rápido endurecimiento. Esta técnica ha nacido para satisfacer la necesidad creciente en los pavimentos de hormigón (tanto de nueva construcción como en refuerzos o reconstruc-

ción) de dar paso al tráfico lo más rápidamente posible. Las ventajas que se obtiene con ello son:

- Menores costes para los usuarios por ser menor la posibilidad de producirse atascos o retrasos originados por el propio proceso de construcción al disminuirse el tiempo de duración de este último.
- Mayor seguridad tanto para los trabajadores de la obra como para los posibles usuarios al reducirse el tiempo en que pueda haber peligro de accidentes.
- Incremento de la productividad obtenida por el contratista al realizarse mayor tajo de obra en un tiempo menor.

2. Experiencia actual

La idea nació en EE.UU. a mitad de los años 80 en donde se vio por parte de la American Concrete Pavement Association (ACPA) la necesidad de ejecutar obras de reconstrucción o re-

fuerzos (inlays o overlays) sobre pavimentos de hormigón o asfálticos en autopistas y carreteras construidas durante los años 50 y 60, pero en las que existían fuertes condiciones de minimizar los tiempos de construcción así como el retraso del paso de vehículos. Se vio la posibilidad de adaptar las técnicas de hormigones de muy alta resistencia inicial utilizados en prefabricados, pretensados, etc. para pavimentos, con ello se podían obtener plazos de paso de tráfico variando entre las 8 horas y las 24 horas desde la construcción del pavimento frente a los periodos de tiempo de 5 a 14 días que se especificaban en la mayoría de las normas.

La primera experiencia importante se realizó en julio de 1986 en un refuerzo y ampliación de 11 km de una autopista en Iowa. Desde entonces su utilización se ha extendido a otros estados (Nebraska, Michigan, Oklahoma, Kansas,...), destacándose la ejecución en Cedar Rapids (Iowa) de una



Serrado de Juntas (British Cement Association).

avenida urbana de 3 km de longitud con doble calzada y doble carril por calzada, y en la que existían 9 intersecciones con otras avenidas principales. Se especificó que dichas intersecciones sólo podían cerrarse al tráfico 12 horas diarias (de 6 de la tarde a 6 de la mañana), realizándose con éxito en dicho plazo de tiempo las operaciones de demolición y reconstrucción del pavimento, obteniéndose la suficiente resistencia en el hormigón a las 6 de la mañana y dando por tanto paso al tráfico.

En Europa se ha realizado en julio de 1990 la primera experiencia de *Fast Track*. Ella tuvo lugar en Gran Bretaña con la construcción de un desvío de tráfico pesado de la autopista A43, formado por una calzada de dos carriles, y en la que se dio paso al tráfico al tercer día de su construcción.

3. Principales campos de aplicación

Las principales áreas de utilización de pavimentos de hormigón *Fast Track* son:

3.1. Aeropuertos

Tanto en las vías de aproximación a zonas de despegue o aterrizaje como intersecciones o en zonas de aparcamiento de aviones. El objetivo es minimizar las interferencias que pueda haber con el normal funcionamiento del Aeropuerto.

La Federal Aviation Administration (FAA) exige para la apertura al tráfico de los pavimentos de hormigón convencional el transcurso de 7 días como mínimo desde la construcción del pavimento así como una resistencia a flexotracción de 3.8 Mpa. Para los pavimentos de hormigón *Fast Track* (FT) sólo especifica esta última exigencia sin limitar el tiempo desde la pavimentación.

3.2. Autovías y autopistas de peaje

En refuerzos, reconstrucción, ampliaciones de calzada, etc. por las consideraciones ya indicadas de ahorro de tiempo al usuario así como por los menores riesgos existentes de accidentes.

En el caso de autopistas de peaje la importancia de poder aplicar esta técnica se ve acrecentada al minimizar la pérdida de ingresos al reducirse el tiempo de tener cerradas al tráfico zonas bajo reconstrucción (enlaces de acceso a la autopista, áreas de pago de peaje, etc.).

3.3. Vías de baja intensidad de tráfico, rurales, urbanas, etc.

Por los grandes rendimientos a los

“**E**sta técnica ha nacido para satisfacer la necesidad creciente en los pavimentos de hormigón (tanto de nueva construcción como en refuerzos o reconstrucción) de dar paso al tráfico lo más rápidamente posible.”

que se puede ir, la maquinaria que se puede emplear y la minimización de los plazos de paso de tráfico.

3.4. Áreas comerciales e industriales

Principalmente por interferir durante el menor tiempo posible en el normal funcionamiento de las instalaciones. En una industria se puede cerrar al tráfico la zona objeto de reparación un viernes por la tarde y dar paso otra vez el lunes por la mañana.

4. Apertura al tráfico

La apertura al tráfico en los pavimentos de hormigón convencional viene dada por la obtención de una determinada resistencia a una cierta edad, es decir, son dos los condicionantes: resistencia y tiempo. En los pavimentos de hormigón *Fast Track* nos encontramos con que el criterio de apertura al tráfico ha de basarse únicamente en la resistencia del hormigón la cual será función de:



Pavimentación en urbanización (British Cement Association).

— La planificación de las operaciones de construcción.

— El desarrollo de resistencias del hormigón.

— El espesor de la losa.

— El sistema de curado del hormigón (aislamiento térmico o no).

— Las cargas de tráfico que soportará el pavimento durante las primeras horas desde su apertura.

Actualmente no existe una norma única en EE.UU. sobre la resistencia a exigir al hormigón de un pavimento para poderse abrir al tráfico. Se están realizando estudios basados principalmente en análisis de fatiga del hormigón y en la modelización por elementos finitos del efecto de las cargas del tráfico sobre el pavimento que desarrollarán criterios razonables para determinar dicha apertura. Entre ellos destaca el que ha iniciado este año la Portland Cement Association (PCA) y que se espera termine en el año 1993. También la Federal Highway Administration (FHA) está terminando una instrucción que fije el tiempo en el que se pueda realizar el serrado de las juntas de contracción en el hormigón y que podrá aportar algunos datos sobre el desarrollo de resistencias en este último.

Entre las normas y recomendaciones existentes en la actualidad tenemos:

— Las especificaciones del Departamento de Transportes de Iowa, el estado que más ha desarrollado esta técnica, son:

pavimento de hormigón iguales o mayores a 20 cm.

— Otros estudios realizados (Davis y Darier 1989) indican los siguientes valores de resistencia en el hormigón para poder abrir al tráfico en función del espesor de losa:

Espesor de losa	Mínima resistencia a flexotracción			
	Carga central		Carga a tercios	
	Mpa.	psi.	Mpa.	psi.
17.8 cm	2.5	(370)	2.2	(315)
20.3 cm	2.3	(335)	2	(285)
22.9 cm	1.9	(275)	1.6	(235)
25.4 cm	1.4	(200)	1.2	(175)



Al igual que otras, las mezclas de hormigón FT no requieren técnicas especiales.

	Resistencia a flexotracción Mpa	
	Carga en el centro de luz de probeta prismática Mpa (psi)	Carga en los tercios de la luz de probeta prismática Mpa (psi)
Mezclas convencionales	3.45 (500 psi)	—
Fast Track	2.75 (400 psi)	2.3 (340 psi)

En el caso de utilización de refuerzos adheridos de hormigón FT se han alcanzado buenos resultados con 2.4 Mpa (350 psi) con carga en el centro de la luz de la probeta o 2.1 Mpa (300 psi) a tercios de la luz.

— La American Concrete Pavement Association (ACPA) no recomienda abrir al tráfico (incluso a vehículos ligeros) sin obtener una resistencia a flexotracción de 1.4 Mpa (200 psi) con carga a tercios de luz. Para vehículos pesados la recomendación es de 2.4 Mpa (350 psi) a tercios de luz y con espesores de

Estos valores se han contrastado experimentalmente en secciones con 1000 vehículos pesados día obteniéndose resultados satisfactorios.

En este estudio se han obtenido valores en probetas de hormigón entre 0.35 y 1.05 Mpa (50 a 150 psi) inferiores a los de la resistencia del hormigón de losa, por lo que si utilizamos las resistencias de probeta como índice de resistencia del hormigón tendremos un coeficiente de seguridad.

Hay que recordar que las cargas legales máximas en camiones en

EE.UU. son de 9.1 T en eje simple y 14.5 T en eje tandem a diferencia de las 13 T para eje simple y 21 T para eje tandem en nuestro país. Por ello las resistencias citadas anteriormente deberían ser mayores para el caso español.

5. Materiales

Las mezclas de hormigón FT no requieren unas técnicas especiales de dosificación o de materiales especiales. Las resistencias a edades tempranas se consiguen controlando: la relación agua/cemento; el tipo y contenido de cemento; la curva granulométrica de los áridos; la temperatura del agua de amasado; y la temperatura del hormigón durante el curado.

Hay que tener en cuenta que al ser mezclas con una relación agua/cemento muy baja y tener contenidos de cemento altos se consiguen hormigones de baja permeabilidad y por tanto de muy buena durabilidad. Es recomendable no obstante realizar un detallado estudio de laboratorio previo a la obra.

5.1. Cemento

Los cementos empleados en EE.UU. corresponden a los tipos I (para uso general); II (para uso general o

cuando se necesita una resistencia moderada a sulfatos o moderado calor de hidratación; y III (para altas resistencias iniciales), que se especifican en la norma ASTM C-150.

El tipo de cemento más empleado es el III-ASTM (correspondiente al tipo I-45A o I-55A de la norma UNE 80301). En algunas zonas se le exige al cemento una resistencia a compresión en mortero normalizado y a las 12 horas de 9 Mpa. Con este tipo de cemento no se necesitan aditivos acelerantes, a diferencia de utilizar los cementos tipo I ó II-ASTM.

Las características físicas, químicas y mecánicas de los cementos especificados en la norma ASTM C-150/84 en comparación con los cementos de la norma española UNE 80301/88 son: (Ver cuadro inferior)

5.2. Adiciones

El uso de cenizas volantes y escorias siderúrgicas como adiciones en el hormigón es muy frecuente en EE. UU. En las mezclas de hormigón FT se han empleado hasta la fecha únicamente cenizas volantes y no escorias granuladas quizás por el hecho de que en las zonas donde más se ha desarrollado esta técnica no posean este material (la escoria granulada se utiliza principalmente en la costa este).

Respecto a las cenizas volantes, se emplean principalmente las cla-



sificadas como tipo C (silico-cálcicas o sulfocálcicas) a diferencia de las clasificadas como tipo F (silico-aluminosas) y en proporciones no mayores al 10% del contenido de cemento. Con esta adición se pretende conseguir una menor demanda de agua en la mezcla del hormigón, mejorar la trabajabilidad y la resistencia a largo plazo.

Antes de su utilización es conveniente evaluar mediante ensayos de laboratorio la compatibilidad de la ceniza con el cemento, la posibilidad

de expansiones diferidas y la incidencia que puede tener en el fraguado y endurecimiento inicial de hormigón.

5.3. Aditivos

Generalmente se emplean *aditivos reductores de agua* (tipo A ASTM) con un doble objetivo.

- Mejorar la plasticidad de la mezcla.

- Aumentar las resistencias obtenidas disminuyendo la relación agua-cemento.

ASTM				UNE 80301		
	I	II	III	I-55A	I-45A	
Composición	clinker 100%			clinker (95-99%)		
Resistencias a comp. (mínimas)						
12 horas			9 (*)			
1 día	—	—	12.4	2 días	30	20
3 días	12.4	10.3	24.1	7 días	—	—
7 días	19.3	17.2	—	28 días	55	mín. 45
28 días	27.6	27.6	—			máx 65
Características químicas						
P.F. (%) máx.	3%	3%	3%		5%	
R.I. (%) máx.	0.75	0.75	0.75		5%	
SO ₃ máx. (%)	3.35	3	3.5-4.5		4,5%	
Fraguado						
Principio no menor 45'					mayor de 45 min.	
Final no mayor 8 h					menor de 12 h	
Finura						
Blaine (cm ³ /gr)	2.800	2.800	—			

(*) Característica adicional pedida y que no figura en la norma ASTM C-150.

(*) Característica adicional pedida y que no figura en la norma ASTM C-150.

“En el caso de utilización de cemento normales (I-II ASTM se utilizan acelerantes para incrementar el desarrollo de resistencias de la mezcla del hormigón. Los acelerantes más usuales son los compuestos a base de cloruro cálcico $C_{12}Ca$), doblándose las resistencias obtenidas a un día con porcentajes del orden del 2% en peso del cemento.”

Es importante realizar ensayos previos de laboratorio ya que no todos los aditivos se comportan igual con un mismo cemento. Una reducción típica de agua en la mezcla puede variar entre el 6 y el 10%.

En condiciones en las que se puedan producir fraguados muy rápidos debidos a altas temperaturas del hormigón y que afecten a su puesta en obra se puede considerar el uso de *aditivos retardadores/reductores* de agua (tipo D ASTM) para retrasar dicho fraguado. Estos retardadores no deben afectar a la resistencia del hormigón pasadas las 12 horas.

En el caso de utilización de cementos normales (I-II ASTM) se utilizan *acelerantes* para incrementar el desarrollo de resistencias de la mezcla del hormigón. Los acelerantes más usuales son los compuestos a base de cloruro cálcico ($C_{12}Ca$), doblándose las resistencias obtenidas a un día con porcentajes del orden del 2% en peso del cemento. La durabilidad de la mezcla puede verse afectada con el empleo de este tipo de acelerantes ya que puede afectar a la resistencia a los ciclos de hielo-deshielo por las reacciones que puedan tener con algunos tipos de áridos, así como por los efectos corrosivos sobre pasadores, barras de unión, etc. En caso de utilizar hormigones con pasadores, barras de unión o pavimentos de hormigón armado no se deben emplear este tipo de acelerantes.

Debido a las condiciones climáticas de muchos estados del medio oeste y del norte de EE.UU. (invi-



El hormigón, material en continua evolución.

no muy frío) se utilizan normalmente *aireantes* para mejorar la resistencia a los ciclos hielo-deshielo del hormigón. Es importante que no se sobredosisque este tipo de aditivo debido al efecto negativo que puede tener sobre las resistencias mecánicas del hormigón.

5.4. Áridos

No se necesitan áridos especiales para realizar mezclas de hormigón Fast Track y se pueden seguir las mismas especificaciones que se refieren para mezclas de hormigón convencional. No obstante al ser hormigones en los que se necesitan muy altas resistencias iniciales, una buena calidad de áridos influirá en obtener más fácilmente las resistencias. En particular hay que hacer notar dos características.

- El que la curva granulométrica de los áridos sea continua no sólo para obtener resistencias, sino para que la mezcla sea trabajable y se pueda colocar en obra. Las mezclas discontinuas pueden dar buenas resistencias pero dificultan la puesta en obra.

- La forma de los áridos influirá tanto en la resistencia como en la trabajabilidad. Los mejores resultados se obtienen con áridos machacados de forma cúbica o áridos naturales rodados.

5.5 Agua

Las resistencias a corto plazo de los hormigones pueden acelerarse utilizando agua caliente, principalmente en épocas muy frías. La temperatura a la que hay que calentar el agua para obtener una temperatura del hormigón determinada depende de varios factores: temperatura del aire, temperatura de los áridos, tipo

de cemento, contenido de agua, etc. Unas temperaturas normales de calentamiento de agua pueden ser de 60° a 65°C.

El calentar el agua presenta dos inconvenientes: el ser una técnica práctica sólo para pequeños volúmenes de fabricación y extensión (por ejemplo para reconstrucción de intersecciones); el efecto que produce en tiempo frío es muy corto necesiéndose el aislamiento térmico para mantener el calor en la masa del hormigón y la aceleración en la hidratación del cemento.

6. Diseño de la mezcla

Las mezclas de hormigón fast track se diseñan para conseguir la resistencia exigida a las pocas horas. Influye el tipo de obra donde se utilice (autopistas, áreas urbanas, etc.), la temperatura ambiente, el tipo de cemento, etc. Una mezcla típica puede estar formada por:

385-450 kg/m³ de cemento tipo I - II - III-ASTM.

0 - 50 kg/m³ de ceniza volante clase C.

Relación árido grueso/árido fino 1:1 a 1.5:1.

Plastificante reductor de agua.

Aireante.

Acelerante (sólo en caso de utilización de cemento tipo I).

En la página siguiente se detallan varias dosificaciones y el tipo de obra donde se han empleado.

Es interesante mencionar un estudio realizado en Iowa en 1988 por el Departamento de Transporte de dicho estado y la Federal Highway Administration (FHA) en el que en un tramo experimental de una autopista interurbana se estudio:

Tipo de obra	Tipo de cemento	Cemento (kg/m ³)	A/C	Ceniza volante (kg/m ³)	Arido grueso (kg/m ³)	Arido fino (kg/m ³)	Aireante	Reduc. agua	Accler.	12 h.	Resistencia Flexotracción (Mpa) Carga en centro de luz de probeta		
											24 h.	3 d.	7 d.
Ctra. secund. acceso población Demostración en aparcamiento Autopista Estatul	I-ASTM	380	—	43	843	843	SI	SI	NO	2.2	3.8	4.5	—
	II-ASTM	391	0.39	0	1008	680	SI	SI	NO	2.7	3.4	4.1	—
	III-ASTM	380	0.42	43	840	780	SI	SI	NO	3.8	4.4	—	5.0
(*) Reconstrucc. de intersección	III-ASTM	441	0.40	49	777	780	SI	SI	NO	3.2(*)	4.0(*)	—	—

(*) Se alcanzan menores resistencias de las esperadas al hormigonarse en tiempo muy frío.

1º) El tiempo requerido para obtener una resistencia a flexotracción de 2.4 Mpa (350 psi) con carga centrada, que permitiese abrir al tráfico el pavimento.

2º) Las diferencias de resistencias alcanzadas con cemento tipo I o tipo III-ASTM.

3º) La efectividad de la utilización de las lonas que aislasen térmicamente la superficie del pavimento recién extendido, respecto al empleo únicamente de líquidos de curado.

4º) La relación entre la maduración de las losas de hormigón respecto a las probetas curadas en obra, y si pueden indicar dichas medidas una buena correlación con la resistencia de la losa.

5º) La variación de la maduración a través del espesor de la losa.

6º) El efecto de la temperatura inicial de la capa soporte sobre el desarrollo de la maduración de las losas de hormigón.

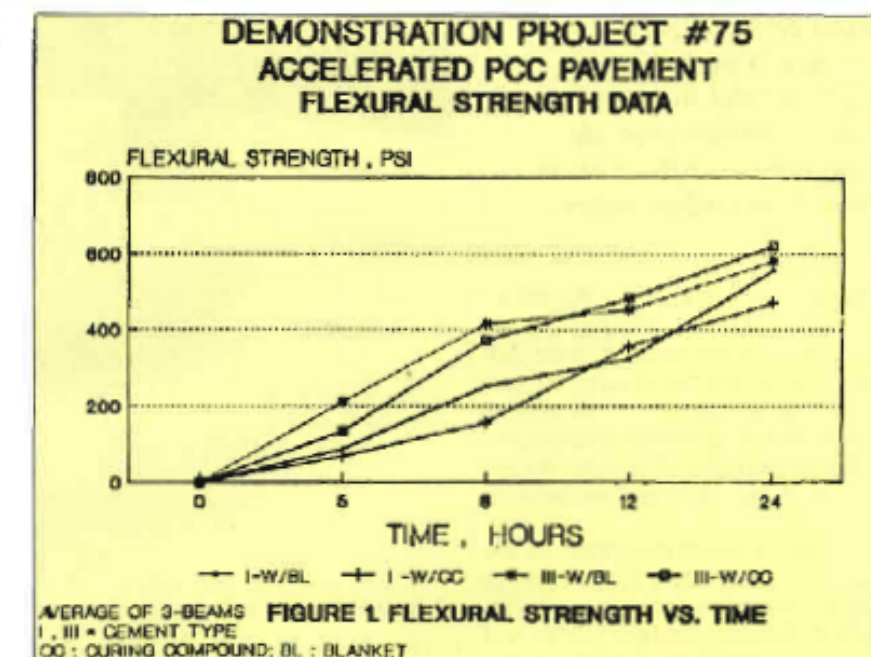
7º) La correlación existente entre la resistencia a flexotracción obtenida en probetas prismáticas de hormigón y los valores de la velocidad de ultrasonidos alcanzada en hormigones de cara a cara de probeta.

La mezcla del hormigón diseñada era:

	I-ASTM	III-ASTM
Cemento, kg/m ³	441	441
Ceniza volante, kg/m ³	49	49
Arido fino, kg/m ³	800	800
Arido grueso, kg/m ³	800	800
Agua, Litros/m ³	172	172
Relación A/C+Cenizas	0.34	0.34

En la figura n° 1 se indica la evolución de resistencias a cortas edades de los hormigones con los dos tipos de cementos. Las conclusiones obtenidas respecto a los dos primeros apartados son:

1. Se puede alcanzar la resistencia exigida de 2.4 Mpa (350 psi) a las 8 horas utilizando un cemento tipo III-



ASTM, o a las 12 horas utilizando un cemento tipo I-ASTM.

2. Por consideraciones prácticas se puede exigir alternativamente o en adición a la exigencia anterior una resistencia a las 24 horas variando entre 3.45 a 4.1 Mpa. En este último caso se ve la efectividad de curar con lonas aislantes que mantengan el calor necesario para ganar resistencias

maquinaria especial a la existente actualmente para los pavimentos de hormigón convencional. La experiencia actual indica que debido a la rapidez con que se ejecutan las operaciones de construcción se necesita una muy buena organización, desde la fabricación de hormigón hasta el sellado de juntas: una perfecta coordinación de todos los trabajadores que intervengan en el tajo de obra así como que tengan experiencia en este tipo de pavimentación. Es muy importante la realización de tramos de ensayo que sirvan de familiarización de todo el proceso constructivo.

7.1. Fabricación

Se han empleado centrales dosificadoras con amasado y transporte en camión hormigonera y también plantas amasadoras. Es importante que la central se encuentre en perfectas condiciones, muy cerca del tajo de obra y coordinada con el equipo de extendido.

7.2. Extendido

Se han utilizado extendedores de

dentro de las 24 primeras horas tanto con el cemento tipo I-ASTM como con el III-ASTM.

7. Construcción

El desarrollo de los pavimentos de hormigón fast track se ha realizado bajo la premisa de no necesitar

“**L**as innovaciones recientes en los equipos de extendido favorecen la puesta en obra correcta de los pavimentos de hormigón fast track. Así las pavimentadoras de “galibo cero” (“zero clearance”) permiten la colocación del hormigón en arcenes, carriles, etc. de autopistas sin influir en el tráfico de los adyacentes.”

encontrados deslizantes y de encofrados fijos. De la experiencia en obra se obtiene la conclusión de que hay que cuidar mucho el número, posición y frecuencia de los vibradores para obtener una buena compactación del hormigón al tener éste un gran contenido en finos (cementos y arena).

Las innovaciones recientes en los equipos de extendido favorecen la puesta en obra correcta de los pavimentos de hormigón fast track. Así las pavimentadoras de “galibo cero” (“zero clearance”) permiten la colocación del hormigón en arcenes, carriles, etc. de autopistas sin influir en el tráfico de los adyacentes. La inserción automática de pasadores también ha favorecido la puesta en obra de estas mezclas.

7.3. Terminación y curado

No se necesitan terminaciones o texturas especiales en los pavimentos de hormigón FT respecto a los convencionales.

El curado del hormigón es muy importante por cuanto tiene influencia en:

- La retención de la humedad de la mezcla evitando fisuración por retracción, por desecación superficial, etc.

- La retención del calor de hidratación necesario para desarrollar resistencias iniciales muy altas.

Se emplean dosificaciones de líquidos de curado del orden de 1.5 veces las que se utilizan en pavimentos convencionales.

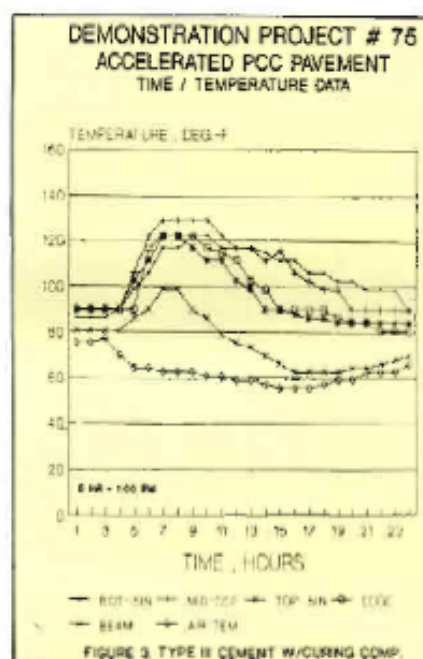
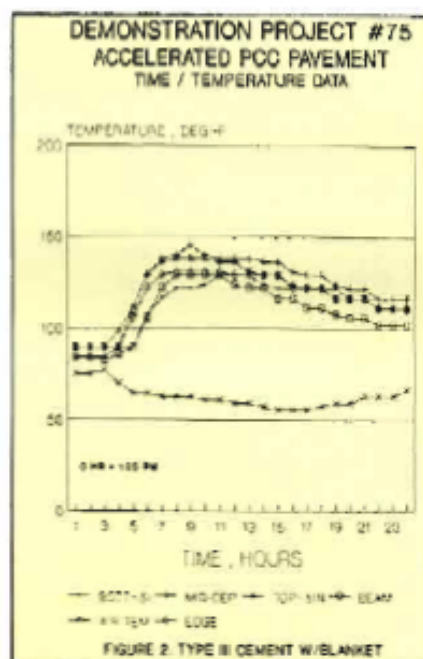
Para asegurar una retención del calor de hidratación en la masa del hormigón que acelere el aumento de

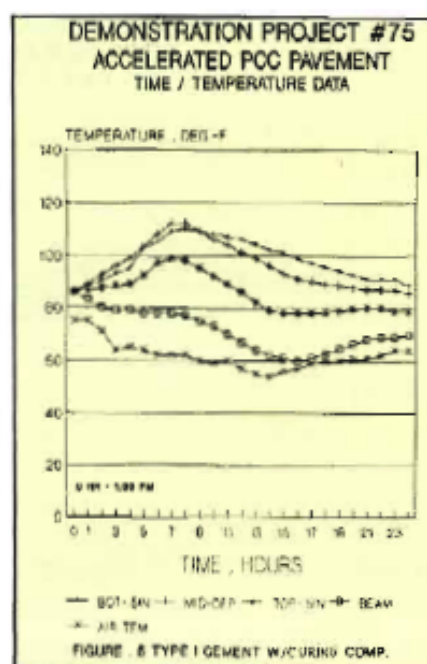
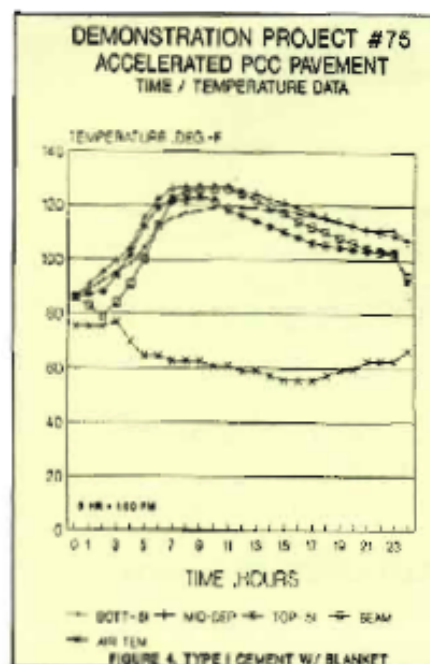


Colocación de lonas aislantes, tan pronto se pueda pisar el hormigón (British Cement Association).

resistencias se utilizan unas lonas aislantes compuestas de poliestireno expandido protegidas por una película de plástico. Su empleo depende de las condiciones climáticas de extendido ya que durante una época calurosa puede ser no necesaria su utilización.

Las lonas aislantes se colocan después de extender el líquido de curado y se pueden quitar temporalmente para realizar las operaciones de serrado de juntas. El material del que están confeccionadas es duradero y pueden ser reutilizadas por el constructor en otras obras.





Del estudio realizado en Iowa, que se ha citado anteriormente, y en el que se extendió hormigón con temperatura ambiente diaria variando entre 27°C y 12°C, se pueden obtener las siguientes conclusiones (ver figuras 2, 3, 4, 5).

- La utilización de lonas de aislamiento térmico para el curado tanto de las losas del hormigón como de las probetas confeccionadas, proporciona una uniforme y elevada temperatura en la masa de hormigón evitando por tanto la pérdida de dicha temperatura cuando se utiliza únicamente el líquido de curado, con independencia del cemento utilizado.

- Existe una buena relación entre la temperatura alcanzada en la masa del hormigón tanto en la losa del pavimento como en las probetas cuando se utilizan las lonas aislantes a diferencia de cuando se emplea únicamente el líquido de curado en ambas, independientemente del cemento empleado.

- Las máximas temperaturas alcanzadas en la masa del hormigón utilizando lonas aislantes son de 60° empleando el tipo III-ASTM y 54° con el tipo I-ASTM.

- Las máximas temperaturas alcanzadas en la masa del hormigón utilizando sólo líquido de curado son 53°C (Cemento tipo III-ASTM) y 44°C (Cemento tipo I-ASTM).

7.4. Juntas

No se pueden aplicar las mismas secuencias de serrado y sellado de juntas de los pavimentos de hormigón convencional a los pavimentos

de hormigón fast-track. Hay que acelerar estas operaciones y especialmente el sellado lo que puede dar lugar a problemas de adherencia con algunos materiales al necesitarse unos bordes de juntas muy secos.

El serrado de juntas se puede realizar en húmedo utilizando discos de corte de diamante o en seco utilizando discos de carburo. La utilización de un tipo u otro de sistema dependerá de varios factores:

- Del tipo de árido. Los discos de carburo sólo pueden ser utilizados con áridos blandos (calizos).
- Del plazo de corte. Con el sistema de serrado en seco se puede cortar antes las juntas que con el sistema en húmedo.
- Del tipo de vía. El corte en seco

“Del estudio realizado en Iowa y citado anteriormente se concluye además que sólo cuando existe aislamiento térmico de la probeta se produce una evolución de temperaturas similar entre el hormigón de la losa y el hormigón de las probetas confeccionadas y por tanto un desarrollo de resistencias parecidos en ambos hormigones.”

puede producir bastante polvo y puede ser mejor emplear el sistema en húmedo en áreas urbanas.

El sellado de juntas se ha de ejecutar lo antes posible dentro de las primeras 24 horas después de la pavimentación. Al ser un hormigón con una baja relación agua/cemento y tener la mezcla una hidratación acelerada debido a las altas resistencias iniciales, se reduce la humedad de los bordes internos de la junta y se mejora por tanto la adherencia del producto de sellado. Se han utilizado con éxito selladores a base de caucho de módulo bajo con serrado de la junta en seco a las 8 horas de su puesta en obra. También se han utilizado materiales vertidos en caliente y selladores a base de silicona. No se han empleado perfiles de neopreno, aunque su uso puede ser ideal al ser muy poco sensibles al polvo y a la humedad.

8. Control de resistencias

El control de la evolución de la resistencia del hormigón dentro de las primeras horas es fundamental para determinar cuando se puede abrir al tráfico un pavimento de hormigón Fast Track. Existen tres métodos de control en las mezclas Fast Track.

- Rotura de probetas prismáticas a flexotracción en obra.
- Métodos no destructivos.
 - Maduración del hormigón.
 - Velocidad de ultrasonidos medida en probetas de hormigón.

La rotura de probetas prismáticas en obra puede ser un método poco práctico por cuanto supone el tener una prensa en obra y realizar los ensayos casi constantemente. Del estudio realizado en Iowa y citado anteriormente se concluye además que sólo cuando existe aislamiento térmico de la probeta se produce una evolución de temperaturas similar entre el hormigón de la losa y el hormigón de las probetas confeccionadas y por tanto un desarrollo de resistencias parecidos en ambos hormigones.

Se están tratando de poner a punto métodos indirectos no destructivos de evaluación del citado desarrollo de resistencias.

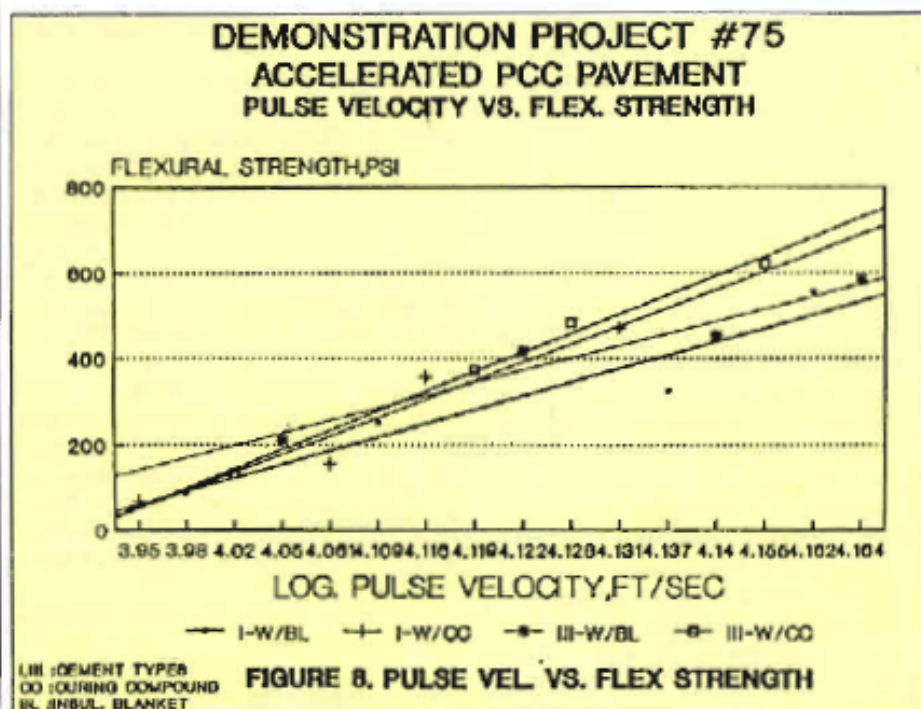
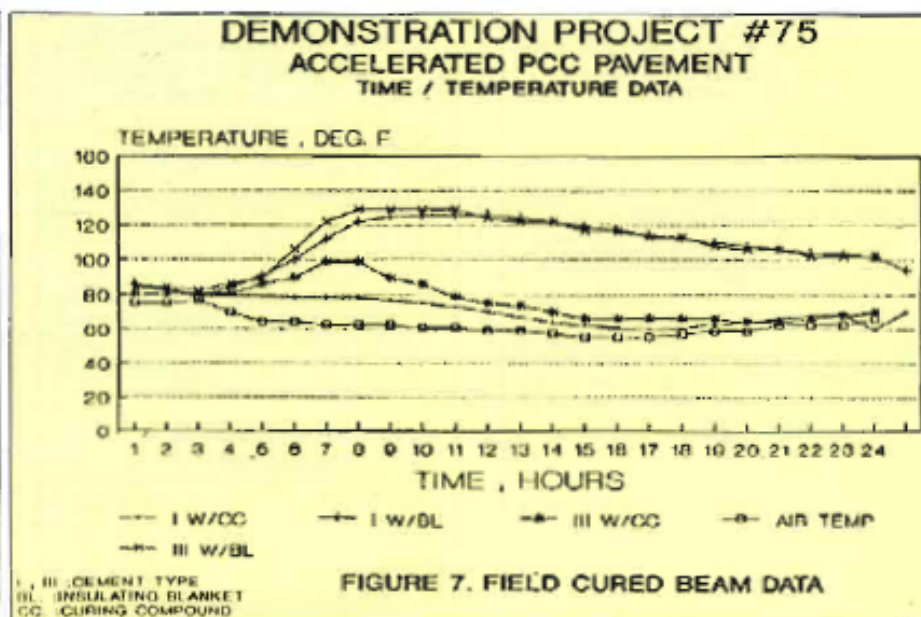
Entre ellos tenemos:

La maduración o el factor de maduración como medida de la evolución de la temperatura de la masa de hormigón a lo largo del tiempo, puede ser un buen factor que controle el hormigón del pavimento siempre y cuando se curen las probetas en

“**L**a velocidad de ultrasonidos medida en las probetas de hormigón se puede utilizar como método de control no destructivo del desarrollo de resistencias del hormigón al existir cierta correlación entre ambas medidas. Los resultados obtenidos en el ensayo de Iowa muestran esta buena correlación.”

obra y se protejan con lonas aislantes igual que el pavimento, tal y como reflejan las figuras 6 y 7. Hay que tener en cuenta en estos casos que la temperatura de la base puede afectar al desarrollo de temperaturas del pavimento de hormigón y por tanto a la maduración. Una base con una temperatura inferior a la masa del hormigón puede retrasar el aumento de temperatura en éste, hasta que se igualen las temperaturas de las dos masas.

La velocidad de ultrasonidos medida en las probetas de hormigón se puede utilizar como método de control no destructivo del desarrollo de resistencias del hormigón al existir cierta correlación entre ambas medidas (Fig. 8). Los resultados obtenidos en el ensayo de Iowa muestran esta buena correlación.



9. Conclusión

Los pavimentos de hormigón fast-track se presentan como solución ideal a la necesidad de ejecutar refuerzos en nuevas carreteras en donde por diversos motivos se necesitan

periodos de tiempo muy cortos desde su construcción hasta su apertura al tráfico. En Estados Unidos existe un gran interés y un gran desarrollo en esta técnica y puede decirse que jugará un futuro importante en el desarrollo de los pavimentos de hormigón.

EL MINISTRO BORRILL ENCABEZARÁ LA DELEGACIÓN ESPAÑOLA EN MARRAKECH

Jose Borrill, Ministro de Obras Públicas y Transportes, encabezará la Delegación oficial del Gobierno Español en el XIX Congreso Mundial de Carreteras de la A.I.P.C.R., que tendrá lugar en Marrakech, en septiembre del presente año. Dicha Delegación oficial está formada, además del propio Ministro, por:

- Emilio PEREZ TOURINO, Secretario General para las Infraestructuras del Transporte Terrestre,
- Antonio ALDAIDE PEREZ, Director General de Infraestructuras para el Transporte por Ferrocarril,
- Miguel M. MUÑOZ MEDINA, Director General de Tráfico,
- José Javier DOMBRIZ LOZANO, Director General de Carreteras,
- Francisco FERNANDEZ LAJUNTE, Director General de Planificación Intermodal del Transporte en las Grandes Ciudades.

El número de congresistas españoles en Marrakech superará ampliamente las 325 personas, entre técnicos, acompañantes y personal de servicio de la Exposición aneja al Congreso, en la que, como se recordará, España tendrá un importante stand, en el que participan destacados órganos de la Administración, la investigación y la empresa privada.

