

Refuerzos con hormigón de pavimentos de hormigón



Introducción

Una opción a considerar en el refuerzo de cualquier tipo de firme, sea rígido o flexible, es la extensión sobre el mismo de un pavimento de hormigón, con lo que se consigue un incremento muy notable de la capacidad de soporte.

Existe una gran experiencia con este tipo de refuerzos, con realizaciones que datan desde comienzos del siglo XX. Aunque los más empleados son los refuerzos con pavimentos de hormigón en masa y los armados continuos sin juntas, se han utilizado todas las tipologías disponibles de pavimentos de hormigón: en masa, armados con juntas, con armadura continua, reforzados con fibras y pretensados.

La principal ventaja de estos refuerzos es que, correctamente ejecutados y construidos, permiten prolongar la vida del firme existente durante más de 30 años, con unas necesidades de mantenimiento muy reducidas.

Por otra parte, aportan las ventajas de los pavimentos de hormigón en cuanto a sostenibilidad, seguridad para el usuario, reducción de consumo de combustible, menores costes de iluminación y disminución de la temperatura ambiente entre otros.

Atendiendo al grado de adherencia con el firme existente, puede establecerse una clasificación de los refuerzos en:

- a) refuerzos no adheridos: cuando se procura que no haya ninguna unión entre las dos capas (refuerzo y existente), mediante la interposición de una capa de separación.
- b) refuerzos adheridos, cuando, al contrario que en el caso anterior, se procura obtener una unión entre las dos capas lo más perfecta posible, de forma que actúen monolíticamente.
- c) refuerzos parcialmente adheridos: se trata de un caso intermedio entre los dos anteriores, en que el refuerzo se extiende directamente sobre el firme antiguo, sin

preocuparse ni de asegurar la unión entre ambos, ni por el contrario, de procurar romper dicha unión.

En la rehabilitación de pavimentos de hormigón, los más utilizados son los dos primeros. Los refuerzos parcialmente adheridos pueden presentar problemas de reflexión de las juntas y grietas del firme existente.

Como norma general, tanto los refuerzos no adheridos como los parcialmente adheridos se utilizan para rehabilitar firmes que tengan deterioros importantes (siempre que éstos no estén originados por problemas en la explanada). En estos casos, la misión fundamental del firme existente es la de constituir una base de gran calidad para el refuerzo, permitiendo que la vida útil del refuerzo pueda ser incluso superior a la de un pavimento de nueva construcción con el mismo espesor.

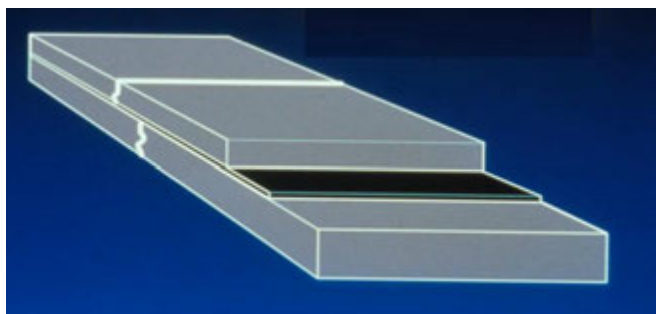
Por su parte, los refuerzos adheridos están muy indicados para firmes en buen estado, en los que se quiera aumentar su capacidad estructural (por ejemplo, por haberse producido un incremento no previsto del tráfico) o bien mejorar sus características superficiales.

Otra de las ventajas de los refuerzos con hormigón es que las reparaciones previas a realizar en el firme existente suelen ser muy reducidas. No obstante, la ejecución de un refuerzo adherido lleva consigo una serie de operaciones de preparación de la superficie del firme existente para garantizar su unión con la nueva capa. En lo que se refiere a los refuerzos no adheridos, ya se ha indicado que requieren la interposición de una capa de separación.

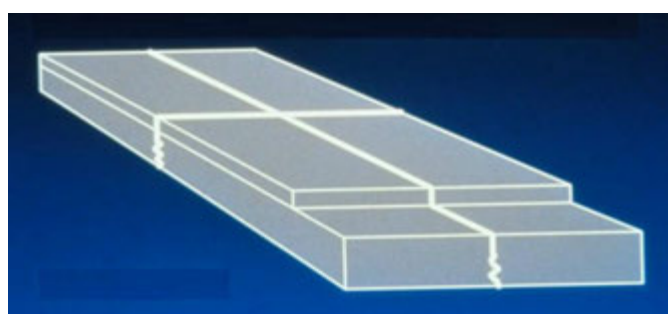
Las técnicas de construcción no presentan diferencias notables con las que se emplean en pavimentos de nueva construcción.

Como las obras de refuerzo no pueden permanecer cerradas al tráfico durante un período prolongado, es frecuente empleo de hormigones de desarrollo rápido de resistencias (también conocidos como fast-track).

Refuerzos no adheridos



Refuerzos adheridos



Ventajas y contribución a la sostenibilidad

Ventajas medioambientales

- Emplean recursos naturales locales prácticamente inagotables (no consumen derivados del petróleo)
- El consumo de áridos de calidad es menor que el de otras alternativas a lo largo de un periodo de servicio de 30 años para el que se proyectan
- Permiten el empleo de áridos reciclados (RCDs), procedentes de pavimentos existentes
- Son reciclables en su totalidad al final de su vida útil, posibilitando el ahorro de áridos naturales
- Son muy duraderos, por lo que se evita el consumo de nuevos recursos y se reducen las emisiones de CO₂ debidas a las operaciones de mantenimiento o refuerzo
- Pueden capturar CO₂, lo que contribuye a mejorar el balance de emisiones a lo largo de su vida útil
- Requieren menor iluminación dada su claridad, con la consiguiente disminución del consumo energético
- Reducen el efecto invernadero y contribuyen al enfriamiento global, al disminuir la cantidad de radiación solar absorbida por la superficie de la Tierra
- No emiten lixiviados ni volátiles
- Es una técnica especialmente adaptada al empleo de cementos con alto contenido de adiciones. Ello se traduce en una disminución de las emisiones durante su fabricación, al reducir la cantidad de clínker empleado e incorporar subproductos industriales como escorias o cenizas volantes, lo que favorece el cumplimiento del protocolo de Kioto y de los compromisos de desarrollo sostenible.

Ventajas técnicas

- Tienen una excelente capacidad estructural. En los refuerzos no adheridos el firme existente se comporta como una base de gran calidad, cuya capacidad de soporte es superior a la de las bases utilizadas habitualmente en firmes de nueva ejecución
- La durabilidad es más elevada que la del resto de soluciones sin apenas mantenimiento. Son numerosos los ejemplos de pavimentos sometidos a tráfico importantes que superan los 40 años en muy buenas condiciones de servicio

- Poseen una alta resistencia a los ataques de carburantes y agentes químicos
- Son muy resistentes a los esfuerzos tangenciales, lo que hace muy adecuado su empleo en glorietas y cruces de calles
- Pueden dárseles fácilmente una gran variedad de texturas. Las de árido visto permiten obtener niveles de sonoridad inferiores a los del resto de pavimentos, sobre todo a largo plazo, sin sacrificar la resistencia al deslizamiento
- Reducen la distancia de frenado, lo que se traduce en mayor seguridad para el usuario
- Son incombustibles y resistentes al fuego. Tanto por su menor carga de fuego como por no emitir gases tóxicos están particularmente indicados para garantizar la seguridad en el interior de túneles
- Evitan la aparición de roderas
- En función de la textura elegida, permiten obtener niveles de resbaladicidad y de resistencia al deslizamiento adaptados a cualquier tráfico y condición meteorológica
- Es posible combinar colores y texturas mediante el empleo de pigmentos y el tratamiento de la superficie del hormigón para conseguir una gran variedad de acabados estéticos
- En su puesta en obra se evita la exposición de los operarios a altas temperaturas, gases nocivos y partículas en suspensión.

Ventajas económicas

- El consumo de combustible es menor que sobre otros tipos de firmes, por las menores deformaciones que se producen en el pavimento de hormigón al paso de los vehículos, especialmente en los el caso de vehículos pesados. En algunos estudios llevados a cabo en diferentes países (Suecia, Canadá, Japón) se han medido disminuciones del 1,1% en el consumo en vehículos ligeros y del 6,7% en vehículos pesados
- Con un coste de construcción similar al de otras soluciones, la vida útil es mayor, y menores las necesidades de mantenimiento. Por ello, los costes totales (inversión inicial + conservación) son siempre inferiores a los de cualquier otra solución
- Debido a que las operaciones de mantenimiento son muy escasas, la afección que producen sobre los usuarios es mínima. Por ello son muy bajos los costes derivados de dichas operaciones, como los debidos a retenciones, accidentes u otros

Tabla 1. Ejemplos de dosificaciones utilizadas en refuerzos con hormigón

MATERIAL	HORMIGÓN CONVENCIONAL (m ³)	HORMIGÓN DE RÁPIDA APERTURA (FAST TRACK) (m ³)
Cemento	350 kg	
Cemento de alta resistencia inicial		420 kg
Árido grueso	900 kg	840 kg
Árido fino	900 kg	840 kg
Agua/cemento	0'45 máx.	0'42
Plastificante	Sí	Sí
Aireante	Sí	Sí

Tabla 2. Espesores mínimos (cm) de refuerzo no adherido de pavimento de hormigón mediante pavimento de hormigón (Norma 6.3-IC)

TIPO DE PAVIMENTO	TIPO DE HORMIGÓN (*)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
		T00	T0	T1	T2 y T31	T32	T4
CONTINUO DE HORMIGÓN ARMADO (**)	HF-4,5	22	20	18			
	HF-4,0	-	22	20			
HORMIGÓN EN MASA	HF-4,5			21	-	-	-
	HF-4,0			23	20	18	18
	HF-3,5			-	22	20	18

(*) La nomenclatura adoptada corresponde a Hormigón de Firme (HF) seguida del valor de la resistencia a flexotracción en megapascuales (MPa). Estos hormigones deben cumplir las características especificadas en el artículo 550 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3) del Ministerio de Fomento.

(**) La cuantía geométrica de las armaduras longitudinales en pavimentos continuos de hormigón armado es del 0,7 % para hormigones HF-4,5 y del 0,6 % para hormigones HF-4,0.

- La práctica totalidad de las ventajas medioambientales y técnicas anteriormente citadas también se traducen en ventajas económicas.

Tipo de hormigón

En los refuerzos con hormigón se pueden emplear tanto mezclas convencionales como mezclas de rápida apertura al tráfico (fast-track). En la mayoría de los casos, las mezclas convencionales suelen ser suficientes, pero en zonas congestionadas o que requieran ponerse en servicio con la mayor rapidez posible, las mezclas fast-track pueden ser muy útiles al permitir la apertura del pavimento al tráfico a partir de las 6 horas de su puesta en obra.

Las proporciones de la mezcla de hormigón dependerán del comportamiento requerido.

En la tabla 1 se dan ejemplos de mezclas convencionales y de apertura rápida al tráfico que se han empleado con éxito en algunos proyectos de refuerzo con hormigón.

Refuerzos de hormigón no adheridos a pavimentos de hormigón

Introducción

Los refuerzos no adheridos de hormigón constituyen una técnica muy adecuada para rehabilitar pavimentos de hormigón que tengan un nivel importante de deterioro, siempre que éste no sea debido a problemas de la explanada, salvo en zonas puntuales.

La interposición de una capa de separación adecuada sobre el firme existente impide que los defectos de este último se reflejen en el refuerzo.

Dimensionamiento

Los espesores de este tipo de refuerzos suelen ser inferiores a los de un pavimento de nueva construcción, por la mayor capacidad de soporte que proporciona en general el firme existente en comparación con una subbase de hormigón magro o de zorra.

Esto puede comprobarse en la tabla 2, en la que se indican los espesores prescritos en la Norma 6.3-IC "Rehabilitación de firmes" del Ministerio de Fomento. La reducción de espesor en cada caso con respecto a los pavimentos de la Norma 6.1-IC es de varios centímetros.

Reparaciones previas a la puesta en obra

Antes de la extensión del refuerzo, solo es preciso corregir los desperfectos graves en un estado avanzado de deterioro que puedan suponer un apoyo deficiente del refuerzo, tales como losas con fisuras múltiples o con movimientos importantes al paso de las cargas. Esto puede requerir la estabilización de las losas más inestables mediante inyecciones, la reposición de algunas de ellas a espesor completo o bien su fragmentación y el asentamiento de los trozos resultantes mediante el paso de rodillos.

Capa de separación

La extensión de una capa de separación intermedia suele ser suficiente para resolver la mayoría de los restantes problemas (como por ejemplo el escalonamiento de juntas, salvo que sean de magnitud importante y la capa de separación tenga un espesor reducido).

La experiencia ha mostrado que las mezclas bituminosas son las que proporcionan los mejores resultados como capa de separación. Se recomienda utilizar mezcla bituminosa cuando el pavimento existente presente muchas grietas, así como escalonamientos superiores a 6 mm en las juntas. En general, un espesor de 4 cm, como indica la Norma 6.3-IC, resulta adecuado para esta capa bituminosa de separación.

Por el contrario, la interposición de capas muy delgadas, formadas, por ejemplo, por láminas de polietileno o compuestos de curado, no suele resultar satisfactoria. El refuerzo puede acunarse en los deterioros de la losa subyacente, y es frecuente que los materiales de tipo lámina delgada se arruguen o se arrollen al paso de los equipos de pavimentación. Esto provoca detenciones en la construcción, especialmente si hace viento.

Más prometedor parece el empleo de geotextiles, de los que se posee una experiencia positiva en algunos países como separación entre pavimentos de hormigón y bases tratadas con cemento.

Antes de extender la capa de separación debe realizarse una preparación final del firme existente, eliminando los materiales sueltos de su superficie.

Ejecución de refuerzo por semianchos sobre capa de separación de mezcla bituminosa



Geotextil utilizado como elemento de separación entre el firme existente y el refuerzo



Puesta en obra

Para la ejecución del refuerzo en sí se utilizan los métodos y equipos habituales. El espesor ha de ser en todos los puntos igual o superior al de proyecto.

Experiencia internacional

Estados Unidos es el país con mayor experiencia en este tipo de refuerzos. Siguiendo las reglas de buena práctica indicadas en los párrafos anteriores, se han alcanzado vidas de servicio próximas a 40 años, sin precisar un mantenimiento importante.

Refuerzos adheridos a pavimentos de hormigón

Introducción

Los refuerzos adheridos de hormigón constituyen una técnica muy adecuada para aumentar la capacidad de soporte o para mejorar las características superficiales de un pavimento de hormigón existente que se encuentre en buen estado.

La obtención de una adecuada adherencia es clave para el correcto funcionamiento de un refuerzo adherido. Cuando se consigue, la vida de servicio del pavimento existente puede aumentarse considerablemente. Por ello, las medidas encaminadas a desarrollar una buena adherencia son críticas en la construcción de un refuerzo adherido. Los dos factores que más influyen son la integridad del hormigón existente y la limpieza de la superficie. Otros factores que pueden contribuir al desarrollo de una adherencia suficiente son una adecuada vibración del hormigón del refuerzo, una correcta ejecución de las juntas (que deben coincidir con las del pavimento existente) y un curado adecuado.

Dimensionamiento

En caso de querer incrementar la capacidad estructural del pavimento existente, el espesor se calcula como diferencia entre el de este último y el que sería teóricamente necesario para soportar el nuevo tráfico de proyecto en un pavimento construido en una sola capa. Por razones constructivas, el espesor mínimo es del orden de 5 cm.

Reparaciones previas

Puede ser necesario realizar algunas reparaciones previas. Las zonas con problemas localizados necesitan ser reparadas para conseguir que el pavimento existente quede en un estado adecuado para recibir un refuerzo adherido. Un apoyo uniforme es clave para el buen comportamiento de cualquier pavimento de hormigón y este aspecto es más crítico en los refuerzos adheridos que en los no adheridos, porque tienen un espesor más reducido y su capacidad estructural depende de la del pavimento existente.

Las zonas que presenten movimientos importantes deben corregirse mediante inyecciones bajo las losas o bien reponiendo las mismas a espesor completo. En el caso de grietas con variaciones amplias de abertura puede recurrirse a su grapado o bien a disponer armaduras en el refuerzo en la vertical de las mismas. Puede ser también necesario corregir mediante fresado algunos escalonamientos importantes.

Fresado de la superficie del pavimento para mejorar la adherencia con el refuerzo



Preparación de la superficie

Una superficie limpia y en buen estado es esencial para obtener una adherencia correcta. Por ello deben eliminarse de la misma las materias extrañas y las sustancias contaminantes (pinturas, caucho, hormigón suelto, etc). Los métodos recomendados son el fresado y/o el chorro de granalla o de arena. Cada una de ellas proporciona una textura rugosa que es beneficiosa para la adherencia.

Después de la remoción de parte de la superficie mediante fresado o chorro de granalla se realiza una limpieza de la misma, a fin de eliminar todo el polvo y los residuos antes de la extensión del refuerzo, por lo que el paso de vehículos sobre la superficie preparada debe evitarse o limitarse al mínimo. La superficie debe estar siempre seca, sin que haya humedad o charcos de agua en la misma.

Extensión de lechada

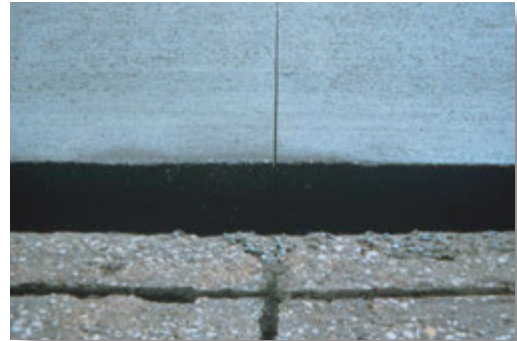
La extensión de lechada sobre el pavimento existente, una vez preparada su superficie, para obtener una adecuada adherencia es un tema en discusión. Son numerosas las obras con buenos resultados en las que no se ha utilizado lechada.

Si se utiliza, la lechada debe aplicarse con equipos que proporcionen un recubrimiento uniforme. Normalmente un desfase de 3 m entre la extensión de la lechada y la del hormigón es suficiente para evitar que se produzcan problemas de secado de la misma.

Extensión de lechada



Detalle de coincidencia de juntas transversales de refuerzo adherido



Puesta en obra del hormigón

En general, las operaciones de puesta en obra son similares a las de los pavimentos de hormigón en calzadas de nueva construcción. Debe procurarse que haya una diferencia de temperatura lo más reducida posible entre el refuerzo y el pavimento existente. En caso necesario, éste debe regarse con agua, eliminando luego cualquier charco que haya podido producirse.

El curado debe realizarse con productos de color blanco, con una dotación superior a la utilizada en pavimentos de nueva construcción del orden de 350 a 400 g/m².

Juntas

Deben disponerse en coincidencia con las del pavimento existente y cortarse en todo el espesor del refuerzo.

Comprobación de la adherencia entre el refuerzo y el pavimento existente

Para estimar si se ha obtenido una buena adherencia puede recurrirse a distintos ensayos. Uno de los más utilizados consiste en aplicar a un testigo un esfuerzo cortante en la interfaz refuerzo – pavimento. Se considera que un valor del orden de 1,4 MPa es suficiente para garantizar que la adherencia es correcta.

Experiencia internacional

Estados Unidos es el país con más experiencia en este tipo de refuerzos, que vienen aplicándose con éxito desde la segunda década del siglo pasado. No obstante, no hay que olvidar que la necesidad de obtener una adecuada adherencia entre el hormigón nuevo y el existente hace que se trate de una técnica más delicada que la del resto de refuerzos con hormigón.

Como ejemplo de aplicación en España puede mencionarse la renovación en 2008 del pavimento de un bulevar en Calviá (Mallorca). El firme existente estaba compuesto por una base de hormigón y un pavimento de adoquines. Estos últimos se eliminaron y en su lugar se dispuso una capa de hormigón adherida a la base existente.

Comprobación de la adherencia entre el pavimento existente y el refuerzo



Situaciones especiales

Los refuerzos con hormigón requieren en ocasiones la resolución de algunas situaciones especiales, como los del gálibo bajo los puentes existentes o el paso sobre los mismos. En muchos casos, el espesor del refuerzo con hormigón puede igualmente requerir la construcción de nuevos arceles

Los puentes sobre la carretera a reforzar requieren una atención especial. Aunque en los proyectos se suele prever un gálibo suficiente para permitir la extensión de posteriores refuerzos, en algunas obras puede ser necesaria

la elevación de los puentes o la reconstrucción total del firme bajo los mismos. Las longitudes habituales de transición entre los tramos de firme nuevo y los reforzados varían entre 100 y 150 m.

Las transiciones de espesor también se pueden emplear para resolver las diferencias de cota entre el refuerzo y una obra de fábrica existente sobre la que pase la carretera. La longitud de la transición dependerá de la diferencia de nivel entre ambos. Con ello se pueden mantener en general tanto las juntas de

dilatación a la entrada y salida de los puentes como las losas de aproximación a los mismos.

Análisis económico

Para analizar la repercusión económica de la elección de un determinado tipo de refuerzo es necesario realizar un análisis económico de costes de construcción, conservación y mantenimiento a lo largo del periodo de proyecto adoptado.

En este sentido, los refuerzos con hormigón presentan la ventaja de que sus costes de conservación son muy inferiores al de otras soluciones alternativas. En el caso de firmes de nueva construcción, son muy numerosos los ejemplos de pavimentos de hormigón que se encuentran en perfecto estado después de 40 o incluso 50 años, con un mantenimiento prácticamente nulo, como es el caso de la autopista Oviedo – Gijón – Avilés (Y de Asturias). Esta durabilidad se ve aumentada en los refuerzos debido a la gran calidad del apoyo proporcionado por el firme existente.

Además hay que considerar otra ventaja relativa al coste como es la baja fluctuación de los precios de los materiales de un pavimento de hormigón, todos locales, prácticamente inalterables con las oscilaciones del petróleo y el betún.

Es posible acceder a una herramienta informática de evaluación económica de construcción, conservación y mantenimiento en la página www.ieca.es. Dicha herramienta permite, entre otras posibilidades, actualizar los distintos precios o comparar mediante gráficas la rentabilidad de cada solución en función del precio introducido de cada material. Por ello resulta muy útil para evaluar económicamente la repercusión de un tipo u otro de refuerzo en cualquier proyecto.

Conclusiones

Los refuerzos con hormigón constituyen una técnica de rehabilitación muy versátil, que puede utilizarse sobre cualquier tipo de firme.

En general se utilizan para incrementar notablemente la capacidad de soporte de un firme presentando problemas de agotamiento, con espesores algo inferiores a los de un pavimento nuevo; aunque también es factible el empleo en capas delgadas adheridas a firmes existentes en buen estado.

Una de las ventajas de esta técnica es que las reparaciones a realizar en el firme existente son en general muy reducidas.

En uno y otro caso, este tipo de refuerzos aportan las cualidades de los pavimentos de hormigón: son duraderos, apenas envejecen por las acciones climáticas, son resistentes a carburantes y aceites, son sostenibles y, al final de su vida, reciclables.

Las ventajas económicas son amplias, ya que además se disminuye sensiblemente el consumo de combustible, se aprovechan materiales locales, se reduce la necesidad de iluminación en vías urbanas o túneles y los gastos de conservación y mantenimiento son prácticamente nulos. Todo ello hace que, a la hora de rehabilitar un firme de hormigón, la opción de extender encima del mismo otro pavimento de hormigón debería ser siempre considerada.

Referencias

- Norma 6.3 - IC sobre Rehabilitación de firmes. Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, Madrid, 2003
- Norma 6.1-IC sobre Secciones de firme. Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, Madrid, 2003.
- Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3. Artículo 550: Pavimentos de hormigón. Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, Madrid, 2004.
- Effects of Pavement Structure on Vehicle Fuel Consumption – Phase III. National Research Council of Canada, Ottawa, 2006
- “Guide to Concrete Overlays”. National Concrete Pavement Technology Center, Iowa State University, Ames, 2008.
- Ponencias del 11º Simposio Internacional de Pavimentos de Hormigón. Sevilla, 13 al 15 de octubre de 2010.



Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones

C/ José Abascal, 53 - 1º

28003 Madrid

T.: +34 91 442 93 11

tecnologia@ieca.es

www.ieca.es