

REVESTIMIENTO DE VIAS PUBLICAS: HORMIGONES DE CEMENTO

Por MARCELINO AHIJÓN GODÍN, Ingeniero de Caminos.

Se propone el autor dar a conocer en una serie de artículos, que empieza con el presente, las conclusiones a que se ha llegado sobre este tema, deducidas de la experimentación que de estos revestimientos se ha hecho, y estudia detenidamente las objeciones más importantes que a su empleo se oponen.

En un breve artículo publicado en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, correspondiente a junio pasado (número 2786), hicimos una presentación de vistas tomadas de diferentes revestimientos de hormigón de cemento, en carreteras españolas, establecidos en épocas diferentes, que respondían a técnicas y medios de puesta en obra igualmente diferentes. De manera especial, esta diversidad se refería al procedimiento de compresión del hormigón: en un caso, sencillamente apisonado, y en otro, aplicando elementos mecánicos de vibración.

Señalábamos en aquel artículo, para uno próximo, la intención de dar cuenta de una serie de conclusiones provisionales sobre resultados deducidos, si bien éstos deban limitarse para la segunda clase de revestimientos, dada su reciente construcción, al proceso de ésta y primera etapa de apertura al tránsito. A aquel propósito obedece el presente artículo y siguientes.

I

En el ya largo período de las aplicaciones del hormigón a revestimientos de carreteras, éstos han sufrido vicisitudes, alternando desde su auge a su abandono, desde su tolerancia a su desprestigio.

Estas fluctuaciones, donde más intensamente se han acusado, ha sido en América del Norte, Estados Unidos y el Canadá, donde, por otra parte, tuvieron su más amplio desarrollo esta clase de revestimientos.

El programa de objeciones que se hacía en principio a estos revestimientos, algunas de las cuales siguen constituyendo la base de los argumentos de sus detractores actuales, pueden condensarse en el siguiente índice:

1. Bajo la acción de trepidaciones y choques, particularmente bajo las percusiones de las herraduras de las caballerías y el paso de los carros provistos de ruedas con llantas metálicas, estos revestimientos se fisuran y disgregan con facilidad.

Por otra parte, el hormigón se quiebra fácilmente bajo la acción de la retracción del fraguado y por los

efectos de contracción y dilatación debidos a las variaciones de temperatura.

2. Las calzadas de hormigón son sonoras y no están exentas de polvo.

3. Los revestimientos se prestan mal a la apertura de calas o zanjas para la puesta o reparación de las canalizaciones colocadas en el subsuelo.

4. En lo que se refiere a su establecimiento es preciso, en razón a la larga duración del fraguado del hormigón, suspender o variar la circulación durante algunas semanas o tomar medidas costosas para protección de la superficie.

5. Los revestimientos en hormigón son costosos.

6. Pese a una cuidadosa selección de materiales y estudiada dosificación, junto con una esmerada ejecución, las juntas constituyen el punto débil de esta clase de revestimientos, problema al que no se ha encontrado solución claramente eficiente.

Este programa de defectos formulado hace veinticinco o treinta años por los detractores de los revestimientos de hormigón, era rebatido por los partidarios de esta clase de afirmados, conforme al siguiente cuestionario:

1. Aun cuando es cierto que buen número de revestimientos de hormigón se han fisurado y dislocado por la acción de las cargas de rodadura y a menudo por la sola acción de la intemperie, estos hechos es preciso atribuirlos, en gran parte, a dosificaciones muy débiles de cemento y a una técnica en su ejecución rudimentaria y poco vigilada. Subsisten buen número de revestimientos en buen estado, que demuestran que empleando dosificaciones bien estudiadas, métodos convenientes para la mezcla de los materiales, extendido llevado a cabo con la mayor regularidad, compresión eficaz y medidas de protección durante el fraguado, pueden obtenerse afirmados de esta clase que resistan los choques y trepidaciones provocados por la rodadura de los vehículos, incluso los de llantas metálicas.

Las fisuras y grietas provocadas a la retracción del fraguado pueden ser evitadas casi enteramente gracias a los mismos cuidados, y las ocasionadas por las dilataciones y contracciones bajo el efecto de cambios

de temperaturas se combaten por el establecimiento de juntas de dilatación a distancias convenientes, teniendo en cuenta circunstancias de tiempo y lugar, y mediante dispositivos que faciliten la expansión y contracción de las losas.

Por último, las dislocaciones que pueden tener lugar en el hormigón como consecuencia de los movimientos del subsuelo, pueden ser evitadas mediante consolidación y saneamiento previo de aquél en proporción debida, recurriendo en caso extremo a la incorporación al hormigón de una armadura metálica.

2. El inconveniente de la sonoridad de las calzadas hormigonadas no debe ser exagerado; estos revestimientos son, bajo el paso de vehículos de tracción animal, menos ruidosos que los empedrados concertados o adoquinados, y si dan un poco de polvo es en razón a la lechada que se forma en su superficie durante su construcción y que termina en plazo corto por desaparecer.

3. La apertura de calas o zanjías es una operación que se traduce al reponer el hormigón en zonas defectuosas y de difícil enlace con las zonas próximas; pero no es menos cierto que este defecto no es exclusivo de esta clase de revestimientos, sino que en mayor o menor proporción lo es de todos los revestimientos, por cuya razón debe esforzarse por todos los medios para que aquéllas se hagan cada vez más raras, colocando las canalizaciones bajo las aceras y no bajo las calzadas.

4. Es exacto que la consolidación del hormigón y su fraguado dura algunos días, durante los cuales es preciso suspender la circulación, limitarla a un semiancho o desviarla, pero no es menos cierto que en casos de revestimientos de elevada categoría, concertados sobre hormigón, adoquinados sobre igual base, hormigones asfálticos, sobre fundación rígida, etc., etcétera, sucede lo mismo.

5. El coste del revestimiento en hormigón no es reducido, como ocurre al macadam ordinario o a los revestimientos superficiales asfálticos, incluso el macadam asfáltico en penetración, pero es preciso considerar que todo revestimiento perfeccionado cuesta caro; es el valor relativo del sistema comparado con otros con los cuales puede ponerse en paralelo, el que permite apreciar su eficiencia.

6. Es indudable que las juntas constituyen el punto singular de esta clase de revestimientos. Se ha discutido incluso la conveniencia de su establecimiento; algunos técnicos piensan que es preferible, en vez de crearlas, dejar que se manifiesten y rellenarlas con materiales plásticos; otros son de parecer que debe ser objeto, en su distribución y disposición, de meditado estudio, teniendo en cuenta todos los elementos interiores y exteriores que intervienen más o menos directamente en el proceso de su aparición y de su necesidad. El número de dispositivos para su establecimiento demuestra la complejidad del problema.

Se estimen o no necesarias, se adopte uno u otro dispositivo en caso de establecimiento, es indudable que el problema de las juntas se atenúa en proporción a la atención constante que debe otorgarse a su buena conservación y vigilancia, de tal manera que si éstas se llevan al extremo, las condiciones del revestimiento, en relación con la circulación, no permitirán objeción de bulto por lo que a las juntas se refiere, a expensas desde luego de un mayor gasto de conservación.

* * *

En el IV Congreso de la Asociación Permanente de los Congresos de Carreteras, en 1923, celebrado bajo los auspicios de una primavera sevillana, y único de los ocho reunidos hasta la fecha en España, fué donde por primera vez oímos a ingenieros destacados de América y Europa debatir ampliamente, como consecuencia de informes presentados al Congreso, la conveniencia o desventaja de los afirmados de hormigón.

El programa exterior del Congreso lo absorbió, casi íntegramente, la maravilla de una primavera andaluza, increíble realidad para muchos de nuestros visitantes, que la imaginaban de leyenda, programa espontáneo, natural, que Sevilla aderezó con la prodigalidad de su riqueza en ambiente y color. Por lo que al programa "routier" se refería, sólo pudimos ofrecerles, eso sí, abundoso, el polvo sutil "destilado" de nuestro macadam francamente ordinario que suavizaba y apagaba los tonos vivos del paisaje y uniformaba de gris en las excursiones la vestimenta severa y a veces austera de los congresistas extranjeros.

Fué ponente del tema "Los afirmados de hormigón", el hoy Director de la Escuela de Caminos don Manuel Aguilar, entonces y siempre atento a cuanto pudiera relacionarse con los revestimientos de carreteras y con cuanto a esta vía de comunicación se refiere.

Al reseñar el nombre de Manuel Aguilar, como ponente del tema, nos parece obligado rendir un emocionado recuerdo a Ingenieros ya desaparecidos, que fueron ponentes de otros temas o relatores en el citado Congreso de Carreteras, cuyos nombres vinieron siempre asociados al *Servicio ordinario*, al que Boutet, el ilustre Ingeniero "routier", recientemente fallecido, dedica una fina glosa llena de exquisito humor en la introducción de su último libro *L'Etat Actuel de la Technique Routière* (1944). Aquellos Ingenieros se llamaron: José María Sainz, Jefe muchos años de la Jefatura de Palencia; Luis Dicenta Lloret, que lo fué de la de Valencia; Blas Sorribas Bastarán, de igual cargo en Barcelona; Francisco de Albacete, en la de Madrid, y Enrique Martínez, en la provincia gaditana, y el inolvidable Félix Ramírez Doreste, Jefe entonces de Sevilla.

A todos ellos dedico mi fervorosa evocación de Ingeniero afecto al *Servicio ordinario*.

Volviendo al tema de los revestimientos de hormigón, cuya ponencia, como hemos dicho, fué redactada por D. Manuel Aguilar en el referido Congreso de Sevilla, por aunar el criterio de los técnicos concurrentes al mismo, la juzgamos oportuno transcribir. Decía así en sus conclusiones:

“1.ª Los afirmados de hormigón de cemento Portland bien proyectados, constituidos con materiales de buena calidad, graduados convenientemente, contruidos sobre cimientos consistentes y bien saneados, y ejecutados con esmero, son capaces de resistir en buenas condiciones el tráfico, aún intenso y pesado, de vehículos dotados de llanta de goma.

2.ª Con las condiciones y clase de tráfico detalladas en la conclusión primera, estos pavimentos son muy estables, adaptándose bien a todos los climas. Resultan lisos, pero no resbaladizos; la resistencia que presentan a la tracción es moderada. Su duración es grande, el gasto de conservación pequeño, y al estar desgastados pueden servir de cimiento a otros tipos de afirmado o recrecerse con nuevo hormigón. Son limpios, producen poco polvo y es en ellos fácil la evacuación de las aguas. Los materiales necesarios se encuentran en casi todas las comarcas y la construcción es sencilla. Su visibilidad es buena durante la noche y son poco sonoros. Los vehículos que por ellos circulan sufren poco en las llantas y muelles.

En cambio, tienen los inconvenientes de resultar costosos de construcción; su reparación si se deterioran mucho es difícil, exigen gran cuidado en la ejecución, lo que implica vigilancia constante y minuciosa. Hay que interrumpir el tránsito durante bastante tiempo, son en ellos las calas difíciles y tienen deficiente aspecto cuando se presentan numerosas grietas.

3.ª Los ensayos efectuados en vías de comunicación, donde gran parte de los vehículos pesados que circulan por ellas tienen llantas metálicas, son muy alentadores, pero es preciso proseguirlos, estudiando los medios de obtener superficies de rodadura muy resistentes al desgaste por rozamiento.

4.ª Los materiales para el hormigón han de elegirse con gran cuidado.

El agua debe ser limpia y no ha de tener aceites, álcalis, ni sustancias orgánicas.

El cemento Portland será de superior calidad.

El agregado fino debe ser con preferencia arena que ha de estar exenta de limo y materias orgánicas, consintiendo únicamente pequeña proporción de arcilla; debe evitarse que la proporción de granos finos inferiores a 0,5 mm. exceda del 30 por 100, así como la existencia de granos muy finos, inferiores a 0,2 mm. La resistencia a la tracción y compresión de morteros de proporciones 1×3 , no han de ser inferiores a las que se obtengan con probetas de mortero con arena normal de la misma dosificación.

El agregado grueso puede ser canto rodado, escorias o piedra partida, siendo preferible esta última. Los materiales del agregado grueso han de ser tenaces y resistentes al desgaste por rozamiento.

5.ª Es de capital importancia que los hormigones tengan la mayor compacidad que se pueda conseguir. Como primera aproximación y con el carácter del límite inferior para riqueza de hormigón, puede adoptarse la dosificación en volumen $1 \times 2 \times 3^{1/2}$, o su aproximadamente equivalente, 400 Kg. de cemento por 540 litros de agregado fino y 945 litros de agregado grueso. En cada caso deben hacerse experiencias con los materiales de que se disponga para llegar a una dosificación que permita obtener gran compacidad en el hormigón.

Si el afirmado se ejecutase en dos capas, el hormigón de la inferior puede ser más pobre.

6.ª El cimiento ha de sanearse y consolidarse con todo esmero. Los drenes han de establecerse bajo el nivel a que puedan penetrar las heladas, y cuando éstas sean muy importantes conviene completar la precaución colocando bajo el afirmado capas de materiales malos conductores del calor, tales como cenizas de cok, turba desmenuzada, etc.

7.ª Para obtener resultados favorables es imprescindible una inspección constante y minuciosa.

8.ª Siempre que sea posible, debe hacerse el afirmado en todo su ancho a la vez.

9.ª La ejecución del afirmado en dos capas no se recomienda en general, y, de hacerlo en esta forma, debe procurarse al menos que se coloque la segunda antes que la primera haya empezado a fraguar y apisonar de una vez el conjunto.

10.ª La conveniencia del uso de maquinaria ha de estudiarse en cada caso desde el punto de vista económico. Sin embargo, como es muy importante para la resistencia del hormigón emplear poca cantidad de agua, se recomienda que el enrasado, apisonado y alisado finales se efectúe mecánicamente siempre que sea posible. Asimismo, para asegurar la uniformidad de las mezclas, conviene utilizar hormigoneras que tengan dispositivos conducentes a asegurar la constancia en la cantidad de agua y tiempo del amasado.

11.ª No parece oportuno pronunciarse por el momento sobre la conveniencia del empleo de hormigón armado u ordinario, entendiendo que deben continuarse los estudios y experimentos sobre tan interesante materia.

12.ª Parece inevitable la formación de grietas en esta clase de afirmado, o por lo menos no se ha conseguido evitarla por completo con la ejecución de juntas ni con el empleo de materias especiales.

13.ª Para evitar los accidentes que se producen en los pavimentos de hormigón a consecuencia de las dilataciones que producen las temperaturas elevadas y

el exceso de humedad, pueden hacerse juntas de dilatación a distancias que hay que determinar en cada caso. El material de relleno y las precauciones que deben tomarse, tanto en esta clase de juntas como en las de reanudación de trabajo, constituyen amplio objeto de experimentación.

14.^a Son interesantes todos los estudios y ensayos que se hacen para obtener economías en esta clase de afirmados cuando el tráfico es de vehículos de peso ligero y medio."

La experiencia y técnica aportada al Congreso corrió a cargo de los técnicos del Canadá y de los Estados Unidos, donde en aquella época se habían establecido unos 1 000 kilómetros y 7 000 kilómetros respectivamente de revestimientos de hormigón. En Francia, Italia, Holanda y Suecia esta clase de revestimientos no habían pasado de la vía de ensayos, y en Inglaterra las aplicaciones se hicieron en alguna mayor escala, siguiendo las directrices de la técnica americana. En España, Aguilar relataba el establecimiento de un tramo de ensayo en Canarias y otro en la carretera de Barcelona a Santa Cruz de Calafell.

En América, los hormigones empleados eran los de cemento Portland sin adición de material alguno, pero en Europa tuvieron cierta extensión los llamados hormigones especiales, entre los que se destacaron los denominados *Rhoubenite* y *Soliditit*, el primero de procedencia belga y el segundo italiana.

El hormigón *Rhoubenite* se obtenía con una dosificación de cemento Portland de 400 kilogramos, al que se adicionaba un material *Rhouben*, residuos pulverizados de maderas de naturaleza determinada, con el cual "se pretendía dar mayor elasticidad al hormigón e impermeabilizarlo".

El hormigón *Soliditit* tenía como aglutinante una mezcla de un cemento Portland y otro dicho *Silicéne*, muy rico en sílice. Los autores del sistema afirmaban que el producto especial "conteniendo sílice libre y activa, al unirse mediante el cemento Portland al árido, formaba con la piedra de éste combinaciones nuevas, de suerte que el mortero formaba cuerpo con ellas y no una simple adherencia. La fabricación se hacía con "poca agua", con lo que se favorecían las condiciones de aplicación del producto."

Es de notar que con el sistema *Rhoubenite* se pretendía una mayor elasticidad y compacidad, y con el *Soliditit*, una mayor resistencia.

Paralelamente a estos sistemas de afirmados de hormigón, se aplicaron otros procedimientos de capas protectoras a base de morteros de cemento o macadam aglutinado con ellos, sistemas patentados como el *Has-sam*, en los Estados Unidos; el *Cornet*, en Bélgica. Igualmente tuvieron aplicación aglomerantes especiales, como el *Rocmac*, en Inglaterra, o procedimientos de ejecución particulares, como el *Cemento Gun*.

Es el período 1922 a 1924 al que nos referimos al hacer esta exposición de la técnica y experiencia de los afirmados de hormigón de cemento. Nótese en ella que mientras América, en general, dirige su acción hacia las aplicaciones del hormigón de cemento, estudiando materiales, dosificaciones, y perfeccionando la puesta en obra de material, mecanizándola, empleando cemento Portland corriente, Europa dirige sus ensayos preferentemente en el sentido del empleo de aglomerantes de características especiales en relación con las supuestas condiciones excepcionales a que había de estar sometido el hormigón en trabajo, atribuyendo al ligante el preponderante papel en aquél.



Perfil n.º 1

Figura 1.^a

En este caso, como antes y después en otros, no ya técnicos, sino abarcando esferas o actividades las más diversas de la vida, se pusieron de manifiesto los dos procesos vitales de la vida moderna, que, tendiendo a idéntico fin, emprendieron y a veces recorrieron caminos distintos como respondiendo a psicologías o concepciones vitales diferentes. América, joven, exuberante de acción material, se conduce sistemáticamente hacia el modo de hacer; Europa, traspasada su madurez, se polariza o estabiliza en el sutil y complicado proceso de teorías de los elementos de la acción.

* * *

El perfil americano de los revestimientos de hormigón en la época a que venimos refiriéndonos, tenía dos modalidades, según se tratara de carretera o vía ya en servicio desde algún tiempo o correspondiera a carretera nueva. En el primer caso (fig. 1.^a), el espe-



Perfil n.º 2

Figura 2.^a

sor podía ser uniforme en todo el ancho o aumentado proporcionalmente, bien en el centro o en la zona de los mordientes. Cuando se construía una carretera nueva sobre terreno de suelo no bastante firme, el revestimiento recibía en su parte media un espesor mayor

que en sus extremos (fig. 2.^a). En ningún caso aquél era inferior a 12 cm. La pendiente transversal oscilaba entre 1/60 y 1/80.

La dosificación de materiales más frecuentemente usada era la que respondía a las siguientes cifras: 1-1, 5-3, correspondientes a cemento, arena y piedra partida, respectivamente. A la proporción de agua se le asignaba un importante papel, en razón a que "si ella era muy elevada, el hormigón después del fraguado

Comisión de carreteras del Estado de Nueva-York daba la siguiente:

Piedras de calibre 1 a 1,5 cm. 25 por 100.

" " 1,5 a 3,5 cm. } el resto, por mitades.
" " 3 a 4,5 cm. }

Como caso particular de revestimientos a base de cemento de tipo europeo, hemos de citar el de las calzadas construídas con cemento de Grenoble, que no cons-

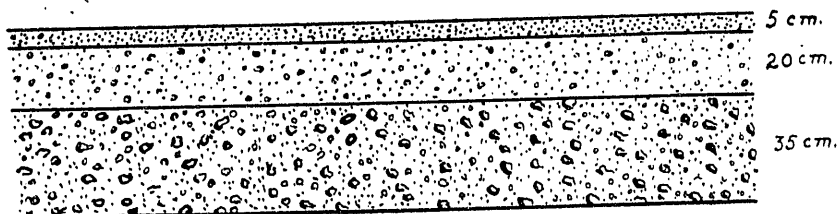


Figura 3.^a

tiene poca compactidad, y si la mezcla era demasiado seca, la distribución de los materiales y el reflujo del mortero hacia la superficie bajo el efecto del apisonado es irregular o insuficiente. Por otra parte, en un hormigón demasiado fluido, los elementos gruesos y de densidad diferente se separan fácilmente los unos de los otros, especialmente si es preciso transportar el hormigón con algún recorrido entre el punto de fabricación y el lugar de empleo". La consistencia óptima debe ser buscada, en cada caso particular, y según la estación, el clima, mediante ensayos previos. La adición de un poco de cal apagada (un 10 por 100) da plasticidad al hormigón y permite obtener, cuando es necesario, una materia más fácil de trabajar, sin aumentar la proporción de agua.

Como fórmula granulométrica para la piedra, la

tituyeron en realidad revestimientos clásicamente de hormigón, sino más bien capas de rodadura de mortero rico en cemento reposando sobre hormigón pobre (figura 3.^a). De las tres capas de que constaba el revestimiento, la inferior era de grava de calibre 6 cm.; la segunda estaba constituida por hormigón dosificado en 1-6 (cemento, piedra); la superior formaba una chapa de mortero dosificada en la proporción 1-1 (cemento, arena).

Nos hemos detenido, quizá con exceso, en la exposición de la técnica y experiencia de los revestimientos de hormigón en la fecha a que venimos haciendo referencia, pero lo estimamos necesario como punto de partida para el examen de la evolución sufrida por esta clase de revestimientos y consecuencias subsiguientes.