

LOS MECANISMOS DE VIBRACIÓN DEL HORMIGÓN, DE APLICACIÓN A LOS REVESTIMIENTOS DE VÍAS PÚBLICAS

Por MARCELINO AHIJÓN, Ingeniero de Caminos.

Presenta el autor un conciso resumen sobre las experiencias recientes de vibración del hormigón en pavimentos, y habla de los tres sistemas empleados: vibración superficial, vibración interna y vibración previa. En la última, opina el Sr. Ahijón que está el porvenir de esta clase de afirmados, si bien cree que por la complicación de la maquinaria requerida es aún prematura su aplicación para nosotros, debiéndonos concretar, por el momento, a la superficial.

El número de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de abril del pasado año publicó una breve referencia de la aplicación de la vibración a los revestimientos de hormigón en vías públicas, en la cual se exponían unos datos y consideraciones sobre el posible y conveniente establecimiento de los mismos en nuestras carreteras y vías similares. El éxito de su aplicación reside, a no dudar, en una atenta, cuidadosa e inteligente fabricación y puesta en obra del hormigón, y dentro de esta última, en la adopción de un sistema de vibración adecuada.

La multiplicidad de mecanismos empleados o ensayados con técnica diferente, demuestra que aún no se había llegado a la resolución de tan interesante cuestión. Parece indudable, teóricamente, que la obtención de una compacidad deseada y de altas resistencias a tensión, flexión y compresión, con materiales de selección y con dosificación estudiada, pueden lograrse si se dispone de un mecanismo de vibración en consonancia con la forma y dimensiones de la pieza o masa de hormigón a vibrar. La adopción de este mecanismo es fundamental a estos efectos.

Los sistemas de vibración del hormigón en masa o para armar, empleado en la construcción, pueden tener algunos aplicación a la vibración del hormigón en revestimientos de carreteras; pero tienen éstos características propias (grandes extensiones superficiales en relación con reducidos espesores) que exigen, a no dudarlo, mecanismos de cierto carácter especial, y en ese sentido se ha venido orientando la técnica durante estos últimos años. El camino recorrido en el perfeccionamiento de los ensayados y en la adopción de otros nuevos, en el período que va de guerra mundial, ha sido considerable, y aun cuando concretamente no se conocen, las referencias y datos que llegan pueden dar una idea aproximada de aquéllos.

Al surgir la guerra en 1939, los sistemas de aplicación eran los de vibración superficial; en ensayo, los de vibración interna, y en estudio, los de vibración previa.

Vamos a hacer un breve resumen de los mismos:

La vibración superficial tiene por base los planos o reglas vibradoras. Extendido el hormigón y com-

probado su espesor y el perfil transversal y longitudinal, entran en acción los elementos o sistemas de vibración superficial. Los primeros están constituidos por plataformas de madera o metálicas de dimensiones variables, sobre las cuales van montados uno o más vibradores, bien neumáticos o eléctricos. El peso de estos mecanismos oscila entre 80 y 120 Kg., y las dimensiones de las plataformas, de 0,40 X 0,60 m. a 0,30 X 0,80 m. y 0,20 X 1,00 m., y espesor de 3 centímetros si son de madera, y de menor dimensión transversal y espesor si son metálicos. El traslado de un sitio a otro del mecanismo se hace a mano (dos hombres), por medio de un bastidor unido a la plataforma, con dispositivo para amortiguación de la vibración al personal.

Como variación del sistema se emplearon los cilindros vibradores de hasta 5 m. de longitud y 0,20 a 0,30 de diámetro, en cuyo interior, y según el eje, se disponían varios vibradores eléctricos, o neumáticos, a masa pendular, que por un mecanismo apropiado obraban según la generatriz del cilindro en contacto con la superficie del revestimiento.

Se comprende que estos elementos de vibración, que no trabajan sino sobre superficies parciales del revestimiento, tuvieran, aun dentro de su eficacia, un rendimiento de trabajo deficiente; sólo en una zona muy interior al perímetro de la plataforma, la vibración es eficaz, y ello obliga a superponer, en su desplazamiento, elementos de vibración en parte de la zona vibrada anteriormente, y aun así, el efecto de la vibración es incompleto; a más, el personal ha de moverse sobre el hormigón, y aun cuando se coloquen tableros, esto interrumpe la continuidad del trabajo, sin contar otras dificultades.

La aparición de los trenes de vibración montados sobre los mecanismos de distribución del hormigón, dispuestos sobre carretones, cuyas ruedas corrían sobre los encofrados, vino a mejorar las aplicaciones de la vibración superficial. Los vibradores se montaron sobre una viga o reglón de longitud igual al ancho de la zona hormigonada y colocada a continuación del cerco a plantilla, cuya misión era dar el perfil proyectado; con dispositivo para su levantamien-

to y descenso. El sistema permitía vibrar en todo el ancho, sobre un hormigón encajado entre los encofrados y el hormigón ya vibrado anteriormente, lo que se traducía en una mayor eficacia en la vibración, acusada en las probetas obtenidas de los revestimientos. Los efectos de la vibración eran perfectamente apreciables en un espesor del revestimiento de 15 centímetros y bien acusados hasta los 8 ó 10 centímetros, espesor que algunos técnicos estimaron suficiente en carreteras de tráfico medios.

La vibración interna tiene por base los pervibradores, cuyo empleo es corriente en el hormigón de aplicación a la construcción en general. Los dispositivos de esta naturaleza son variadísimos, en consonancia con la forma y dimensiones de los elementos constructivos. En el caso de revestimientos de vías públicas con espesores de hormigón de 25 cm. como máximo, se produce una limitación en los mecanismos de aplicación, y las extensiones superficiales a vibrar hace ocioso el empleo de elementos aislados.

Los sistemas aplicados han sido los trenes de pervibradores, colocados, como los vibradores superficiales, bajo una regla o barra montada en el carretón sobre el cual van los mecanismos de descarga, distribución y perfilado, e inmediatamente después del cerco o plantilla que efectúa esta última operación. Los pervibradores van suspendidos sobre el hormigón, con dispositivos para su levantamiento o descenso, que actúan sobre la barra o reglón en el que están montados.

Se ha ensayado la aplicación de pervibradores llamados flotantes, que se desplazan automáticamente cuando el hormigón tiene una compacidad o peso específico determinado (en teoría, la concepción es perfecta) y los llamados de aguja, cuyo mecanismo es el de un árbol descentrado que gira a gran velocidad dentro de un tubo. Las dimensiones de aquéllos, 200 mm. de diámetro mínimo, y la de los de aguja, de 20 a 100 mm., permite multiplicar el número de éstos en favor de la eficacia de su aplicación.

Un mecanismo empleado para la vibración interna es el llamado "peine o rastrillo pervibrador", que difiere del tren de pervibradores en que la barra o reglón del que penden los pervibradores se sustituye por un tubo en cuyo interior van montados los elementos de vibración, transmitiéndola a aquél a unos dientes o púas a él unidos que se hunden en el hormigón, vibrándole interiormente. El levantamiento y descenso del rastrillo se hace con un mando mecánico desde la cabina de maniobra.

La eficacia de la vibración interna del hormigón en revestimiento de carreteras ha sido objeto de discusión y controversia y muy variable con un mismo mecanismo, para fórmulas granulométricas distintas de agregados gruesos y finos, u objeto de estudios y ensayos muy interesantes para definir el campo de

acción de un elemento vibrador o de un conjunto de ellos y de la homogeneidad del material. Su acción se relaciona con la pericia o práctica del encargado del mecanismo de mando, habiendo acusado, en ocasiones, en probetas obtenidas, una máxima eficacia, extendiéndose su efecto en todo el espesor del revestimiento.

La vibración previa tiene como base los canales o mesas vibradoras, cuyos ensayos despertaron un gran interés en los años inmediatamente anteriores a la actual guerra mundial.

Su mecanismo se reduce a vibrar el hormigón antes de ser puesto en obra a su salida de la hormigonera, pero así como tanto en la vibración superficial como en la interna la frecuencia de la vibración era entre 4 000 y 6 000 por minuto, en la vibración previa se ha llegado a 10 000 y 12 000 en el mismo tiempo.

La aplicación de la vibración de alta frecuencia en las construcciones de hormigón en la guerra mundial ha producido resultados de un alto interés, tanto en lo que se refiere a resistencias obtenidas como en reducción extraordinaria en la cantidad de cemento, constituyendo la revolución que preveía Freysinnet.

Parco en su comentario, que es prematuro y se sale de mi modesta capacidad, solamente me referiré ligeramente a los mecanismos adoptados y sus variantes para adaptarlos a los revestimientos de hormigón en carreteras.

El hormigón, al salir de la hormigonera, es transportado por planos elevadores o descensores, sometidos a vibraciones de alta frecuencia, cuya velocidad de marcha es graduable, desde los cuales pasa, mediante dispositivos ingeniosos, a la vía o carretera, sin sufrir desagregación o alteración apreciable. El espesor de la capa se gradúa repetidamente a lo largo de su movimiento por dispositivos sencillos. Posteriormente se le aplica un vibrado superficial complementario a modo de acabado de su superficie.

Hormigones muy secos son de aplicación a estos sistemas de vibración, sin más limitaciones que la posibilidad de su amasado. Las cantidades de mortero se han reducido a límites mínimos. Los materiales son productos de selección.

El campo de posibilidades que abre la vibración, en su aplicación a los revestimientos de hormigón en las carreteras, hace pensar en la seguridad de su establecimiento sistemático en un plazo corto, con exclusión de todos los rígidos sistemas hasta ahora empleados, que quedarán relegados a la Historia de los "pavimentos", constituyendo la Edad Media de los mismos.

No hemos de terminar sin poner de manifiesto la fundamental intervención del hormigón en sí para los efectos de su vibración. Para que ésta surta su

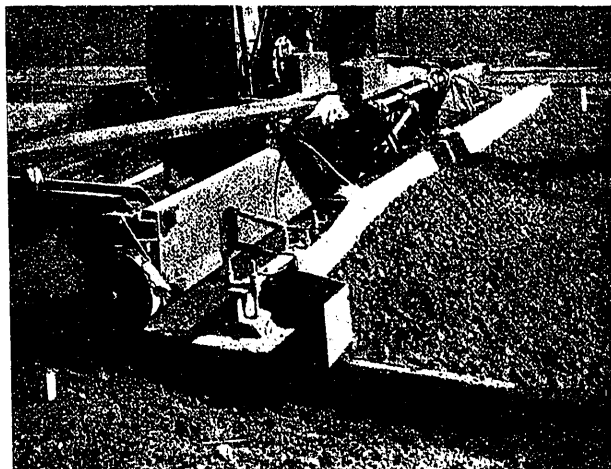
efecto en el proceso de colocación u ordenación de los agregados gruesos, y, en consecuencia, obtener la compacidad deseada, necesita un tiempo y unas condiciones precisas. En el principio de la vibración, agua, cemento y elementos muy finos de la arena comienzan a mezclarse para formar un líquido pastoso, en el cual están sumergidos agregados gruesos y finos.

Si este líquido es muy inferior en peso específico al de aquéllos se hundirán rápidamente, encontrándose colocados en una posición cualquiera, sin que la vibración sea eficaz, ocurriendo algo semejante al efecto de la vibración en agregados solos, que apenas si tiene efecto, o muy reducido. Por el contrario, si el peso específico de la pasta es muy elevado y próximo al de los agregados, éstos retardarán su colocación, con disminuida acción de la gravedad, pudiendo quedar en una situación que no es la debida, ante cualquier pequeño obstáculo o rozamiento, y la vibración tampoco será eficaz.

De aquí la necesidad de un estudio atento de fórmulas granulométricas y dosificación de materiales y su comprobación permanente en obra, así como la vigilancia de la fabricación del hormigón, para aproximarse a las condiciones apropiadas del mismo, rectificando en su caso unas y otras, si así lo aconsejara la cuidadosa observancia del material puesto en obra.

De lo expuesto se deduce que la aplicación de elementos o sistemas de vibración o revestimiento ejecutados o a ejecutar en España en el momento actual, es factible, en lo que se refiere al empleo de la vibración superficial, bien en elementos o sistemas; posible, el de la interna en sistemas, y prematuro, el de la vibración previa.

La vibración superficial por elementos ha sido aplicada a revestimientos establecidos, con rendimientos estimables, y la construcción de mecanismos de esta clase, españoles, ha sido emprendida de algún tiempo a esta parte. No así los sistemas o trenes de vibración superficial, a los que asignamos una mayor eficacia, por las razones apuntadas. Ello debe atribuirse a los reducidos tramos de revestimientos hormigonados con aplicación de vibración establecidos hasta la fecha; pero como quiera que últimamente se ha comenzado a intensificar estos establecimientos, es de esperar que los fabricantes estudien y ensayen tipos adecuados que, por otra parte, carecen de complicaciones, como puede apreciarse en la fotografía,



que reproduce un sistema americano, en el cual el tren de vibradores se sitúa inmediatamente después de la plantilla de distribución y perfilado del hormigón, abarcando todo el ancho de éste, y una y otro montados en un carretón que rueda sobre los encofrados.

Un dispositivo semejante pudiera tener el tren de vibración interna, bien suspendiendo de una barra o reglón los pervibradores o adoptando el rastrillo o peine vibrador y colocándolo de manera semejante.

Los dispositivos de vibración previa tienen una mayor complejidad y exigen unos gastos de maquinaria auxiliar elevados, y en consecuencia el coste de establecimiento es prohibitivo si no se acomete en gran escala las aplicaciones de revestimientos de hormigón vibrado a nuestras carreteras. No así los de vibración superficial e interna análogos al reproducido, que permitirán su aplicación a obras de esta clase, dentro de cifras presupuestarias medias.

Los establecimientos de hormigones vibrados que van a iniciarse en algunos tramos de carreteras y otras vías de nuestro país sobre la base de agregados gruesos de gran dureza y fórmulas granulométricas fijadas, con dosificaciones estudiadas, con ensayos previos sobre los hormigones a emplear y sus elementos, partiendo de una base técnica, permitirán obtener unas series de datos del mayor valor sobre tan interesantes aplicaciones, que en otros países adquieren un desarrollo intensísimo, dirigidos por una técnica que otorga la máxima atención a las mismas.