

- 1 -

611-9 PLAN DE ENSAYOS A LARGO PLAZO SOBRE CEMENTOS.

(Old Fashioned Cements vs. Modern Cements)

W. J. Arndt

De: "ROCK PRODUCTS", 150, Enero 1950.

Sigue en todo su apogeo, sobre todo en Norteamérica, la pugna entre la calidad de los cementos modernos y antiguos. Hay una corriente de opinión, sustentada por muchos especialistas, de que los cementos de hace 25 años eran mejores que los actuales sobre todo para la construcción de pavimentos, carreteras y autopistas. Son fáciles de imaginar las dificultades prácticas que implica una investigación concienzuda en esta materia, sobre todo porque los resultados de los ensayos han de comprobarse "a largo plazo" y en condiciones reales. Que sepamos, aún no se ha puesto en práctica ningún dispositivo experimental eficaz para el ensayo acelerado de carreteras. Los ensayos de laboratorio no siempre se corresponden con los resultados obtenidos en las obras.

Es posible que los cementos muy finamente molidos de la actualidad se hidraten demasiado pronto. No cabe duda que estos cementos alcanzan pronto altas resistencias, pero queda por saber si esas resistencias se mantienen en lo sucesivo y si los hormigones resultantes, sometidos a elevados esfuerzos y duras condiciones atmosféricas, son o no durables. Por lo que se ha visto hasta ahora, parece que los hormigones para

- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -

carreteras se comportan bien hasta los 10 años. A partir de aquí, y algunas veces mucho antes, empiezan a surgir inconvenientes y a necesitarse costosas reparaciones, en muchos casos, importan más que el coste mismo del pavimento. En infinidad de casos se ha visto que, a los 15 años, la carretera estaba totalmente destruida. ¿Es posible, se preguntan muchos ingenieros dedicados a la construcción de carreteras, que todos los defectos -grietas, cuarteamientos, desconchados etc.- que presentan los pavimentos sean debidos al aglomerante, es decir, al cemento?. Las fuerzas expansivas, derivadas de la reacción cemento-áridos gruesos, y que no se manifiestan en los morteros de prueba, ¿son en realidad las responsables del fracaso?.

En los últimos tiempos, es mucho lo que se ha dicho y escrito sobre la técnica del "aireado". Aún es demasiado pronto para afirmar o negar las ventajas de este nuevo tipo de hormigones. Pero no cabe duda que la cuestión fundamental que se plantea, es la construcción de carreteras que resistan 30 años, o al menos 20, sin que sea preciso verificar reparaciones costosas.

Los ingenieros de Kansas han concebido la idea de realizar un ensayo real sobre pavimentos de hormigón, tratando de construir un trozo de carretera de calidad idéntica a la que se lograba en el año 1920. Con la colaboración de la State Highway Commission of Kansas, el U.S. Bureau of Public Roads y la Lone Star Cement Corp., esta última como entidad

productora de cemento, se está llevando a cabo la construcción de un tramo de la carretera nº 75, de 4 direcciones, - cerca de Topeka. La zona de experimentación elegida tiene unos 6,5 km. de longitud y el terreno es bastante uniforme. La plataforma está formada en su totalidad por arcillas calcáreas y el sistema de construcción que se utiliza es el corriente en Estados Unidos para esta clase de pistas.

La Lone Star posee excelentes archivos con las características de todos los cementos fabricados en sus instalaciones desde antes de 1920. Por ello, se ha comprometido a suministrar el portland que se necesite pues dicha entidad también se encuentra muy interesada en los resultados. El trozo de carretera "experimental" se ha dividido, a su vez, en tres secciones: la primera se va a construir con un cemento antiguo, entendiendo como tal el que es física y químicamente idéntico al de 1920. El segundo trozo llevará cemento actual o moderno y, la última sección se construirá con un cemento moderno pero triturado al grado de finura del viejo. Designaremos estos tres aglomerantes como cementos I, II y III.

Veamos sus características:

Cemento I

- a) Finura del crudo: pasa en un 90% por tamiz Nº 200 (Serie ASTM)
- b) Contenido máximo en cal libre, del clinker: 1,5 %.
- c) Cocción del crudo empleando como combustible una

mezcla de 80-85 % de carbón pulverizado y 15-20% de gas natural.

- d) El cemento fabricado tiene un contenido en sulfatos (SO_3) comprendido entre 1,65 y 1,85 %, aproximando lo más posible a 1,75 %.
- e) Molturación del clinker en circuito abierto, debiendo poseer el cemento una finura comprendida entre 18 y 22% sobre tamiz nº 200.
- f) Contenido en silicato tricálcico entre 35 y 42 %, (lo más cerca posible de 38 %).

Cemento II

- a) Molturación del crudo en circuito cerrado, según el sistema ordinario. Finura, 94 % por tamiz nº 200.
- b) Contenido máximo en sulfatos, lo más aproximado posible a 2,25 % y comprendido, en todo caso, entre 2,0 y 2,5.
- c) Proporción de silicato tricálcico entre 45 y 50 %. (lo más cerca posible de 48 %).
- d) Molturación del clinker en circuito cerrado, con una superficie específica del cemento entre 1.600 y 1.800 cm^2 por gramo (óptimo 1.700 $cm^2/gr.$)
- e) Cocción del clinker con gas natural.

Cemento III

- a) Molturación del clinker en circuito abierto con

una finura resultante comprendida entre 18 y 22% sobre tamiz nº 200.

- c) Contenido máximo en SO_3 , 1,65-1,85 %, con un óptimo de 1,75%.
- d) El resto de las características, lo más aproximadas posible a las del cemento II.

En la fabricación de estos tres tipos de Portland, la Ione Star pudo comprobar que las diferencias fundamentales - entre los tipos I y II estribaban, en primer lugar, en la finura del crudo, más grosero para el cemento antiguo. El contenido en cal del crudo era también menor para el cemento I y, en lo que respecta a las temperaturas de cocción, se ha tratado de hacer marchar los hornos por debajo de su temperatura normal de trabajo para la fabricación del cemento I. Finalmente, es obvio hacer destacar que el grado de finura del cemento moderno es superior al del antiguo.

En lo que se refiere al contenido en cal del crudo antes de ir a los hornos, el cemento moderno lleva un 78 % de - carbonato cálcico, mientras que el tipo I solo contiene 77,6. Esta diferencia puede parecer insignificante, pero hay que tener en cuenta que, en el cemento moderno, cocido con gas, no hay influencia de las cenizas, mientras que en el antiguo, son estas cenizas del carbón las que reducen aún más el contenido en cal del clinker. Esto influye en definitiva, sobre la proporción en SO_3 del cemento resultante que es unas 10 unidades por 100 inferior para el cemento I.

El contenido en yeso para ambos tipos de cemento (I y II) es, como puede verse en las características antes citadas, 1,75 por 100, lo cual representa una reducción de 0,5% sobre la práctica usual.

En lo que respecta a la aptitud de los tres cementos para formar mortero, se comprobó (en el laboratorio) que sus tiempos de fraguado eran casi iguales (nos referimos al comienzo y fin del fraguado). Esto se encuentra en cierta contradicción con la lógica, pero hay que tener en cuenta que las aguas de amasado fueron las requeridas para formar mortero de consistencia normal (22 % para el cemento I, 23,3 para el II y 21,4 para el III). La disminución en agua para el cemento III ocasiona, evidentemente, una reducción en el tiempo de fraguado que, de otro modo, sería mayor para este tipo de portland.

He aquí, sumariamente, algunas características de la construcción:

Factor cemento

Las especificaciones para 1949 (carreteras) marcan un mínimo de 312 kg/m³, mientras que en 1920-24 eran 356 kg/m³ Así se emplearon en esta carretera.

Asentamiento

En los tres casos se utilizaron asientos de 25 a 50 mm.

Dosificación de áridos

La misma para los tres casos: 43% de arena y 57 % de árido grueso.

Apisonado

En los métodos 1949 se utiliza el vibrador interno de tubo, mientras que en 1924 tales dispositivos eran prácticamente desconocidos. Se empleaba, por aquéllas fechas, el pisón ordinario, pasando después un rodillo de 50 Kg. de peso y 60 cm. de diámetro.

Acabado de la superficie

Los métodos constructivos de 1949 exigen que esta operación se haga inmediatamente después de la puesta en obra de la pasta. Por el contrario, en 1924 tal exigencia no se cumplía y, generalmente, los operarios encargados del acabado de la capa de rodadura, llevaban un desfase de más de 100 metros a lo largo de la carretera, con relación a los mezcladores.

Curado

En 1924, el curado de la carretera, en húmedo, se hacía colocando arpilleras mojadas sobre la misma, tan pronto como el endurecimiento del pavimento lo permitía. Después de 24 horas se retiraban las arpilleras y se ponía una capa de tierra húmeda de 50 a 100 mm. de espesor, no permitiéndose el paso de tráfico alguno hasta los 30 días de la puesta en obra del hormigón. La tierra húmeda se mantenía sobre el pavimento durante 20 días.

En 1949, el curado se hace por el sistema de "membrana transparente" aplicando la solución de curado a razón de

3,8 litros por 10 m² de superficie.

Para terminar, se dan, en el original, algunos detalles complementarios referentes al tamaño de los áridos empleados, juntas de contracción y dilatación (reellenas con caucho termoplástico), armado, con hierros de 19 mm. y calidad de los áridos (calizas trituradas y arena silícea de río muy fina). También se indican tablas de características químicas y físicas de los cementos (análisis de óxidos, pérdida al fuego, cal libre, finura, fraguado, resistencia a la tracción y a la compresión) granulometrías de los áridos y sistemas de ensayos utilizados. Este último punto merece algún comentario, puesto que se van a emplear aquí los métodos más modernos de ensayos no destructivos, principalmente el "Soniscopio" (fig. 1) que sirve para detectar grietas y otros defectos en el hormigón (véase: Leslie y Cheesman.- J. Amer. Concrete Institute, septiembre 1949). A los 28 días se realizan las primeras determinaciones y luego se hace una cada seis meses. De este modo se controla perfectamente el estado de la pista.

Una innovación en esta carretera experimental la constituye el empleo de la "sierra para hormigón" para la construcción de las juntas de contracción. Esta sierra, que puede verse en la fig. 2, corta las juntas mediante una muela que lleva diamantes incrustados y está movida por motor de gasolina de 17 HP. Va montada sobre ruedas neumáticas y lleva depósito de agua para la refrigeración del corte. Los surcos abiertos tienen unas dimensiones de 3,1 x 54 mm. y deben ser practicados a los

20 días o más de la puesta en obra. Este método de realización de juntas de contracción tiene muchas ventajas entre las cuales, la más importante es que los bordes de las mismas pertenecen a láminas de hormigón de composición idéntica.

CONCLUSION

Hemos descrito, a grandes rasgos, el interesante método de experimentación seguido en Kansas para comprobar el comportamiento de los cementos actuales en comparación con los de hace 25 años. Se trata, como puede verse, de un ensayo a "escala verdadera" nunca realizado hasta ahora. Aparte de la calidad de los materiales empleados, se han llevado a la práctica aquí importantes mejoras de carácter mecánico cuyo efecto -favorable o no- ha de hacerse sentir.

Los dirigentes encargados de estas investigaciones prometen dar al público, a medida que los vayan obteniendo, todos los datos de interés sobre agrietamientos, cuarteamiento, desconchado, y otros defectos que vayan apareciendo en el curso del tiempo. He aquí una cantera viva que ha de suministrar importantes experiencias durante muchos años.