

- 29 -

9 - MATERIALES PARA FABRICACION DE HORMIGON

L. C. Hiner

De "HIGHWAYS, BRIDGES AND AERODROMES" 5, 6, abril 1949.

Se trata del extracto de una Conferencia pronunciada por el autor en el Midland Centre, del "Institute of Works and Highways Superintendents", que constituye un breve compendio de los términos más utilizados en la técnica del hormigón, explicando brevemente su significado. Parece haber sido escrito como contestación a una encuesta mantenida por los estudiantes de algún centro inglés sobre una serie de cuestionarios,

Cemento Portland. - Combinación de sustancias conteniendo carbonato cálcico, sílice, alúmina y óxido de hierro, calentada hasta la temperatura de clinkerización y molida finamente. Puede llevar también yeso. Se rige por la especificación o norma británica BS, nº 12, 1947.

Portland de endurecimiento rápido. - Composición igual que el Portland ordinario pero más finamente molido.

Portland de fraguado rápido. - No debe confundirse con el anterior. La composición es igual que para el Portland pero contiene menos yeso.

Cementos blancos y coloreados. - Hay una cierta variedad de cementos de color, previstos en la BSS. El cemento blanco no con-

tiene hierro y los cementos coloreados llevan una carga pigmentaria mineral apropiada.

Cemento frío. - Llamado también de bajo calor de hidratación o fraguado. Se recomienda para estructuras masivas y se ajusta a la BSS, nº 70, 1947.

Cemento aluminoso. - Se fabrica fundiendo alúmina y materiales calcáreos hasta la fusión completa. El grado de molturación del clinker producido es algo más fino que para el Portland, por lo que se obtienen resistencias iniciales y finales más grandes. Los ensayos que han de verificarse con este tipo de cemento se describen detalladamente en la BSS nº 12. Las estructuras de cemento aluminoso son más resistentes a la acción de los sulfatos y otros agresivos químicos. El cemento aluminoso no debe mezclarse nunca con el Portland.

Agregados. - Estos pueden dividirse en pesados y ligeros. Los primeros son los que se utilizan más corrientemente para el hormigón y tienen un peso específico de 2,6 aproximadamente. Son casi siempre materiales naturales. Los agregados deben cumplir algunas condiciones tales como: poseer una resistencia igual por lo menos a la de la pasta de cemento endurecida, dureza suficiente para resistir a la abrasión y estar exentos de polvo o arcilla.

Durabilidad y absorción. - Todos los agregados deberían ser inertes frente al agua y no estar formados por constituyentes

que sean susceptibles de descomponerse con cambio de volumen. Ello puede fisurar el hormigón.

Todos los hormigones que hayan de estar expuestos a la intemperie deberán fabricarse con agregados no porosos, para que la absorción para el agua sea baja.

Agregados finos y gruesos. - La denominación de agregado fino deberá aplicarse a los áridos que pasen (en su mayor parte) por un tamiz BS del nº 3/16. El término "arena natural" debe aplicarse a los agregados fabricados por trituración de rocas naturales. La arena de piedra machacada y de grava es el agregado fino producido por trituración de piedras duras y gravas respectivamente.

Los agregados gruesos son los retenidos, en su mayor parte, por el tamiz de 3/16 y conteniendo, como máximo, la cantidad de finos permitida por el pliego de condiciones. La grava natural, la machacada y la piedra machacada son tipos de árido grueso.

Agregado mixto. - Es el que contiene una cierta proporción de áridos de todos los tamaños, tal como se obtiene en las instalaciones de trituración sobre cantera, en el lecho de un río, etc.

Cuando se toman muestras de un agregado para llevarlas al laboratorio, hay que tener especial cuidado en que dicha muestra sea una representación genuina del total. Como se ha

indicado antes, los agregados deben estar limpios, convenientemente distribuidos por tamaños y ser inertes en presencia del agua.

Impurezas. - Los agregados finos y la arena pueden contener un pequeño porcentaje de barro o fango. Si la cantidad es pequeña (hasta 4 % en peso para la arena y 1 % para los agregados gruesos) no será demasiado perjudicial. Muchas arenas contienen una gran proporción de materia orgánica como impureza. Hay un ensayo sencillo para la determinación "en obra" de la materia orgánica. En un frasco tarado se coloca una cierta cantidad de arena y se agrega una cantidad igual (en volumen) de disolución de sosa cáustica al 3 %. Se agita fuertemente el frasco y se deja estar 24 horas. El líquido oscurece y, de este oscurecimiento, puede deducirse la cantidad de materia orgánica que contiene la arena. Si el color del líquido es más oscuro que un pajizo ligero, deberán efectuarse otros ensayos de laboratorio.

Granulometría. - Se usa esta denominación para indicar la proporción de partículas de diferentes tamaños de las existentes en una cierta cantidad de agregado. La granulometría tiene influencia sobre las propiedades del hormigón. Los factores susceptibles de modificarse por la granulometría son: proporción de agua de amasado, trabajabilidad, compactación y asentamiento del hormigón, durabilidad y cantidad de hierro necesario (en el caso de hormigones armados).

Selección de los agregados. - Casi todas las rocas y piedras naturales, suficientemente duras, inertes y que no contengan impurezas, son aptas para ser utilizadas como agregados. Los agregados más corrientes: granito, basalto, arenisca, pedernal y caliza, tienen una resistencia a la trituración de 1.400 a 2.100 kg/cm²; en el caso de las calizas, solamente deben utilizarse los tipos de peso específico elevado. Para suelos y carreteras deben proscribirse los agregados calizos y de arenisca que tengan poca resistencia a la abrasión. El empleo de la arena de playa marina como agregado para hormigón puede hacerse, pero con ciertas limitaciones. Para trabajos en hormigón, no hay ninguna objeción para su empleo, excepto el riesgo de la aparición de eflorescencias. Si se trata de hormigón armado, tales arenas deben ser lavadas con agua dulce para evitar la corrosión del hierro por la sal. La presencia de sal, por otra parte, retrasa el fraguado y endurecimiento del concreto, si bien no influye sobre la resistencia final de la estructura.

Algunas veces se empleó como agregado ladrillo machacado. La resistencia al desgaste de los hormigones obtenidos es menor que con agregados ordinarios pero la capacidad ignífuga es mayor.

Clinker y escorias. - El hormigón fabricado con clinker está sujeto a expansión, en presencia de humedad, si la combustión del carbón no ha sido completa (véase BS, 1165).

La escoria esponjada (BS, 877) se hace tratando la escoria de alto horno con una cantidad determinada de agua, bajo ciertas condiciones, lo que origina un hinchamiento de la misma dando una masa celular de muy baja densidad. Se obtiene así un agregado excelente, ligero y de gran poder aislante tanto ~~térmico~~ como acústico. Se emplea para muros y tabiques.

El otro ingrediente de los hormigones es el agua: deberán tomarse precauciones especiales en el caso de aguas no potables, pues puede ocurrir que contengan impurezas orgánicas o minerales.

Dosificación. - Se define como la elección correcta de las proporciones de cemento, agregados y agua para dar un hormigón de propiedades y características predeterminadas, que posea la máxima trabajabilidad con el mínimo coste.

Existen varios métodos para la dosificación, basados en la relación agua:cemento, el área superficial, forma y granulometría de los agregados y en la trabajabilidad del hormigón que se pretende fabricar. En algunos procedimientos de dosificación se concede una atención predominante a las ~~resistencias~~, sin olvidar, no obstante, la trabajabilidad y capacidad de los hormigones.

Todos los procedimientos antes citados, más o menos empíricos, necesitan ser confirmados en la práctica mediante ensayos de tanteo.

Generalmente, se fijan cantidades relativas de materiales a emplear, dejando el agua a discreción del mezclador, el cual ajusta la proporción de la misma de tal modo que se mantenga en todo momento una trabajabilidad conveniente. Las proporciones de materiales se expresan, generalmente, en volumen, o también, como es usual, en partes de agregados finos (arena) y gruesos (grava) para una parte de cemento. Para este se toma la cifra de 1,442 como valor de la densidad aparente.

Es conveniente hacer notar que una mezcla 1:2:4 no puede sustituirse por otra 1:6 cuando se reemplazan las dos partes de áridos finos y las cuatro de gruesos por un agregado mixto (6 partes). Por el contrario, la fórmula equivalente de la 1:2:4 es la 1:5. Ordinariamente, el hormigonador no tiene en cuenta la forma y granulometría de los agregados y, en cuanto al agua de amasado, ya hemos dicho que se deja al arbitrio del mezclador. La trabajabilidad, característica dependiente de la proporción de agua (y de otros factores) resulta así ajustada por el operario que ha de mantener en todo momento una mezcla apta para ser colocada fácilmente en obra. Como es lógico, la trabajabilidad requerida en un material es función del tipo de obra a que va destinado. En la práctica corriente puede encontrarse - por tanteos - que la sustitución de una fórmula tal como 1:2:4 por otra 1:2,5:3,5 resulta conveniente para la puesta en obra del material.

En ocasiones, la proporción de agregados finos se deter

mina teniendo en cuenta los huecos que dejan los agregados gruesos. En estos casos, es costumbre añadir una cantidad de arena suficiente para rellenar dichas oquedades, más un 20 % de exceso. Así, por ejemplo, si se ha comprobado que hay un 40 % de huecos, deberá añadirse un 40 % de finos, o, en números redondos, para cada m^3 de grava hay que agregar $\frac{1}{2} m^3$ de arena.

Relación agua-cemento. - Puede decirse que, a igualdad de los demás ingredientes, la resistencia de un hormigón plástico, depende de la cantidad de agua del amasado. La relación agua-cemento se expresa, generalmente, en litros por 100 kg. de cemento (o por saco). En el trabajo normal del hormigón se suele utilizar 50-60 litros de agua por quintal métrico de cemento.

Densidad aparente de la arena. - La arena húmeda ocupa más espacio que la seca. Por ello, si la proporción de agregado fino se basa en el volumen de arena seca y no en el peso, habrá que aumentar la proporción de finos si se quiere conservar la dosificación correcta. Se ha establecido que deben emplearse 30 litros de agua para una mezcla compuesta de 50 kg. de cemento, $0,1 m^3$ de arena húmeda y $0,140 m^3$ de agregado grueso.

Escarchado o escamado. - Cuando se expone al agua o humedad un hormigón de mala calidad, aparece sobre su superficie un escamado o desconchado originado por la expansión del agua de penetración. Si la resistencia de adhesión entre el mortero y los agregados es insuficiente para resistir la presión del agua, se originarán disrupciones y desprendimientos superficiales. Este riesgo existe siempre cuando se dosifica un hormigón con **exceso**

de agua o cuando los agregados no son apropiados.

Agua del mar. - El hormigón se utiliza en gran escala en obras y estructuras marinas. En estos casos hay que tener en cuenta: a) La acción química destructora de las sales contenidas en el agua del mar; b) la acción de desconchado; c) Erosión y ataque por las olas, mareas, acción abrasiva de la arena.; d) Corrosión de las armaduras de acero.

La dosificación de estos hormigones ha de ser más rica en cemento. Una fórmula muy corriente es la 1:1,5:3 si bien pueden introducirse modificaciones. **Hay que procurar** que la obra "madure" lo suficiente para evitar porosidad y que el agua marina alcance a la estructura metálica. Con este fin, deberá tenerse en cuenta un espesor mínimo de 50 mm para las capas de hormigón que recubren hierro o acero.