

HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE. CRITERIOS PARA SU UTILIZACIÓN

MANUEL BURÓN MAESTRO

*DR. INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES*

JAIME FERNÁNDEZ GÓMEZ

*DR. INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
CATEDRÁTICO DE EDIFICACIÓN Y PREFABRICACIÓN
E.T.S.I. DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE LA U.P.M*

LUIS GARRIDO ROMERO

*INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES*

El hormigón autocompactante es un hormigón capaz de compactarse por la mera acción de la gravedad que llena los encofrados y discurre entre las armaduras sin necesidad de aplicar medios de compactación internos o externos y manteniéndose, durante su puesta en obra, homogéneo y estable sin presentar segregaciones (exudado o sangrado de la lechada ni bloqueo del árido grueso). La consistencia del hormigón autocompactante presenta cierta viscosidad que le caracteriza y, a la vez, le diferencia de los hormigones convencionales de consistencia fluida.

Como consecuencia del párrafo anterior, podemos definir la autocompactabilidad como la propiedad que presentan algunos hormigones de consistencia fluida y viscosa de compactarse sin necesidad de aportación de energía (vibración), rellenando los encofrados y discurrendo entre las armaduras sin que se produzca sangrado de la lechada ni bloqueo del árido grueso.

Sabiendo a qué nos referimos cuando hablamos de autocompactabilidad, podemos incorporar, a la definición inicialmente

dada del hormigón autocompactante, el conjunto de sus características prestacionales de un modo directo. Así, diremos que un hormigón autocompactante añade a las prestaciones bien conocidas del hormigón convencional (de uso habitual), o del hormigón de altas prestaciones, tanto en términos de resistencia como de durabilidad, aquéllas específicas de la autocompactabilidad.

Características prestacionales del hormigón autocompactante

Las características prestacionales específicas que aporta la autocompactabilidad son:

- Gran facilidad de colocación que permite que el hormigón alcance lugares de difícil acceso y rellene completamente secciones con elevada densidad de armaduras.
- Elimina los medios de compactación, ahorrando la energía correspondiente y evitando el elevado nivel de ruido que genera la vibración.
- Mejora la seguridad y salud en la obra al evitar, durante el proceso de puesta en obra del hormigón, el uso de mangueras con conductores de electricidad, la generación de ruidos y la realización de una actividad poco ergonómica como es el vibrado interno de la sección de hormigón.
- Mejora las condiciones medio ambientales en el entorno de las obras al evitar ruidos y reducir los plazos de ejecución.
- Es un material adecuado para colocarlo mediante bombeo.
- Ahorra el coste de los equipos de compactación y el correspondiente a la conservación y mantenimiento de los mismos, así como el inmovilizado en lista de repuestos.
- Ahorra el consumo de energía, generalmente eléctrica, utilizada en el proceso de puesta en obra del hormigón.
- Mejora la calidad de acabado de las superficies vistas, aumentando su uniformidad como consecuencia de eliminar la heterogeneidad que produce el vibrado.
- Acorta los plazos de ejecución.
- Aumenta el número de puestas del encofrado en la misma cantidad de tiempo.

- Reduce el coste global de la obra.
- Aumenta la productividad del proceso de puesta en obra del hormigón.

Dosificación

La condición más importante que debe considerarse para realizar la dosificación de un hormigón autocompactante es la de proporcionar la cantidad suficiente del conjunto formado por "cemento + agua + finos de tamaño inferior a 0'125 mm contenidos en los áridos" para alcanzar las características de autocompactabilidad. A dicho conjunto, en el mundo del hormigón, se le suele llamar "pasta", entendiéndose que, si se utilizaran adiciones al hormigón en los términos especificados en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, éstas se incluirían en el conjunto llamado pasta.

Para la fabricación del hormigón autocompactante están especialmente indicados cementos que contengan adiciones complementarias específicamente adecuadas para dotar al hormigón de las características de autocompactabilidad. El uso de estos cementos, especialmente adecuados para la fabricación de hormigón autocompactante, es el mejor y más controlado procedimiento para producir hormigón autocompactante de características uniformes, siempre que el control del agua, de los áridos (grava y arenas normales con limitación del tamaño máximo a 25 mm o reducido, según el uso previsto para el hormigón, a 20 mm ó a 16 mm) y del superplastificante sean correctos.

La mayor dosis de finos en la pasta exige la correspondiente disminución de la proporción de árido grueso en el hormigón autocompactante. Las cantidades de cemento y la relación agua/cemento deben ser las especificadas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE por razones de durabilidad, si bien el cemento que contribuye directamente al volumen de finos de la pasta, puede aumentarse obteniéndose buenos resultados desde el punto de vista de la autocompactabilidad. Se obtiene, así, una pasta suficientemente densa y viscosa para arrastrar, en suspensión, el árido grueso sin que se produzca exudación de la lechada ni bloqueo del mismo.

Para la confección de estos hormigones se hace imprescindible el uso de aditivos superplastificantes de última

generación (cadena larga) y recomendable, en determinados casos, los reguladores de viscosidad que permiten disminuir los efectos negativos originados por la falta de uniformidad en la dosificación del agua y en la granulometría de los áridos.

Como en el caso de los hormigones convencionales, las variantes que se pueden introducir en la dosificación de un hormigón autocompactante son elevadas, en función de sus componentes y del uso al que será destinado. En general, sustituir alrededor de 200 kg/m³ de áridos por materiales que aumenten el volumen de finos de la pasta, es un dato que permite iniciar los tanteos para pasar de una dosificación propia de un hormigón convencional a un hormigón autocompactante.

Cementos con adiciones complementarias, específicamente adecuadas para conferir el hormigón carácter autocompactante, del tipo cenizas volantes, escorias, y filler calizo dan muy buenos resultados.

Los cementos con adición de cenizas volantes o de escorias son especialmente adecuados para los hormigones autocompactantes que se deben fabricar con características resistentes a los sulfatos. En el caso de hormigones de alta resistencia la adición de humo de sílice es la más adecuada, si bien en las proporciones reglamentadas —inferiores al 10% respecto al peso de cemento— no satisface por sí misma la elevada demanda de finos que precisa la autocompactabilidad y, por ello, puede requerir también de la adición complementaria de filler.

Cuando se utilice filler como árido de regularización de la curva granulométrica de la arena en la parte de finos menores a 0'125 mm se debe considerar que la suma de la cantidad de filler calizo utilizado como adición del cemento más la cantidad de partículas de tamaño igual o inferior al tamaño 0'063 mm del filler utilizado como árido de regularización no debe de superar la cantidad de 250 kg/m³ de hormigón autocompactante.

Para el hormigón autocompactante, exclusivamente, es posible utilizar este límite, en lugar del establecido de 175 kg/m³ con carácter general para los finos calizos en los hormigones convencionales, porque el tipo de aditivos utilizados en el hormigón autocompactante proporciona un control eficaz de la cantidad de agua de amasado, a pesar de la elevada avidéz de agua que caracteriza al filler.

Una cifra orientadora para establecer la dosificación de hormigones autocompactantes de tipo medio es la siguiente, con porcentajes que pueden variar, según el caso concreto:

- Peso de la pasta (cemento y adiciones, más agua y aditivos, más finos (menores al tamaño 0'125 mm) contenidos en los áridos) = 30% del peso total de la amasada
- Peso de la grava = 30% del peso total de la amasada
- Peso de la arena (fracción comprendida entre los 4 mm y los 0'125 mm) = 40% del peso total de la amasada

A continuación se expone, a título de ejemplo, una dosificación ajustada a estos parámetros:

Cemento y adiciones, más agua y aditivo, más finos (menores al tamaño 0'125 mm) contenidos en los áridos..... 683 kg/m³

En la cantidad anterior está incluido:

Cemento.....315 kg/m³
 Agua.....168 kg/m³
 Relación A/C.....0'53
 Aditivo.....10 kg/m³

Grava (4 – 16) mm..... 725 kg/m³
 Arena (0 -4) mm..... 979 kg/m³

 Total..... 2397 kg/m³

Las características de este hormigón, determinadas mediante ensayos son:

- Resistencia característica a compresión = 30 MPa
- Características de autocompactabilidad:

- Resultados del ensayo de "Extensión de flujo":

Diámetro de extensión = 71'5 cm
 T₅₀ = 1'85 seg

- Resultado del ensayo del "Embudo en V":

$$T_v = 6'5 \text{ seg}$$

- Resultado del ensayo de la "Caja en L":

$$T_{20} = 0'35 \text{ seg}$$

$$T_{40} = 1'25 \text{ seg}$$

$$\text{Capacidad de paso} = 0'865$$

- Resultado del ensayo de "Anillo J":

$$\text{Diámetro de extensión} = 66 \text{ cm}$$

$$\text{Capacidad de pozo} = 10 \text{ mm}$$

- Resultado del ensayo del "Índice visual de estabilidad":

$$\text{Índice} = 0$$

La densidad del hormigón autocompactante se puede considerar generalmente, similar a la del convencional.

Fabricación y puesta en obra

La fabricación del hormigón autocompactante es análoga a la del hormigón vibrado convencional que, posteriormente será vibrado, considerando que se debe prestar mayor atención a la regularidad de la dosificación ya que el hormigón autocompactante es más exigente en cuanto a la uniformidad de los materiales componentes y a la precisión en la dosificación del agua.

Debido a la mayor cohesión de su masa, es preferible amasar el hormigón autocompactante con 2/3 de la cantidad total de agua y, después de obtener una buena homogeneización, terminar de amasar incorporando el tercio restante de agua y el, o los, aditivos necesarios.

En el momento de suministrar el hormigón en la obra, puede resultar conveniente readitivar el hormigón para mantener las condiciones de autocompactabilidad requeridas para la puesta en obra del mismo. La readitivación debe realizarse, necesariamente, bajo el control del fabricante del hormigón

que habrá de decidir sobre el tipo y la dosis precisa de aditivo, así como verificar que el tiempo de amasado en el camión tras la readitivación es el adecuado.

La puesta en obra del hormigón autocompactante es análoga a la del hormigón convencional, siendo especialmente adecuado para ser bombeado. Se debe limitar la altura máxima de vertido por caída libre a 5 m y elegir los puntos de vertido considerando que el desplazamiento horizontal del hormigón que ofrece la autocompactabilidad es de 10 m.

El empuje del hormigón autocompactante sobre los encofrados equivale a una ley hidrostática, considerando una densidad de 2'4 T/m³ (24 KN/m³).

Figura 1.- Puesta en obra de hormigón autocompactante.



Figura 2.- Puesta en obra del hormigón autocompactante, mediante bombeo.



La fluidez y cohesión de los hormigones autocompactantes permiten inyectarlos en los encofrados para que llenen estos desde abajo hacia arriba. Este procedimiento, en elementos de altura importante, evita la formación de burbujas

Figura 3.- Encofrado preparado para colocar el hormigón autocompactante mediante bombeo y de abajo hacia arriba.



Figura 4.- Encofrado y colocación de hormigón autocompactante mediante bombeo tradicional.



de aire aprisionadas entre la pared del encofrado, y la propia masa de hormigón. En todo caso la formación de estas burbujas, utilizando el desencofrante adecuado, es inferior a los que se presentarían utilizando hormigón convencional. Son recomendables encofrados de cara metálica o con superficies plastificadas no absorbentes para obtener texturas superficiales uniformes y con muy pocas burbujas de aire retenidas.

Curado y acabados

El curado del hormigón autocompactante es similar al del hormigón convencional, siendo de aplicación los procedimientos establecidos para el mismo. Al igual que en el hormigón convencional, conviene iniciar el curado tan pronto como sea posible para evitar la pérdida de agua superficial por evaporación que podría producir fenómenos de retracción plástica y asentamiento.

Se pueden utilizar los mismos procedimientos para el acabado de las superficies de hormigón autocompactante, en cuanto a textura y colorido, que los empleados en el caso de utilizar hormigón convencional.

En superficies sin ningún tratamiento superficial la uniformidad del hormigón autocompactante es superior, y en consecuencia el acabado es mejor, que cuando se utiliza hormigón convencional, ya que al evitarse la vibración se elimina el principal agente que propicia la falta de homogeneidad cromática de las caras vistas del hormigón. Dicha heterogeneidad es debida a una distribución aleatoria del agua combinable de la masa de hormigón, que produce diferentes procesos de hidratación con diferentes proporciones agua/cemento, que se traducen en coloraciones del cemento hidratado diferentes.

Identificación de las características de autocompactabilidad

Los hormigones autocompactantes se identifican mediante diferentes ensayos y, en función de los resultados obtenidos en los mismos, cabe la posibilidad de calificarlos de autocompactantes de categoría 1, 2 y 3. Actualmente la tendencia es a identificar que son autocompactantes, sin entrar en calificar en qué grado, superior o inferior, lo son, quedando

a criterio del prescriptor especificar los requisitos dentro del amplio margen en el que el resultado de cada ensayo merece tal consideración con carácter general.

Es de esperar la próxima publicación de Normas UNE que detallen los ensayos más frecuentes para identificar a los hormigones autocompactantes. Dichos ensayos son:

- Ensayo de extensión de flujo, (Figura 5)
- Ensayo del embudo en V, (Figura 6)
- Ensayo de la caja en L, (Figura 7)
- Ensayo del anillo japonés, (Figura 8)
- Ensayo del índice visual de estabilidad

Figura 5.- Ensayo de extensión de flujo.



Figura 6.- Ensayo del embudo en V.



Figura 6b.- Croquis del ensayo del embudo en V.

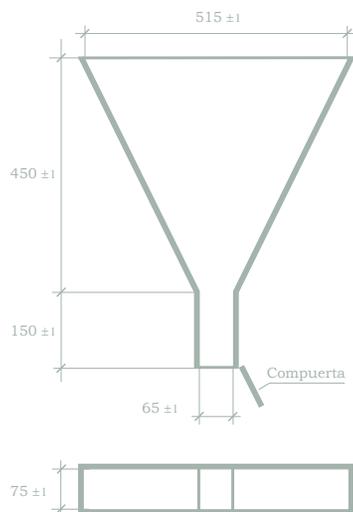
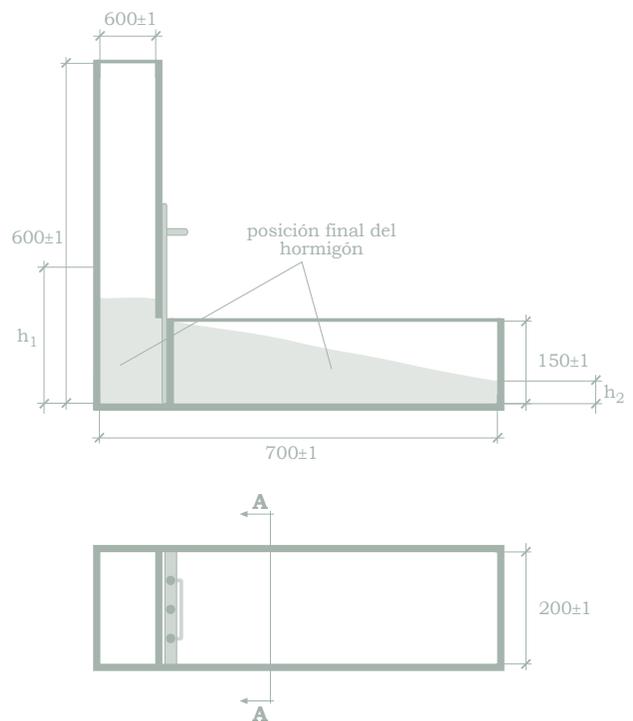


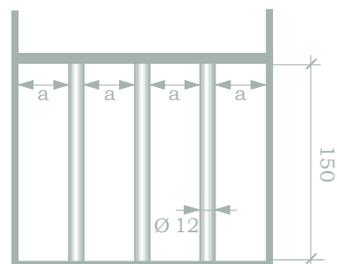
Figura 7.- Ensayo de la caja en L.



Figura 7b.- Croquis del ensayo de la caja en L.



Sección AA
en Caja en L de tres barras



Sección AA
en Caja en L de dos barras

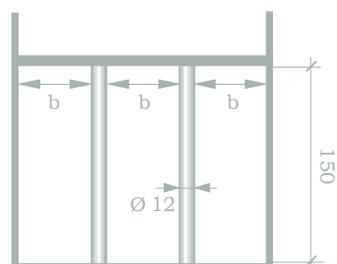
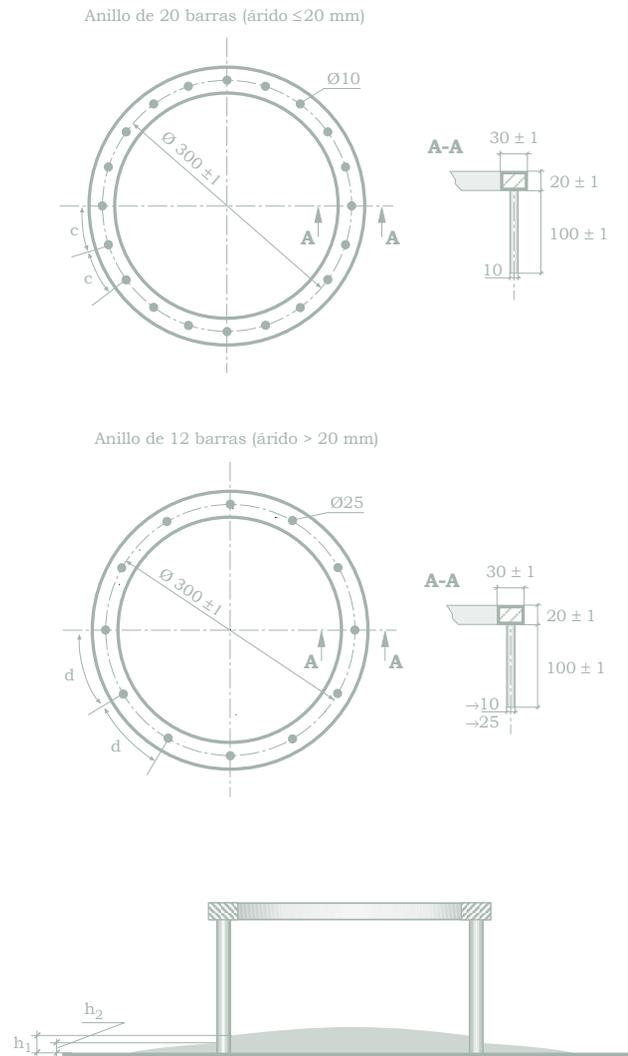


Figura 8.- Ensayo del anillo japonés.



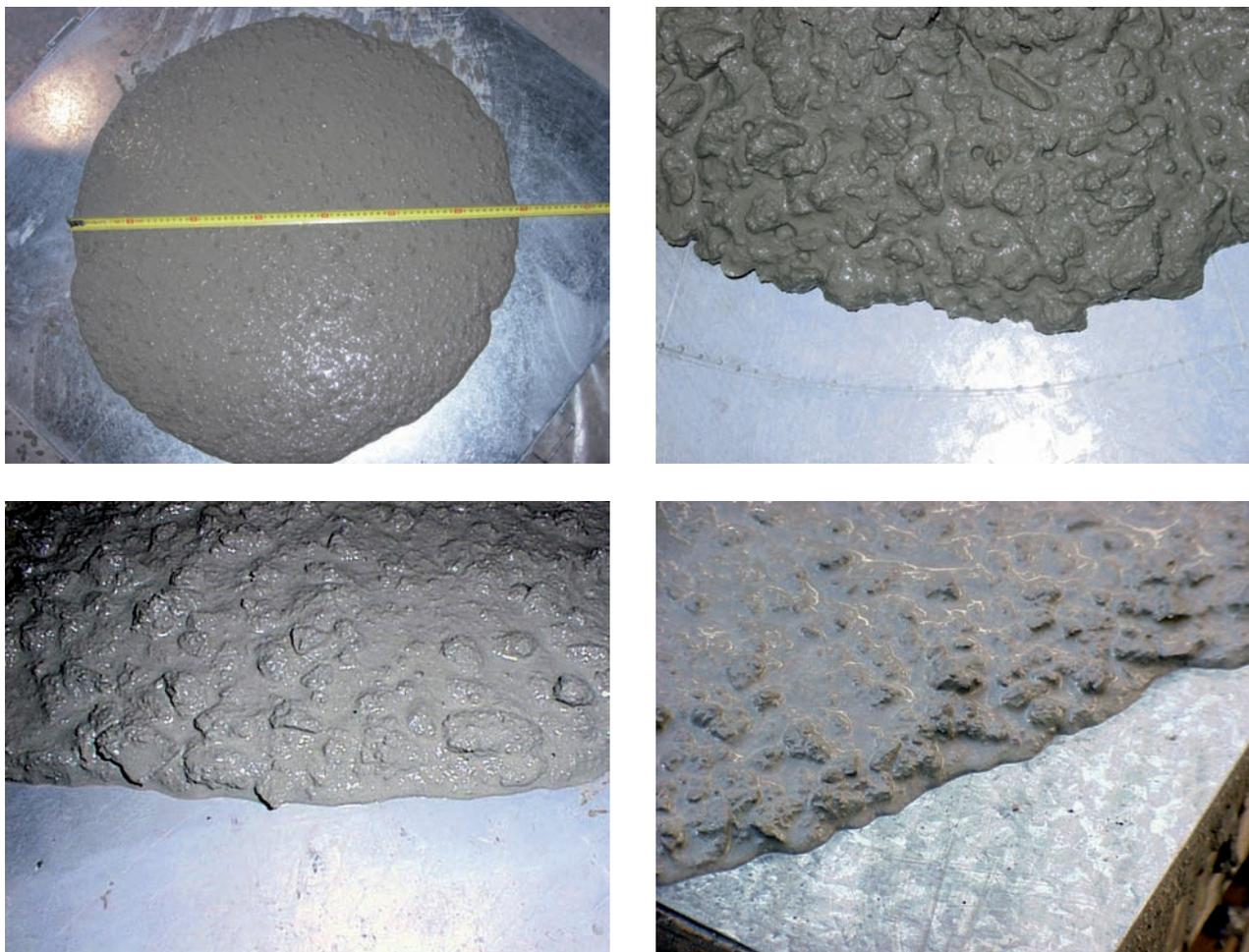
Figura 8b .- Croquis del ensayo del anillo japonés.



Una buena descripción de estos ensayos, previsiblemente acorde con las futuras Normas UNE, y de la interpretación de los resultados de los mismos se encuentra en la referencia "Guía para la utilización del hormigón autocompactante" IECA (2005) incluida en la Bibliografía recogida en este artículo.

La identificación del hormigón autocompactante en la planta de producción, con los ensayos previos necesarios para ajustar la dosificación, exige del auxilio de todos los ensayos citados, ya que en cada uno se obtienen datos que complementan los resultados de los otros. No obstante para el control de la producción y del suministro del hormigón en

Figura 9.- Ensayo del índice visual de estabilidad (valor índice =0).



la obra es suficiente con la realización del ensayo de extensión de flujo, complementado, si la cuantía de acero en armaduras que contiene el elemento a hormigonar es relevante, con el ensayo del anillo japonés.

El ensayo del índice visual de estabilidad, de difícil normalización, tiene un gran interés y, aunque no vaya a ser incluido en ninguna Norma UNE, su eficacia, cuando es utilizado por personal debidamente capacitado, es muy alta. Realmente consiste en establecer un juicio de valor sobre lo que se puede apreciar en el ensayo de extensión de flujo, calificando los aspectos relativos a exudación de lechada y bloqueo de árido grueso. Esta apreciación se puede realizar, y es recomendable hacerlo así, a la vez que el ensayo de extensión de flujo.

Figura 10.- Ensayo de índice visual de estabilidad (valor índice = 1'5).



Características mecánicas

Las características mecánicas del hormigón autocompactante son similares a las del hormigón convencional de igual resistencia a compresión. En ambos casos se dan, para distintos tipos de hormigón, variaciones de los valores que las definen, aunque todos ellos tengan en común el mismo valor de la resistencia a compresión.

La pequeña magnitud de las diferencias existentes entre las características del hormigón autocompactante y del hormigón convencional de la misma resistencia a compresión, permiten utilizar la formulación de uso habitual cuando se proyectan estructuras de hormigón armado o pretensado. También pueden utilizarse las mismas longitudes de anclaje de armaduras activas y pasivas, iguales criterios para especificar una resistencia mínima del hormigón de los elementos pretensados y el mismo tratamiento de las juntas de construcción.

Aunque la matriz granular del hormigón autocompactante es más fina que la del hormigón convencional y se produce una ligera disminución del efecto de engranamiento entre áridos a ambos lados de la fisura, también se constata una mayor compacidad de la interfase árido-pasta de cemento. Este conjunto de circunstancias no altera sustancialmente el comportamiento resistente del hormigón autocompactante respecto al que se formula para el hormigón convencional, por eso la aplicación de la misma formulación, sin disminu-

Figura 11.- Ensayo de rotura indirecta por tracción (Brasileño) sobre probeta de hormigón autocompactante.



Figura 12.- Ensayo de rotura a compresión sobre probeta de hormigón autocompactante.



ción de los coeficientes de seguridad especificados por la normativa vigentes, es correcta.

Así, por ejemplo, en los ensayos para estudiar el comportamiento de elementos de hormigón autocompactante sometidos a esfuerzo cortante, se ha constatado que la ligera disminución (12%) del efecto de engranamiento no afectaba a la seguridad ofrecida por las fórmulas de cálculo al uso, que siguen proporcionando coeficientes de seguridad muy superiores a los especificados por la normativa vigente, cuyo formato de seguridad es función exclusiva de los coeficientes de ponderación de las acciones y de la resistencia de los materiales.

Módulo de deformación

El valor del módulo de deformación del hormigón depende, fundamentalmente, de la cantidad de áridos que contenga, ya que el módulo de deformación de los áridos es de cuatro a diez veces superior al correspondiente a la pasta de cemento que, a su vez, varía ampliamente, desde 6000 a 25000 MPa, según su constitución.

Como el hormigón autocompactante tiene menor cantidad de áridos (arena + grava) de tamaño superior a 4 mm que el hormigón convencional de la misma resistencia a com-

presión, la aplicación de la formulación habitual, en el caso de hormigones convencionales, para determinar el módulo de deformación de hormigones autocompactantes tiende a ofrecer resultados algo superiores a los obtenidos en los ensayos. Se puede considerar que los valores calculados sobrevaloran, en hormigones autocompactantes de tipo medio, entre un 7% y un 15% el módulo de deformación. Este margen de error no es muy importante y es comparable con el rango de precisión de la misma formulación aplicada a hormigones convencionales.

En los ensayos se ha observado que hormigones autocompactantes con un contenido de áridos próximo al máximo admisible compatible con las condiciones de autocompactabilidad, es decir con un contenido de áridos (arena + grava) del orden del 72% en peso del peso total de la dosificación, presenta valores del módulo de deformación similares a los calculados con la formulación comúnmente empleada para hormigones convencionales, mientras que en aquéllos en los que la reducción de áridos roza el límite de lo aceptable, esto es, con contenidos de áridos (arena + grava) del orden del 57% del peso total de la dosificación, los cálculos sobrevaloraban el módulo de deformación entre un 15% y un 30%. Estas observaciones permiten validar la formulación usual para hormigones convencionales con un criterio de corrección lineal entre los dos casos límites expuestos.

No obstante, para la mayor parte de las obras es suficiente considerar como valor del módulo de deformación el obtenido mediante los cálculos habituales, empleando la formulación utilizada para hormigones convencionales. Cuando se requiera un conocimiento detallado de dicho valor, como por ejemplo en algunas estructuras con un proceso de construcción evolutivo, se pueden hacer determinaciones experimentales del módulo de deformación, como se hacen también algunos casos en que se utiliza hormigón convencional.

Retracción y fluencia

Debido al mayor contenido de pasta de los hormigones autocompactantes, la pérdida de agua que se produce durante las primeras horas, en las que una parte del agua se consume en

hidratar el cemento, provoca una retracción autógena mayor que la que se produciría en un hormigón convencional de la misma resistencia a compresión. Por el contrario, la menor cantidad de áridos (arena + grava) de los hormigones autocompactantes reduce la pérdida de agua por secado proveniente del agua contenida en ellos. La suma de ambas retracciones determina la retracción final, que es análoga a la del hormigón convencional, pudiendo estimarse su valor total con la misma formulación que la utilizada en el caso del hormigón convencional.

Durabilidad

La durabilidad del hormigón autocompactante se puede considerar, conservadoramente, similar a la correspondiente a un hormigón convencional con la misma cantidad de cemento e igual relación agua/cemento.

En realidad, la estructura interna del hormigón autocompactante es más compacta que la del hormigón convencional ya que presenta una interfase árido-pasta más densa y por tanto una red de poros abierta menor, debido a las características de la pasta requerida para conferir la autocompactabilidad. Ello explica que, en los ensayos, se obtengan mejores resultados, en los parámetros relacionados con la durabilidad, que los obtenidos con los hormigones convencionales de resistencia a compresión equivalente.

Resistencia al fuego

La resistencia al fuego del hormigón autocompactante no difiere de la de un hormigón convencional fabricado con el mismo tipo de áridos. Si se utiliza como adición humo de sílice, el comportamiento frente al fuego resultará equivalente al del hormigón de alta resistencia de igual composición, en cuanto a cantidad de humo de sílice y tipo de áridos se refiere.

Especificaciones de proyecto

El proyecto de elementos estructurales con hormigón autocompactante se puede desarrollar con los mismos criterios y la misma formulación que se utilizan para estructuras de hormigón convencional.

En función de la disposición de armaduras, conviene especificar el tamaño máximo de árido más adecuado. Actualmente la tendencia es utilizar tamaños máximos comprendidos entre 12 mm y 18 mm, según los casos.

Es importante indicar que en ocasiones, cuando las condiciones climatológicas y/o de transporte así lo exijan, es necesario readitivar el hormigón autocompactante antes de su colocación en obra. Esta readitivación debe realizarse bajo el control del fabricante del hormigón y, como en cualquier tipo de hormigón, la readitivación debe realizarse con el aditivo adecuado prohibiéndose expresamente la utilización de agua para ello.

Es conveniente establecer, según las circunstancias concretas de cada obra y las características de los elementos a hormigonar el tiempo abierto que debe proporcionar el hormigón autocompactante. Este tiempo es aquel en el que el hormigón autocompactante mantiene las condiciones de autocompactabilidad necesarias para la ejecución de la obra concreta. Para establecerlo se utilizan sobre la misma amasada, los ensayos de identificación repetidos a intervalos regulares de tiempo, de modo que se detecte en que momento se pierden las características de autocompactabilidad y se compruebe que este tiempo excede del necesario para la fabricación, transporte y completa colocación del hormigón en la obra.

Para especificar el tipo de control del hormigón autocompactante en obra, conviene requerir que todas y cada una de las unidades de entrega del hormigón para su colocación, sean identificadas como hormigón autocompactante mediante el ensayo de extensión de flujo y el del índice visual de estabilidad. Cuando la armadura, o la disposición de la misma sea un obstáculo relevante para el movimiento del hormigón, deberá añadirse al ensayo de extensión de flujo el ensayo de anillo J.

El control de las demás propiedades —resistencia a compresión y permeabilidad al agua bajo presión, en su caso— del hormigón autocompactante se efectuará del mismo modo y con las mismas especificaciones que se adoptan en el caso del hormigón convencional.



- Association Française de Génie Civil, Betons Auto-plaçants. Documents scientifiques et techniques. Juillet 2000.

- Baisoli, F.; European Guidelines for self-compacting concrete: Specifications, production and use. Proceedings 18th International Congress. Amsterdam 2005.

- Borralleras, P.; Obras y realizaciones con hormigones autocompactables.

- Burón, M.: Hormigones especiales: Prestaciones, Materiales, Normalización. I Curso sobre Tecnología del Hormigón. Universidad Politécnica de Valencia. IECA (2005).

- Choulli, Y.; Marí, A.; Cladera, A.; Cortante en vigas pretensadas de hormigón de alta resistencia autocompactable. III Congreso ACHE (2005).

- Domínguez, J.; Utilización de los aditivos en el hormigón autocompactable. Revista Hormigón y Acero nº 228-229.

- Esteban, M. y Navarro, F.; Empleo del hormigón autocompactable en la prefabricación. Revista Hormigón y Acero nº 228-229.

- Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1: General Rules and rules for buildings.

- European Guidelines for self-compacting concrete: Specifications, production and use. BIMBM, CEMBUREAU, ERCO, EFCA. Año 2005

- Fernández, J.; Tecnología, propiedades y control de calidad del hormigón de altas prestaciones. I Curso sobre Tecnología del Hormigón. Universidad de Granada, IECA (2004).

- Fernández, J.; El control de calidad en hormigones de alta resistencia. Revista Hormigón y Acero nº 228-229.

- Fernández, J.; Burón, M.: Guía práctica para la utilización del hormigón autocompactante. IECA 2005.

PUBLICACIONES TÉCNICAS



Color y textura en pavimentos y paramentos de hormigón



Manual de firmes con capas tratadas con cemento



Guía del Terrazo II - Soluciones para interior y exterior



Manual de pavimentos de hormigón para vías de baja intensidad de tráfico (Ed. 2002)



Guía del Terrazo Proyecto y puesta en obra. Control de Calidad



Prontuario informático del hormigón estructural 3.0



Manual de pavimentos industriales



Grandes obras de hormigón en España. (Ed. 2000)



Manual de firmes reciclados in situ con cemento



Presas de hormigón compactado



El hormigón en la construcción de puertos y estructuras marítimas



Grandes obras de hormigón en España. (Ed. 1997)



Estabilidad de pilares esbeltos de hormigón. Estado límite último de inestabilidad



El hormigón en las vías rurales y urbanas



El hormigón en la construcción de túneles y obras subterráneas



El hormigón en las infraestructuras del transporte



Edificios y construcciones singulares en hormigón



Edificación con prefabricados de hormigón



Normas Españolas UNE 2002 para Cementos



Durabilidad de estructuras de hormigón



Guía práctica para la utilización del hormigón autocompactante

Para más información,
visite nuestra página web:

www.ieca.es

- First North American Conference on the Design and use of Self-Consolidating Concrete. Center for Advanced Cement-Based Materials (November 2002).

- Garrido, L.; Tecnología y propiedades generales del hormigón autocompactante. I Curso sobre Tecnología del Hormigón. Universidad de Granada, IECA (2004).

- Gettu, R. y Agulló, L.; Estado del arte del hormigón autocompactable y su caracterización (Parte I y Parte II). Revista Cemento-Hormigón, (Abril y mayo 2004).

- Hurtado, J. A.; Obras y realizaciones con hormigón autocompactante. I Curso sobre Tecnología del Hormigón. Universidad de Granada, IECA (2004).

- Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

- Norma EN-206-1:2000 "Hormigón - Parte 1: Especificaciones, Comportamiento, Producción y Conformidad"

- Pacios, A.; El hormigón autocompactable: tecnología sostenible en la industria de la construcción. Revista Hormigón y Acero nº 228-229.

- Palacios, P. y Navarrete, E.; Los hormigones especiales como producto industrial. Revista Hormigón y Acero nº 228-229.

- PCI; Interim Guidelines for the use of Self-Consolidating Concrete in Precast TR 6-03.

- Pérez, J.I., Ordóñez, J., Menéndez, A. y Rubio, M.C.; Diseño de encofrados para hormigón autocompactante. I Curso sobre Tecnología del Hormigón. Universidad de Granada, IECA (2004).

- Revuelta, D. y Fernández Luco, L.; Hormigón autocompactable. Visión general. Revista Hormigón y Acero nº 228-229.

- Walraven, J.; Structural application of self compacting concrete. Proceedings of 3rd RILEM International Symposium on Self Compacting Concrete. Reykjavic, Iceland. RILEM Publications PRO 33, August 2003.