

LA INFLUENCIA DE LOS ÁRIDOS RECICLADOS EN LA RETRACCIÓN DEL HORMIGÓN

RESUMEN

La aparición por primera vez en la Instrucción Española del Hormigón Estructural del Hormigón Reciclado fue, sin lugar a dudas, un gran avance en el campo del uso del hormigón, y por tanto, de los áridos.

Este tipo de hormigones ha sido tratado históricamente como un "hormigón especial". Este trato, desde nuestro modesto punto de vista, debe desaparecer, pues existe ya numerosísima información sobre su modo de empleo, dosificación, etc. Incluso existen en España brillantes ejemplos construidos con este tipo de hormigones.

No obstante, la utilización de este tipo de áridos presenta bastantes incertidumbre en cuanto a las características y comportamiento del hormigón que se realiza con una proporción de árido reciclado, tanto en su estado fresco, como en su estado endurecido, y más concretamente en su comportamiento mecánico y reológico.

El propósito de la comunicación es intentar ahondar sobre un aspecto muy específico, la retracción en este tipo de hormigones en los que se emplean áridos reciclados, y poder analizar sus ventajas e inconvenientes, revisando conjuntamente lo que las distintas instrucciones y manuales de diseño exponen al respecto.

Para ello, se intentará exponer de forma clara el fenómeno de la retracción del hormigón, así como la influencia de los áridos, viendo de este modo cuál es la verdadera importancia del empleo de dicho árido en el fenómeno descrito.

SECCIÓN: Área C.- Aplicaciones de los áridos. Calidad de producción y de producto

AUTOR: José María Belenguer Blasco

TITULACIÓN: Arquitecto

CARGO: Director Departamento de Ejecución

EMPRESA: M3J urban projects office, SL

TELÉFONO DE CONTACTO: 676 800 621

CORREO ELECTRÓNICO: belenguerblasco@ctav.es

1.-INTRODUCCIÓN.

Tras la aparición e la nueva Instrucción del Hormigón Estructural, en su anejo 15 se trata el Hormigón Reciclado, que es el fabricado con árido grueso reciclado procedente del machaqueo de residuos de hormigón (MF;2008)

En la citada norma, únicamente se admite el árido reciclado si se emplea como árido grueso y en un porcentaje menor al 20 % del total.

Este tipo de hormigón tan particular, presenta las siguientes ventajas: permite una autogestión de residuos, da como resultado un hormigón dócil (Mehta, 2004), permite alcanzar resistencias considerables y según el estudio realizado por la *Michigan State Depaertment of Transportation*, citado por el profesor Mehta. (Mehta, 2004) se logra un hormigón mucho más barato.

2.- QUÉ SE ENTIENDE POR ÁRIDO RECICLADO

Para su uso estructural, bien en masa, bien armado, la Instrucción EHE-08 exige (MF, 2008) conocer su procedencia, así como la resistencia a compresión simple que anteriormente al machaqueo.

Es conveniente recordar que se obtiene del machaqueo de piezas de hormigón en plantas especializadas, lo cual les da un aspecto rugoso y con aristas, propiedades estas que analizaremos más adelante.

3.- TIPOS DE RETRACCION

Profundizando en el concepto de retracción podemos distinguir los siguientes tipos:

Retracción química: es la reducción de volumen debida a que la suma del volumen de agua y cemento es mayor a la del producto resultante tras la reacción. Puesto que la reducción de volumen no se produce libremente (debido a la presencia de áridos, armaduras, ...) aparecen un volumen de poros debidos a la hidratación.(Perepérez, Barberá, 2005)

Retracción por secado: es la reducción de volumen debida al secado de la película de agua que rodea a las partículas de gel en la pasta de cemento (Delibes, 1993). Se produce cuando la humedad relativa del ambiente es menor que la existente en los poros, produciéndose por difusión del agua a través de la estructura porosa. (Perepérez, Barberá, 2005)

Retracción autógena: la definición que de ésta da el Technical Committee on Autogenous Shrinkage of Concrete, según la cual la retracción autógena “*es la reducción del volumen aparente que experimentan los materiales cementantes cuando se hidratan después de iniciarse el fraguado. No incluye los cambios de volumen debidos a la pérdida o ingreso de sustancias, a la variación de la temperatura o a la aplicación de un esfuerzo exterior y su coacción...*” (Perepérez, Barberá, 2005)

Retracción plástica: la retracción plástica es mayor cuando mayor es el grado de evaporación del agua, el cual depende de: la temperatura del aire, la temperatura del hormigón, la humedad relativa del aire y la velocidad del viento. (Neville, 2007)

La retracción plástica afecta especialmente a las piezas de hormigón en las que predomina la superficie de un plano sobre otros (pavimentos, forjados, cubiertas etc.). El viento provoca una desecación superficial que puede ser muy rápida aumentando así la retracción autógena, especialmente si la superficie no se encuentra protegida con agua o por un producto de curado. (Fernández Canovas, 2007)

Retracción por carbonatación: se debe a la acción del CO₂ del ambiente que provoca una retracción por carbonatación, dando lugar a una disolución de porlandita (cristales de hidróxido cálcico), precipitando cristales de carbonato. Entre las consecuencias que acarrea, conviene destacar: incremento de peso, disminución de permeabilidad y pérdida de la reserva alcalina que protege a las barras de acero. (Fernández Canovas, 2007)

Retracción térmica: en grandes macizos de hormigón, se produce por acción de la hidratación un aumento de temperatura cuando el hormigón se encuentra aún en estado fresco. Como es muy difícil disipar este calor, perduran las altas temperaturas durante varios días, mientras se va disipando el calor (y, por tanto, bajando la temperatura), creando en grandes macizos el efecto de retracción térmica. (Metha, 2004)

Entumecimiento: si existe un continuo aporte de agua al hormigón durante su hidratación, éste se expande debido a la adsorción de agua del gel de la pasta de cemento, en un proceso que se denomina entumecimiento. En un hormigón ordinario, el aumento suele ser de diez a veinte veces menor que la retracción. Por otro lado, en hormigones ligeros, puede suponer hasta un aumento entre el veinte y el ochenta por ciento de la retracción. (Neville, 2007).

4.- INFLUENCIA DE LOS ÁRIDOS

4.1.- Relación Cemento/ Árido

La mayor proporción de árido en el hormigón con respecto al cemento reduce la retracción de secado para unas determinadas condiciones de humedad y temperatura. (Fernández Canovas, 2007)

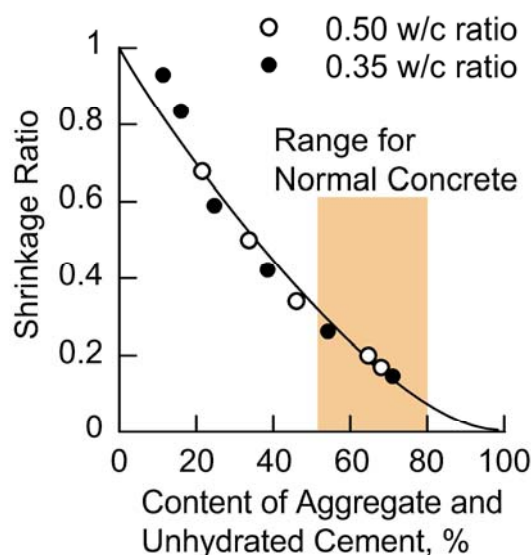


Figura 1. Influencia del Contenido de Árido y cemento sin hidratar en el fenómeno de la Retracción. (Metha, 2004)

La propiedad más importante que desarrollan los áridos en la pasta de cemento es la de contener la retracción. Así, estudios de Hansen y Almudaiheen (citados por Neville), demuestran la influencia del contenido del árido y su módulo de elasticidad en mezclas con la misma relación agua cemento y con el mismo gado de hidratación (Neville, 2004).

La mayoría de las expresiones matemáticas para el cálculo de la retracción tiene en cuenta el módulo de elasticidad de la pasta, pero a medida que el árido toma protagonismo en la mezcla, se debería tener en cuenta el módulo de elasticidad del árido. Este estudio lo realizó Powers (citado por Mehta), y se puede concluir que si se considera el cemento no hidratado como

4.2.- Naturaleza de los áridos

Tal y como se refleja en la figura 2, la naturaleza de los áridos también influye en la retracción, pues ésta será mayor cuanto más deformables sean los áridos, es decir, cuanto menor módulo de elasticidad posean. (Fernández Canovas, 2007)

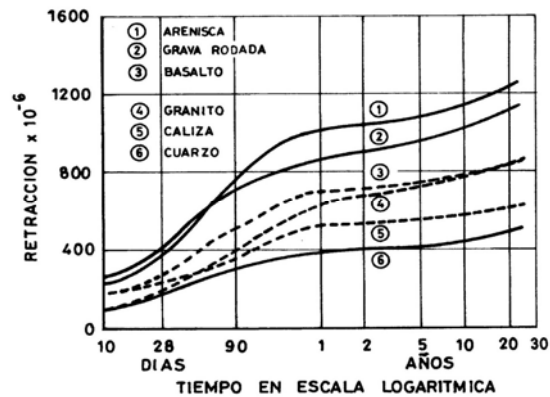


Figura 2: Influencia del Tipo de Árido en la Retracción, tomado de Neville, citado por (Delibes, 1993)

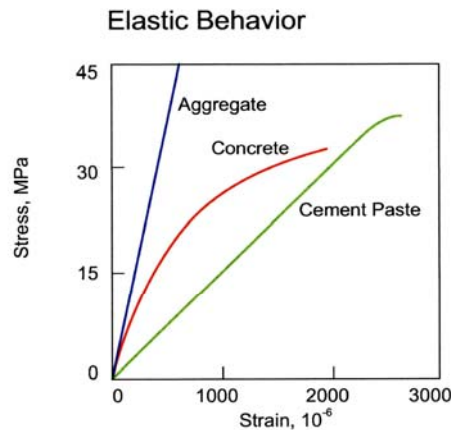


Figura 3: Influencia del Módulo de Elasticidad del árido en el Módulo de Elasticidad del hormigón (Mehta, 2004)

El tipo de árido, o como matiza Neville, el módulo de elasticidad, es la característica de los áridos que más influye en la retracción (Neville, 2007). De este modo, un cambio en el módulo de elasticidad del árido se refleja en una considerable variación de la retracción. Es decir, el módulo de elasticidad del árido influye en el módulo de elasticidad del hormigón, y éste es un factor decisivo en la retracción (Mehta, 2004).

Existen algunas rocas que experimentan por sí mismas una retracción de hasta 1mm/m. La característica de estas rocas es su elevada absorción de agua, que es sin duda un indicativo de riesgo de posible retracción hidráulica no de la pasta, sino también de los áridos. Esta propiedad se ha advertido en ciertos áridos sensibles a la humedad como ciertas zeolitas (Delibes, 1993).

4.3.- Módulo de Elasticidad de los Áridos Reciclad

La Instrucción EHE-08 estipula que el módulo de deformación del hormigón, caso de que el 100 % de árido grueso fuera reciclado, sería del 80% que el de un hormigón convencional (MF, 2008)

No obstante, existen estudios como la tesis doctoral dirigida por la profesora Pilar Alaejos, en los que esta reducción se argumenta y demuestra por dos motivos fundamentalmente. En primer lugar, por el menor módulo de elasticidad del árido reciclado (que es inferior al del árido natural) y en segundo lugar, debido a las pequeñas fisuras, que más adelante se explicarán, que se presentan en la zona de transición, reduciendo considerablemente este módulo (Sánchez de Juan, 2004)

5.- INFLUENCIA DEL TIPO DE ÁRIDO EN LA ZONA DE TRANSICIÓN

La zona de transición se sitúa en el entorno más próximo de la superficie de los áridos, donde la microestructura de la pasta de cemento endurecida difiere de la que es propia de la masa situada a una distancia un poco mayor. (Perepérez, Barberá, 2005)

La causa principal de esta zona de transición es el efecto pared de los áridos que impide a las partículas de cemento organizarse en su entorno. De este modo, aumenta el contenido en agua y disminuye la concentración de partículas de cemento, justificando que sea menor la presencia de fase anhidra y de gel de C-S-H en la zona de transición y que sea mayor la portlandita (Perepérez, Barberá, 2005) (González Isabel, 1993). Se trata de la interfase entre el árido y la pasta de cemento hidratada, la cual tiene una mayor porosidad, siendo así la fase más débil que la pasta de cemento y mucho más que el árido (Neville, 2007).

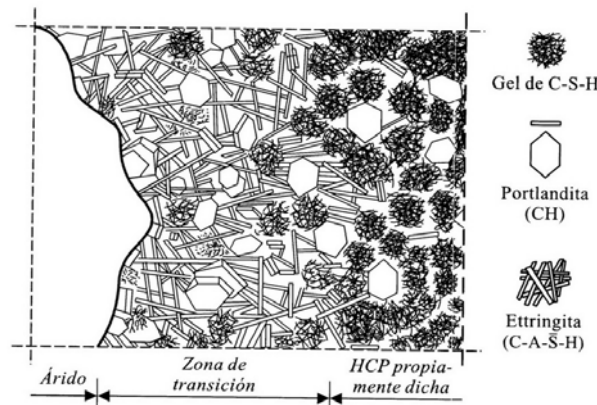


Figura 4: Representación esquemática de la Zona de Transición, según Mehta, citado por (Perepérez, Barberá, 2005)

A esta heterogeneidad estructural se le suma la exudación interna de agua, que genera huecos debajo del árido grueso (y de las armaduras) (Perepérez, Barberá, 2005).

La correlación del nivel de microfisuración con el de deformación alcanzada se puede clasificar en la siguiente tipología de fisuras (Delibes, 1993):

- Fisuras de adherencia: se dan entre el árido y el mortero (en la zona de transición), debidas a defectos de compactación, hidratación o retracción, incluso antes de aplicar ninguna carga.
- Fisuras entre el 30% y 70% de la resistencia: se produce un aumento de las fisuras de adherencia en longitud, anchura y número, pues aumenta la deformación

- Fisuras de mortero: se da en niveles de carga entre 70% y 90%, y se producen al progresar las fisuras de adherencia. Este nivel de carga se denomina carga crítica.

El profesor Delibes presenta un estudio realizado por Perry y Gillot en el cual se analiza el comportamiento de hormigones fabricados con diferentes áridos, cuya superficie fue pulimentada para obtener distintos grados de adherencia. Se encontraron cambios importantes en la resistencia y deformación bajo carga máxima en compresión. Dicha variación se atribuye a retraso en la iniciación de la propagación de fisuras de adherencia cuando aumenta la rugosidad de los áridos gruesos (Delibes, 1993).

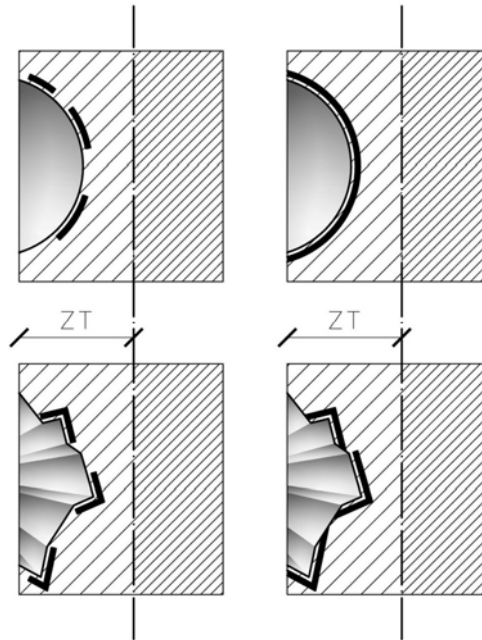


Figura 5: Representación esquemática de la evolución de la microfisuración en áridos rodados y en áridos de machaqueo.

6.- CONCLUSIONES

Al margen de consideraciones medio ambientales, que no son objeto de la presente comunicación, se considera que una vez analizados los factores que hacen especiales a los áridos reciclados, como se ha podido comprobar, son una materia prima que no debemos desatender.

No obstante, tal y como establece la instrucción, es recomendable que se use únicamente como una parte del árido grueso, pues existen muchísimos factores (fluencia, durabilidad, ductilidad, etc.) que se desconocen, o mejor dicho, que no se tiene una certeza plena.

BIBLIOGRAFÍA

(Delibes, 1993): A. Delibes Liniers: “Tecnología y propiedades mecánicas del hormigón”. Segunda Edición. Edita Intemac. Madrid 1993.

(Fernández, 1969): Fernández Paris, J. M.: “Identificación de áridos por vía microscópica. Estudio de la fracción arenosa de las arcillas por vía microscópica”. Monografía del I.E.T.C.C. número 278. Madrid, 1969.

(Fernández Canovas, 2007): Fernández Canovas, Manuel: “Hormigón”. Edita Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid 2007.

(González-Isabel,96): González Isabel, G.:”Hormigón de Alta Resistencia. Características, Dosificación, Puesta en Obra y Posibilidades”. Edita Intemac. Vizcaya, 1993.

(Mehta, 2004): Mehta, P. Kumar y Monteiro, Paulo J.M.: “Concrete. Microstructure, properties and materials.” Edita Mc Graw Hill. USA, 2004.

(MF,2008): Ministerio de Fomento: “Instrucción del Hormigón Estructural. EHE-08”. Edita Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento. Madrid, 2008.

(Neville, 2007): Neville, A.M., Brooks J.J.: “Concrete Tecnology” Decimoquinta Edición. Edita Pearson Prentice Hall, Malasia 2007.

(Perepérez, Barberá, 2005): Perepérez Ventura, B. y Barberá Ortega, E.: “Manual del hormigón estructural”. Edita Marta Perepérez Candel. Valencia 2005.

(Sánchez de Juan, 2004): Sánchez de Juan, Marta. “Estudio sobre la utilización del árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural”. Tesis Doctoral dirigida por M^a Pilar Alaejos Gutiérrez. ETSICCP, UPM, 2004