

Los efectos del fuego en el concreto

Por: Dr. Aldo H. Romero Ing. Gilhúe López y Dra. Ana Lacasta

A la hora de abordar el tema de la seguridad en caso de incendio en un edificio, hay tres factores primordiales: la detección, la evacuación y el impacto del fuego en el edificio. En este último punto, es fundamental conocer cómo va a responder el edificio a altas temperaturas a fin de, por un lado, minimizar los riesgos durante la evacuación y el proceso de extinción y, por otro, una vez extinguido, determinar las posibles acciones de reparación a adoptar a fin de garantizar la no existencia de daños estructurales.

La respuesta de una estructura de concreto armado frente al fuego es compleja porque se trata de un material mixto en el que cada uno de los elementos (concreto y acero) se comportan de forma diferente a partir de los 200°C. Por lo tanto, es necesario conocer cómo se va a comportar cada material por separado y cómo van a comportarse en conjunto. En este artículo nos centrare-

mos únicamente en el comportamiento del concreto. El comportamiento del concreto frente a las altas temperaturas depende de muchos factores, como el tipo de cemento (portland, aluminoso, ...) el tipo de árido (silíceo o calcáreo), la relación agua/cemento o los aditivos que hayan podido utilizarse. A pesar de todas estas posibles variaciones, hay algunas características generalmente aceptadas. Para el concreto de cemento portland, la resistencia a compresión sufre una disminución con la temperatura como la mostrada en la Figura 1. Se observa que para temperaturas inferiores a 100°C no hay una disminución de resistencia significativa. Para el rango de temperaturas entre los 100°C y los 400°C hay una pérdida de resistencia progresiva hasta llegar a 80% de la resistencia inicial. La pérdida más importante se produce a partir de 400°C, llegando al 50% de la resistencia inicial en temperaturas próximas a los 600°C, y la destrucción del concreto a los 950°C.

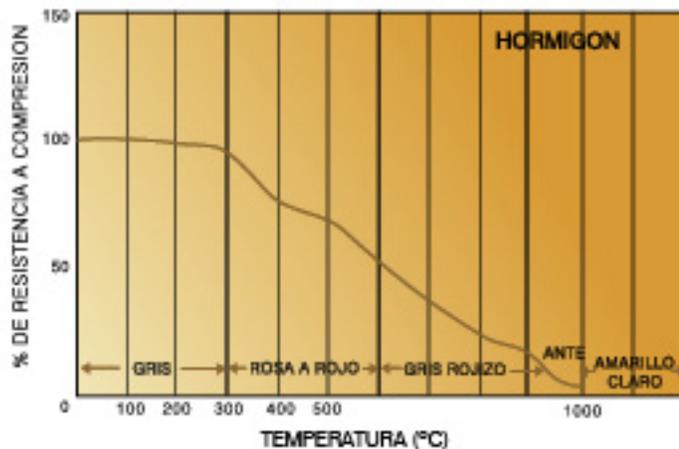


Figura 1. Típica pérdida de resistencia a compresión de un concreto tipo portland al aumentar la temperatura.

Esta pérdida de resistencia viene acompañada de una serie de cambios en el aspecto del concreto, algunos de los cuales son visibles a simple vista como el cambio de coloración:

- Entre 100 y 300 °C se produce la pérdida del agua capilar. No se producen modificaciones estructurales.
- Entre 300 y 400 °C el concreto adquiere una tonalidad rosácea. Se comienza a observar figuración superficial.
- Entre 400 y 600 °C se produce desprendimiento de cal. El árido adquiere un color rosa más intenso.
- Entre 600 y 950°C los áridos se expanden y, debido a su diferente coeficiente de dilatación, se produce la disgregación. Los compuestos del conglomerado endurecido comienzan a degradarse.
- A partir de 950°C se produce la destrucción del conglomerado.

El concreto formado por cemento aluminoso presenta algunas propiedades diferentes a las de portland, destacando el menor tiempo necesario para su fraguado. Este tipo de concreto, a largo plazo y en determinadas condiciones ambientales, puede sufrir ciertas patologías (aluminosis) que desaconsejan su uso como concreto armado estructural. Sin embargo, en cuanto a su reacción al fuego, un concreto de cemento aluminoso se comporta mejor. Debido a su alto contenido de alúmina y a su menor contenido de cal respecto al cemento portland, los productos hidratados que conforman un cemento aluminoso endurecido son mucho menos sensibles a las altas temperaturas.

A continuación vamos a mostrar algunas imágenes correspondientes a la afectación por temperatura en

ambos tipos de concreto. Para ello se han ensayado probetas cilíndricas en el horno mostrado en la Figura 2, denominado "equipo de no combustibilidad". Un controlador de temperatura permite establecer la temperatura final y la rampa de calentamiento, y un conjunto de termopares permite registrar, a lo largo del ensayo, las temperaturas del interior y el exterior de la probeta.



Figura 2. Horno utilizado para ensayar el comportamiento a altas temperaturas de probetas de concreto

En la Figura 3 se muestran algunas de las probetas. Las dos probetas superiores corresponden a cemento portland y las dos inferiores a cemento aluminoso. En todos los casos se ha utilizado árido silíceo y no se ha añadido ningún aditivo. Las muestras de la izquierda no han sido sometidas a calentamiento alguno, mientras que las de la derecha han sido sometidas a un calentamiento lento hasta una temperatura de 800°C. Pueden observarse diferencias en la coloración así como la aparición de fisuras, que son mucho más importantes en la probeta de cemento portland.

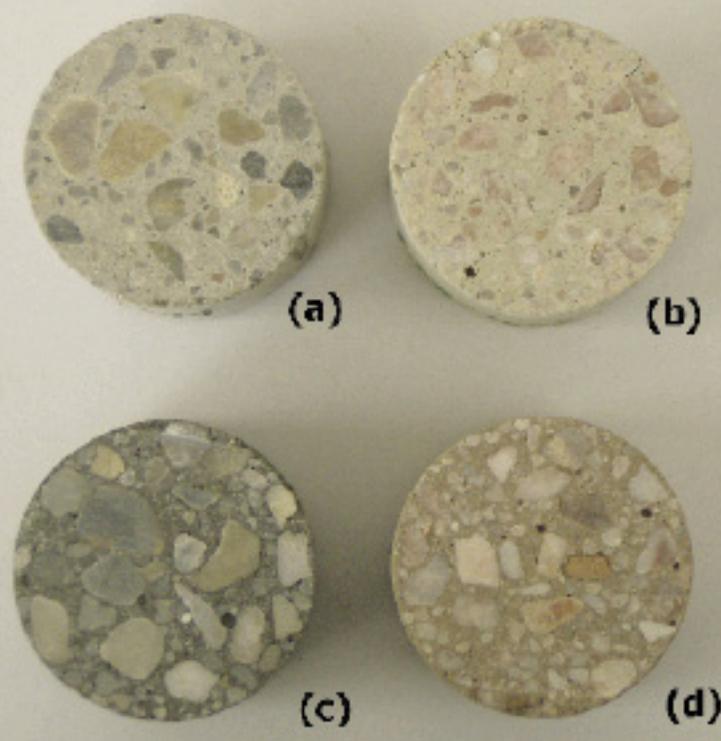


Figura 3. Probetas de cemento portland (a y b) y aluminoso (c y d). Las probetas (b) y (d) han sido sometidas a temperatura de 800 °C.

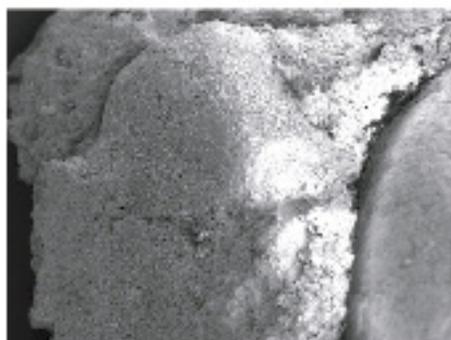
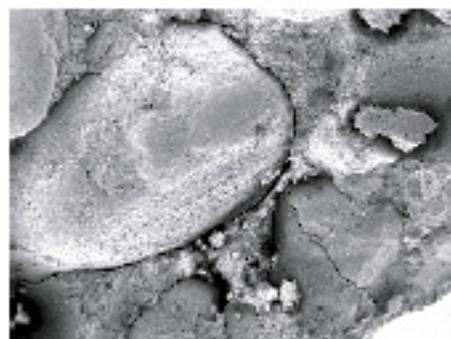


Figura 4. Imágenes de SEM correspondientes a probetas de concreto tipo portland (arriba) y aluminoso (abajo) sometidas a una temperatura de 800°C.

Además de la temperatura alcanzada, también tiene gran importancia la rapidez del calentamiento y del posterior enfriamiento. Cuando estos procesos ocurren rápidamente, el concreto resulta más afectado observándose la aparición de un mayor número de fisuras. En la Figura 4 se muestran algunas imágenes de microscopía electrónica (SEM) para dos muestras de concreto (portland y aluminoso) calentadas rápidamente hasta una temperatura de 800 °C y enfriadas también rápidamente. Se observan numerosas microfisuras, así como una falta de adherencia entre el cemento y el árido (más importante en el tipo portland).

Los daños sufridos por las estructuras de concreto armado en un incendio real pueden ser desde leves, que no requieran prácticamente ninguna reparación,

hasta tan graves que puedan requerir la sustitución de parte de la estructura. Sin embargo, de un modo general, puede afirmarse que el comportamiento al fuego del concreto es bueno, especialmente cuando se ha dotado a los elementos estructurales de recubrimientos de espesores adecuados. Las características de los recubrimientos protectores frente al fuego será un tema que trataremos en un futuro artículo en esta revista. ☉



Dr. Aldo H. Romero, Ing. Sinhué López
Cinvestav-Unidad Querétaro
aromero@qro.cinvestav.mx
Dra. Ana Lacasta
Laboratorio de fuego, Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)