

1- ADITIVOS MINERALES FINAMENTE DIVIDIDOS

Los aditivos finamente divididos son materiales pulverizados que se agregan al concreto antes del mezclado o durante este para mejorar o transformar algunas de las propiedades del concreto de cemento portland en estado plastico o endurecido. Estos aditivos son generalmente materiales naturales o subproductos.

MATERIALES CEMENTANTES

2

Los materiales cementantes son sustancias que por si solas tienen propiedades hidraulicas cementantes (fraguan y endurecen en presencia de agua).

3

Los materiales cementantes incluyen a la escoria granulada de alto horno molida, al cemento natural, a la cal hidraulica hidratada, y a las combinaciones de estos y de otros materiales.

La escoria granulada de alto horno molida fabricada a partir de escoria de alto horno de hierro, es un producto no metalico que consiste principalmente de silicatos y aluminosilicatos de calcio y de otras bases que se desarrollan en la fundicion simultaneamente con el hierro en los altos hornos. Laescoria fundida a una temperatura de aproximadamente 1500 C, queda templada rapidamente al enfriarse por inmersion en agua y forma un material granular vitreo parecido a la arena. El material granular, el cual es molido a menos de 45 micras, tiene una finura Blaine de aproximadamente 400 a 600 m²/kg. Esta escoria molida aspera y angulosa al entrar en contacto con el agua y con un activador , NaOH o CaOH, ambos facilitados por el cemento portland , se hidratan y fragua de manera similar al cemento portland. La escoria enfriada al aire no tiene las propiedades hidraulicas que tiene la escoria enfriada por agua. La especificacion ASTM C 989 clasifica a la escoria según su reactividad con los grados 80, 100 o 120.

El cemento natural se forma al calcinar calizas arcillosas justo debajo del punto de fusion; luego se muele el material hasta obtener un polvo muy fino.

MATERIALES PUZOLAMICOS

4

Una puzolana es un material siliceo o aluminosiliceo que por si mismo posee poco o ningun valor cementante pero que, en forma finamente molida y en presencia de agua, reacciona quimicamente con el hidroxido de calcio liberado por la hidratacion del cemento portland para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

5

Como puzolanas se emplean un gran numero de materiales naturales: las tierras diatomaceas, los horstenos opalinos, las arcillas, las pizarras, las tobas volcanicas, y la piedra pomez. La mayoria de las puzolanas naturales se deben moler antes de ser usadas y muchas se tienen que calcinar a temperaturas de 650 C a 980 C, para activar sus componentes arcillosos. Estos materiales arcillosos se clasifican segun la norma ASTM C 618 como puzolanas clase N.

Las puzolanas tambien incluyen a la ceniza volante y al humo de silice. El aditivo mineral mas ampliamente

utilizado en el concreto, la ceniza volante, es un residuo finamente dividido (polvo que se asemeja al cemento) que resulta de la combustión del carbono mineral pulverizado en las plantas generadoras de electricidad. Con la ignición en el horno, la mayor parte de la materia volátil y de carbono existentes en el carbono mineral se calcina. Durante la combustión, las impurezas del carbono mineral (como la arcilla, el feldespato, cuarzo y la pizarra) se funden en suspensión, y son retiradas de la cámara de combustión por el gas de escape. Mientras transcurre el proceso, el material fundido se enfría y se solidifica formando partículas esféricas llamadas cenizas volantes.

Materiales puzolánicos y cementantes

6

Algunas escorias granuladas de alto horno molidas y también algunas cenizas volantes, exhiben propiedades tanto puzolánicas como cementantes. Las cenizas volantes ASTM C 618 Clase C con un contenido de óxido de calcio de aproximadamente 15 a 30% en peso son las predominantes dentro de esta clasificación. Al exponerse al agua, muchas de estas cenizas se hidratan y endurecen en menos de 45 minutos.

7

La práctica de utilizar ceniza volante y escoria granulada de alto horno molida en las mezclas de concreto de cemento portland, ha ido aumentando en los últimos años en los Estados Unidos. Una de las principales razones de este incremento es el interés en la conservación de la energía así como la reducción en el costo del concreto que se obtiene al emplear cenizas o escorias para reemplazar parcialmente al cemento.

8

La ceniza volante consiste principalmente de silicatos vitreos que contienen sílice, alumina, hierro, y calcio. Otros componentes menores son el magnesio, el azufre, el sodio, el potasio, y el carbono. También se encuentra presente una pequeña cantidad de compuestos cristalinos. La densidad de la ceniza volante generalmente se encuentra dentro del rango de 2.2 a 2.8 y su color es gris o beige.

9

El humo de sílice, al que también se le conoce como microsílíce o humo de sílice condensado, es otro material que se emplea como aditivo puzolánico. Este producto en forma de polvo de color gris claro a oscuro o en ocasiones gris azulado verdoso, es resultado de la reducción de cuarzo muy puro con carbono mineral en un horno de arco eléctrico durante la manufactura del silicio o de aleaciones de ferrosilicio. El humo de sílice asciende como vapor oxidado de los hornos a 2,000°C. Se enfría, se condensa y se recolecta en enormes bolsas de tela. Entonces se le procesa para retirarle las impurezas y para controlar su tamaño de partícula.

El humo de sílice condensado esencialmente consiste en dióxido de sílice (más de 90 %) en forma no cristalina. Puesto que es un material susceptible de ser conducido por el aire como la ceniza volante, tiene forma esférica (Fig. 6-3). Es extremadamente fino, con partículas con diámetros menores de una micra y con un diámetro promedio de aproximadamente 0.1 micra, casi 100 veces menor que las partículas promedio de cemento.

10 Materiales nominalmente inertes

Los materiales inertes frecuentemente se emplean como adición al cemento y como una sustitución parcial de la arena en el concreto para mejorar las trabajabilidades pobres causadas frecuentemente por la falta de finos en la arena. A veces se agrega a los concretos caliza pulverizada para reducir la reactividad álcali-sílice.

11

Los materiales nominalmente inertes tienen pocas o nulas propiedades cementantes. Algunos de los materiales nominalmente inertes son el cuarzo en bruto finamente dividido, las dolomitas, muchas calizas, el mármol, el granito, y otros materiales.

el humo de sílice se vende en forma de polvo, es más fácil conseguirlo como líquido. Actualmente la ASTM está trabajando en una especificación para el humo de sílice.

EFFECTOS SOBRE EL CONCRETO FRESCO

12

Requerimientos de agua. Las mezclas de concreto que contienen cenizas volantes o escorias granuladas de alto horno molidas, casi siempre requieren menos agua (aproximadamente de 1 a 10 %) para obtener un cierto revenimiento que los concretos que solo contienen cemento portland.

Los concretos con humo de sílice requieren de mas agua para obtener un revenimiento dado, a menos que se emplee un reductor de agua o un superplastificante. Algunas mezclas pobres no experimentan aumentos en la demanda de agua cuando se tiene presente solamente una pequeña cantidad de humo de sílice.

13

Las inclusiones de escoria molida, ceniza volante, y humo de sílice en concretos sin aire incluido generalmente reducen la cantidad de aire atrapado. La ceniza volante y el humo de sílice normalmente muestran un mayor efecto en esta reducción que la escoria molida.

14

Trabajabilidad. La ceniza volante, la escoria molida, y muchos materiales inertes generalmente mejoran la trabajabilidad de los concretos de igual resistencia y revenimiento. El humo de sílice podría reducir la trabajabilidad; por eso normalmente se agregan reductores de agua de alto rango a los concretos con humo de sílice para mantener la trabajabilidad.

15

Segregación y sangrado. Los concretos en los que se emplea ceniza volante o humo de sílice por lo general muestran menos segregación y sangrado que los concretos simples. Este efecto hace a la ceniza volante particularmente valiosa en los concretos fabricados con agregados que presentan deficiencias en su contenido de finos. Los concretos que utilizan ciertas escorias granulares de alto horno molidas, tienden a presentar sangrados ligeramente mayores que los concretos sin aditivo. Las escorias no tienen efectos adversos en lo referente a la segregación.

16

Calor de hidratación. El uso de cenizas volantes y de escorias molidas reducen la cantidad de calor que se forma en una estructura de concreto debido a su menor calor de hidratación. Algunas puzolanas tienen un calor de hidratación del orden del 40% del presentado por el cemento. Esta reducción en el aumento de la temperatura resulta especialmente beneficioso en los concretos usados en estructuras masivas.

17

Tiempo de fraguado. El uso de cenizas volantes, puzolanas naturales y escorias granuladas de alto horno molidas generalmente provoca retardos en el tiempo de fraguado del concreto. Por ejemplo, en un estudio, la ceniza volante provoco que el fraguado inicial se retardara de 10 a 55 min y que el fraguado final se retardara de 50 a 130 minutos; la mezcla contenia 230 kg de cemento tipo 1 y 76 kg de ceniza volante, en tanto que la mezcla testigo contenia 306 kg de cemento por metro cubico y nada de ceniza volante. El grado de retardo en el fraguado depende de los factores tales como la cantidad de cemento portland, el requisito de agua, el tipo del material finamente dividido, y la temperatura del concreto. El tiempo de fraguado aumenta con las cenizas

volantes que hacen aumentar los requisitos de agua

18

Proporcionamiento. Los aditivos minerales finamente divididos se agregan al concreto como una adición o para sustituir parcialmente al cemento en el concreto o bien como una combinación de adición y sustitución. El empleo de estos aditivos como sustitutos de cemento puede reducir sustancialmente las resistencias del concreto a edad temprana y a 28 días si se proporcionan rígidamente como un reemplazo del cemento más que como una combinación.

La ceniza volante, cuando se emplea, consiste generalmente del 15 al 20% del peso del cemento más puzolana.

La escoria de alto horno granulada molida, cuando se emplea en concretos, normalmente constituye un promedio de aproximadamente 40% del material cementante en la mezcla.

El humo de sílice, ha sido empleado como reemplazo parcial del cemento o como adición al cemento en cantidades que varían entre el 5 y 10% y hasta llegar al 30% en peso del material cementante total.

Efectos en el concreto endurecido

19

Resistencia. La ceniza volante, la escoria granulada de alto horno molida, el humo de sílice y otros aditivos minerales finamente divididos, contribuyen a la adquisición de resistencia del concreto. Sin embargo, la velocidad en la adquisición de resistencia de un concreto que contenga estos aditivos, variará con frecuencia respecto de la de un concreto que emplee exclusivamente cemento portland como material cementante. La resistencia a la tensión, a la flexión y a la torsión se ve afectada de igual manera que la resistencia a la compresión. Debido a la menor velocidad de hidratación cuando se emplean algunos de estos aditivos, la adquisición de resistencia a edades tempranas puede ser menor que la de un concreto comparable sin el aditivo, especialmente si las temperaturas de curado son bajas.

Debido a la lenta reacción puzolánica de algunos aditivos minerales, puede llegar a ser necesario un período de curado húmedo continuo con temperaturas de curado favorables mayor del que normalmente se requiere. El humo de sílice contribuye al desarrollo de resistencia especialmente entre los 3 y los 28 días, tiempo durante el cual un concreto con humo de sílice rebasa la resistencia del testigo. El humo de sílice también contribuye a la adquisición de resistencia a edad temprana de los concretos con ceniza volante.

Los aditivos minerales son a menudo esenciales para producir concretos de alta resistencia. Se han utilizado cenizas volantes especialmente en la producción de concreto de alta resistencia de entre 400 y 1000 kg/cm². Con el humo de sílice, los productores de concreto premezclado tienen la capacidad de producir concretos con resistencia de 1400 kg/cm² o más si se hace uso de agregados adecuados y de un aditivo reductor de agua de alto rango.

Permeabilidad y absorcion. Si se cuenta con un curado adecuado, las cenizas volantes y las escorias de alto horno generalmente reducen la permeabilidad del concreto aun cuando el contenido de cemento sea relativamente bajo; a este respecto, el humo de silice es especialmete efectivo. Las pruebasindican que la permeabilidad del concreto disminuye conforme aumenta la cantidad de material cementante hidratado y disminuye la relacion agua cemento. La absorcion de un concreto con ceniza volante casi es la misma de un concreto sin ceniza, aunque algunas cenizas pueden reducir la absorcion en un 20 % o mas.

Color del concreto. Algunos materiales finamente divididos pueden colorear ligeramente al concreto endurecido. Estos efectos se relacionan con el color y la cantidad de aditivo empleado en el concreto. Muchos aditivos minerales se parecen al cemento y por lo tanto tienen poco efecto en el color. Algunos humos de silice pueden dar al concreto un tinte ligeramente azulado o gris oscuro, y la ceniza volante oscura puede impartir un color oscuro al concreto cuando se utiliza en grandes cantidades.