

USO DE SUPERPLASTIFICANTES COMO ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA

I N D I C E

	Pág.
RESUMEN	99
INTRODUCCION	101
ALCANCE DE LA INVESTIGACION.	101
CONDENSADOS DE MELAMINA FORMALDEHIDO SULFONATADO	102
CONDENSADOS DE NAFTALINA FORMALDEHIDO SULFONATADO	102
REVOLTURAS DE CONCRETO.	102
PREPARACION Y COLADO DE LOS ESPECIMENES	103
ENSAYE DE LOS ESPECIMENES	104
RESULTADOS DE ENSAYES Y SUS ANALISIS	105
PROPORCIONAMIENTO DE LA REVOLTURA	105
RESISTENCIA A LA FLEXION Y A LA COMPRESION.	106
CONTRACCION POR SECADO Y PERDIDA DE HUMEDAD	106
DEFORMACION POR FIUJO PLASTICO	106
DURABILIDAD AL CONGELAMIENTO Y DESHIELO	107
OBSERVACIONES FINALES	107

El uso de Superplastificantes como reductores de agua

R. S. Ghosh y V. M. Malhotra

INTRODUCCION

Los aditivos superplastificantes que recientemente han sido introducidos a Norteamérica, están encontrando cada vez mayor aceptación en la industria de la construcción en general y en la industria de pre-colados en particular. - Un número de organizaciones en Norteamérica dedicados a la investigación han iniciado investigaciones con respecto al uso de estos aditivos (1-7) pero la mayoría de los datos publicados hasta la fecha tratan solamente con el aumento en la manejabilidad y su pérdida subsecuente con el tiempo. Hay poca o ninguna información disponible sobre los efectos de su uso para una reducción substancial en el contenido de agua sin disminución en la manejabilidad (reventamientos de 60 a 80 mm). Por lo tanto se llevó acabo esta investigación para establecer el efecto de los superplastificantes sobre las propiedades del concreto cuando se estan utilizando como reductores de agua.

ALCANCE DE LA INVESTIGACION

El programa de ensayos incluyó una evaluación de concretos con aire -- incluido conteniendo cemento tipo I, tipo II y tipo V en combinación con 3 superplastificantes diferentes disponibles en el mercado que fueron añadidos al -- concreto fresco para lograr una reducción del 20% en el agua. El programa fue -- dividido en tres series como sigue:

- Revolturas Serie A: Para establecer las dosificaciones de los superplastificantes para concretos hechos con cemento tipo 1 para alcanzar una reducción del 20% de agua.
- Revolturas Serie B: Para evaluar las propiedades del concreto fresco y endurecido utilizando los proporcionamientos establecidos en la Serie As
- Revolturas Serie C: Para repetir la serie B utilizando cemento Tipo II y Tipo V.

MATERIALES UTILIZADOS

Cementos

Fueron utilizados cementos tipo I, tipo II y tipo V. Las propiedades

físicas y análisis químicos de los cementos se muestran en la tabla 1.

Agregados

Como agregados grueso se utilizó caliza triturada con tamaño máximo de 20 mm, y como agregado fino se utilizó arena natural. La densidad del agregado grueso y fino fue de 2.66 y 2.65 (secado al horno) respectivamente; los valores de absorción correspondientes fueron 1.10 y 1.37%

Aditivo Inclusor de Aire

En todas las revolturas se utilizó un aditivo inclusor de aire del tipo hidrocarbano sulfonatado.

Superplastificantes

En las revolturas de concreto fueron utilizados los siguientes tres tipos de superplastificantes.

CONDENSADOS DE MELAMINA FORMALDEIDO SULFONATADO.

El superplastificante M pertenece a esta categoría y es de origen Alemán. Generalmente se consigue como una solución al 20% con una densidad de 1,000 kg/m³ (68.6 lbs/pie³), y en apariencia vá desde clara hasta ligeramente turbia (lechosa). El contenido de cloruro es de 0.005%.

CONDENSADOS DE NAFTALINA FORMALDEIDO SULFONATADO.

El superplastificante N es de origen japonés. Generalmente se consigue como una solución al 42% con una densidad de 1,200 kg/m³ (74.9 lbs/pie³), y es de color café oscuro. El contenido de cloruro es insignificante.

Lignosulfonatos Modificados

El superplastificante L cae en esta categoría. Es de origen francés pero ahora está siendo elaborado en Montreal, Canadá. Generalmente se consigue como una solución al 20% con una densidad de 1,100 kg/m³ (68.6 lbs/pie³), y es de color café claro. No contiene cloruros.

La mayoría de los superplastificantes mencionados consisten principalmente de sulfonatos orgánicos del tipo RSO₃, donde R es un grupo orgánico complejo, frecuentemente de gran peso molecular (3).

REVOLTURAS DE CONCRETO

El uso de Superplastificantes como reductores de agua.

Revolturas Serie A

La revoltura de referencia tenía una relación agua/cemento de 0.49, una relación agregado/cemento de 6.4, un contenido de cemento tipo I de 300 kg/m³, un revenimiento 75 mm y un 5% de aire incluido (tabla 2). El proporcionamiento de la revoltura utilizado para preparar los concretos para los ensayos fué establecido mediante una serie de revolturas de tanteo donde se variaron las cantidades del superplastificante y del aditivo inclusor de aire para obtener una reducción del 20% en el agua mientras se mantenía el mismo revenimiento y contenido de aire que en la revoltura de referencia.

El procedimiento de mezclado para todas las revolturas fué como sigue:

Los agregados grueso y fino, a los cuales se les había añadido como el 60% del total del agua de mezclado, junto con el cemento, fueron colocados en una revoltura y se mezclaron los ingredientes durante 1/2 minuto. Continuando el mezclado, se añadió el agua de mezclado que restaba, el aditivo inclusor de aire y el superplastificante durante los siguientes 1 1/2 minutos. El aditivo inclusor de aire se añadió en 5 segundos, seguido por el superplastificante, de tal manera que ambos aditivos estaban en la revoladora antes de 20 segundos de la primera adición del agua de mezclado que restaba. Una vez que todos los ingredientes estaban en la revoladora, se llevó acabo el mezclado de acuerdo a la norma ASTM C-192, es decir, se mezcló el concreto durante 3 minutos seguido por 3 minutos de descanso y 2 minutos de mezclado final. Inmediata

Inmediatamente después del mezclado final se determinaron las propiedades del concreto fresco como son el revenimiento, la densidad, y el contenido de aire. (Tabla 2)

Revolturas Serie B

Las revolturas establecidas en la serie A fueron repetidas en la serie B con cambios leves en la cantidad de aditivo inclusor de aire según se requería para mantener un revenimiento de 75 mm. Después de determinar las propiedades del concreto fresco, se colaron cilindros y prismas para usarse en establecer los tiempos de fraguado, resistencia a la compresión y a la flexión, contracción, flujo plástico y la resistencia al congelamiento y deshielo.

PREPARACION Y COLADO DE LOS ESPECIMENES

En total había 4 revolturas: una revoltura de referencia y las tres revolturas conteniendo los diferentes tipos de superplastificantes. Cada revoltura consistía de dos mezclas, elaboradas consecutivamente en la revoladora y cada una lo suficiente para producir 6 cilindros de 150 X 300 mm. y 4 prismas de 90 X 100 X 400 mm. Los especímenes de ensaye fueron compactados en base al procedimiento estandar de varillado. Los cilindros se colaron en moldes de hojalata y los prismas en moldes de acero. Los especímenes para el ensaye de flujo plástico fueron

colados en moldes de fierro.

Después de colarse todos los especímenes, estos fueron cubiertos con arpilleras mojadas y dejados en el cuarto donde se prepararon, durante 24 horas a 23°C y alrededor de 60% de humedad relativa. Posteriormente se sacaron de los moldes y se llevaron a un cuarto de curado estandar hasta que les tocara ser ensayados.

ENSAYE DE LOS ESPECIMENES

A las edades de 7, 28 y 91 días se sacaron del cuarto de curado un cilindro por cada mezcla, se caperon en sus dos extremos y se ensayaron a compresión. Los cilindros de 28 días fueron utilizados para determinar el módulo de elasticidad tangente de acuerdo con la norma ASTM C-469 antes de ser ensayados a compresión.

A los 14 días de edad se sacaron del cuarto de curado dos prismas por cada mezcla. Una prisma de cada mezcla se ensayó a flexión de acuerdo con la norma ASTM C-293; el prisma restante de cada mezcla se sujetó a ciclos de congelamiento y deshielo de acuerdo con la norma ASTM C-666 usando el procedimiento A, congelamiento y deshielo en agua. Los extremos de los prismas usados en los ensayos de flexión fueron utilizados para determinar el contenido de burbujas de aire.

El contenido de burbujas de aire y los parámetros del sistema de burbujas de aire fueron determinados a partir de una sección transversal cortada longitudinalmente corriendo a lo largo de la línea central de, y a ángulo recto con, la cara inferior del prisma.

A los 28 días de edad, se sacaron del cuarto de curado dos prismas, uno por cada mezcla y se dejaron en un lugar con 50% de humedad relativa y a temperatura de 23°C para medir los cambios en peso y longitud (Norma ASTM C-157). Los dos prismas restantes se dejaron en el cuarto de curado como especímenes de referencia, y se registraron cambios en la velocidad de pulso, módulo dinámico, peso y longitud.

Revolturas Serie B

Los especímenes originales para el flujo plástico, seis en total, no pudieron utilizarse debido a que no se disponía de marcos para ensayos de flujo plástico. Sin embargo, cuando ya se disponía de 4 marcos para ensayo de flujo plástico, se elaboraron en una fecha posterior los especímenes de ensayo utilizando un proporcionamiento idéntico que para los de referencia y los concretos con superplastificante (tabla 1). Estos proporcionamientos eran similares a los proporcionamientos correspondientes a la serie A, y cada uno consistió de tres revolturas elaboradas consecutivamente en la revoladora, y suficiente para producir 5 cilindros de 150 X 300 mm.

Los cilindros de ensaye colados de cada revoltura fueron utilizados -- como sigue: Uno para medir la deformación total, uno para control (contracción), y tres para resistencia (28, 83 y 112 días). Los cilindros de control serían -- ensayados a la terminación del ensaye de flujo plástico para determinar su resistencia. Todos los especímenes relacionados con el ensaye de flujo plástico fueron curados de acuerdo con la norma ASTM C-512, esto es, húmedos a 23°C durante los primeros 7 días y posteriormente a una humedad relativa del 50% y una temperatura de 23°C.

Los ensayos de flujo plástico comenzaron a los 28 días de edad. Antes del ensaye, se fijaron puntos de calibración sobre los especímenes para flujo plástico y para control. Los puntos de calibración estaban sobre líneas de calibración separadas 120°. A los 28 días, se ensayaron 3 especímenes a compresión, tres se utilizaron para flujo plástico, y tres para control. Cada marco para ensaye de flujo plástico acomodaba 3 especímenes, uno de cada revoltura de un proporcionamiento.

Los especímenes para ensaye de flujo plástico fueron cargados en compresión con una relación esfuerzo-resistencia de 0.44 basada en la resistencia a los 28 días de especímenes compañeros. Las deformaciones por contracción fueron medidas sobre los especímenes de control (no cargados).

Revolturas Serie C

Esta serie fué similar a la serie B excepto que no se llevaron a cabo ensayos de flujo plástico, y que se usaron cementos tipo II y tipo V en lugar de cemento tipo I. Los proporcionamientos y las propiedades del concreto fresco se presentan en la tabla 2.

RESULTADOS DE ENSAYES Y SUS ANALISIS

En esta investigación fueron ensayados un total de 300 cilindros y --- prismas. En las figuras 1 y 2 se muestra la rapidez de sangrado y los tiempos de fraguado del concreto fresco. En la tabla 3 se presenta un resumen de los resultados de ensayos de resistencia, y mediciones del módulo de elasticidad, contracción y flujo plástico. En las tabla 4 y 6 se presentan los resultados del ensaye de congelamiento y deshielo sobre especímenes de concreto de referencia y superplastificado. En la tabla 7 se presentan las características de las burbujas de aire en el concreto endurecido. En la figura 3 se presentan gráficas de pérdida de humedad contra contracción para los prismas de ensaye.

PROPORCIONAMIENTO DE LA REVOLTURA

En la etapa inicial de las revolturas Serie A, se pretendía incluir un 7% de aire en las revolturas del concreto utilizando un aditivo inclusor de aire de tipo hidrocarbano sulfonado. Sin embargo, no fue posible incluir esa canti

dad de aire en las revolturas superplastificadas aún con dosificaciones muy elevadas del aditivo inductor de aire. Por lo tanto, se redujo a solo 5% la cantidad de aire incluido. Además, cuando los proporcionamientos establecidos en la serie A, fueron repetidos para los ensayos en la serie B, el revenimiento había aumentado a 125 mm en lugar de los 75 mm especificados. Por lo tanto, se tuvo que reducir la cantidad de aditivo inductor de aire en cerca de 20% en las revolturas conteniendo superplastificantes con tal de alcanzar los 75 mm de revenimiento requerido (tabla 1). También se requirió una reducción del 25% del aditivo inductor de aire en las revolturas para los ensayos de flujo plástico (Serie B con superplastificante M, y a las revolturas para los ensayos de sangrado y tiempo de fraguado del concreto fresco.

Se encontró que se redujo considerablemente el sangrado en el concreto fresco cuando se utilizaban los superplastificantes, la excepción fue el concreto hecho con cemento tipo V e incorporado el superplastificante L, para el cual los valores de sangrado eran comparables con los del concreto de referencia. Los cambios máximos en el tiempo de fraguado para el concreto con superplastificantes fueron en cerca de una y media horas.

RESISTENCIA A LA FLEXION Y A LA COMPRESION

Los aumentos en las resistencia a la compresión y a la flexión y en el módulo de elasticidad para el concreto superplastificado en comparación con la revoltura de referencia (tabla 3) se puede atribuir a la relación agua/cemento menor y al mayor grado de hidratación debido a la mayor dispersión de las partículas de cemento bajo la acción de los superplastificantes.

CONTRACCION POR SECADO Y PERDIDA DE HUMEDAD

Las contracciones por secado y la pérdida de humedad fueron observadas solamente hasta un máximo de 112 días. El concreto hecho con cemento tipo I e incorporando superplastificante mostró mayor contracción que el concreto de referencia, en cambio, para los concretos hechos con cemento tipo II y aquellos con tipo V, las contracciones por secado eran comparables o menores que los valores obtenidos para el concreto de referencia. Sin embargo, la pérdida de humedad en los concretos superplastificados era menor (figura 3).

La mayor contracción en los concretos con superplastificante y hechos con cemento tipo I puede ser debida a una mayor madurez lograda mediante la acción de los superplastificantes al promover la hidratación y la ganancia de resistencia. Sin embargo, es posible que con el tiempo, puede ser menor la contracción en el concreto superplastificado que aquella del concreto de referencia debido a que contiene menos agua evaporable.

DEFORMACION POR FLUJO PLASTICO.

Los resultados del ensayo de flujo plástico (tabla 3) muestran que después de 72 días de estar cargados, los concretos hechos con cemento Portland tipo I y cada uno de los concretos superplastificados tenían aproximadamente el mismo flujo plástico que el concreto de referencia.

DURABILIDAD AL CONGELAMIENTO Y DESHIELO

Los factores de durabilidad (FD) para los concretos con cemento Portland tipo K y tipo II y contenido superplastificante M y L fueron mayores o casi iguales a los factores de durabilidad de los concretos de referencia correspondientes. Los valores variaron de 61 a 84 (tabla 4). Los concretos con superplastificante N mostraron un factor de durabilidad menor, por ejemplo, 45 con cemento tipo I, pero un valor ligeramente mejor de 57 con cemento tipo II. Los concretos hechos con cemento tipo V e incorporado superplastificante mostraron muy poca durabilidad. La poca durabilidad generalmente está asociada con valores más elevados del factor de espaciamiento de burbujas de aire. Este es cierto particularmente para concretos con superplastificante N, sin importar el tipo de cemento utilizado.

OBSERVACIONES FINALES

Los superplastificantes, cuando se utilizan como aditivos reductores de agua en el concreto, parecen aumentar la resistencia y propiedades elásticas en comparación con los valores obtenidos para el concreto de referencia. Esto se debe muy probablemente a una relación agua/cemento menor en el concreto superplastificado.

El concreto superplastificado hecho con cemento tipo I muestra mayor contracción que el concreto de referencia, en cambio, para los concretos hechos con cemento tipo II y con tipo V los valores del concreto de referencia.

Concreto con cemento Portland tipo I conteniendo superplastificante mostró propiedades de flujo plástico casi idénticas a las del concreto de referencia.

La durabilidad al congelamiento y deshielo para concretos hechos con cemento tipo I con tipo II, y con aditivo superplastificante es igual a la durabilidad de su concreto de referencia respectivo, excepto para la combinación de cemento tipo I y superplastificante N para el cual la durabilidad fue algo más baja. Para concreto hecho con cemento tipo V y con superplastificante, los factores de durabilidad fueron muy bajos.

Los concretos con superplastificante pierden revenimiento con el tiempo, lo cual impone una limitación al uso de superplastificantes como reductores de