

## USO DE SUPERPLASTIFICANTES COMO ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA

R. Ghosh\* y V. M. Malhotra\*\*

### RESUMEN

Este trabajo describe el comportamiento de los superplastificantes utilizados en el concreto como aditivos reductores de agua. Se añadieron a concretos de referencia con aire incluido conteniendo cemento tipo I, tipo II y tipo V diferentes dosificaciones de tres aditivos superplastificantes disponibles en el mercado con el fin de producir un 20% de reducción de agua de mezclado. Se mantuvieron constantes en todas las revolturas el contenido de cemento, revenimiento y contenido de aire. Se determinaron las propiedades mecánicas y elásticas del concreto endurecido y su resistencia al congelamiento y deshielo. Los resultados de los ensayos indican que en todos los casos la resistencia y módulo de elasticidad de los especímenes colados con concreto superplastificado exceden a los especímenes de referencia. Para los concretos hechos con cemento tipo I, el concreto de referencia, en cambio, para todos los otros cementos la contracción del concreto superplastificado es comparable con o menor que el concreto de referencia. El concreto con cemento Portland tipo I conteniendo el superplastificante a base de melamina exhibe el mismo flujo plástico que el concreto de referencia. La resistencia al congelamiento y deshielo del concreto superplastificado conteniendo cemento ya sea tipo I o tipo II parece ser satisfactoria; sin embargo, el concreto hecho con cemento tipo V y agregándole superplastificante muestra relativamente poca resistencia a los ciclos de congelamiento y deshielo.

\* Especialista en diseño, Ontario Hydro, Toronto, Canadá.

\*\* Jefe de la Sección de Materiales de Construcción, CANMET, Depto. de Energía, Minas y Recursos, Ottawa, Ontario.

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 . . . . .              | 103  |
| PROPORCIONAMIENTO DE LA REVOLтура . . . . .                 | 103  |
| RESISTENCIA A LA FLEXION Y A LA COMPRESION. . . . .         | 104  |
| CONTRACCION POR SECADO Y PERDIDA DE HUMEDAD . . . . .       | 104  |
| DEFORMACION POR FLUJO PLASTICO . . . . .                    | 104  |
| 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 dedicadas 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 están 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 Inclisor de Aire

En todas las revolturas se utilizó un aditivo inclisor de aire del tipo hidrocarburo sulfonado.

#### 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  $1,000 \text{ kg/m}^3$  (68.6 lbs/pie<sup>3</sup>), 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  $1,200 \text{ kg/m}^3$  (74.9 lbs/pie<sup>3</sup>), 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  $1,100 \text{ kg/m}^3$  (68.6 lbs/pie<sup>3</sup>), y es de color café claro. No contiene cloruros.

La mayoría de los superplastificantes mencionados consisten principalmente de sulfonatos orgánicos del tipo  $\text{RSO}_3$  donde R es un grupo orgánico como el alquilo, 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  $300 \text{ kg/m}^3$ , 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 inclisor 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 inclisor de aire y el superplastificante durante los siguientes 1 1/2 minutos. El aditivo inclisor 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 inclisor 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