

El uso de Superplastificantes como reductores de agua.

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 revolvedora, y suficiente para producir 5 cilindros de 150 X 300 mm.

Uso de Superplastificantes como Aditivos Reductores de Agua

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 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.

Uso de Superplastificantes como Aditivos Reductores de Agua

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

TABLA No. 1

PROPIEDADES FISICAS Y ANALISIS QUIMICOS DE LOS CEMENTOS *

DESCRIPCION DEL ENSAYE	CEMENTO TIPO I	CEMENTO TIPO II	CEMENTO TIPO V
ENSAYES FISICOS - GENERAL			
Tiempo de fraguado (aguja Vicat)			
Inicial:	2hr. 05min.	3hr. 20min.	2hr. 05min.
Final:	4hr. 20min.	6hr. 25min.	4hr. 50min.
Finura: No. 200 (pasa)	97.6%	98.4%	97.4%
Superficie específica	3490 cm ² /g	3690 cm ² /g	3300 cm ² /g
Sanidad (Autoclave)	0.170%	0.026%	0.042%
ENSAYES FISICOS - RESISTENCIA DEL MORTERO			
Resistencia a la compresión de cubos			
de 51 mm. a:			
3 días	211 MPa	179 MPa	149 MPa
7 días	263 MPa	232 MPa	196 MPa
28 días	340 MPa	346 MPa	317 MPa
ANALISIS QUIMICOS			
Residuo insoluble	-	-	-
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	21.0	21.5	23.8
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	5.0	4.7	2.5
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃)	2.4	4.0	4.5
Oxido de Calcio (CaO) total	63.2	61.2	64.0
Oxido de Magnesio (MgO)	3.1	2.6	2.5
Trióxido de azufre (SO ₃)	2.9	2.8	1.3
Pérdida por ignición	1.1	1.6	0.5
Otros	1.3	1.6	0.9
CONSTITUYENTES			
Silicato tricalcico (C ₃ S)	52.4	40.0	51.8
Silicato dicalcico (C ₂ S)	21.0	31.0	29.1
Aluminio tricalcico (C ₃ A)	9.0	5.0	0
Aluminato férrico tetracalcico (C ₄ AF)	7.0	12.0	12.9

* Datos de ensayos proporcionados por Ontario Hydro.

TABLA No. 2

PROPORCIONAMIENTO Y PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

SERIE	NUMERO	TIPO DE CEMENTO	PROPORCIONAMIENTO Kg/m ³			REL. A/C*	AIRE INCL. %	REV. mm	DENSIDAD	ADITIVOS	
			CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO					AGUA	TIPO DE SUPERPLASTIFICANTE
A	1	I	299	821	1087	0.49	4.9	75	2354	-	0.31
	2	I	304	836	1107	0.40	5.4	75	2367	N	23.6
	3	I	303	832	1103	0.40	5.7	85	2358	N	9.1
	4	I	303	831	1101	0.40	5.8	75	2354	L	25.6
B	5	I	298	818	1084	0.49	5.2	75	2348	-	0.31
	6	I	303	834	1105	0.40	5.6	80	2362	M	23.6
	7	I	302	830	1099	0.40	6.0	70	2350	N	9.1
	8	I	303	833	1103	0.40	5.6	80	2360	L	25.6
C*	9	II	299	820	1087	0.49	4.9	85	2354	-	0.31
	10	II	303	834	1105	0.40	5.6	90	2362	M	22.0
	11	II	305	839	1111	0.40	5.3	75	2377	N	7.5
	12	II	306	842	1115	0.40	4.8	75	2385	L	22.4
	13	V	299	821	1088	0.48	5.4	90	2352	-	0.24
	14	V	304	836	1107	0.38	5.4	75	2364	M	22.0
	15	V	306	842	1115	0.38	5.3	80	2381	N	9.1
	16	V	306	841	1114	0.38	5.2	85	2379	L	20.5
B ¹	17	I	298	817	1082	0.49	5.3	80	2344	-	0.31
	18	I	304	835	1106	0.40	5.4	75	2365	M	23.6
	19	I	303	832	1102	0.40	6.0	80	2357	N	9.1
	20	I	305	839	1111	0.40	5.4	40	2377	L	25.6

* Relación agua/cemento por peso.
** Aditivo inductor de aire.