

TENDENCIA A LA SEGREGACION DEL CONCRETO CON SUPERPLASTIFICANTE

Dr. Walter Lukas*

RESUMEN

Se ha ensayado la tendencia a la segregación de concreto conteniendo - su plastificante elaborado bajo condiciones de laboratorio y con porcentajes de componentes bien definidos. Los parámetros que se variaron fueron en primer lugar dos superplastificantes diferentes (condensados de melamina-formaldehído sulfonato y un sulfonato de lignina modificado), en segundo lugar dosificaciones diferentes.

Los análisis muestran que si la consistencia se mantiene constante, la tendencia a la segregación se reduce significativamente con incrementos en la dosificación de superplastificante. La segregación es análoga a los especímenes de ensayo con relación agua/cemento menor.

Una comparación entre los superplastificantes a base de sulfonatos de melamina y de lignina no muestra diferencia alguna con respecto a las tendencias a la segregación si la consistencia y el manejo del concreto son idénticas.

* Profesor de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la --
Universidad de Innsbruck, Austria.

TENDENCIA A LA SEGREGACION DEL CONCRETO CON SUPERPLASTIFICANTE

I N D I C E

RESUMEN.	295
INTRODUCCION.	297
DISCUSION DE LOS RESULTADOS.	299
CONCLUSIONES.	302
REFERENCIAS	310

TENDENCIA A LA SEGREGACION

INTRODUCCION

Aquellos que utilizan concretos "fluidos" a menudo temen que la considerablemente menor viscosidad puede resultar en mayor segregación comparada con concreto normal con el mismo contenido de agua. La tendencia a la segregación de los componentes de un concreto en el cual se ha utilizado superplastificante ha sido estudiado en concretos modelo con composición bien definida. Estos difieren ligeramente en composición con respecto a los concretos usuales, ya que tienen un contenido de cemento mayor y del tamaño del agregado está limitado a un máximo de 8 mm. El contenido de agua fue seleccionado de tal manera que la consistencia fuese mayor que la de los concretos fluidos normales (revenimiento= 230 mm). En todas las series se mantuvo constante la relación agregado/cemento. Se aseguró una consistencia constante mediante variación en la dosificación de superplastificante. Esto naturalmente cambia la relación A/C. Para lograr consistencias comparables en cada caso, se ajustó a una cierta lectura de la masa de fluidez de acuerdo con la norma Austriaca ONORM B 3310 (DIN 1164) con la ayuda de la mesa vibratoria allí.

Después de la homogenización de los tres componentes iniciales en la revolvedora de laboratorio y después del control de consistencia necesario, el material mezclado fue vertido dentro de un recipiente plástico y cerrado herméticamente. En adelante referiremos a las cantidades mezcladas como las cantidades de preparación. La consolidación se logró mediante vibrado intenso con un vibrador externo. Todos los parámetros variables se mantuvieron constantes para evitar influencias externas diferentes. Por ejemplo, los agregados fueron separados en diferentes tamaños de partícula a partir de los cuales se tomaron cantidades de acuerdo con la curva granulométrica. También se mantuvieron constantes en todos los ensayos la cantidad de concreto vertido en los recipientes, el periodo de vibrado y la frecuencia del vibrado externo utilizado para la consolidación.

Los recipientes fueron cerrados herméticamente para evitar la evaporación del agua hasta la realización de los ensayos. Después de endurecerse, los especímenes de ensayo de cerca de 12 a 15 cm. fueron cortados en 5 capas de aproximadamente igual espesor. Entonces se ensayaron las capas individuales para determinar su contenido de agua, cemento y de agregados. Las partes sólidas, cemento y agregados, en las diferentes capas fueron determinadas mediante un método de fluorescencia con rayos X, el cual ha sido desarrollado por nosotros. El contenido de agua fue determinado mediante un método termoanalítico. Todos estos métodos han sido descritos en detalle en otro trabajo (1).

En la serie I se ensayó la influencia a la segregación de diferentes cantidades de superplastificante para la misma consistencia. La consistencia fue determinada mediante el método descrito anteriormente. Se varió el contenido de superplastificante a base de melamina (tipo Me) de 0 a 3.33%. Para lograr la consistencia dada (lectura en la mesa de fluidez= 23 cm. de acuerdo a la norma Austriaca B 3310, esta lectura en la mesa vibratoria equivale a un re-

venimiento de 230 mm) fue necesario reducir el contenido de agua al ir aumentando la dosificación de superplastificante. Para investigar cómo otros superplastificantes pueden influir en la segregación se ensayó en la Serie II un superplastificante a base sulfonado de lignina (tipo Li). De los muchos productos disponibles, se seleccionó un lignosulfonato de sodio (Na-lignin sulfonate). Este es un compuesto puro y libre de azúcar y cloruro. Para investigar el grado de segregación con igual fluidez (revenimiento) pero sin plastificante, se preparó una serie con la misma relación A/C que las series I y II. A esto se le denominó serie III. Las tres series tienen una relación A/C de 0.453. Por lo tanto, se estudiaron revolturas con la siguiente composición:

Agregado: Agregado redondo de dolomita con tamaños de 0 a 8 mm.

Cemento : Cemento Portland, sin material puzolánico.

	CEMENTO	AGUA	AGREGADOS	REL.	SUPERPLASTIFICANTE EN % EN PESO DE CEMENTO	REV.	LECTURA DE LA MESA DE FLUIDEZ EN cm.
		% EN MASA		A/C			
Serie I/1	23,81	12,69	63,50	0,533	0	230 mm	23 ⁺ cm (62 ⁺⁺ cm)
2	24,06	11,83	64,11	0,492	Me 1,25	230 mm	23 cm (62 cm)
2	24,27	10,99	64,74	0,453	Me 2,50	230 mm	23 cm (62 cm)
4	24,50	10,17	65,33	0,415	Me 3,30	230 mm	23 cm (62 cm)
Serie II	24,27	10,99	64,74	0,453	Li 1,10	230 mm	23 cm (62 cm)
Serie II	24,27	10,99	64,74	0,453	0	120 mm	16 cm (42 cm)

Me = Serie con aditivo a base de melamina

Li = Serie con aditivo a base de lignina

+ = Lectura de la mesa de fluidez con mesa vibratoria, para mortero de acuerdo a la norma Austriaca B 3310. La relación entre agregado y cemento es constante en todas las series.

++ = Lectura de la mesa de fluidez para concreto

Estos proporcionamientos (contenido de cemento relativamente elevado, relación A/C elevada, tamaño de partícula de 0 a 8 mm, buena consolidación) no son muy similares a los de concretos y concretos fluidos utilizados en la práctica. Se tuvo que seleccionar un proporcionamiento diferente para aumentar la

TENDENCIA A LA SEGREGACION

tendencia a la segregación, y obtener un mejor contraste. Como lo han mostrado -- las investigaciones, la segregación se comporta similamente en concretos con -- proporcionamiento común.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

El contenido de cemento, agregado, y agua medida se muestra separadamente en los diagramas para cada serie. Los cortes entre las capas están marcados mediante líneas horizontales. De izquierda a derecha se muestran las cantidades de agua, cemento y agregados expresados en % en masa para cada capa. El porcentaje de cada componente al preparar la revoltura esta marcado mediante una línea interrumpida vertical. Además de las relaciones porcentuales de distribución, se muestran las relaciones A/C que resultan del cálculo de las concentraciones reales de agua y cemento.

Si nosotros observamos primeramente la serie sin aditivo superplastificante, serie I/1, observamos que se requirió una relación A/C de 0.533 para lograr la consistencia deseada. El proceso de endurecimiento posterior al llenado y consolidación del molde, es caracterizado por una fuerte emisión de agua hasta la superficie superior. El agua de sangrado desprendida ha sido restada en todas las condiciones posteriores. Consecuentemente, se reduce la relación inicial de A/C para la serie I/1 de 0.533 a 0.511. Si solamente observamos el contenido de cemento, notamos un enriquecimiento en la capa superior 1. Aquí el valor aumenta de 23.81% a cerca de 37.2%. El valor disminuye bruscamente al ir descendiendo, pero sin embargo la tendencia a disminuir persiste a todo lo largo. El valor para la capa inferior 5 es aproximadamente de 16.3%. La situación es muy parecida para el agua. Esta disminuye de cerca del 15.4% en las capas superiores hasta 9.5% en la parte más baja. En ambos casos el contenido de agua difiere -- enormemente con respecto al valor inicial de 12.69%. Como ya se había demostrado en el otro trabajo (1), también aquí se puede encontrar un aumento significativo en la relación A/C al ir descendiendo en el espécimen. En la serie I/1, resulta una relación A/C teórica de 0.511 después de restar el agua de sangrado. En la capa superior se puede calcular una relación A/C de 0.425 a partir de los contenidos de cemento y agua medidos. Este valor aumenta constantemente hasta -- 0.564 en la capa inferior.

En la serie I/2 añadimos 1.25% de superplastificante a base de melamina. Para obtener la consistencia requerida reducimos la relación A/C a 0.429. Después del sangrado la relación A/C fué de 0.472. Se observa que se sangra menos agua que en la serie I/2. Además de este efecto, también se observa una reducción notable en la tendencia a la segregación de los componentes sólidos. En la capa superior la segregación se reduce de 37.2% (Serie I/1) hasta cerca de -- 25.8%. La misma tendencia se presenta en la capa inferior en la cual el contenido de cemento aumenta ligeramente en comparación con la serie I/1. Tanto en la -- capa superior como en la inferior la diferencia con respecto al valor original -- de 24.06% es menor. Como a 4 o 5 cm. de profundidad de nuevo se encuentran las -- proporciones esperadas y éstas se encuentran aún más claramente en la capa del --

del fondo. Aquí el contenido de agua absoluto para la serie I/2 es de 8.8%, lo cual es muy por abajo de 9.5% para la serie I/1. Posteriormente se intenta una interpretación de esta distribución extraordinaria de agua. En la serie I/3 añadimos 2.5% de superplastificante a base de melamina. Consecuentemente, para obtener la consistencia requerida reducimos la relación A/C a 0.453. Después del sangrado la relación A/C fue de 0.432. Se observa que de nuevo se sangra menos agua. Además, aparece una reducción significativa en la tendencia a la segregación de todos los componentes. El contenido de cemento para las capas superiores disminuye aún más en comparación con las dos primeras series y es de cerca de 31.8%. extraordinario. Este enriquecimiento solamente se encuentra en la capa de arriba, en las siguientes capas a partir de una profundidad de 4 cm, en adelante, el contenido de cemento queda justo por encima del valor original. La reparación de la disminución en el contenido de cemento en la capa del fondo se debe probablemente a un enriquecimiento con agregado grueso y parece ser causado por errores accidentales en la preparación. También se observa una reducción significativa en la tendencia de segregación del agua en comparación con las series I/1 y I/2. El contenido de agua en las capas superiores es de 13.4%, lo cual es muy por encima del valor de 10.99%. Disminuye constantemente hasta 7.8% en la capa del fondo.

Con mayores dosificaciones de superplastificante, la cantidad de agua requerida, se reduce mientras se mantiene la misma consistencia. Con 3.3% de superplastificante, las condiciones requeridas se lograron con una relación A/C de 0.415. La tendencia a sangrar agua ahora se reduce y la relación A/C se reduce a solo 0.406. Esta serie se identificó como I/4, y tiene la tendencia a la segregación más baja en comparación con las otras series. En la capa superior el enriquecimiento del cemento es solamente 29.9% y 12.2% para agua. Ambos difieren solo ligeramente con respecto al valor de 24.5% y 10.7% respectivamente. Análogo a esto, también se encuentra una reducción notable en la tendencia a la segregación de cemento y del agua en la capa inferior.

Si observamos la distribución de la relación A/C de las series I, nosotros encontramos que ésta aumenta con respecto a la profundidad. La tendencia a la segregación disminuye con aumento en el contenido de superplastificante. Se pueden lograr condiciones similares para la segregación reduciendo la relación A/C en concreto normal sin un aditivo plastificante. Se puede mostrar mediante diagramas la relación entre la tendencia a la segregación y la relación A/C para las cuatro muestras de la serie I. El cemento y el agua en las capas superiores y del fondo son calculadas como un porcentaje de los valores originales. El diagrama 5 se muestran estos porcentajes sobre el eje de las ordenadas mientras que las relaciones A/C se muestran sobre las abscisas. Las curvas Z_{e_0} y W_0 muestran los contenidos de cemento y agua respectivamente para la capa superior de cada muestra, y las curvas Z_{e_1} y W_1 representan aquellos para la capa del fondo de cada muestra. Si nosotros acomodamos una curva a estos resultados, vemos que la tendencia a la segregación disminuye con aumentos en la dosificación del superplastificante. Esto es especialmente cierto para la curva Z_{e_0} .

La curva muestra una disminución repentina de la serie I/1 (A/C= 0.53)

la serie I/4 (A/C = 0.475). La segregación del cemento en la capa superior -- la serie I/1 es de 156.4. En la serie I/4 es de solamente 122.1. En la capa superior 5 aumenta constantemente de 68.4 (Serie I/1) a 78.5 (Serie I/4). La curva para el agua muestra un aumento similar en la región inferior (W). La curva de segregación del agua se comporta completamente diferente en las capas superiores. Después de aumentar de la serie I/4 a la serie I/3, cae a los valores -- para la serie I/1. Esta caída se puede asociar directamente con el sangrado. Esto quiere decir que el cambio brusco en la curva de la relación A/C de la serie I/1 (ver diagrama) se puede evitar interpolando linealmente hacia arriba pendiente de la región inferior. El área entre esta curva teórica y la real recuerda casi exactamente con la cantidad de agua sangrado. Estas consideraciones nos llevan a una relación A/C teórica de 0.475 (ver diagrama 1, línea punteada). Este valor es equivalente a aproximadamente 17.7% de agua con respecto al contenido de cemento. Si se grafica en los diagramas este valor de agua "inicial", aparece el aumento esperado en la curva del agua a la región superior. A manera de investigar la tendencia a la segregación de un superplastificante a base de lignina, se preparó otra serie con composición análoga y la misma relación A/C. La dosificación del superplastificante fue relacionada de tal suerte (manteniendo constante el contenido de agua) se logrará un concreto de consistencia idéntica. Esta serie es denominada IIV. Dado que en esta serie aparecen efectos de segregación similares a la Serie I, el estudio se refiere solamente a la relación A/C de 0.453. Los valores para esta serie se encuentran en el diagrama 6. Una comparación con la serie I/3 (diagrama 3) muestra que casi no hay diferencia en cuanto a segregación en ambas series. En la capa superior de la serie II-Li encontramos un contenido de cemento de aproximadamente 32%, en cambio sólo 31% cuando se utiliza el superplastificante a base de melamina. El agua muestra compartamiento similar. Si comparamos el cambio de relación A/C para ambas series, se observa un comportamiento similar entre las series con superplastificante de lignina y la de superplastificante de melamina. Con el fin de comparar el grado de segregación de un concreto fluido con un concreto con la misma relación A/C pero sin superplastificante, se seleccionó un espécimen de la serie I en el cual la cantidad de superplastificante corresponde a la dosificación utilizada en la práctica. Para el superplastificante a base de melamina, de acuerdo a lo observado esta muestra que parece quedar en el límite inferior -- (reventamiento= 120 mm).

En el diagrama 7 se muestran los resultados de la investigación de la segregación para esta muestra, la cual se denominó serie III. Aquí uno puede ver que para las condiciones seleccionadas hay una ligera disminución en la segregación en la serie sin superplastificante que en la serie con superplastificante. Los superplastificantes no aumentan la tendencia a la segregación, y por tanto no hay razones para el temor mencionado al inicio de este trabajo.