

MANEJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO SUPERPLASTIFICADO

I N D I C E

RESUMEN. . . . .	311
INTRODUCCION. . . . .	313
OBJETIVOS . . . . .	313
PROGRAMA DE INVESTIGACION . . . . .	313
MATERIALES Y METODOS . . . . .	314
ESPECIMENES Y ENSAYES . . . . .	314
ANALISIS Y DISCUSION SOBRE LOS RESULTADOS DE ENSAYE . . . . .	315
ENSAYES ACELERADOS . . . . .	317
DURABILIDAD . . . . .	319
CONCLUSIONES. . . . .	319
RECONOCIMIENTO . . . . .	320
REFERENCIAS. . . . .	345

MANEJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO SUPERPLASTIFICADO

INTRODUCCION.

Los superplastificantes son una categoría relativamente nueva de aditivos químicos que actúan como super-reductores de agua. La introducción de estos superplastificantes ha descubierto nuevas posibilidades para el uso del concreto en la construcción. Los superplastificantes se agregan al concreto para causar un enorme incremento en su manejabilidad, o bien para permitir una gran reducción de agua de mezclado, y así producir un concreto de alta resistencia. Tal cambio en las propiedades del concreto pudiera resultar en una reducción en el costo de mezclado o una reducción en los requerimientos de cemento.

Este trabajo presenta los resultados de una investigación de laboratorio consistente en un estudio comparativo de las propiedades del concreto superplastificado y el concreto convencional, tanto en sus estados plásticos como endurecidos.

OBJETIVOS.

La finalidad principal de este programa de investigación es estudiar la manejabilidad del concreto superplastificado y compararla con la del concreto de control sin la adición del superplastificante, y conducir un estudio comparativo similar de la resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, y velocidad de pulso para ambos concretos. Los objetivos secundarios de esta investigación son:

- (1) Determinar la rápida pérdida de revenimiento en ambos concretos;
- (2) Desarrollar curvas de correlación relacionando la resistencia obtenida en los concretos superplastificados y de control con el método de curado acelerado y la resistencia a los 28 días obtenida con los procedimientos de curado estándar;
- (3) Conducir un estudio piloto de la resistencia al congelamiento y -- deshielo del concreto superplastificado.

PROGRAMA DE INVESTIGACION.

Se prepararon un total de 26 mezclas de concreto (13 mezclas de control y 13 mezclas con superplastificantes) en el laboratorio de tecnología del concreto de la Escuela de Minas y Tecnología de Dakota del Sur. Se ensayó el concreto fresco para determinar su revenimiento, tiempo vebe, contenido de aire, y peso volumétrico. La temperatura y el revenimiento de los concretos fueron registrados a intervalos de tiempo fijos hasta llegar a los 100 minutos después del mezclado inicial. El concreto endurecido se ensayó para determinar su resistencia



a la compresión bajo curado acelerado, y a los 28 días, módulo de elasticidad, peso volumétrico y velocidad de pulso.

**MATERIALES Y METODOS.**

**MATERIALES**

En las mezclas se empleó cemento Portland Tipo I que cumple con el requisito ASTM C150-77. El agregado fino empleado fue arena natural con un módulo de finura de 2.95, un coeficiente de absorción de agua de 1.6%, y densidad de 2.62. El agregado grueso consistió en caliza triturada con un coeficiente de absorción de agua de 0.45% y densidad de 2.69. Se empleó un aditivo inclusor de aire (Protex) en diferentes dosificaciones para la inclusión de aire. Se utilizaron los siguientes tres tipos de superplastificantes:

**LCMAR D.-** Es un sulfonato naftalino condensado de alto peso molecular que satisface todos los requisitos del ASTM C494 para aditivos del Tipo A.

**MULCOPLAST CF.-** Es un polímero sulfonado en forma de un líquido café claro con 15-17% de contenidos de sólidos, densidad de 1.08-1.10, y un valor pH de 7 a 9. No contiene cloruros ni azúcar.

**WALLOPLAST FL.-** Lo produce la compañía Wallco Chemie de Austria, y la dosificación recomendada es del 1% del peso del cemento. Se debe añadir ya sea al agregado o al agua de mezclado, y nunca directamente al cemento o a la mezcla fresca.

**MEZCLAS**

En la Tabla 1 se proporcionan los datos de 12 mezclas. Los superplastificantes fueron añadidos en las dosificaciones recomendadas. Se utilizaron las mismas proporciones en todas las mezclas con una relación de agregado/cemento de 7.3. En la Tabla 1 se muestran las relaciones de agua/cemento utilizadas. El tiempo total de mezclado fue de 8 minutos (3 minutos de mezclado, 3 minutos de descanso y después 2 minutos de mezclado, de acuerdo al ASTM C192-76. Los superplastificantes se agregaron de la siguiente manera: (1) Lomar D junto con el agua; (2) el Mulcoplast CF en los últimos dos minutos de mezclado y (3) el Wallcoplast FL junto con el agregado.

**ESPECIMENES Y ENSAYES.**

Las propiedades del concreto fresco, por ejemplo i.3., temperatura, revenimiento, peso volumétrico y contenido de aite se determinaron inmediatamente después del mezclado y se muestran en la Tabla 1. También se midió el tiempo

vebe para algunas de las mezclas. Además de eso, para determinar la rapidez de pérdida de revenimiento, se registraron mediciones del revenimiento y temperatura a intervalos de 20 minutos y este registro se muestra en la Tabla 2.

Los especímenes consistentes en cilindros de 150 x 300 mm (6 x 12 in.) se colaron en moldes de acero, se consolidaron y curaron hasta la edad de 28 días en agua saturada de limo de acuerdo al ASTM C192. El curado acelerado se llevó a cabo de acuerdo al ASTM C684-76 (método de agua hirviendo).

Después del curado y antes del capeado, se tomaron mediciones de la velocidad de pulso (ASTM C597-71) y se encuentran en las Ref. 4 y 5. Se midió la velocidad de pulso en sentido longitudinal y lateral. Después de determinar el peso volumétrico, se ensayaron los especímenes para obtener su resistencia a la compresión (ASTM C39) y módulo de elasticidad (ASTM C469); estos valores se reportan en las Ref. 4 y 5.

**ANÁLISIS Y DISCUSION SOBRE LOS RESULTADOS DE ENSAYE.**

**CONCRETO FRESCO**

Un conocimiento sobre la pérdida de manejabilidad o plasticidad en el concreto fresco con el tiempo, definido como pérdida de revenimiento, es importante para la colocación y consolidación del concreto. La pérdida de revenimiento es severa durante acarreos largos o demoras, especialmente en climas cálidos. En este estudio se discuten los efectos de la adición de los superplastificantes, la cantidad de revenimiento inicial y la temperatura durante la pérdida de manejabilidad del concreto con el tiempo.

En la Tabla 2 se muestra para 12 mezclas el tiempo vebe medido, el revenimiento y la temperatura medida a intervalos de 20 minutos. En las Figs. 1 y 2 se muestran dos curvas típicas de la pérdida de revenimiento con el tiempo, el concreto superplastificado y el concreto de control correspondiente. Hay un incremento considerable en el revenimiento del concreto superplastificado con la dosificación recomendada. El revenimiento alcanzó hasta 229 mm (9 pulg) y aún en estos revenimientos, los concretos no dieron señales de segregación o sangrado excesivo. En la Fig. 3 se muestra una curva típica de incremento de tiempo vebe con el tiempo. El tiempo vebe es casi "0" hasta 40 minutos después del mezclado para el concreto superplastificado, mientras que el concreto de control tiene un tiempo vebe de 4 seg. a los 40 minutos.

Se observó que cuando el superplastificante se agregó durante el mezclado, se liberaron pequeñas cantidades de aire de la mezcla. Este efecto parece ser de poca consecuencia y se debe a la capacidad normal de liberación de aire asociado con aditivos reductores de agua, y a la menor viscosidad del concreto fluidizado que facilita la liberación de aire atrapado(1). Cuando no se utilizó el aditivo inclusor de aire, se encontró que el contenido de aire del con-



creto superplastificado es menor que el de la mezcla de control correspondiente.

Los pesos volumétricos calculado confirman esto (Tabla 1 y Figura 7). Para mayores relaciones agua/cemento y mayores dosificaciones del aditivo inductor de aire, los contenidos de aire en los concretos superplastificados fueron menores que el de las mezclas de control. Sin embargo, en el caso del Mulcoplast CF, el contenido de aire del concreto superplastificado aumentó con una reducción correspondiente en los pesos volumétricos plásticos (Fig. 7 y Tabla 1).

En las Figs. 4 y 5 se grafica la pérdida de revenimiento (en porcentaje) contra tiempo para los concretos de control y superplastificados. La pérdida de revenimiento en porcentaje se calculó con respecto al revenimiento inicial. En general, se observó que hubo una pérdida rápida de revenimiento con el tiempo para el concreto superplastificado, y el revenimiento disminuyó progresivamente hasta llegar a lo que había sido el revenimiento inicial de la mezcla de control correspondiente en 40 a 100 minutos dependiendo del nivel de revenimiento inicial, temperatura inicial, y tipo de superplastificante utilizado. Para una temperatura inicial más alta, el concreto superplastificado con "Lomar D" tomó como de 60-80 minutos para llegar al revenimiento inicial del concreto de control. Sin embargo, se tomó menos tiempo (20-40 min.) para llegar al revenimiento inicial del concreto de control cuando la temperatura inicial es baja y el revenimiento es alto. El concreto superplastificado con Mulcoplast CF se llevó de 80-100 minutos para llegar al revenimiento original del concreto de control.

Los resultados indican que tanto para el concreto de control como para el concreto superplastificado, la pérdida de revenimiento es proporcional a la cantidad de revenimiento inicial; entre mayor sea el revenimiento inicial, mayor será la pérdida del mismo. El concreto superplastificado tiene una pérdida de revenimiento ligeramente mayor que el concreto de control. El grado de pérdida de revenimiento es también proporcional a la edad del concreto fresco. La mayor pérdida para los dos concretos se efectúa en el intervalo de los 40 a los 60 minutos. La diferencia de pérdida de revenimiento entre el concreto de control y el concreto superplastificado es menor a los 100 minutos que a los 40 y 20 minutos.

La cantidad de disminución en la temperatura del concreto fresco durante el período de los 100 minutos es la misma para ambos concretos.

En la Fig. 6, la pérdida de revenimiento en los concretos superplastificados con Lomar D y Mulcoplast CF se comparan con la mezcla de control. La temperatura inicial fue casi la misma para todas estas mezclas. El concreto superplastificado con Lomar D perdió revenimiento más rápido que el concreto superplastificado con Mulcoplast CF.

#### CONCRETO ENDURECIDO

La comparación de resistencias a la compresión a los 28 días se muestra

en la Tabla 3 y en la Fig. 8. Las resistencias a la compresión de los concretos superplastificados son, en general, iguales o mayores que las resistencias de los concretos de control correspondientes. Esto también ha sido confirmado por los pesos volumétricos unitarios secos que se muestran en la Fig. 9. Sin embargo, los concretos superplastificados con Mulcoplast CF, muestran una disminución en la resistencia a la compresión en comparación con los concretos de control. Estas reducciones son el 5 y el 15% para las mezclas PS5 y PS6 respectivamente. Malhotra<sup>(2)</sup> ha observado que la resistencia a la flexión bajó cerca de un 10% para el concreto superplastificado con Mulcoplast CF. Se observó la disminución en resistencia aun cuando la técnica de mezclado utilizada en esta investigación fue diferente a aquella empleada por Malhotra<sup>(2)</sup>. La razón para esta aparente disminución en la resistencia parece ser debido a un contenido de aire mayor y por consecuencia, mayores vacíos y menor peso volumétrico en el concreto superplastificado que en el concreto de control correspondiente (Fig. 9).

Los resultados completos de las mediciones de la velocidad de pulso se proporcionan en la Ref. 4, y algunos valores se comparan en la Fig. 10. Existe una muy buena correlación entre la velocidad del pulso y resistencia a la compresión para todos los concretos. Las conclusiones tomadas a partir de la comparación de las resistencias a la compresión se confirman con las mediciones de la velocidad de pulso.

En la Ref. 4 se muestran los resultados del ensaye para determinar el módulo de elasticidad, cada uno el promedio de dos ensayes. En la Tabla 6 se muestran las relaciones del módulo de elasticidad y resistencias a la compresión a los 28 días.

En la Fig. 11, se compara el módulo de elasticidad de algunas mezclas de concreto superplastificado con los resultados de sus concretos de control correspondientes. No se puede tomar a una conclusión significativa a partir de estos resultados. En general se puede decir que el módulo de elasticidad del concreto no se afecta adversamente al añadir los superplastificantes. Sin embargo la Tabla 6 revela que la relación del módulo de elasticidad con la resistencia a la compresión a los 28 días, es más alta para el concreto superplastificado con Lomar D que para el concreto de control.

#### ENSAYES ACELERADOS.

El intervalo de tiempo entre el colado del concreto y la evaluación de calidad se reduce considerablemente mediante los métodos acelerados recientemente desarrollados para ensaye del concreto (ASTM C684-77). Actualmente, los métodos de ensaye acelerado se utilizan principalmente para ensayes de calidad y se espera que en un futuro cercano, el ensaye acelerado de resistencia sustituya al ensaye a los 28 días de resistencia a la compresión, y quizá sea el único ensaye aceptado como índice de la calidad del concreto para construcción y para aceptación del concreto<sup>(3)</sup>. Por lo tanto hay necesidad de saber si la adición