

CONTROL DE LA PERDIDA DE REVENIMIENTO MEDIANTE REDOSIFICACION CON SUPERPLASTIFICANTE MIGHTY.

I N D I C E

	Pág.
RESUMEN.	247
INTRODUCCION.	249
DISCUSION SOBRE EL MECANISMO DE PERDIDA DE REVENIMIENTO	250
ESTADOS DE DISPERSION DE LAS PARTICULAS DE CEMENTO ANTES Y DESPUES DE LA DOSIFICACION CON MIGHTY A INTERVALOS DE UNA HORA	253
CONTROL DEL REVENIMIENTO DURANTE 4 HORAS Y A TEMPERATURAS VARIABLES CON SUPERPLASTIFICANTE MIGHTY (ENSAYES DE LABORATORIO (10))	253
PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO SUJETO A REDOSIFICACIONES	254
ENSAYE DE CAMPO DEL CONTROL DEL REVENIMIENTO	256
CONCLUSIONES.	257
AGRADECIMIENTO	275
REFERENCIAS	275

CONTROL DE LA PERDIDA DE REVENIMIENTO

INTRODUCCION

La serie de productos MIGHTY son aditivos superplastificantes que fueron inventados por el autor en 1962⁽¹⁾ y que fueron introducidos al mercado por la Kao Soap Company, Ltd. en 1964. Los productos MIGHTY ofrecen una gran manejabilidad al concreto fresco en poco o ningún efecto sobre el retardo del fraguado, inclusión de aire, y corrosión al acero de refuerzo. Mediante la incorporación de estos productos, se han vuelto comerciales los concretos de alta resistencia de mas de 800 kg/cm² de resistencia a la compresión, y mas de 30 millones de metros cúbicos de concreto conteniendo superplastificantes MIGHTY han sido producidos en Japón principalmente para productos de concreto prefabricados tales como postes, pilotes, armaduras, vigas, durmientes, etc.

Su campo de aplicación se ha extendido a la construcción de puentes ferroviarios de grandes claros utilizando concreto de alta resistencia de 950 kg/cm². En tales aplicaciones, los reductores de agua convencionales tales como el lignosulfonato no han sido lo suficientemente efectivos por razones de baja capacidad de dispersión, gran inclusión de aire, y retardar el fraguado (2).

Al expandirse el campo de aplicación y al aumentar los requisitos para los superplastificantes MIGHTY, empezó a ser observada la rapidez de pérdida de revenimiento del concreto al que se le halla reducida una gran cantidad de agua mediante productos MIGHTY. La mayoría de estas observaciones eran basadas en experiencias anteriores con concepto simple o con revolturas conteniendo sales convencionales de lignosulfonato, y casi ninguna de ellas fueron respaldadas con ensayos comparativos validos.

Bajo tales circunstancias, el autor y sus asistentes iniciaron el trabajo de investigación con la finalidad de encontrar una solución práctica a la pérdida de revenimiento y la de entender teóricamente este fenómeno mediante la ayuda de la química coloidal.

En 1971 el autor y sus asistentes desarrollaron la técnica de dosificación con superplastificantes MIGHTY como un método práctico para resolver el problema de pérdida de revenimiento. Casi al mismo tiempo, fue desarrollada independientemente en la República Federal Alemana la técnica del "concreto fluido" o "fliessbeton" (4), (5) y (6). La técnica "fliessbeton" también es útil para disminuir el problema de la pérdida de revenimiento. Se encontró que la técnica "fliessbeton" era efectiva para mejorar la manejabilidad para un colado eficiente con concreto convencional de consistencia rígida. Por el otro lado, la técnica de dosificación utilizando productos MIGHTY volvió facil el colado en la obra del concreto de alta resistencia con una gran tendencia a perder revenimiento. Ambas técnicas son iguales en cuanto a la idea de convertir los concretos de consistencia rígida a revolturas que se puedan colar facilmente y mediante nuestros experimentos (7), se ha confirmado que los superplastificantes MIGHTY son uno de los aditivos mas efectivos para ambas técnicas.

Al autor le gustaría presentar en este trabajo su hipótesis acerca del mecanismo de pérdida de revenimiento y del efecto de la redosificación, y además acerca de las propiedades de los concretos endurecidos a los que se les ha redosificado, así como acerca de su experiencia en el ensayo de campo utilizando dosificaciones con MIGHTY.

DISCUSION SOBRE EL MECANISMO DE PERDIDA DE REVENIMIENTO

La pérdida de revenimiento del concreto puede atribuirse a cambios químicos y físicos en la pasta de cemento del concreto fresco y a la sedimentación del agregado grueso y del fino en el sistema. En esta última puede que no sea importante cuando se está realizando el mezclado. Muchas interpretaciones presentadas en el pasado acerca del mecanismo de pérdida de revenimiento parecían enfatizar la hidratación química del cemento mientras muy pocos parecían discutir la coagulación física de las partículas de cemento.

En la práctica, la disminución rápida del agua libre en la pasta de cemento es causada por la acción química rápida y por la absorción del agua en las partículas del cemento inmediatamente después del contacto del cemento con el agua (7). Este hecho se observa claramente a través de la curva del calor de hidratación mostrado en la figura 4. Esta hidratación química rápida continúa generalmente durante varios minutos, tiempo durante el cual se piensa que la coagulación está ocurriendo rápidamente. Sin embargo, las partículas coaguladas, formadas así pueden ser separadas mecánicamente durante el proceso de mezclado y generalmente no se refleja en la medición del revenimiento su influencia esperada sobre el fraguado del concreto.

El cemento pierde su gran reactividad (7) (8) después de su contacto con el agua y permanece así durante varias horas en una etapa inactiva. Esta etapa inactiva es llamada "etapa latente". La revuelta de concreto continúa perdiendo revenimiento a lo largo de esta etapa, aún cuando la rapidez de la hidratación se considera baja. Se considera que la pasta de cemento está en un estado de dispersión coloidal químicamente inactivo. Durante el período en que está ocurriendo continuamente la pérdida de revenimiento. Así, se puede decir que la pérdida de fluidez es causada principalmente por la coagulación física de las propiedades coloidales.

La discusión en este trabajo acerca del mecanismo de pérdida de revenimiento se basa fundamentalmente sobre la teoría de Smoluchowski (9) de coagulación de partículas coloidales, pero su teoría, la cual desprecia el efecto de la gravedad, puede no ser aplicable directamente a partículas grandes de cemento con diámetro de 1 a 88 mm. de las cuales el radio promedio está en el rango de 5 a 10 mm.

Puede haber dos causas concebibles para la disminución del número de partículas. Una es por la colisión entre dos partículas causadas por el movimiento browniano y otra es debida a la fuerza de gravedad que vence la barrera

de energía la cual puede ser substituida por V_{max} . Si nosotros suponemos que el número total de partículas disminuye como se menciona arriba, y que nunca aumenta por separación, la rapidez de disminución del número de partículas puede ser expresada mediante la siguiente ecuación:

$$-\frac{dn}{dt} = K \cdot n^2 \cdot e^{-V_{max}/kt} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

n = Número total de partículas después de un tiempo definido (particularmente)

k = Tiempo

V_{max} = Barrera de energía máxima en la curva potencial de interacción entre dos partículas.

k = Constante de Boltzman

T = Temperatura

Esto se integra a:

$$1/n = k \cdot t \cdot e^{-V_{max}/kt} + \text{constante} \dots \dots \dots (2)$$

Suponiendo que hay N_0 partículas por cm^3 en el medio, a $t = 0$, entonces

$$1/n - 1/N_0 = k \cdot t \cdot e^{-V_{max}/kt} \dots \dots \dots (3)$$

Para determinar el tiempo ($t_{1/2}$) para que el cual se reduce a la mitad el número de partículas, se obtiene la siguiente fórmula substituyendo n por $N_0/2$ y t por $t_{1/2}$.

$$t_{1/2} = \frac{1}{k \cdot N_0} \cdot e^{V_{max}/kt} \dots \dots \dots (4)$$

Para encontrar la relación entre $t_{1/2}$ y la relación agua/cemento (A/C), No se expresa como sigue:

$$N_0 = \frac{C}{4} \cdot \frac{3}{3} \cdot \frac{1}{(A+C)} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

C = Peso del cemento (grs.)

W = Peso del agua (grs.)

= Peso específico del cemento

r = Radio promedio de las partículas

La siguiente fórmula relacionando $t^{1/2}$ y A/C se obtiene combinando las ecuaciones (4 y (5)

$$t^{1/2} = \frac{1}{K} \cdot \left(\frac{4}{3}\right)^3 \cdot \left(1 + \frac{r}{C}\right) \cdot e^{V_{max}/kt} \dots (6)$$

A partir de la ecuación (6), se puede esperar que la relación entre $t^{1/2}$ y A/C sea lineal si $\frac{1}{K}$, $\frac{4}{3}$; y V_{max}/kt son constantes, y esto se confirma mediante la medición experimental del $t^{1/2}$ para la pérdida de fluidez de la pasta de cemento que reúne tales condiciones. La relación lineal entre $t^{1/2}$ y A/C se muestra en la figura 2.

En general, la viscosidad de un sistema heterogeneo depende principalmente de la viscosidad de la fase continua. Así la relación lineal confirmada para la pasta también debe aplicarse al revenimiento al tiempo $t^{1/2}$ ($S^{1/2}$) del concreto.

En los ensayos de las revolturas de concreto con contenidos de cemento de 450 a 500 kg/m³, las dosificaciones del superplastificante MIGHTY aumentaron al disminuir la relación A/C a manera de mantener el revenimiento a 20 cm. En este caso, la relación entre A/C y $S^{1/2}$ fue aproximadamente lineal como se muestra en la figura 3. El aumento en el potencial zeta debido a la compresión de la doble capa electrica que resulta debido al aumento en concentración de iones inorgánicos provocada por la disminución en la relación agua/cemento. A partir de la suposición anterior, la V_{max} se mantendría constante y se podría observar una relación lineal.

Para una relación agua/cemento constante, la ecuación (C) se podría expresar como sigue:

$$t^{1/2} = A \cdot e^{V_{max}/kt} \dots (7)$$

Tomando el logaritmo de ambos lados

$$\ln t^{1/2} = \ln A + \frac{V_{max}}{k} \cdot \frac{1}{t} \dots (8)$$

A partir de la ecuación (8), se sabe que la relación entre el logaritmo de $t^{1/2}$ y $1/t$ es lineal si V_{max} es constante. A travez del experimento en el cual se mantiene constante el nivel de dispersante, se continua la relación lineal entre el logaritmo de $S^{1/2}$ y $1/t$. El resultado se muestra en la figura 4. A partir de la misma ecuación se puede generalizar que $S^{1/2}$ se puede prolongar

V_{max} mediante dosificaciones mayores de un dispersante adecuado. El análisis de las ecuaciones teóricas y de los resultados experimentales sugieren que la coagulación de las partículas de cemento, o la formación de una unión física esta jugando un papel importante en la pérdida de revenimiento, Además, se

supone que la redosificación con un dispersante debe ser efectiva para recuperar el revenimiento aumentado V_{max} y dispersado de nuevo las partículas coaguladas.

ESTADOS DE DISPERSION DE LAS PARTICULAS DE CEMENTO ANTES Y DESPUES DE LA DOSIFICACION CON MIGHTY A INTERVALOS DE UNA HORA.

Como se supone en el párrafo anterior, la coagulación de las partículas en la pasta de cemento debe ser el factor principal responsable de la pérdida de revenimiento. A partir de las ecuaciones (6), (7) y (8), se puede concluir que la rapidez de coagulación es una función de V_{max} y de T.

En lugar de medir V_{max} directamente, se determinó el potencial zeta sobre las partículas de cemento para estimar la influencia de las reclasificaciones sobre la barrera de energía formada sobre la superficie de las partículas. También fueron determinadas las cantidades de absorción de las partículas de cemento y la viscosidad de la pasta para confirmar el aumento en la fluidez.

Como se muestra en la figura 5, la cantidad de absorción y del potencial zeta aumentaron con cada dosificación, y la viscosidad disminuyó al mismo tiempo. Las fotografías microscópicas también mostraron claramente el cambio del estado coagulado al dispensado antes y después de la clasificación. Como también se muestra en la figura 5, se requirió mayor potencial zeta para dispersar las partículas coaguladas que para la primera dispersión.

CONTROL DEL REVENIMIENTO DURANTE 4 HORAS Y A TEMPERATURAS VARIABLES CON SUPERPLASTIFICANTE MIGHTY (ENSAYES DE LABORATORIO (10))

Los siguientes experimentos fueron realizados para confirmar la suposición acerca de la efectividad de la redosificación descrita en los párrafos anteriores.

Se utilizó una revoltura de concreto con 20 cm. de revenimiento y 4% de aire incluido para el ensaye de control del revenimiento. El proporcionamiento se muestra en la tabla 1. Todos los materiales habfan sido almacenados durante un día antes del ensaye en cuotas donde la temperatura fue controlada a 10, 20, 30, y 35°C.

TABLA No. 1
PROPORCIONAMIENTO DEL CONCRETO
kgs/m³.

REV.	A/C	AG.FINO/AG.GRUESO	CEMENTO	AGUA	AG.FINO	AG.GRUESO	LIGNOSULFONATO
20 cm.	57.7	46.0	300	173	813	965	0.25 %