
BIBLIOGRAFIA

Hormigonado en tiempo frío.

ACICOMMITTEE 306. Cold weather concreting. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings* vol. 75, n° 5 (mayo 1978) pp. 161 - 183.

El propósito de estas recomendaciones es describir los procedimientos de construcción que aseguren que el hormigón colocado en tiempo frío alcance buena resistencia y durabilidad. Se define como tiempo frío un período en que la temperatura diaria media sea inferior a 4.5°C durante más de tres días sucesivos.

En términos generales el problema de protección del hormigón en tiempo frío consiste en evitar que se congele en estado fresco, o sea, mientras su grado de saturación sobrepase cierto límite, en conseguir un desarrollo de resistencia adecuado para lograr descimbrar en un tiempo no muy largo, en mantener condiciones de curado que aseguren la resistencia prescrita a la fecha de puesta en servicio y por último en evitar cambios bruscos de temperatura.

Cada uno de estas exigencias puede ser cumplida adoptando las precauciones que se detallan en estas instrucciones y que dependen de las temperaturas externas.

Para evitar la congelación hay que colocar hormigón de una determinada temperatura que es función de la temperatura externa y del espesor mínimo del elemento. La temperatura adecuada se indica en una tabla y se logra por calentamiento de los áridos y del agua; el hormigón al prepararse debe tener una temperatura superior a la que se requiere en el hormigón colocado, para suplir por el enfriamiento que ocurre durante las operaciones de mezcla, coloca-

ción y compactación. Se exponen varias indicaciones sobre los mejores procedimientos para calentar el agua y los áridos en diversas circunstancias. Es previo a la colocación del hormigón asegurarse que todas las superficies con las que entrará en contacto estén a una temperatura que no puedan producir la congelación de aquél y que no retarden demasiado el endurecimiento.

El hormigón colocado debe mantenerse a la temperatura recomendada por lo menos durante un cierto período, cuya extensión se da en otra tabla, en función del tipo de cemento y de las condiciones de carga y exposición. Esto se puede conseguir aprovechando el calor de hidratación, para lo cual basta con aislar térmicamente el hormigón con cubiertas aisladoras y con moldes aislados. En estas instrucciones se da abundante información sobre los materiales aisladores apropiados y varias tablas que indican la resistencia térmica de la aislación requerida en las superficies de muros y losas de hormigón de distintos espesores, para diferentes temperaturas exteriores y para diferentes contenidos de cemento. Un sistema más caro, pero más efectivo, es rodear el hormigón con una envoltura cerrada a alguna distancia de la superficie y hacer circular aire caliente a través del espacio intermedio. También es posible calefaccionar internamente el hormigón por medio de resistencias eléctricas embebidas en su masa.

Posteriormente a las etapas ya mencionadas, hay que mantener protegido el hormigón para lograr una hidratación adecuada. Se trata fundamentalmente de evitar que se seque el hormigón caliente al quedar expuesto al ambiente externo y en estas instrucciones se describen las soluciones de curado

para distintas circunstancias que se pueden presentar.

Las precauciones que se deben tomar con el hormigonado en tiempo frío son más rigurosas para el caso de hormigón estructural que para hormigón que no cumpla primordialmente esa función. En este último caso basta con las instrucciones generales propuestas en estas recomendaciones; en el primero, en cambio, hay que asegurarse de que se alcancen las resistencias prescritas en las distintas etapas de descimbre y de puesta en servicio. El criterio adecuado para fijar los períodos de calentamiento y protección, en ese caso, es la resistencia de probetas de hormigón curadas en sitio. Es útil también llevar un registro de temperaturas para calcular el factor de madurez y a partir de él deducir la resistencia probable del hormigón a diferentes fechas. En estas instrucciones se recomienda la manera de llevar estos registros de temperatura.

E.G.G.

Fisuración de muros debida a retracción y a variaciones térmicas.

NETHERLANDS COMMITTEE
FOR CONCRETE RESEARCH
Scheuvorming door krimp en temperatuurwisseling in wanden. *CUR, Rapport 85*, noviembre 1978, 102 pp.

En general es difícil elegir las soluciones apropiadas para evitar o limitar la fisuración de muros de hormigón armado, debido a que se conoce poco sobre la eficacia de las soluciones corrientemente aplicadas. Una de las más comunes es proveer armadura adicional, la que, si bien no evita el agrietamiento, puede eventualmente reducir el ancho de las grietas. En este trabajo se informa sobre un estudio realizado para establecer cuán eficaz es la armadura suplementaria para limitar la abertura de las grietas debidas a deformaciones impedidas.

Grietas de este tipo ocurren frecuentemente en estructuras como túneles, esclusas

y otras obras enterradas, cuyas diversas partes de la envolvente exterior se hormigonan en etapas sucesivas: las paredes, generalmente, se llenan con hormigón después que ha endurecido el piso. Resulta un desfase entre ambos con respecto a retracción y dilatación (debida esta última al calor de hidratación). Las deformaciones diferenciales que debieran producirse están impedidas por la rigidez de las uniones y a consecuencia de ello pueden generarse grietas. También se producen grietas por causas semejantes en pistas de ciclismo, veredas para peatones y estructuras en voladizos.

En este trabajo los primeros capítulos explican en qué tipos de estructuras pueden producirse fisuraciones por impedimentos de deformación, cuáles son las consecuencias y qué medidas son aconsejables para limitar las aberturas de las grietas. A continuación se presenta una revisión bibliográfica de resultados de análisis lineales elásticos de tensiones y deformaciones que se originan en muros unidos rígidamente a losas de piso. Sigue una teoría que permite calcular la magnitud de la curvatura de una estructura cuyas deformaciones lineales por retracción u otras causas están impedidas. Esta curvatura influye en forma determinante sobre las tensiones y las deformaciones.

Se llevó a cabo una investigación experimental con muros a escala reducida de micro hormigón para allegar información sobre el proceso de fisuración en estructuras impedidas de deformarse, en vista de que es muy poco lo que se ha publicado al respecto. En la investigación se incluyó el efecto de la cuantía de la armadura en la abertura de las grietas.

Se desarrolló una teoría de la fisuración de la cual se deducen correlaciones del fenómeno estudiado con parámetros tales como la cuantía de las armaduras, la deformación impedida, la calidad del hormigón, etc. La teoría se comparó con los resultados de los muros a escala y se encontró buena concordancia.

Por otra parte se midieron las aberturas de grietas en estructuras reales para establecer, entre otras cosas, su evolución a largo

plazo. Se compararon estos valores con los que se deducen de la teoría mencionada anteriormente y se concluyó que con auxilio de ella se puede determinar la cuantía necesaria de armadura para limitar la abertura de las grietas a valores aceptables.

Se analizó el efecto del subsuelo sobre la curvatura de túneles, esclusas y subterráneos y resultó que en la mayor parte de los casos el efecto es despreciable, de modo que las fórmulas sobre curvatura presentadas en el trabajo pueden usarse sin modificaciones.

Finalmente, se hace una exposición de la aplicación práctica de la teoría, que depende mucho de la elección del valor medio de la aberturas de las grietas. Esta fisuración provoca eventualmente la corrosión de la armadura suplementaria, sin afectar directamente la capacidad soportante de la estructura. Por estos motivos la limitación de la abertura media de las fisuras se fijó en función de consideraciones económicas y teniendo en cuenta las técnicas de reparación. La aplicación de la teoría se ilustra con tres ejemplos de cálculo.

Las conclusiones más importantes de este trabajo son:

La eficacia de la armadura de repartición sobre la abertura de las fisuras es mayor en estructuras que conservan la rectilinidad que en las que se curvan.

El grado de curvatura del elemento estructural en su propio plano es un factor muy importante en el desarrollo de tensiones y deformaciones: las fisuras son menos abiertas en las estructuras que se curvan. El grado de curvatura depende de la relación de rigideces a la flexión de las partes conectadas solidariamente entre sí.

La losa de piso tiene una acción sobre la fisuración y sobre la repartición de las fisuras de los muros conectados a ella: estas dos acciones son mayores en la vecindad de la losa y disminuyen linealmente hasta anularse a cierta altura sobre el suelo.

La armadura colocada en las proximidades de la losa de piso no parece tener efectos notorios sobre la abertura de las fisuras que se originan en esa zona.

Hormigón fluido. Preparación y aplicación.

AIGNESBERGER, A. y TAMBOUR, A. *Cemento-Hormigón*, año 49, n^o 532 (abril 1978), pp. 382-397.

En los últimos tiempos se ha empezado a utilizar, en diversos países, hormigón fluido, que tiene las características de comportarse prácticamente como un líquido en todas las operaciones de transporte y colocación, sin provocar segregación y sin pérdidas de resistencias. Esto se ha logrado por la acción de ciertos productos de condensación aniónicos de melamina-formaldehído que se conocen con el nombre de fluidificantes o superplastificantes del hormigón.

El hormigón fluido puede considerarse como un nuevo tipo de hormigón. Fluye casi por sí mismo, sin que se produzca segregación de la mezcla y requiere muy poca compactación. El contenido de fluidificantes es de 1.2 a 1.8% del peso del cemento y su efecto es de transformar un hormigón plástico, que — sin el aditivo — tendría un descenso de cono del orden de 8 cm, en hormigón fluido de 25 cm de cono.

Es importante la granulometría de los áridos para la fabricación de un hormigón fluido perfecto. Las condiciones granulométricas especiales que se deben cumplir son: que el contenido de finos, que se compone de cemento y de arena fina desde 0 a 0.25 mm, sea de aproximadamente 400 kg/m³ para un árido de 32 mm de tamaño máximo, y de 450 kg/m³ para tamaño máximo de 16 mm; y que la parte de arena desde 0 hasta 1 mm sea por lo menos un 18% del peso total del árido y aun más para contenidos de cemento inferiores a 300 kg/m³.

El efecto de los plastificantes conocidos hasta ahora dura un tiempo limitado: después de media a una hora se atenúa la influencia y la consistencia del hormigón vuelve a ser la inicial. Esto hace necesario preparar el hormigón poco antes de su puesta en obra y colocarlo dentro del período indicado.

El hormigón fluido presenta ventajas notorias en la colocación y compactación,

que se traducen en una reducción grande de costos, sin reducción de resistencias.

Un método directo para determinar la dosificación óptima del hormigón.

VASILIU, D. Direct method for designing the optimum mix of concrete. *Materiaux et constructions*, n° 62, marzo-abril 1978, pp. 97-105.

Se describe aquí un método para obtener la dosificación óptima de un hormigón, definida por las mejores condiciones de compactación y por un máximo de resistencia a la compactación, para una trabajabilidad y contenido de cemento dados. El método es empírico, directo y esencialmente práctico y se basa en el hecho de que al aumentar el contenido de agregado grueso húmedo mejoran la trabajabilidad y compacidad del hormigón hasta un cierto grado y después disminuyen rápidamente. En este trabajo se hace ver que la resistencia a la compresión tiene una variación paralela.

Se procede por etapas, por aproximaciones sucesivas, en busca del contenido óptimo de grava, usando los mismos materiales que se aplicarán en la obra. La mezcla inicial se elige según el tipo de hormigón deseado y se le agrega la cantidad de agua que dé lugar a la trabajabilidad buscada. Se va aumentando la cantidad de árido grueso húmedo por etapas, en cada una de las cuales se miden la trabajabilidad y la compacidad. En este trabajo se considera que tanto la trabajabilidad como la compacidad quedan definidas por el contenido de aire de la mezcla compactada por algún procedimiento estándar de compactación: la mezcla que resulta con el menor contenido de aire es la de trabajabilidad y compacidad óptima y al mismo tiempo, por la conocida fórmula de Feret, es la de mayor resistencia a la compresión. El método de compactación que se usó se basó en el aparato de Fint.

Todo el proceso se puede completar en laboratorio en un tiempo corto, 20 a 25

minutos. No hay necesidad de disponer de datos previos sobre los áridos, como granulometría, módulo de finura u otros.

Las experiencias descritas en el trabajo muestran que las dosificaciones óptimas alcanzan con un grado razonable de probabilidad, los mayores valores de resistencia a compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad y que su reproducibilidad es buena.

Ensayo de una viga de hormigón precomprimido.

ESCANDON, F, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, octubre de 1978.

Se presenta el ensayo de una viga de hormigón precomprimido de ocho metros de luz. La viga tenía siete años de edad cuando se ensayó.

Se cargó la viga en los tercios de la luz con cargas estáticas crecientes, hasta producir la falla de la pieza, la cual ocurrió por rotura de los alambres pretensados con un momento de flexión de 64.6 t m.

En diversas secciones de la viga se dispusieron cuerdas vibrantes en el concreto, para medir las deformaciones en fibras situadas a distintas alturas. Asimismo, se instalaron strain-gages en el acero pretensado para seguir sus deformaciones durante el ensayo.

Las deformaciones verticales (flechas) se midieron mediante diales de 1/100 de milímetro de sensibilidad.

Una vez producida la falla, se obtuvieron probetas tanto del hormigón como del acero de pretensar, las que se ensayaron siguiendo el procedimiento habitual.

Los resultados obtenidos (pérdidas de pretensado, deformaciones por fluencia y retracción, momento de fisuración, momento último, flechas y módulo de elasticidad del concreto), se comparan con los que entrega el cálculo teórico.

Este trabajo se realizó en IDIEM y fue dirigido por el profesor Ernesto Gómez.