

recomendaciones de la Rilem para el hormigonado en invierno

Boletín Rilem, n. 21, diciembre 1963

introducción

Las presentes recomendaciones son alusivas al hormigonado en tiempo frío, es decir, a temperaturas por debajo de 5° C, y se refieren a las construcciones en hormigón armado normales. Tratan principalmente de problemas que están relacionados con el hormigonado en invierno, en particular suponiendo que se observan las reglas necesarias para obtener un hormigón de calidad a temperatura normal.

Las recomendaciones son de carácter general y deben considerarse como la base para el establecimiento de especificaciones detalladas para el hormigonado en invierno en diferentes países, de acuerdo con las normas nacionales y otras especificaciones.

1. principios generales para el hormigonado en invierno

Los principios generales para el hormigonado en invierno se establecen brevemente a continuación, y tratan de la influencia de las bajas temperaturas y de los métodos que pueden aplicarse para disminuir o evitar sus efectos perniciosos. Consideraciones técnicas más detalladas, relacionadas con estas conclusiones, pueden verse en el Apéndice ("Bulletin Rilem", núm. 21, diciembre 1963, pág. 13).

1. 1. influencia de las bajas temperaturas

El tiempo frío puede influir sobre el hormigonado de diferentes maneras, las cuales se estudian por separado más adelante. Al mismo tiempo se indican cómo pueden contrarrestarse sus efectos.

1. 1. 1. las bajas temperaturas provocan un retraso en el desarrollo de resistencias

Cuando las temperaturas descienden por debajo de $+5^{\circ}$ C o más, el desarrollo de resistencias en el hormigón se retarda esencialmente si se compara con las que tienen lugar a temperaturas normales. Se aumenta el período de endurecimiento necesario antes de desencofrar, y puede utilizarse directamente la experiencia para el hormigonado a temperaturas normales.

Por tanto, es necesario mantener unas condiciones de curado adecuadas, teniendo en cuenta que éste debe ser más largo antes de ser retirados los aislamientos y los encofrados.

1. 1. 2. congelación del hormigón en las primeras edades

A temperaturas en que el hormigón pueda congelarse a edad temprana existe el peligro de que experimente pérdidas irreparables de resistencias y de otras de sus cualidades, es decir, su permeabilidad aumenta y su durabilidad empeora.

Resumiendo, es necesario evitar que el hormigón se congele antes de que alcance un cierto grado de endurecimiento.

1. 1. 3. hielo y deshielo repetido en el hormigón

Si se expone el hormigón a helos y deshelos repetidos después del fraguado final y durante el período de endurecimiento, también se reduce la calidad final del hormigón.

Por consiguiente, es preciso proteger el hormigón contra los ciclos de hielo y deshielo hasta que el hormigón pueda resistirlo sin experimentar daños.

1. 1. 4. tensiones debidas a diferencias de temperatura

Se ha experimentado ampliamente que las diferencias de temperatura dentro de las piezas de hormigón pueden dar lugar a grietas, teniendo un efecto perjudicial sobre su durabilidad. Tales diferencias de temperatura se producen probablemente, en tiempo frío, en el momento de desencofrar y retirar el aislamiento.

Consecuentemente, se necesita proteger el hormigón hasta que las diferencias de temperatura dentro del hormigón y entre el hormigón y el medio ambiente llegan a ser pequeñas.

1. 2. clasificación de los métodos de hormigonado en invierno

El hormigonado en invierno requiere la adopción de precauciones extraordinarias e implica un control más riguroso que el hormigonado con temperaturas normales; pero si se adoptan las medidas necesarias, la calidad del hormigón puesto en obra en invierno no disminuirá. La protección del hormigón contra la congelación y el mantenimiento de unas condiciones de curado adecuadas para alcanzar suficientes resistencias para el desencofrado, puede obtenerse por diferentes procedimientos principales, que se tratarán más adelante en diferentes secciones.

El punto de congelación del agua puede hacerse descender a -10°C , o todavía más, mediante la adición de grandes cantidades de cloruros. Este método de *hormigonado en frío* únicamente se utiliza en casos especiales para hormigones en masa sin armaduras y, por lo tanto, no se describe aquí.

1. 2. 1. cambios en el proyecto de mezclas

Puede obtenerse un desarrollo de resistencias más rápido y un mayor calor de hidratación incrementando el contenido de cemento o utilizando cementos más activos (ver 2.1.).

Este método puede utilizarse en tiempo frío a temperaturas por encima del punto de congelación.

1. 2. 2. método Thermos

Este método se basa en evitar las pérdidas de calor, es decir, el hormigón se coloca inicialmente en los moldes a tal temperatura que el calor de hidratación, en combinación con el aislamiento, es capaz de mantener el hormigón a una temperatura suficientemente alta como para resistir la congelación y, en ciertos casos, incluso obtener resistencias suficientes para desencofrar.

El éxito de la aplicación depende del espesor de la pieza estructural (relación volumen-superficie), de la temperatura del hormigón y de la actividad del cemento.

Este método puede ser utilizado en períodos de helada cortos y moderados.

1. 2. 3. método de calentamiento a posteriori

En este método se utiliza el calentamiento artificial del aire circundante, manteniendo la temperatura del hormigón a un cierto nivel sobre el punto de congelación, permitiéndose así que se desarrollen las resistencias. Puede obtenerse el mismo efecto calentando el propio hormigón; por ejemplo, con electricidad.

Este método puede aplicarse bajo condiciones extremas, incluso en piezas estructurales delgadas, durante heladas prolongadas.

1. 3. elección del procedimiento

¿Cuál de los tres métodos debe elegirse en un caso real? Esto depende de las condiciones locales: por ejemplo, el clima, el costo de los diferentes tipos de cementos, las dimensiones masivas de la estructura, el costo del aislamiento en relación con los costos de calentamiento y material de cerramiento, el costo de la mano de obra, etc.; de aquí que no puedan establecerse reglas generales. En ciertos casos, una combinación de estos métodos puede ser conveniente.

Estos principios serán tratados más adelante, en posteriores secciones de las Recomendaciones y en las partes correspondientes del Apéndice.

2. constituyentes del hormigón

El hormigonado en tiempo invernal requiere una buena calidad en los constituyentes del hormigón.

2. 1. cemento

La actividad de los cementos puede ser clasificada normalmente de acuerdo con el calor de hidratación que desarrollan durante las 72 primeras horas a $+ 5^{\circ}$ C. En la tabla 1 puede verse una propuesta para la clasificación de los cementos de acuerdo con este principio.

La cantidad de calor desarrollada durante la hidratación se determinará por el método descrito en el Apéndice. Los errores propios de los métodos de ensayo, juntamente con la influencia de la edad del cemento y las variaciones de calidad durante la fabricación, hacen que esté fuera de lugar una clasificación más detallada.

La clasificación no es aplicable a los cementos aluminosos. La aplicación de este cemento queda limitada a casos especiales, debido a que su tendencia a recristalizaciones puede reducir sus resistencias. Su capacidad para proteger las armaduras contra la corrosión es inferior a la del cemento portland.

2. 2. árido

El árido no contendrá minerales que sean vulnerables a la helada; por ejemplo, grandes partículas porosas de cal y horstene. Esto es muy importante si existe el riesgo de que el hormigón se encuentre expuesto a heladas sucesivas.

El árido deberá estar libre de ingredientes que retarden la hidratación, como, por ejemplo, impurezas orgánicas (ácido húmico), puesto que la presencia de sustancias retardadoras son particularmente peligrosas con un curado a baja temperatura.

TABLA 1
Clasificación de los cementos

Clasificación	Tipo de cemento (nombre usual)	Calor desprendido a 5° C durante los 3 primeros días (cal/g cemento)	Notas
Q 55	Rápido/super-rápido	> 50	—
Q 45	Normal	40-50	—
Q 35	Lento	30-40	Calor moderado
Q 25	Muy lento	20-30	Bajo calor (sólo para hormigón en masa)

2. 3. agua

El agua deberá cumplir los requisitos necesarios para hacer hormigones de buena calidad; las impurezas, como, por ejemplo, las que retrasan la hidratación, son perjudiciales.

2. 4. aditivos

Sólo se podrán añadir aditivos cuando sus efectos sobre las propiedades del hormigón sean perfectamente conocidos. No retrasarán el proceso de hidratación a bajas temperaturas, no incrementarán la permeabilidad del hormigón a los gases y a las aguas, y no darán lugar a que se produzca corrosión en las armaduras de acero. Es imprescindible que los aditivos sean probados respecto a su aptitud en todos los casos a una temperatura de + 5° C y a la de + 20° C, y mediante la adición de la cantidad prescrita, así como el doble y la mitad de esta cantidad. Si se utiliza una combinación de diferentes aditivos deberán hacerse ensayos de combinación real.

Durante el hormigonado en invierno deben aplicarse principalmente aceleradores y agentes aireantes.

2. 4. 1. aceleradores

Los aceleradores utilizados en cantidades adecuadas reducen el tiempo de fraguado, y aumentan las resistencias iniciales y el desprendimiento de calor de hidratación al iniciarse el período de endurecimiento. El punto de congelación del agua de amasado no se suele hacer descender en una forma apreciable. La adición de un acelerador puede dar lugar a un descenso en las resistencias finales y a un incremento de la retracción y de la conductividad eléctrica.

También puede aumentarse el riesgo de aparición de eflorescencias sobre la superficie del hormigón.

Por tanto, es aconsejable establecer limitaciones sobre el uso de aceleradores.

Los aceleradores que contienen cloruros aumentan el riesgo de corrosión del acero de las armaduras, dependiendo esto del tipo de cemento, del acero y de la situación.

Consecuentemente, tales aditivos no son recomendables para estructuras normales de hormigón armado. En hormigón pretensado no está permitido el uso de aditivos que contengan cloruros.

2. 4. 2. agentes airantes

Este tipo de aditivos, en cantidades adecuadas, aumentan las resistencias del hormigón endurecido al hielo y deshielo, y, normalmente, al mismo tiempo, mejoran la docilidad del hormigón recién amasado. Las resistencias a la compresión de los hormigones aireados, a los 28 días, no serán inferiores en un 85 % a las de una mezcla de referencia sin aire ocluido. Puede producirse un ligero aumento de la retracción.

En el hormigón pretensado, sólo se podrán utilizar agentes aireantes que no contengan cloruros.

3. proporción de las mezclas

Cuando el hormigonado se realiza en invierno se precisan adoptar medidas generales más cuidadosamente realizadas para la dosificación de las mezclas que en cualquier otra estación del año.

3. 1. contenido de agua y cemento

La relación agua/cemento se mantendrá tan baja como sea posible (véase 5.1), incrementándose, preferiblemente, el contenido de cemento en lugar de reducir la cantidad de agua.

3. 2. contenido de aire

En casos en los cuales se espere que el hormigón esté expuesto a ciclos repetidos de hielo y deshielo y con un alto grado de saturación, deberán utilizarse agentes aireantes. El contenido de aire controlado será del 4 al 6 %. Los mayores contenidos de aire ocluido se utilizarán en aquellos hormigones cuyo árido de tamaño máximo se encuentra en pequeña cantidad.

4. calentamiento de los materiales

4. 1. calentamiento admisible de los materiales

Es siempre objetable el tratamiento con altas temperaturas del hormigón recién hecho, puesto que puede perjudicarse su calidad por el falso fraguado, por reducción de sus resistencias, por pérdidas de humedad y agrietamientos debidos a contracción térmica y retracción.

Para reducir lo más posible estos riesgos, se recomiendan los siguientes límites de temperatura para los constituyentes del hormigón:

- a) Ningún árido deberá calentarse a más de 100° C.
- b) La temperatura del agua al entrar en contacto con el cemento no será superior a 60° C.

La temperatura del hormigón cuando se esté amasando normalmente no excederá los valores de la tabla 2.

TABLA 2
Temperaturas máximas del hormigón recién hecho cuando se utilizan diferentes tipos de cementos

Tipo de cemento	Q 35	Q 45	Q 55
Temperatura de la mezcla de hormigón, N_m	30	25	20

4. 2. temperaturas del hormigón

Cuando se conocen las proporciones de mezcla del hormigón y las temperaturas de los constituyentes, puede calcularse la temperatura, N_m , de la masa de hormigón con ayuda de la figura 1.

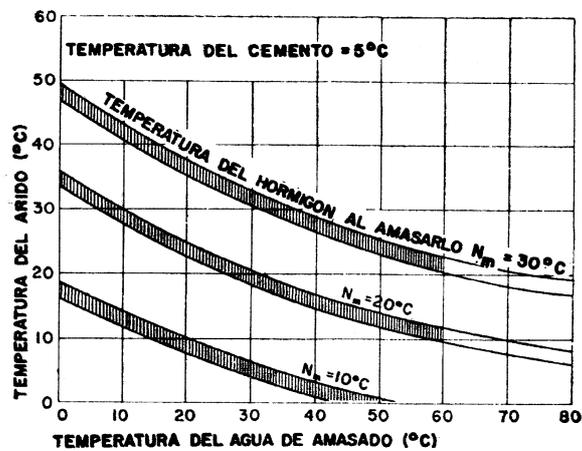


Fig. 1.—Pueden obtenerse diferentes temperaturas en las mezclas de hormigón mediante diferentes combinaciones en la temperatura del agua de amasado y en la temperatura del árido.

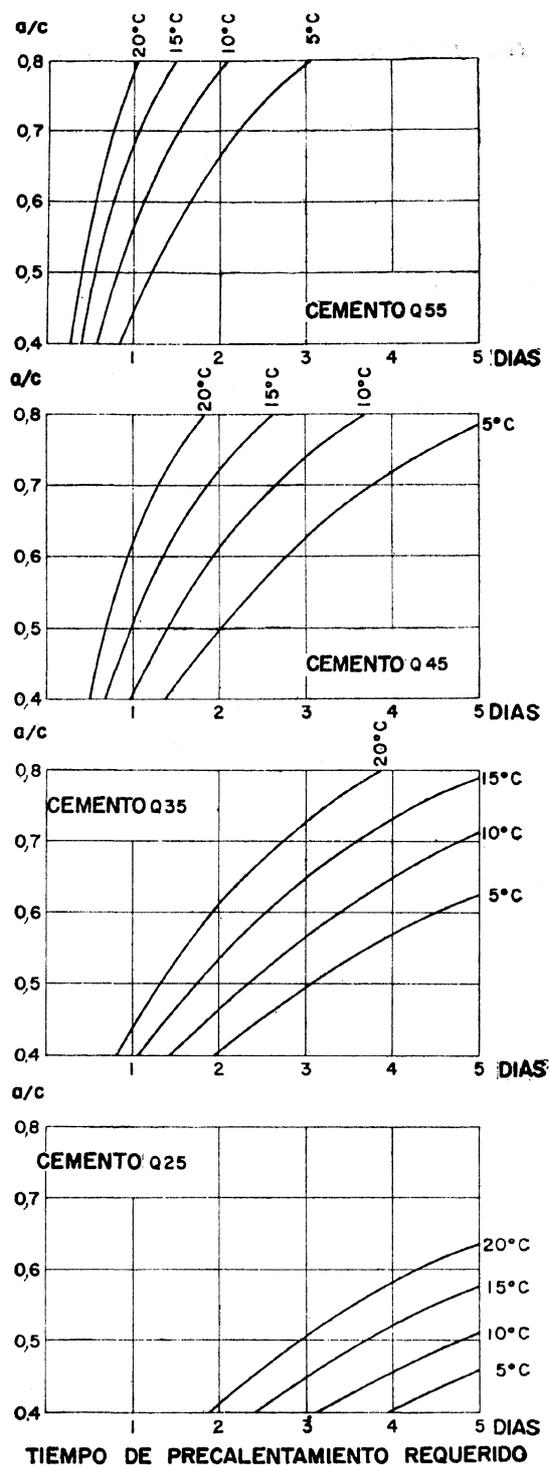


Fig. 2.—Relación entre el tiempo de endurecimiento previo requerido para obtener resistencias al hielo y deshielo y la relación a/c , para diferentes tipos de cemento y a diferentes (constante) temperaturas de endurecimiento.

Si la temperatura del cemento no es de + 5° C deben efectuarse correcciones teniendo en cuenta la siguiente regla: que para una temperatura de 10° C más alta en el cemento significa una temperatura de un grado más en el hormigón.

5. obtención de la resistencia a la helada

5. 1. tiempo de endurecimiento previo requerido

La resistencia a las heladas a corto plazo se obtiene cuando el hormigón ha alcanzado un cierto grado de hidratación, dependiendo esto de la relación *a/c*. Las relaciones entre *a/c* y el tiempo de precalentamiento requerido para diferentes temperaturas del hormigón (20, 15, 10 y 5° C) pueden verse en la figura 2. Estas relaciones son únicamente válidas para hormigones que no absorban agua del medio circundante. Después de este tiempo de endurecimiento previo, la resistencia a compresión es, aproximadamente, de 50 kg/cm².

Las curvas de la figura 2 han sido comprobadas en diferentes países. Si las piezas de hormigón a diferentes temperaturas pueden alcanzar resistencias con heladas prematuras antes de enfriarse por debajo de 0° C es un tema que se tratará más adelante.

5. 2. marcha de las temperaturas

La temperatura del hormigón en relación con el tiempo en una estructura depende de diversos factores, tales como:

Circundantes: temperatura del aire ambiente, aislamiento (tipo y espesor).

Construcción: forma (relación entre volumen-superficie), tipo de forma.

Hormigón: tipo de cemento, contenido de cemento, temperatura del hormigón (al moldearlo), contenido de agua (relación *a/c*).

Duración de la protección: tiempo.

TABLA 3
Clasificación de variables

Posibles cambios en la etapa de planificación	Posibles cambios antes del hormigonado (en obra)	Posibles cambios después del moldeo
Temperatura del aire ambiente (para el procedimiento de caldeo a posteriori)	Tipo de molde	Aislamiento
Forma (de las piezas de la construcción)	Tipo de cemento	Duración de la protección
	Contenido de cemento	
	Contenido de agua (relación <i>a/c</i>)	
	Temperatura del hormigón	

En las etapas de proyecto y organización de obra es posible cambiar todos estos factores con el fin de obtener o resistencia a la helada o el desencofrado en un plazo razonable. Pueden clasificarse según la extensión en que es posible el cambio (tabla 3).

Forma, tipo de molde y aislamiento pueden, sin embargo, combinarse en un tiempo constante, T , que directamente indica la velocidad de enfriamiento de una pieza de hormigón, despreciándose el calor de hidratación. En el Apéndice que hemos reseñado se facilitan métodos y diagramas para determinar las constantes de tiempo.

De este modo el número de variables se reducen a siete, las cuales son expuestas en la tabla 4, con indicaciones de las posibilidades de cambiarlas, dependiendo de los diferentes métodos de hormigonado en invierno (ver. 1.2).

TABLA 4

Posibilidades de influenciar las variables por los diferentes métodos de hormigonado

- Aspecto característico del método.
- Posibilidad de suplementar el método mediante combinación con otros métodos.

Variables	Cambios en el proyecto de mezclas	Método Thermos	Método de calentamiento a posteriori
Contenido de cemento	●	○	○
Contenido de agua (relación a/c)	●	○	○
Tipo de cemento	●	○	○
Constante de tiempo		●	○
Temperatura inicial del hormigón		●	○
Duración de la protección		●	○
Temperatura del aire			○

Cuando estos factores han sido determinados para un proyecto de hormigonado determinado, es posible establecer diferentes ecuaciones para hallar las temperaturas con el tiempo en relación con el enfriamiento y el calor de hidratación desarrollado por el cemento. Tales cálculos nos dan directamente el tiempo cuando el hormigón ha sido enfriado por debajo de 0°C . En la figura 3 se muestran ejemplos de las temperaturas a través del tiempo computadas bajo las suposiciones de que la temperatura del aire ambiente es de -5°C y que la constante de tiempo tiene diferentes valores que oscilan de 100 a 10 horas.

Puede ser determinado por diferentes procedimientos si el hormigón ha alcanzado el grado de en-

durecimiento necesario (tiempo requerido de endurecimiento previo) antes de ser enfriado hasta el punto de congelación.

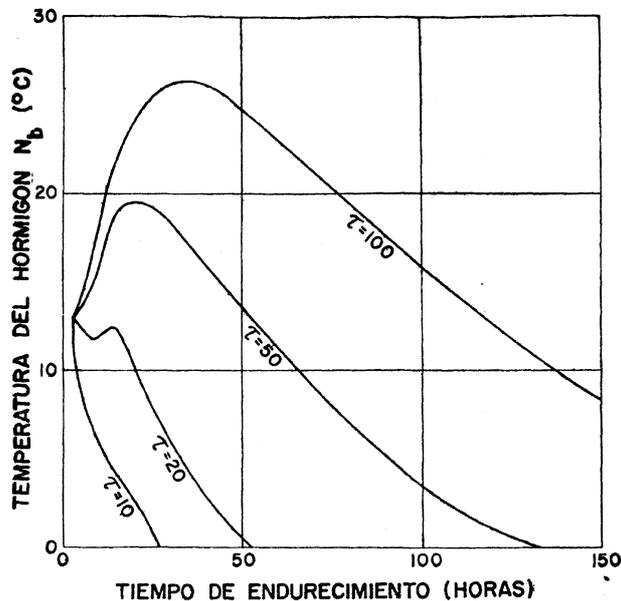


Fig. 3.—Temperatura del hormigón, N_b , en función del tiempo de endurecimiento para diversos valores de la constante de tiempo τ , y la constante de la temperatura exterior, $N_u = +5^\circ \text{C}$. Con una constante de tiempo más pequeña, el hormigón es enfriado por debajo de 0°C más rápidamente y el grado de endurecimiento obtenido antes de la congelación es menor.

$\tau = 100$ horas corresponden a 1 m de pared encofrado de madera de 32 mm.

$\tau = 50$ horas corresponden a 50 cm de pared en encofrado de madera de 32 mm.

$\tau = 20$ horas corresponden a 20 cm de pared en encofrado de madera de 32 mm.

$\tau = 10$ horas corresponden a 10 cm de pared en encofrado de madera de 32 mm.

El hormigón está hecho con 300 kg/m^3 de cemento Q 45 y una relación $a/c = 0,6$.

En el Apéndice se muestra cómo han sido elaborados en Dinamarca, Alemania y Suecia los diagramas y tablas. Los diagramas y tablas están referidos a tipos de cemento especiales en uso en dichos países, y los resultados sólo pueden usarse en otros países con cementos de características similares en lo que se refiere a la velocidad de hidratación.

6. criterios para el desencofrado

La reducida velocidad de endurecimiento en época invernal hace que el control del hormigón tenga especial importancia en cada etapa del periodo de construcción, para que sea capaz de resistir las cargas que se le impongan con un coeficiente de seguridad suficiente.

La retirada de moldes y costeros normalmente exponen a las estructuras de hormigón a la mayor parte de las cargas muertas.

También se pueden producir considerables tensiones como resultado de desplazamientos y asentamientos desiguales de los soportes. Desplazamientos verticales, así como horizontales, pueden ser causados por la acción del hielo sobre el suelo.

En la construcción de viviendas se produce un tipo especial de cargas activas debidas al apilamiento sobre los pisos o por los encofrados que están expuestos a cargas adicionales de los pisos superiores, que en muchos casos tienen lugar en etapas recientes antes del desencofrado.

Cada uno de todos estos problemas principales son estudiados por separado más adelante:

a) Las tensiones originadas por las cargas primeras no deben sobrepasar un cierto porcentaje de la resistencia real del hormigón en el momento de aplicarse la carga.

b) Debe comprobarse que el hormigón ha alcanzado suficiente rigidez de modo que se evite la formación de flechas excesivas.

El desencofrado expone, en muchos casos, a la estructura de hormigón, no sólo a las cargas, sino también al choque térmico, dando lugar al riesgo de agrietamientos por diferencias de temperaturas.

6. 1. resistencia del hormigón al desencofrar

El desarrollo de resistencias influido por la acción de la temperatura puede estimarse utilizando las funciones tiempo-temperatura. Se recordará que estas funciones son válidas únicamente para el cemento portland y no pueden aplicarse a otros cementos sin ciertas correcciones.

El desarrollo de resistencias puede también deducirse a partir de probetas de hormigón curadas a diferentes niveles de temperaturas, como, por ejemplo, + 20° C y + 5° C.

Los principios anteriormente mencionados son de gran importancia durante la organización de la obra, y se combinarán con las medidas de temperaturas realizadas durante la obra en cuestión, siendo una gran ayuda como control del proceso de endurecimiento. El desencofrado realmente no tendrá lugar hasta que no se hayan comprobado las resistencias mediante el ensayo de probetas, las cuales se curarán en la forma más parecida respecto a las temperaturas y humedades de las partes más importantes de la estructura (ensayo de endurecimiento).

Los métodos de ensayo no destructivos resultan asimismo útiles para comprobar las resistencias, especialmente de las partes más expuestas de las estructuras, es decir, bordes y esquinas, procurando que el hormigón no sea alcanzado por la helada.

6. 2. deformaciones

La fluencia del hormigón depende de diversos factores, entre los cuales la resistencia relativa y el contenido de humedad del hormigón son muy importantes al ser sometido a carga. Pueden producirse excesivas deformaciones si no se ha tenido en cuenta el retraso en el endurecimiento debido a las bajas temperaturas al fijar el tiempo de desencofrado. Pueden asimismo producirse flechas excesivas si la estructura de hormigón en estado de carga experimenta gran temperatura o variaciones fuertes de humedad.

Es aconsejable mantener los encofrados y los costeros en su posición por tanto tiempo como la economía y la marcha de la obra lo permitan.

6. 3. riesgo de agrietamiento

Con el fin de evitar la formación de grietas, se mantendrá lo más lenta posible la velocidad de evaporación superficial.

Con el aumento de espesor de las piezas de hormigón se incrementa el riesgo de agrietamiento, debido a que las diferencias de temperatura pueden llegar a ser más altas en tiempo frío.

El que las diferencias de temperaturas originen grietas depende de su magnitud y de las deformaciones inducidas, que están en relación con el módulo de elasticidad y de la marcha real de la hidratación.

7. control

El hormigonado en invierno requiere que se realice el control ordinario del hormigón con el máximo cuidado. Los resultados de los ensayos que se obtengan servirán para fijar el tiempo de retirar el aislamiento, los moldes, etc., o será la base para adoptar posteriores precauciones en obra.

Además del control ordinario del hormigón, se dedicará especial atención a lo siguiente:

- a) Determinación de la conveniencia de los constituyentes del hormigón para el hormigonado en invierno y control del hormigón recién hecho.
- b) Vigilancia de la temperatura del aire y medidas de las temperaturas del hormigón en el momento de su vertido y durante el endurecimiento.
- c) Control del desarrollo de resistencias en la estructura mediante el ensayo de probetas curadas en condiciones similares (ensayo de endurecimiento).

7. 1. constituyentes del hormigón y hormigón fresco

La comprobación de las propiedades de los constituyentes del hormigón se realizará de acuerdo con las especificaciones usuales. Es especialmente importante saber la reactividad del cemento (ver 2) y el control del tiempo de fraguado del cemento. Durante el hormigonado en invierno es muy importante controlar que la relación *a/c* no sobrepasa el valor calculado (por ejemplo, midiendo la consistencia). Cuando se utilicen agentes aireantes se controlará el contenido de aire.

7. 2. medida de las temperaturas

A horas fijas se harán medidas de temperaturas representativas "in situ", anotándose en un diario. Para tal fin se colocará un termómetro de tal manera que la influencia de los locales, montones de material, etc., puedan ser despreciables. La escala de los termómetros será tal que permita una lectura fácil.

Para controlar el proceso de endurecimiento (grado de dureza) es necesario medir la temperatura del hormigón al verterlo en los encofrados, en el momento de aplicar la protección y de dos a tres veces al día hasta obtener suficiente resistencia a la helada. Si posteriormente se hace una sola lectura al día, es preferible que ésta se haga a la misma hora cada mañana. Mediante estas medidas es posible predecir la resistencia relativa.

Se colocarán termómetros en aquellas partes del hormigón donde deban aparecer tensiones máximas al desencofrar y, si es posible, en esquinas, bordes, etc., en los cuales se espera un enfriamiento particularmente rápido. En la figura 4 se muestra un ejemplo de dónde se deben tomar las lecturas de temperaturas.

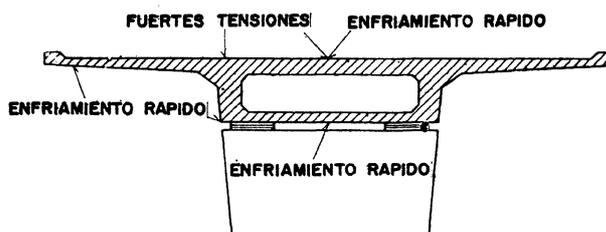


Fig. 4.—Sección transversal de un puente, poniendo ejemplos de puntos donde hay altas tensiones e intenso enfriamiento y en donde deben realizarse las mediciones de temperatura.

7. 3. probetas de control

En condiciones normales de hormigonado, las probetas de ensayo se moldean y curan por un procedimiento estandarizado, con lo cual se conocen las posibles propiedades resistentes de la mezcla de hormigón (ensayos de diseño). Para hormigonado en invierno se recomienda que antes de iniciar el tajo se realicen ensayos de las mezclas de hormigón elegidas, preparadas en laboratorio a temperatura normal y curadas a $+ 5^{\circ} \text{C}$.

Además de esto, en condiciones de hormigonado en invierno se precisa moldear un cierto número de probetas, disponiéndose el curado de tal forma que esté expuesto a las mismas condiciones de temperatura y humedad que el hormigón de la estructura en cuestión y, preferentemente, similar al de las partes más expuestas. Estas probetas se ensayarán antes de realizar el desencofrado, para asegurarse de que se han conseguido las resistencias al régimen de temperaturas medidas (ensayo de endurecimiento).

Con el fin de evitar la desecación de las probetas, es necesario que las probetas que se curen en condiciones similares se mantengan dentro de los moldes hasta que tenga lugar el ensayo.

Nunca se ensayarán las probetas cuando se encuentren congeladas.

Traducido por F. SORIA