



Entrega 5 Métodos Computacionales en Obras Civiles 2019

Ahumada Abrigo, Isidora

e-mail: iahumada@miuandes.cl

Kamke Mardones, Benjamín Eduardo

e-mail: bekamke@miuandes.cl

Real Santis, Matías Guillermo

e-mail: mgreal@miuandes.cl

Silva Castán, Nicolás Eduardo

e-mail: nesilva@miuandes.cl

RESUMEN: *La hidratación del hormigón es un proceso químico que libera energía generando calor. Con este se ven afectadas las propiedades mecánicas del hormigón.*

Para estudiar la hidratación necesitamos analizar la composición química y dosificación del hormigón, además de tener en cuenta las condiciones de borde y parámetros.

Son cuatro tipos de calorimetrías las que más se usan; calor solución, calorimetría de conducción isotérmica, calorimetría adiabática y semi-adiabática.

La calorimetría de conducción isotérmica se utiliza para medir la velocidad de reacción del cemento a una temperatura constante en el tiempo. La semi adiabática consiste en analizar la variación de la temperatura del hormigón cuando está aislado.

En este informe se estudiará la calorimetría adiabática, la cual se utiliza para medir el aumento de la temperatura en las ausencias de intercambio térmico con el medio ambiente.

1. Introducción

Este *paper* tiene como objetivo entender cómo es el proceso de generación de calor que se produce durante la elaboración del cemento y así poder seleccionar y estimar parámetros razonables para la situación que se deberá modelar cuando se tenga que extender a un modelo tridimensional.

El proceso de hidratación del cemento es una reacción química exotérmica, es decir, se libera energía en forma de calor mientras la reacción permanezca activa. La cantidad de calor generado durante la hidratación del concreto fresco afecta en gran medida el desarrollo de las propiedades mecánicas del concreto endurecido. Las condiciones térmicas y el desarrollo de la temperatura del hormigón a edades tempranas se relacionan con la propensión del hormigón al desarrollo de grietas por tensiones térmicas. (K. A. Riding, s.f.)

Para esto se estudiará detalladamente la composición química del cemento, el tipo de mezcla que se genera al elaborar hormigón, y cómo podrían ser las condiciones de borde y parámetros que podría tener una masa de concreto al momento de realizar la simulación tridimensional.

2. Descripción

La generación de calor producto de la hidratación del cemento es un fenómeno muy estudiado en el ámbito de la construcción ya que puede afectar tanto las propiedades del hormigón a largo plazo (resistencia a edades tardías) como a corto plazo (resistencia en edades tempranas).

Cabe destacar que la generación de calor en la hidratación del cemento es debido a sus productos cementicios, los cuales son los componentes del Clinker. Estos son los silicatos tricálcicos y bicálcicos, aluminatos tricálcicos, ferro aluminatos tetracálcicos, óxidos de magnesio, cal libre, y sulfatos de álcalis. Los cuales al hidratarse se genera una reacción exotérmica produciendo calor, siendo cada componente más o menos propenso a generar calor. Es por esto que dependiendo de la composición del cemento se puede predecir qué tan propenso será la mezcla a ganar calor.

Dentro de este contexto, un término muy importante es la calorimetría la cual sirve para cuantificar el movimiento de la reacción de cemento y su sensibilidad a la temperatura.

Existen cuatro tipos de calorimetría que se realizan sobre materiales cementicios:

1. Calor de solución.
2. Calorimetría adiabática.
3. Calorimetría semi-adiabática.
4. Calorimetría isotérmica.

El tipo de calorimetría que en este caso interesa es la del tipo adiabática, la cual como etimológicamente dice su nombre no permite el intercambio térmico entre el interior y el exterior (RAE, s.f.). Se utiliza en las ausencias de intercambio térmico con el medio ambiente, midiendo el aumento de la temperatura del hormigón.

El caso que se ha estudiado en clases considera un prisma rectangular de hormigón rodeado de paredes aisladas de Poliestireno (Plumavit), de forma de modelar las temperaturas que ocurren en el centro de este. Es por esto por lo que se buscará lograr resultados similares a los que se han observado. Para ello se utilizarán como parámetros de condiciones de borde de todas las paredes de un prisma rectangular como la temperatura inicial del hormigón, es decir, el calor que éste tiene al momento de mezclar, por lo que se considerará una temperatura inicial en cada cara de 31.8°C , el cual es una posible temperatura del hormigón fresco según Álvaro Paul. (Paul, 2019) El caso que se ha estudiado en clases considera un prisma rectangular de hormigón rodeado de paredes aisladas de Poliestireno (Plumavit), de forma de modelar las temperaturas que ocurren en el centro de este. Es por esto por lo que se buscará lograr resultados similares a los que se han observado. Para ello se utilizarán como parámetros de condiciones de borde de todas las paredes de un prisma rectangular como la temperatura inicial del hormigón, es decir, el calor que éste tiene al momento de mezclar, por lo que se considerará una temperatura inicial en cada cara de 31.8°C , el cual es una posible temperatura del hormigón fresco según Álvaro Paul. (Paul, 2019)

3. Discusión

Como se mencionó anteriormente, para el caso estudiado en clases, el tipo de calorimetría más acertado sería la adiabática. En esta entrega se estudiaron dos casos (en 2-D) con diferentes condiciones de borde asignadas por el profesor, cuyos resultados debían ser replicados.

Para el primer caso se tenía que:

- I. Temperatura en todo el extremo izquierdo igual a 20° .
- II. Temperatura en todo el extremo inferior igual a 20° .
- III. Temperatura en todo el extremo derecho igual a 20° .
- IV. Temperatura en todo el extremo superior igual a la *Función 3.1*.

$$u(x, a, t) = 20 + 10 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{24_{hr}} \cdot t\right) \quad \textbf{Función 3.1}$$

- V. Temperatura inicial del sistema igual a 20° (condición inicial, tiempo cero).

Para el segundo caso se tenía que:

- I. Variación de temperatura, en función del tiempo, del extremo izquierdo igual a cero.
- II. Variación de temperatura, en función del tiempo, del extremo derecho igual a cero.
- III. Variación de temperatura, en función del tiempo, del extremo inferior igual a cero.
- IV. Temperatura en todo el extremo superior igual a la *Función 3.1*.
- V. Temperatura inicial del sistema igual a 20° (condición del sistema en tiempo cero).

Cabe destacar, que, para la extensión final, a un modelo tridimensional, considerar en la realidad que el modelo es totalmente adiabático es complejo. El molde para el prisma rectangular de hormigón debería estar completamente recubierto de aislante térmico, lo que en la práctica no es tan factible ya que posiblemente aparezcan agujeros donde haya transferencia de calor con el ambiente. Sin embargo, se estudiará la modelación teórica de este caso para tener un punto de partida con el modelo real.

4. Conclusiones

El método que se utilizará para modelar la calorimetría del molde será del tipo adiabático, es decir, que estará aislado en todos sus bordes laterales y basales. Se considerará que cada borde tendrá una temperatura inicial de 31.8°C el cual es la temperatura de un hormigón fresco en base a lo que se muestra en el estudio de Álvaro Paul en su Clase en IOC – Generación de Calor en Hormigones Masivos. (Paul, 2019)

5. Referencias

K. A. Riding, J. V. K. B. C. L. A. S. A. Z. a. C. C. F., s.f. Methodology Comparison for Concrete Adiabatic. *ACI MATERIALS JOURNAL*.

Paul, Á., 2019. s.l.: s.n.

RAE, s.f. RAE. [En línea]

Available at: <https://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=adiab%C3%A1tico>