

So sánh kết quả tính toán nhiệt thủy hóa trong bê tông khối lớn bằng Midas Civil 2019 và Ciria C660

Trương Kỳ Khôi¹

¹Khoa Xây dựng, Đại học Kiến trúc Hà Nội

<p>TỪ KHOÁ</p> <p>Công nghệ xây dựng Bê tông khối lớn Phân tích nhiệt thủy hóa</p>	<p>TÓM TẮT</p> <p>Tính toán nhiệt thủy hóa phát sinh trong bê tông khối lớn đóng vai trò quan trọng trong việc lập biện pháp thi công. Bài báo này so sánh hai phương pháp tính toán nhiệt thủy hóa bê tông, đó là: sử dụng phần mềm Midas Civil 2019 và mô hình tính toán của CIRIA C660, lấy ví dụ áp dụng cho một đài móng công trình.</p>
<p>KEYWORDS</p> <p>Construction technology Mass concrete Heat of hydration analysis</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>Calculating the thermal hydration generated in mass concretes plays an important role in creating construction method statement. This article compares two methods of calculating the heat of hydration of concrete, those are: using Midas Civil 2019 software and the calculation model of CIRIA C660, give an example applied for a foundation.</p>

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, các công trình xây dựng dân dụng thi công bê tông khối lớn như đài móng của nhà siêu cao tầng rất phổ biến, đặc biệt là ở các thành phố lớn như Hà Nội, Tp. Hồ Chí Minh, Đà Nẵng... Thực tế khảo sát cho thấy các kết cấu bê tông cốt thép kích thước lớn thường bị nứt trong thời gian đầu bê tông đông kết. Việc kiểm soát các vết nứt do ứng suất nhiệt phát sinh ra trong quá trình đông kết của bê tông đòi hỏi các kỹ sư xây dựng phải có các tính toán và đưa ra giải pháp hợp lý ngay từ khâu thiết kế và tổ chức thi công.

Vì vậy, nghiên cứu tính toán nhiệt thủy hóa phát sinh trong bê tông khối lớn là cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn.

2. Khái niệm bê tông khối lớn, điều kiện gây nứt bê tông

2.1. Khái niệm

Theo TCVN 9341:2012, Kết cấu bê tông hoặc bê tông cốt thép được coi là khối lớn khi có kích thước đủ để gây ra ứng suất kéo, phát sinh do hiệu ứng nhiệt thủy hoá của xi măng, vượt quá giới hạn kéo của bê tông, làm nứt bê tông.

Trong điều kiện khí hậu nóng ẩm Việt Nam, kết cấu bê tông có cạnh nhỏ nhất (a) và chiều cao (h) lớn hơn 2 m có thể được xem là khối lớn.

2.2. Điều kiện gây nứt bê tông khối lớn

Theo [2], quá trình tích tụ nhiệt thủy hóa xi măng trong bê tông khối lớn được diễn ra như sau: Bê tông là vật liệu có tính dẫn nhiệt thấp. Trong quá trình thủy hóa của xi măng và đông rắn của bê tông lượng nhiệt thủy hóa của xi măng không kịp thoát ra ngoài và tích tụ trong lòng khối bê tông, gây nên độ chênh nhiệt độ khá lớn giữa các

phần bên trong khối bê tông (tâm của khối bê tông) và mặt ngoài. Khi độ chênh nhiệt độ đủ lớn, có thể gây ứng suất kéo đủ làm nứt khối bê tông.

Cũng theo [2], điều kiện để gây nứt bê tông khối lớn là:

$\Delta T \geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$ – Điều kiện cần;

$MT \geq 50 \text{ }^\circ\text{C/m}$ – Điều kiện đủ;

Nghĩa là: khi $\Delta T < 20 \text{ }^\circ\text{C}$ thì bê tông không nứt;

khi $\Delta T \geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$ thì bê tông có thể nứt có thể không nứt;

khi $\Delta T \geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$ và $MT \geq 50 \text{ }^\circ\text{C/m}$ thì bê tông nứt.

Trong đó:

ΔT : Độ chênh nhiệt độ giữa 2 điểm trong khối bê tông, ($^\circ\text{C}$);

M_T : Mô đun chênh nhiệt độ (*Gradient nhiệt độ*), là độ chênh nhiệt độ giữa 2 điểm của khối bê tông cách nhau 1 m, ($^\circ\text{C/m}$);

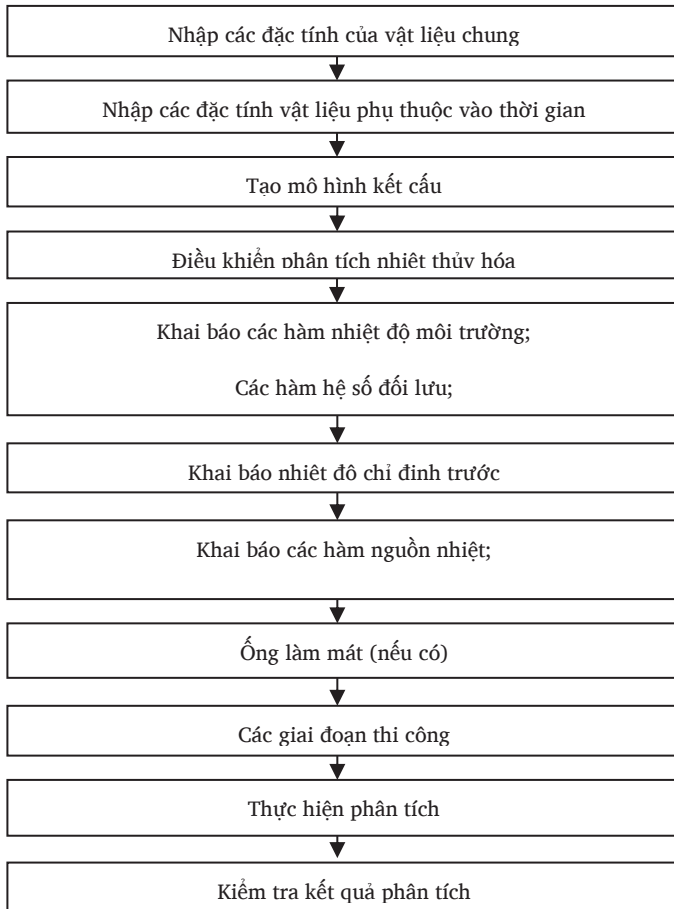
3. Tính toán nhiệt độ thủy hóa bên trong khối đổ bê tông theo mô hình của CIRIA C660.

3.1. Các thông số ảnh hưởng

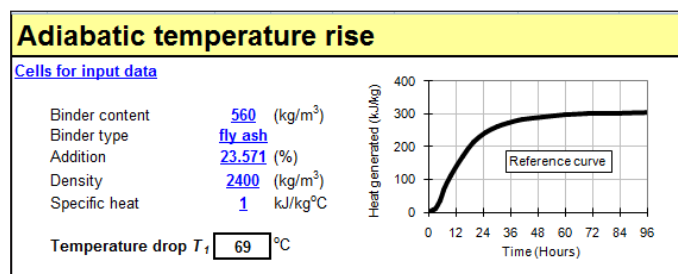
Các thông số chính ảnh hưởng đến sự phát triển nhiệt độ trong khối bê tông được mô tả chi tiết trong CIRIA C660 – Phụ lục A1 (“Heat generation, temperature rise and temperature differentials”), và được tóm lược lại như dưới đây:

- + Hàm lượng xi măng
- + Nguồn gốc và loại xi măng

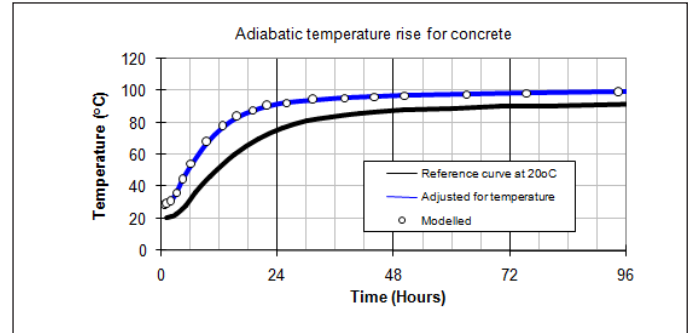
- + Thành phần và tỷ lệ khối trộn có ảnh hưởng đến đặc trưng nhiệt của bê tông
- + Nhiệt độ bê tông đổ
- + Bề dày tiết diện
- + Cốp pha và lớp bao phủ, và thời gian tháo dỡ
- + Điều kiện môi trường
- + Hình thức kiểm soát nhiệt độ (như: hệ thống ống làm mát phía trong)



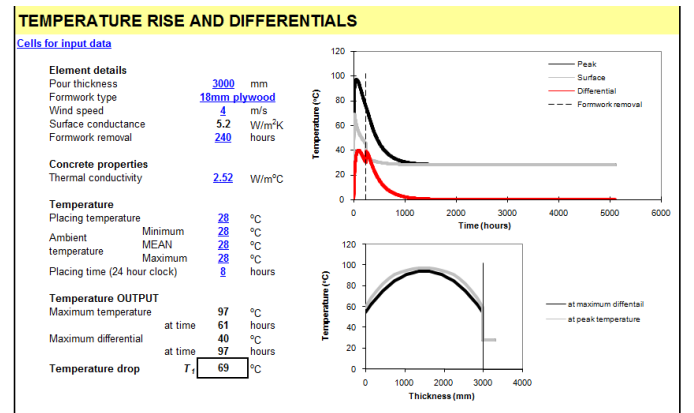
Hình 4.1. Quy trình phân tích nhiệt của Midas Civil 2019.



Hình 5.1. Dữ liệu để tính toán nhiệt độ đoạn nhiệt của bê tông theo CIRIA C660.



Hình 5.2. Đường nhiệt độ đoạn nhiệt của bê tông theo thời gian trong CIRIA C660.



Hình 5.3. Bảng tính nhiệt độ tăng và chênh lệch nhiệt độ trong khối đổ theo CIRIA C660.

3.2. Xác định nhiệt độ bên trong khối đổ bê tông khối lớn theo CIRIA C660.

Việc dự đoán nhiệt độ tăng và chênh lệch nhiệt độ trong khối đổ được dựa trên phương pháp đường đoạn nhiệt của bê tông, có xét đến các thông số ảnh hưởng. Chi tiết tính toán có trong CIRIA C660 – Phụ lục A2 (“A model for predicting the temperature rise and temperature differentials using adiabatic temperature data”).

Trong CIRIA C660, một mô hình số dự đoán sự gia tăng nhiệt độ trong quá trình bê tông đông cứng được phát triển bởi Ross và Bray (1949). Phương pháp này dựa trên lý thuyết khuếch tán nhiệt tiêu chuẩn và sử dụng một phương pháp số được thiết lập bởi Crank (1975). Mô hình tính toán được thiết lập vào trong một ứng dụng bảng tính (spreadsheet) cung cấp bởi CIRIA C660, rất thuận tiện cho các kỹ sư xây dựng.

Tính toán trường nhiệt trong khối đổ bê tông được thực hiện theo phương pháp số, chia khối đổ thành n phần bằng nhau dọc theo tiết diện, trên mỗi phần, tính toán nhiệt độ phát triển theo thời gian dựa vào dữ liệu đường đoạn nhiệt. Sau đó, xác định nhiệt độ lớn nhất tại tâm và nhiệt độ ở hai bề mặt khối đổ, chênh lệch giữa nhiệt độ tại tâm và hai bề mặt chính là chênh lệch nhiệt độ lớn nhất. Đồng thời, dựa vào kết quả nhiệt độ tại các điểm dọc theo tiết diện, vẽ được trường nhiệt độ ứng với thời điểm có T_{max} và trường nhiệt ứng với thời điểm có ΔT_{max} .

4. Tính toán nhiệt thủy hóa trong bê tông khối lớn bằng Midas Civil 2019

Tốc độ và lượng nhiệt sinh ra rất quan trọng trong các kết cấu bê tông có khối lớn. Sự gia tăng nhiệt độ đi kèm với sự giãn nở nhiệt và sự nguội đi không đồng đều của bê tông khối lớn gây ra ứng suất không mong muốn. Nứt nhiệt trong kết cấu bê tông có xu hướng rộng và lan truyền qua kết cấu. Điều này có ảnh hưởng xấu cường độ, độ bền và khả năng chống thấm của kết cấu. Hơn nữa, kết cấu bê tông khối lớn thường được đổ bê tông theo nhiều giai đoạn với các mối nối xây dựng. Các phân đoạn được xây dựng riêng lẻ dẫn đến các đặc tính của nguồn nhiệt là khác nhau và phụ thuộc theo thời gian. Do đó, các giai đoạn thi công cần được kết hợp trong một mô hình phân tích nhiệt thủy hóa để phản ánh chân thực quá trình xây dựng thực tế.

Phần mềm Midas Civil 2019 của công ty MIDASoft giúp các kỹ sư xây dựng có thể tính toán được diễn biến nhiệt bên trong khối bê tông theo các giai đoạn thi công (Construction stages).

Quy trình tính toán nhiệt thủy hóa bằng phần mềm Midas Civil 2019 được thể hiện như Hình 4.1. (Theo [5])

5. So sánh kết quả tính toán bằng phần mềm Midas Civil 2019 và CIRIA C660, lấy ví dụ áp dụng cho một đài móng công trình.

Ví dụ tính toán nhiệt độ phát sinh trong một đài móng công trình bê tông khối lớn thi công trong điều kiện Hà Nội, có các số liệu đầu vào như dưới đây:

a. Đặc trưng của khối đổ

- Kích thước khối đổ bê tông (Dài x rộng x dày) : 14,4 × 9,6 × 3,0 m
Chiều dày khối đổ bê tông : 3000 mm.
- b. Các đặc trưng vật liệu của bê tông**
- Hàm lượng chất kết dính gồm xi măng kết hợp tro bay: 560 kg/m³
- Tỷ lệ tro bay: 23,57 %
- Khối lượng thể tích của bê tông : $\gamma_b = 2400 \text{ kg/m}^3$
- Nhiệt dung riêng của bê tông : 1 kJ/kg^oC
- Bề mặt thoát nhiệt: 5,2 W/m²K (= 18,72 kJ/m².hr.^oC)
- Hệ số dẫn nhiệt của bê tông : 2,52 W/m^oC (= 9,072 kJ/m.hr.^oC)

c. Điều kiện thi công

- Loại ván khuôn : gỗ ván ép dày 18 mm
- Thời gian tháo dỡ ván khuôn : 240 h sau khi đổ bê tông.
- Tốc độ gió: ≈ 4 m/s
- Nhiệt độ môi trường: lấy trung bình 28 ^oC
- Nhiệt độ bê tông đầu vào: 28 ^oC

5.1. Kết quả tính toán nhiệt độ trong khối đổ bê tông theo CIRIA C660

Sử dụng bảng tính của CIRIA C660, tính toán với các thông số đầu vào như trên.

CIRIA C660 cho ra kết quả một đường nhiệt độ đoạn nhiệt của bê tông theo thời gian dựa trên các dữ liệu nhập vào, được biểu diễn trên Hình 5.2.

Bảng tính nhiệt độ tăng theo thời gian và chênh lệch nhiệt độ giữa tâm và bề mặt khối đổ của CIRIA C660 được thể hiện trên Hình 5.3.

Nhiệt độ ở tâm khối đổ đạt giá trị cực đại là: $T_{max} = 97 \text{ }^{\circ}\text{C}$, tại 61 h.
Chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và bề mặt trên là: $\Delta T_{max} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, tại 97 h.

5.2. Kết quả phân tích nhiệt độ trong khối đổ bê tông sử dụng Midas Civil 2019

Sử dụng phần mềm Midas Civil 2019 mô phỏng khối móng công trình nêu trên.

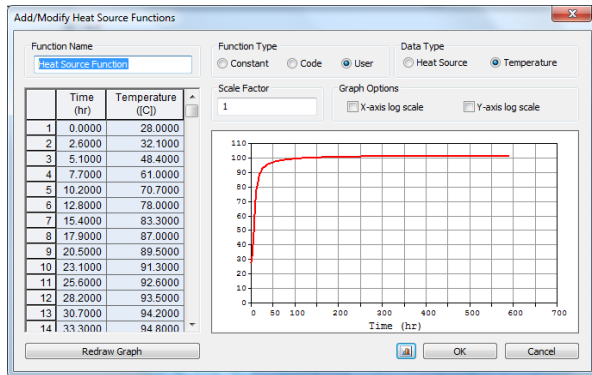
Các thông số nhập vào phần mềm như sau:

Bảng 5.4.

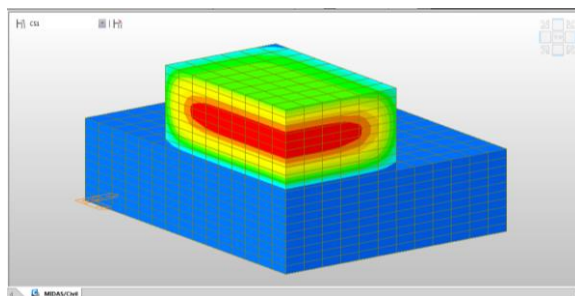
Các thông số chính nhập vào Midas Civil.

Nhiệt dung riêng (kJ/kg. ^o C)	1
Khối lượng thể tích (kg/m ³)	2400
Hệ số dẫn nhiệt (kJ/m.hr. ^o C)	9,072
Bề mặt thoát nhiệt (kJ/m ² .hr. ^o C)	18,72
Nhiệt độ môi trường (^o C)	28
Nhiệt độ đầu vào (^o C)	28
Hàm nguồn nhiệt	Kiểu hàm: User

Hàm nguồn nhiệt (Heat source function) thường được khai báo bằng hệ số (K) và (a), phụ thuộc đặc tính loại bê tông sử dụng cho công trình, được lấy từ thí nghiệm vật liệu của nhà máy bê tông (theo [6]). Trong bài báo, để so sánh, ta nhập hàm nguồn nhiệt theo kiểu User, lấy từ kết quả Đường đoạn nhiệt của bê tông theo CIRIA C660.



Hình 5.5. Khai báo hàm nguồn nhiệt vào Midas Civil.

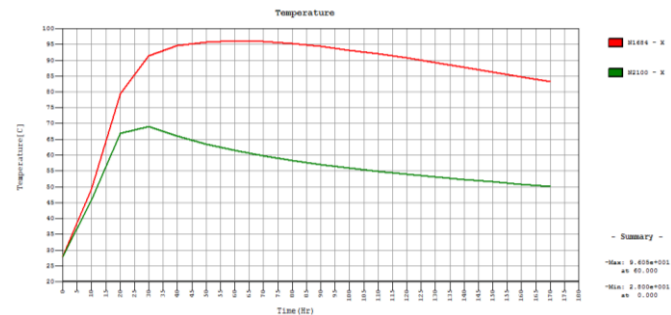


Hình 5.6. Kết quả trường nhiệt độ của khối đổ bê tông trong Midas Civil.

Từ kết quả phân tích, ta xuất ra bảng diễn biến nhiệt độ của khối đổ bê tông.

Nhiệt độ ở tâm khối đổ đạt giá trị cực đại: $T_{max} = 96,05 \text{ }^{\circ}\text{C}$; tại 60 h.

Chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và bề mặt trên:
 $\Delta T_{max} = 37,35 \text{ }^\circ\text{C}$; tại 100 h.



Hình 5.7. Đồ thị nhiệt độ tại tâm và bề mặt khối đổ trong Midas Civil.

5.3. Đánh giá kết quả

Từ các kết quả tính toán trên, ta nhận thấy:

- + Nhiệt độ cực đại ở tâm khối đổ tính theo CIRIA C660 lớn hơn Midas Civil: 1 °C.
- + Chênh lệch nhiệt độ giữa tâm và bề mặt trên khối đổ tính theo CIRIA cao hơn Midas Civil là: 2,65 °C.

Như vậy, các kết quả có thể coi là gần tương đương giữa hai phương pháp.

6. Kết luận

Tính toán nhiệt thủy hóa phát sinh trong khối đổ bê tông đóng một vai trò quan trọng trong quá trình lập biện pháp thi công bê tông khối lớn. Bài báo đã giới thiệu hai phương pháp để tính toán nhiệt độ cực đại và chênh lệch nhiệt độ bên trong khối đổ bê tông. So sánh kết quả cho thấy CIRIA C660 cho ra giá trị nhiệt độ cực đại và độ chênh lệch nhiệt độ lớn hơn so với tính bằng phần mềm Midas Civil, tuy nhiên sai số là không nhiều. Kiến nghị các cơ quan chuyên môn của Nhà nước tiếp tục bổ sung, hoàn thiện các cơ sở lý luận và tính toán về thiết kế thi công bê tông khối lớn trong điều kiện khí hậu Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- [1]. TCVN 9341:2012, “Bê tông khối lớn – Thi công và nghiệm thu”.
- [2]. Nguyễn Tiến Đích (2011), “Công tác bê tông trong điều kiện khí hậu nóng ẩm Việt Nam”, NXB Xây dựng.
- [3]. P. Bamforth (2007), “CIRIA C660: Early- age thermal crack control in concrete”, London, UK
- [4]. MIDASoft, Midas Civil 2019 User Manual.
- [5]. MIDASoft, “Midas Civil Advanced Application 4 - Heat of Hydration Analysis by Construction Stages”.
- [6]. Kim Kwang Ki, Hwang In Gwan, Kim Myoung Gug (2012), “Adiabatic temperature rise and reaction rate of mass structure in Lotte Center Hanoi project”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 1/2012, tr. 50-56.