

PHÂN TÍCH NHIỆT TRONG ĐẬP BÊ TÔNG TRỌNG LỰC

ThS. Bùi Anh Kiệt¹

TÓM TẮT

Trong thực tế xây dựng các công trình bê tông khối lớn, hiện tượng xuất hiện các vết nứt khá phổ biến trong đó chế độ nhiệt trong khối bê tông đóng vai trò quan trọng hình thành nên các vết nứt này.

Trên cơ sở đó, việc mô phỏng tính toán nhiệt trong bê tông nhằm mục đích kiểm soát, khống chế các vết nứt là yêu cầu rất cần thiết trong công tác thiết kế các công trình bê tông khối lớn mà đặc biệt là các công trình thủy điện vì các công trình này thường chịu áp lực nước cao mà việc xuất hiện vết nứt có khả năng gây ra hiện tượng xâm thực làm phá hoại công trình, làm giảm khả năng làm việc và gây mất nước.

Do đó, Bài báo được thực hiện với các mục tiêu chính như sau:

- Nghiên cứu, thiết lập mô hình tính toán trường nhiệt độ theo thời gian trong đập bê tông trọng lực bằng phần mềm Ansys.

- Xác định trường nhiệt độ phát sinh theo thời gian trong từng khối đổ.

Từ khoá: Phân tích nhiệt, Bê tông đầm lăn, Nhiệt thủy hóa, Đồi lưu, Ansys.

ABSTRACT

In practice of massive concrete constructions, cracks appear so popularly. Thermal behavior in concrete is the important cause of this problem.

Based on this reason, the thermal analysis of concrete is very neccessary to find the reasonable solution to prevent cracking in design massive concrete constructions, especially hydroelectric power because of high hydraulic pressure. This pressure cause cracking which induce aggressive phenomenon.

So that, the objectives of this paper are:

- To research and install thermal modelling in gravity concrete dam by using Ansys software.

- To determinate the temperature by time that generated inside each block.

Keywords: Thermal analysis, Roller Compacted Concrete (RCC), Hydration heat, Convection, Ansys.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các công trình thủy lợi bằng bê tông khối lớn, đặc biệt là đập bê tông trọng lực, thường chịu áp lực nước lớn. Do vậy để công trình hoạt động ổn định, an toàn, đảm bảo tuổi thọ công trình cũng như yêu cầu

về chịu lực thì không cho phép xuất hiện các vết nứt, vì chính các vết nứt này không những làm giảm khả năng làm việc mà còn gây ra hiện tượng xâm thực phá hoại công trình. Sự hư hỏng và phá hoại như vậy thường dẫn đến những tổn thất lớn về

¹Khoa Xây dựng và Điện, Trường ĐH Mở TP.HCM.

người và của, mà việc sửa chữa công trình thường rất phức tạp và tốn kém.

Để khắc phục tình trạng trên, về mặt thiết kế khi tính toán kết cấu người ta thường giới hạn không cho phép xuất hiện các vết nứt trong vùng chịu áp lực nước. Tuy nhiên trong thực tế xây dựng, hiện tượng xuất hiện các vết nứt là phổ biến. Nguyên nhân của hiện tượng này bao gồm nhiều yếu khác nhau, trong đó ứng suất nhiệt phát sinh do quá trình thủy hóa xi măng có ảnh hưởng đáng kể đến việc hình thành các vết nứt.

Trong phạm vi bài báo này, tác giả sẽ tiến hành phân tích trường nhiệt độ bằng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) với phần mềm Ansys – chương trình cho phép mô phỏng sự phân bố trường nhiệt độ trong thân đập bê tông, trong đó kể đến hầu hết các yếu tố như sự truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt trong môi trường vật rắn, truyền nhiệt bằng đối lưu, bức xạ nhiệt giữa bề mặt vật rắn với môi trường chất lỏng hay không khí, trong đó có kể cả yếu tố thời gian, phản ánh cụ thể sự biến thiên nhiệt độ trong thân đập.

2. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC

2.1. Nghiên cứu trong nước

Ở nước ta, việc nghiên cứu diễn biến nhiệt độ, ứng suất nhiệt và thiết lập quy trình công nghệ thi công đập bê tông trọng lực còn khá mới mẻ. Hiện nay chúng ta đã có tiêu chuẩn TCVN 4116:1995- Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thủy công và mới nhất là Tiêu chuẩn TCXDVN 305-2004 – Bê tông khối lớn – Quy phạm thi công và nghiệm thu. Trong các tiêu chuẩn trên, chưa có quy trình hướng dẫn tính toán nhiệt cũng như phần mềm tính toán được phép áp dụng. Trong quy phạm về thi công bê tông thủy công khối lớn mới chỉ ra nhiệt độ khống chế khi đổ bê tông yêu cầu nên nhỏ hơn 25°C .

Đối với một số công trình đập bê tông trọng lực đã xây dựng ở nước ta trước đây, khi thiết kế đã quan tâm đến tính toán nhiệt trong bê tông nhưng chưa có điều kiện phân tích đầy đủ quá trình diễn biến trường nhiệt trong toàn kết cấu ở những thời điểm cần thiết. Một số công trình đã có hướng dẫn quy trình công nghệ thi công riêng, trong đó đã có chỉ dẫn áp dụng một số biện pháp kỹ thuật nhằm giảm khả năng phát nhiệt của bê tông... Tuy nhiên, do một số điều kiện hạn chế nên hiện nay vẫn chưa có sự tổng kết đúc rút kinh nghiệm nào. Dưới đây là một ứng dụng cụ thể tính toán nhiệt cho công trình thủy điện (CTTĐ) tại Việt Nam dưới sự hợp tác giữa Công ty Colenco (Thụy Sĩ) và Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng Điện 2 (PECC2):

Colenco-PECC2: Đập dâng của công trình thủy điện Đồng Nai 3 có kết cấu bê tông trọng lực thi công theo công nghệ đầm lăn (RCC). Với kích thước của đập lớn và yêu cầu thi công nhanh, vấn đề ứng suất kéo trong thân đập do chênh lệch nhiệt độ giữa các phần bê tông trong thân đập có ý nghĩa quan trọng đối với độ bền và khả năng chống thấm của đập. Việc tính toán trường nhiệt độ được mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn, sử dụng phần mềm Z-Soil.

2.2. Nghiên cứu ngoài nước

Tại các nước công nghiệp phát triển, khi xây dựng các công trình bê tông khối lớn nói chung và đập bê tông trọng lực nói riêng, đều đã có các nghiên cứu khá kỹ về diễn biến nhiệt, ứng suất nhiệt ngay từ khâu thiết kế và trong quá trình thi công. Từ đó nêu ra quy trình công nghệ thi công hợp lý với các biện pháp khống chế nhiệt độ đồng bộ. Trong quá trình thi công đã có theo dõi, quan trắc các diễn biến nhiệt, ứng suất nhiệt để đối chiếu với tính toán và kịp thời điều chỉnh quy trình thi công, thường xuyên có tổng kết, hội thảo khoa học về

lĩnh vực này. Dưới đây là một số nghiên cứu được trình bày tại các hội thảo và trên các tạp chí khoa học:

a. Jean – Luc Sarf và Alexandre Wohnlich [5]: Trong khuôn khổ của hội thảo lần thứ 7 được tổ chức tại Bucharest vào 10-2003 về phân tích số đập bê tông, hai chuyên gia đã đề cập đến việc nghiên cứu cách ứng xử của nhiệt trong đập bê tông trọng lực RCC trong suốt quá trình xây dựng. Các chuyên gia trên đã sử dụng mô hình phần tử hữu hạn 2D bằng phần mềm Z-Soil để xem xét sự phát triển nhiệt trong thân đập cũng như tính toán trường ứng suất do nhiệt gây ra theo thời gian ứng với tiến độ xây dựng công trình.

b. Coyne et Bellier [6]: Tại hội thảo Benchmark lần thứ 7 được tổ chức tại Bucharest vào 10-2003, tác giả đã sử dụng phần mềm Theme B để dự đoán trường nhiệt độ và ứng suất trong thân đập bê tông trong suốt quá trình thi công công trình.

c. David Dollar and etc [7]: Tại hội thảo “2005 Tri-Services Infrastructure Conference”, David Dollar và nhóm nghiên cứu đã phân tích sự gia tăng phi tuyến ứng suất biến dạng nhiệt đối với đập Portugues. Mục đích chính của nghiên cứu là:

- + Đặc trưng nhiệt độ ổn định trong thời gian dài;
- + Vị trí và cách ứng xử của các khe nhiệt;
- + Khả năng gây nứt.

3. Ý NGHĨA CỦA KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Sự thay đổi nhiệt độ trong bê tông khối lớn khá phức tạp và có khả năng gây nứt cho bê tông. Ở các nước có nền xây dựng tiên tiến, quá trình thi công bê tông khối lớn rất quan tâm đến việc tính toán không chế nhiệt. Ở Việt Nam, vấn đề không chế nhiệt trong quá trình thi công

bê tông khối lớn cũng đã được nghiên cứu thực hiện nhưng do chưa có quy phạm chính thức mà phải vận dụng các tài liệu nước ngoài nên có thể còn nhiều bất cập trong điều kiện thực tế của nước ta. Do đó, việc nghiên cứu vấn đề không chế nhiệt trong quá trình thi công bê tông khối lớn ở nước ta là rất cần thiết, góp phần vào việc phát triển tốt công nghệ thi công bê tông khối lớn để xây dựng các công trình thủy lợi, thủy điện đạt chất lượng ngày càng cao, đồng thời góp phần làm hoàn thiện cơ sở lý thuyết, xây dựng các quy trình, quy phạm về thiết kế, thi công bê tông ở Việt Nam.

4. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ NHIỆT TRONG BÊ TÔNG

4.1. Các nhân tố ảnh hưởng đến dòng nhiệt trong công trình

Công trình thủy lợi, thủy điện nói chung và công trình bê tông khối lớn nói riêng thường làm việc trong điều kiện nhiệt độ thường xuyên thay đổi. Dòng nhiệt trong công trình phụ thuộc vào sự biến động nhiệt độ của môi trường bên ngoài như nước, không khí hay bên trong như sự toả nhiệt của xi măng trong quá trình thủy hóa. Dòng nhiệt có thể xuất phát từ bên trong hoặc một yếu tố khác từ bên ngoài.

Dòng nhiệt trong quá trình xây dựng ở công trình bê tông được quyết định bởi các yếu tố sau: nhiệt độ của hỗn hợp vữa bê tông, tốc độ toả nhiệt của bê tông, nhiệt độ môi trường xung quanh và nhiệt độ của nền công trình. Tùy theo thành phần tính chất của xi măng và cốt liệu mà ta có loại bê tông toả nhiệt nhanh, bê tông toả nhiệt chậm, bê tông ít toả nhiệt, bê tông toả nhiệt nhiều.

4.2. Phương trình vi phân dẫn nhiệt cho bê tông

Nền tảng của bài toán phân tích nhiệt là phương trình cân bằng nhiệt, phương trình này được thiết lập dựa trên định luật bảo toàn năng lượng. Phương trình cân

bằng nhiệt trong hệ toạ độ Descartes được viết dưới dạng:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \left(\frac{\partial}{\partial x} (k_x \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k_y \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (k_z \frac{\partial T}{\partial z}) \right) + q$$

Trong đó:

- $T(x,y,z,t)$: Chỉ nhiệt độ tại toạ độ (x,y,z) tại thời điểm t ; $^{\circ}\text{C}$

- ρ : khối lượng riêng của bê tông; (kg/m^3)

- c : nhiệt dung riêng hay tỉ nhiệt; ($\text{J}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$)

- k_x, k_y, k_z : hệ số truyền nhiệt theo các phương x,y,z ; ($\text{J}/\text{h.m.}^{\circ}\text{C}$)

- q : tốc độ toả nhiệt trên một đơn vị thể tích

Với nguồn nhiệt của bê tông thay đổi theo thời gian:

$$R(t) = WQ_0(1-e^{-mt})$$

Khi đó, tốc độ tỏa nhiệt trên một đơn vị thể tích:

$$q(t) = \frac{\partial R}{\partial t} = WQ_0 m e^{-mt}$$

Trong đó:

- W : Lượng xi măng trong 1 m^3 bê tông; kg

- Q_0 : Tổng lượng nhiệt phát cuối cùng của xi măng; J/kg

- m : Hệ số tỏa nhiệt của xi măng; $1/\text{ngày}$

4.3. Điều kiện biên

Các điều kiện biên sử dụng trong phân tích nhiệt gồm:

- Nhiệt độ tiêu chuẩn tác động lên bề mặt S_1 (bề mặt tiếp xúc với mặt đất hoặc phạm vi giới hạn của nền):

$$T = T^*$$

- Dòng nhiệt tiêu chuẩn trên bề mặt S_2 (là các bề mặt tiếp xúc với không khí)

$$k_x \frac{\partial T}{\partial x} + k_y \frac{\partial T}{\partial y} + k_z \frac{\partial T}{\partial z} = q^*$$

Trong đó: q^* là dòng nhiệt tiêu chuẩn

4.4. Điều kiện thời gian

Cho biết sự phân bố nhiệt độ tại thời điểm ban đầu $t = 0$, $T = f(x, y, t_0)$ vì vậy điều kiện này còn gọi là điều kiện ban đầu.

5. MÔ PHỎNG TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ TRONG ĐẬP BÊ TÔNG TRỌNG LỰC

Chương trình sẽ mô phỏng trường nhiệt trong đập bê tông trọng lực với mặt cắt ngang đập dâng hồ chứa Công trình Thủy điện Đồng Nai 3.

Để thực hiện mô phỏng, tác giả đã thu thập các số liệu đầu vào, cụ thể là: nhiệt độ môi trường quan trắc tại trạm đo Đắc Nông, đặc tính nhiệt của bê tông sử dụng cho công trình, tiến độ thi công, v.v...

5.1. Giới thiệu sơ lược Công trình Thủy điện Đồng Nai 3

Công trình thủy điện Đồng Nai 3 trên sông Đồng Nai thuộc bậc thang khai thác tổng hợp năng lượng của sông Đồng Nai. Công trình thuộc địa phận hai tỉnh Lâm Đồng và Đắc Nông, cách thành phố Hồ Chí Minh 300 km về hướng Tây- Tây Bắc theo QL 14.

Nhiệm vụ chính của công trình là cung cấp điện năng cho hệ thống điện quốc gia. Công trình có công suất lắp máy 180MW, công suất đảm bảo 58.3MW, điện lượng trung bình hàng năm 607 triệu kWh.

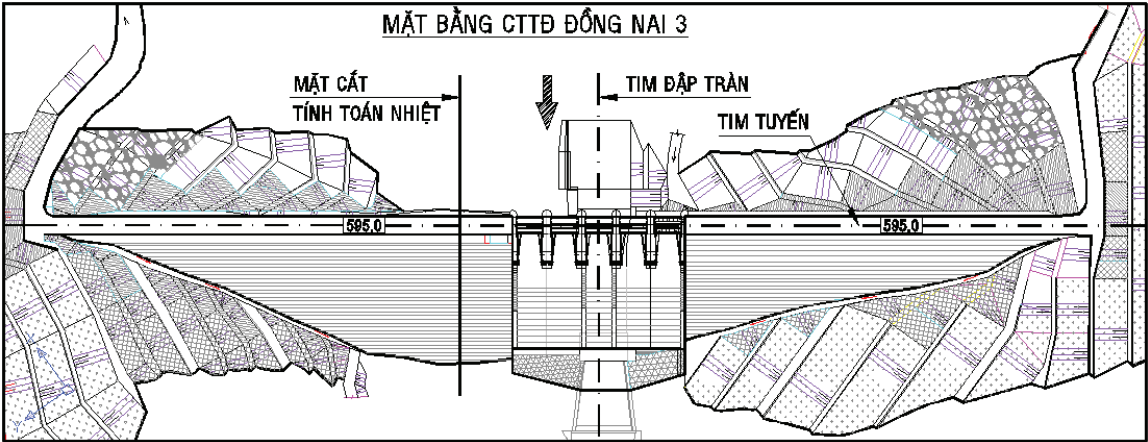
Bảng 1. Các thông số cơ bản của hồ chứa CTTĐ Đồng Nai 3

1	Cấp công trình hồ chứa		I
2	Mức nước dâng bình thường (MNDBT)	m	590.0
3	Mức nước chết (MNC)	m	570.0
4	Dung tích hồ tại MNDBT – Wtb	10 ⁶ m ³	1612.0
5	Dung tích hữu ích - W _{hi}	10 ⁶ m ³	903.1
6	Diện tích hồ tại MNDBT	km ²	56.0

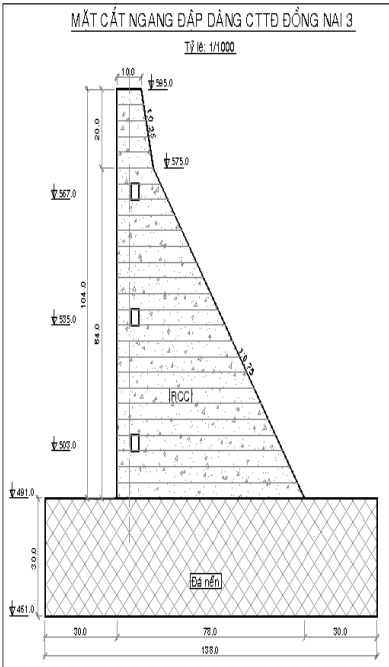
Đập dâng thủy điện Đồng Nai 3 có kết cấu bê tông trọng lực thi công theo công nghệ đầm lăn (RCC). Cao trình đỉnh đập được thiết kế tại El.595.0m, chiều dài đỉnh đập là 570m bao gồm cả đập tràn, chiều

cao lớn nhất của đập là 104m, bề rộng đỉnh được thiết kế 10 m, mái thượng lưu thẳng đứng, có lớp bê tông biến thái (GEVR) dày 500mm, mái hạ lưu có độ dốc thay đổi m=0.25, 0.75; có lớp GEVR dày 300mm.

Hình 1. Mặt bằng tuyến áp lực CTTĐ Đồng Nai 3



Hình 2. Mặt cắt ngang đập dâng và sơ đồ phân chia khối đổ tính toán



5.2. Thu thập các số liệu đầu vào

Số liệu đầu vào phục vụ tính toán nhiệt được trích dẫn từ hồ sơ Thuyết minh

Bảng 2. Nhiệt độ môi trường trong năm tại trạm quan trắc Đắc Nông

Tháng	NHIỆT ĐỘ (°C)		
	TB	Max	Min
I	20.2	33.5	7.6
II	21.4	35.7	7.8
III	23.1	36.4	9.5
IV	24.0	36.6	13.2
V	23.9	35.6	17
VI	23.3	33.5	16.6
VII	22.9	33	17.1
VIII	22.7	32	17
IX	22.7	32.4	16.4
X	22.5	31.9	8.5
XI	21.8	32.1	10.7
XII	20.5	32.8	8.3
TB	22.4	33.8	12.4

Thiết kế Kỹ thuật giai đoạn 2 – Công trình Thủy điện Đồng Nai 3 [4]

a. Thông số tính toán nhiệt

Bảng 3. Quan hệ giữa thời gian, nguồn nhiệt và tốc độ nhiệt thủy hóa

t (giờ)	R (KJ/m³)	Q (KJ/m³.giờ)
0.1	63.9	665.0
24	13799.9	493.0
48	24023.1	365.3
72	31596.6	270.6
96	37207.2	200.5
120	41363.7	148.5
168	46723.9	81.5
216	49665.7	44.7
264	51280.2	24.5
312	52166.2	13.5
408	52919.4	4.1
504	53146.2	1.2
672	53232.0	0.1

Bảng 4. Các thông số tính toán nhiệt cơ bản

STT	Các thông số tính toán	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Bê tông RCC				
1	Dung trọng	ρ	Kg/m³	2400.0
2	Nhiệt dung riêng của bê tông	C	KJ/kg °C	1.00
3	Tính dẫn nhiệt trong bê tông	k	KJ/m.h.°C	7.2
4	Nhiệt độ RCC khi đổ	t_{RCC}	°C	23.0
5	Tỉ lệ truyền nhiệt tại bề mặt	b_0	KJ/m².h.°C	50.0
6	Tỉ lệ truyền nhiệt tại bề mặt cốt pha thép	b_0	KJ/m².h.°C	50.0
7	Vận tốc gió trung bình	v_{tb}	m/s	1.5
Nền đá				
1	Dung trọng	ρ	Kg/m³	2700.0

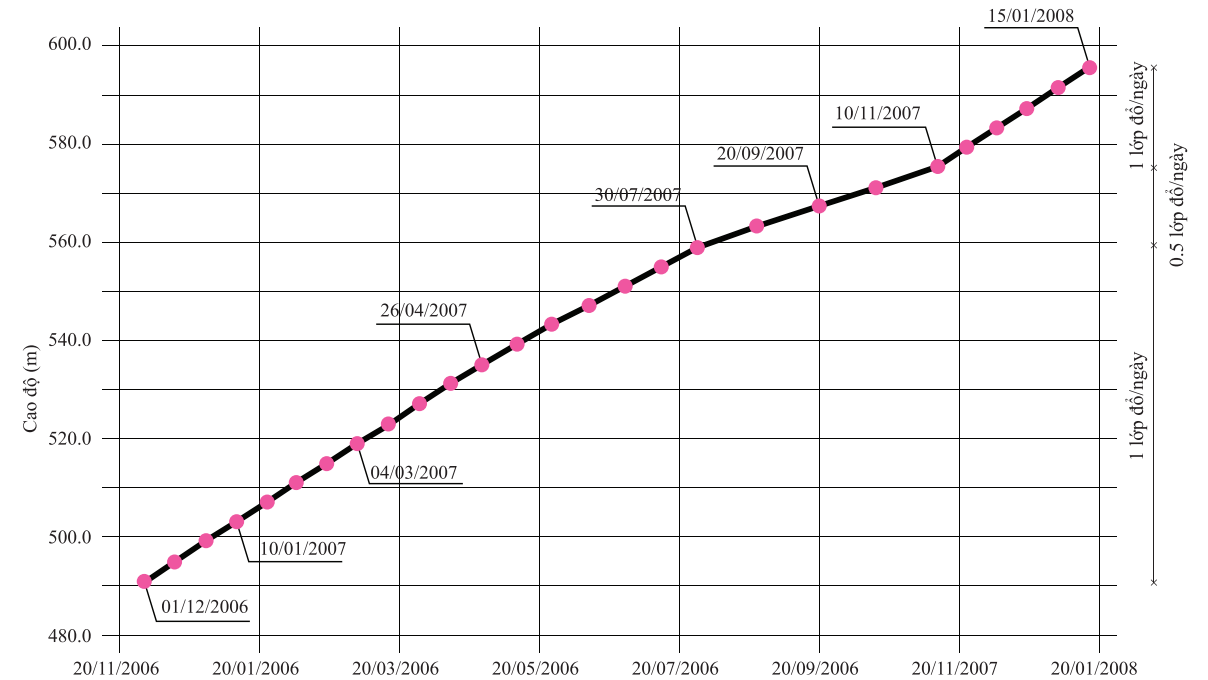
2	Nhiệt dung riêng	C_{rock}	KJ/kg °C	0.85
3	Tính dẫn nhiệt	k_{rock}	KJ/m.h.°C	13.3
4	Nhiệt độ nền đá	$t_{nền\ đá}$	°C	22.4

b. Tiến độ đổ bê tông

Trong mô hình nghiên cứu của này, việc đổ các khối bê tông tiếp theo tuân theo tiến độ được lập. Trong quá trình từ lúc bắt đầu thi công khối bê tông đầu tiên

cho đến khi khối bê tông cuối cùng được hoàn thành (từ 0 giờ đến 10320 giờ), bước tải được chọn là 12h, thời gian tiếp theo bước tải được chọn là 24h.

Hình 3. Tiến độ thi công đập RCC Đồng Nai 3



5.3. Tạo mô hình tính toán quá trình thi công đập RCC Đồng Nai 3

Đầu tiên, cần tạo các keypoint. Toàn bộ mô hình có 116 keypoint. Các keypoint này chính là các đỉnh của các area trong mô hình.

Sau khi tạo các keypoint, các area sẽ được xác định, đỉnh của các area chính là các keypoint. Mô hình bao gồm 80 area, trong đó có 5 area được gán các thuộc tính của nền đập và 75 area được gán thuộc tính của bê tông đầm lặn (RCC). Các area này được phân chia tương ứng với 26 khối

đổ trong quá trình thi công, mỗi khối đổ có chiều cao 4m.

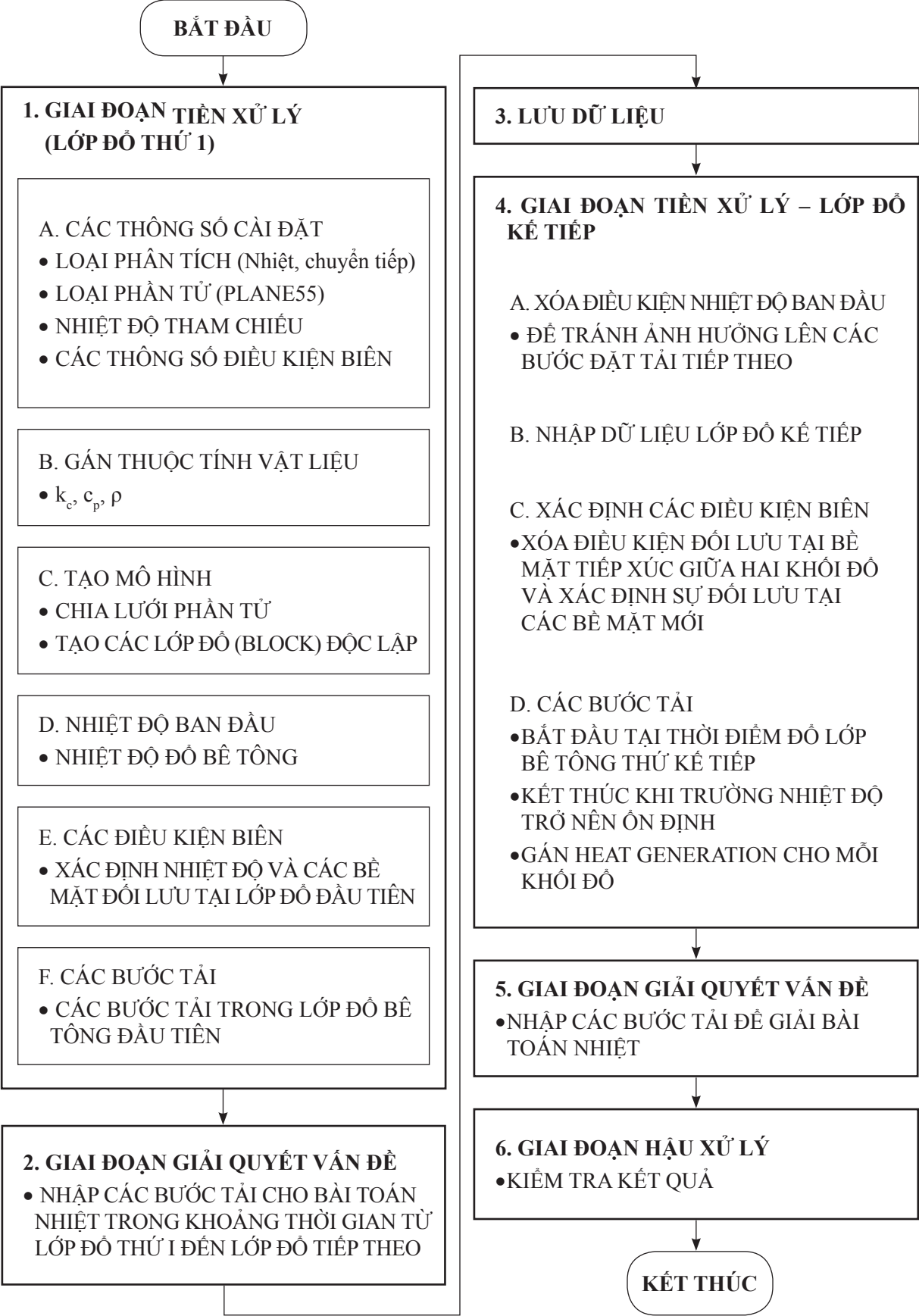
Mô hình được chia lưới dạng tứ giác, gồm 3012 nút và 2850 phần tử.

Mô phỏng hình học dựa theo kết cấu thực của mặt cắt đập tính toán (mặt cắt có chiều cao đập lớn nhất). Độ sâu và bề rộng của nền đá được giới hạn cách mép đập 30m, tại biên giới hạn của nền này nhiệt độ được giả thiết là không phụ thuộc vào nhiệt thủy hóa RCC và được lấy bằng nhiệt độ trung bình năm của môi trường bên ngoài mô hình.

5.4. Thiết lập thuật toán phân tích

Thuật toán phân tích nhiệt được trình bày theo sơ đồ hình 4

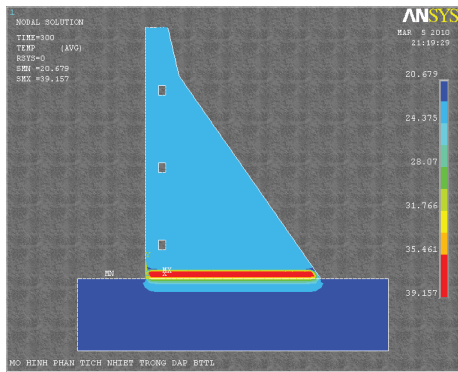
Hình 4. Sơ đồ thuật toán phân tích nhiệt



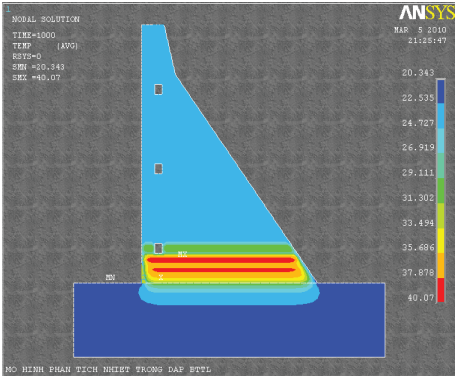
5.5. Kết quả nghiên cứu

a) Trường nhiệt độ trong thân đập tại các thời điểm

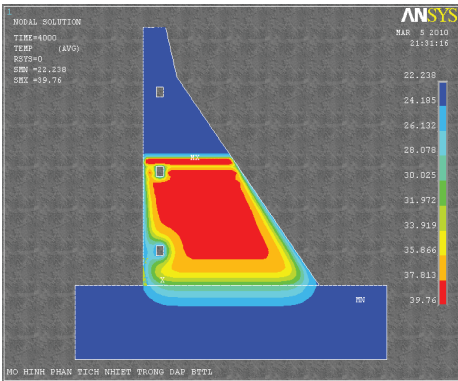
Hình 5. Trường nhiệt độ tại thời điểm 300 giờ



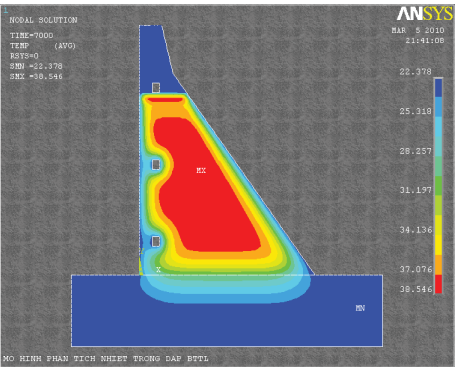
Hình 6. Trường nhiệt độ tại thời điểm 1.000 giờ



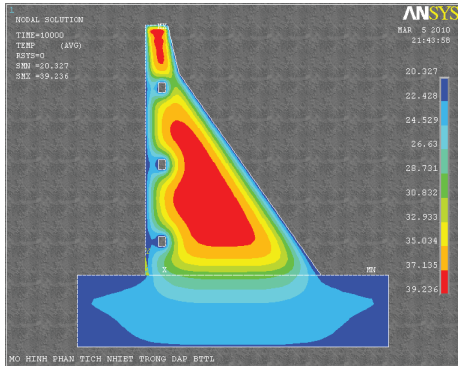
Hình 7. Trường nhiệt độ tại thời điểm 4.000 giờ



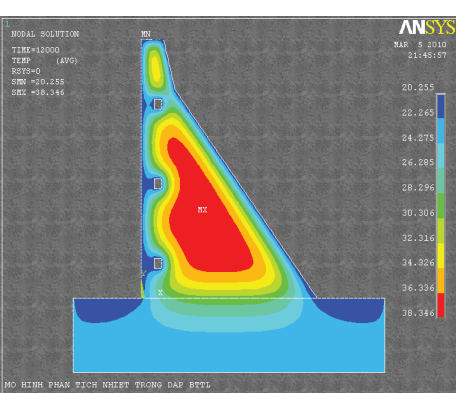
Hình 8. Trường nhiệt độ tại thời điểm 7.000 giờ



Hình 9. Trường nhiệt độ tại thời điểm 10.000 giờ

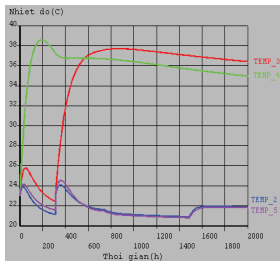


Hình 10. Trường nhiệt độ tại thời điểm 12.000 giờ

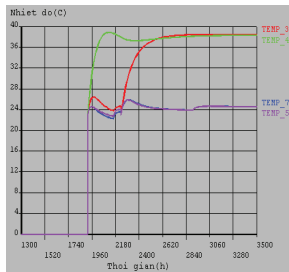


b) Quan hệ Nhiệt độ (°C) và thời gian (giờ) tại các các cao trình

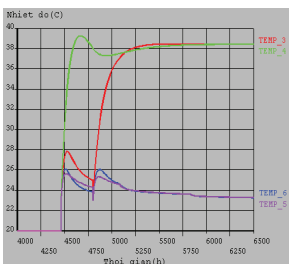
Hình 11. Quan hệ T(°C) – t(giờ) tại EL.495.0m (H=4m)



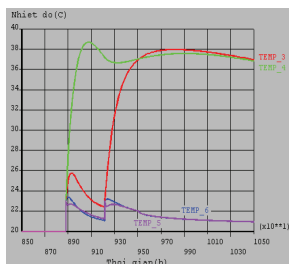
Hình 12. Quan hệ T(°C) – t(giờ) tại EL.519.0m (H=28m)



Hình 13. Quan hệ T(°C) – t(giờ) tại EL.551.0m (H=60m)



Hình 14. Quan hệ T(°C) – t(giờ) tại EL.587.0m (H=96m)

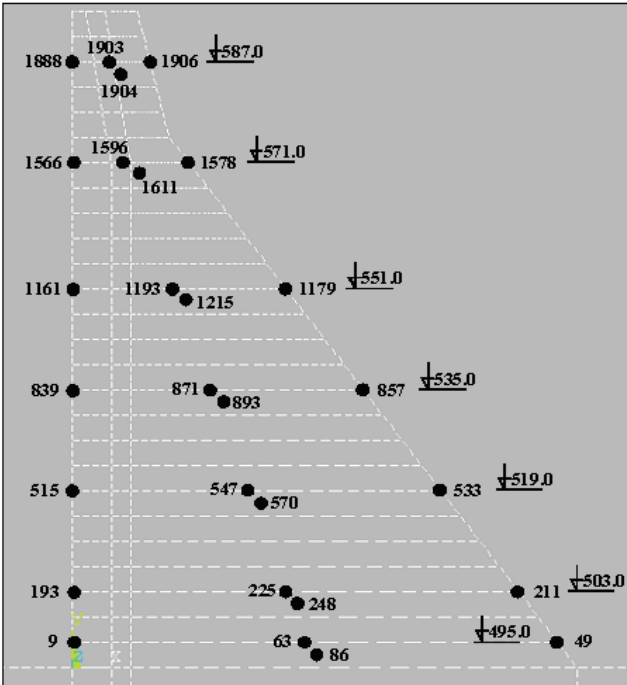


❖ Ghi chú:

- Các đường quan hệ nhiệt độ theo thời gian temp2, temp5, temp3, temp4 ứng với các nút 9, 49, 63 và 86 (tại C.T 495.0)
- Các đường quan hệ nhiệt độ theo thời gian temp5, temp7, temp3, temp4 ứng với các nút 515, 533, 547 và 570 (tại C.T 519.0)

- Các đường quan hệ nhiệt độ theo thời gian temp5, temp6, temp3, temp4 ứng với các nút 1161, 1179, 1193 và 1215 (tại C.T 551.0)
- Các đường quan hệ nhiệt độ theo thời gian temp5, temp6, temp3, temp4 ứng với các nút 1888, 1906, 1903 và 1904 (tại C.T 587.0)

Hình 15. Sơ họa vị trí các nút khảo sát Nhiệt độ - Thời gian



❖ Nhận xét:

Đối với các vị trí tại biên thượng, hạ lưu đập: sự tỏa nhiệt từ quá trình thủy hóa xi măng làm nhiệt độ tại các nút này tăng lên. Tuy nhiên, do quá trình đối lưu diễn ra tại bề mặt tiếp xúc với không khí nên độ tăng nhiệt độ so với nhiệt độ môi trường xung quanh là không nhiều ($3^{\circ}\text{C} \div 5^{\circ}\text{C}$) và giảm nhanh, đến thời điểm đổ khối đổ tiếp theo thì nhiệt độ tại các nút trên gần như bằng với nhiệt độ môi trường. Sự xuất hiện khối bê tông kế tiếp làm cho nhiệt độ tại các nút này tăng trở lại do quá trình truyền nhiệt từ khối bê tông bên trên xuống khối bê tông bên dưới, sau đó nhiệt độ tại các nút giảm dần theo nhiệt độ môi trường và gần như không còn bị ảnh hưởng của quá trình thủy hóa nhiệt từ các khối bê tông bên trên.

Đối với các vị trí ở mặt trên của từng khối đổ, quá trình diễn biến nhiệt độ cũng diễn ra tương tự các nút tại biên thượng, hạ lưu đập trong khoảng thời gian từ lúc hình thành khối đổ đang xét cho đến khi đổ khối đổ tiếp theo. Tuy nhiên, độ tăng nhiệt độ cao hơn do các nút này dù tiếp xúc với môi trường bên ngoài nhưng chúng gần lõi khối đổ hơn so với các nút ở biên. Khi khối đổ kế tiếp bên trên hình thành thì các nút đang xét không còn xảy ra quá trình đối lưu nữa, nhiệt độ tại các nút tăng lên do có sự truyền nhiệt từ khối đổ bên trên truyền xuống và nhiệt thủy hóa từ chính khối đổ đang xét, thời gian đạt đến giá trị lớn nhất là 480 giờ (tại $H=4\text{m}$), 400 giờ (tại $H=12\text{m}$), 300 giờ ($H=80\text{m}$) kể từ khi xuất hiện khối đổ tiếp theo. Sau khi đạt nhiệt độ cao nhất, nhiệt độ tại các nút ở khối bên dưới ($H<60\text{m}$) giảm không đáng kể còn nhiệt độ tại các nút thuộc các khối bên trên ($H>60\text{m}$) giảm nhanh hơn. Điều này có thể giải thích là do các khối bên dưới ($H<60\text{m}$) có chiều rộng B của khối đổ lớn nên quá trình truyền nhiệt từ bên trong lõi ra bên ngoài bề mặt cần thời gian lâu hơn so với các khối đổ bên trên ($H>60\text{m}$).

Đối với các vị trí bên trong khối đổ do không tiếp xúc trực tiếp với môi trường bên ngoài nên trong giai đoạn từ khi xuất hiện khối đổ đang xét cho đến khi xuất hiện khối đổ tiếp theo thì đường cong không có sự gãy khúc như các trường hợp đã xét, thời gian đạt nhiệt độ tối đa tại các nút này là khoảng 200 giờ (8 ngày) từ khi xuất hiện khối đổ, nhiệt độ cao nhất đạt được là 40.7°C tại các thời điểm 576 giờ và 1848 giờ (ứng với độ tăng nhiệt độ $\Delta T = 40.7 - 23 = 17.7^{\circ}\text{C}$). Nếu so sánh với độ tăng nhiệt độ đoạn nhiệt là 22.18°C thì thấy rằng nhiệt độ bị hấp thu bởi nền đá và quá trình đối lưu tại bề mặt đập là 4.68°C . Ngoài ra, thời gian đạt đến nhiệt độ tối đa khoảng 8 ngày là tương đối chậm so với bê tông thường (khoảng 3 ngày). Điều này được giải thích là do đập Đồng Nai 3 sử dụng bê tông RCC - đây là loại bê tông mà thành phần cấp phối sử dụng ít xi măng (75kg Xi măng + 99Kg phụ gia hoạt tính) nên độ phát nhiệt chậm, trong khi các loại bê tông thường có hàm lượng xi măng lớn hơn nên tốc độ phát nhiệt nhanh hơn.

Qua các kết quả thu được từ sự phân bố nhiệt độ tại các cao trình khác nhau, ta nhận thấy rằng: ở khoảng thời gian ban đầu của khối đổ tại các cao trình đang xét, nhiệt độ lớn nhất phân bố trên phạm vi rộng của bề rộng khối đổ, thời gian càng kéo dài về sau thì phạm vi nhiệt độ lớn nhất chỉ xuất hiện ở lõi đập, càng xa lõi đập thì nhiệt độ giảm dần và tiến đến nhiệt độ môi trường, ngoài ra nhiệt độ tại các vị trí tương ứng cũng giảm dần theo thời gian.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất và giải quyết một bài toán cụ thể về phân tích nhiệt trong bê tông khối lớn với việc sử dụng phần mềm Ansys để lập mô hình phân tích trường nhiệt độ phân bố trong thân đập bê tông trọng lực theo thời gian trong quá trình thi công. Qua phân tích nhận thấy rằng,

chương trình đã giải quyết tốt bài toán truyền nhiệt trong trường hợp các khối đổ liên tiếp chồng lên nhau trong quá trình thi công. Do đó việc ứng dụng chương trình này vào thực tiễn phân tích nhiệt trong bê tông khối lớn là rất hữu ích trong điều kiện xây dựng hiện nay tại Việt Nam.

Kết quả trường nhiệt độ thu được từ mô hình sẽ là dữ liệu đầu vào để tính toán, phân tích ứng suất nhiệt phân bố trong thân đập, trong phạm vi bài báo này chỉ đề cập đến phân tích trường nhiệt độ, nội dung phân tích ứng suất nhiệt sẽ được làm rõ trong các bài báo tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Saeed Moaveni (2003), *Finite Element Analysis-Theory and Application with Ansys*, Pearson Education.
2. David V.Hutton (2004), *Fundamentals of Finite Element Analysis*, The McGraw-Hill Companies.
3. Lê Đình Hồng, *Bài giảng Phương pháp số nâng cao* - Đại Học Bách Khoa TP.Hồ Chí Minh.
4. PECC2 (2008), *Tính toán nhiệt bằng phần tử hữu hạn, Thuyết minh Thiết kế kỹ thuật giai đoạn 2-Công trình thủy điện Đồng Nai 3*.
5. Jean – Luc Sarf and Alexandre Wohnlich, *Thermal Analysis an RCC Gravity Dam During Construction:Bi-dimentional Solution Proposed by Stucky-Comsa*, 7th Benchmark Workshop On Numerical Analysis of Dams in September 2003 - Bucharest, Romani.
6. Coyne et Bellier, *Thermal Analysis of a RCC Dam Body During Construction*, 7th Benchmark Workshop On Numerical Analysis of Dams in September, 2003 - Bucharest, Romania.
7. David Dollar and etc (08-2005), *Nonlinear Incremental Thermal Stress Strain Analysis Portugues Dam*, Tri-Services Infrastructure Conference.
8. Sanda Radovanovic – Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Manitoba (1998), *Thermal and Structural Finite Element Analysis of Early age mass concrete*.