

# XÂY DỰNG BÀI TOÁN TÍNH NHIỆT VÀ ỨNG SUẤT NHIỆT TRONG ĐẬP BÊ TÔNG TRỌNG LỰC ĐẦM LẤN Ở VIỆT NAM BẰNG PHẦN MỀM ANSYS

Lê Quốc Toàn<sup>1</sup>, Vũ Thanh Te<sup>1</sup>, Vũ Hoàng Hưng<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** *Tính toán nhiệt và ứng suất nhiệt trong đập bê tông đầm lặn (RCC) là cơ sở để thiết kế cấp phối, xây dựng kế hoạch và biện pháp thi công phù hợp nhằm đảm bảo không chế nhiệt và ứng suất nhiệt trong mức cho phép nhằm hạn chế nứt, thấm do yếu tố nhiệt. Phần mềm ANSYS dạng mở được bổ sung các kết quả nghiên cứu về diễn biến các chỉ tiêu cơ lý ban đầu của bê tông đầm lặn dựa trên ngôn ngữ thiết kế tham số hóa (APDL) và các mô phỏng sát thực tế thi công đã được mô hình hóa trong ANSYS trở thành công cụ hiệu quả để tính toán nhiệt và ứng suất nhiệt trong đập RCC ở Việt Nam.*

**Từ khóa:** RCC dam, ANSYS; nhiệt, ứng suất nhiệt trong đập RCC.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cơ sở khoa học và lý thuyết tính toán nhiệt trong đập RCC đang được áp dụng tại Việt Nam chủ yếu dựa theo kinh nghiệm và các phần mềm chuyên dụng của nước ngoài, mức độ phù hợp trong điều kiện tại Việt Nam đôi khi ở mức hạn chế.

Bài viết giới thiệu phần mềm phân tích phần tử hữu hạn ANSYS dạng mở đã được tác giả bổ sung, hoàn thiện trên cơ sở các kết quả nghiên cứu về diễn biến các chỉ tiêu cơ lý ban đầu của BTĐL và sự mô phỏng quá trình thi công lên đập phù hợp thực tế thi công đập RCC tại Việt Nam.

## 2. GIỚI THIỆU PHẦN MỀM ANSYS

### 2.1. Khả năng phân tích nhiệt

ANSYS là phần mềm phân tích mô phỏng công trình dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn đủ khả năng tiến hành nghiên cứu kết cấu, nhiệt, chất lỏng, điện từ, âm thanh..., hiện nay đã phát triển đến phiên bản 16. Phần mềm ANSYS bao gồm nhiều mô đun với các tính năng chuyên biệt trong đó: ANSYS/Multiphysics, ANSYS/Mechanical, ANSYS/Thermal, ANSYS/FLOTRAN, ANSYS/ED đều có công năng phân tích nhiệt.

Phân tích nhiệt trong ANSYS dựa trên phương trình cân bằng nhiệt của nguyên lý bảo toàn năng lượng, dùng phương pháp phần tử hữu hạn tính toán nhiệt độ tại các điểm nút, đồng thời đưa ra tham số vật lý nhiệt khác.

Phân tích nhiệt trong ANSYS có thể giải quyết đồng thời 3 loại phương thức trao đổi nhiệt: truyền dẫn nhiệt, đối lưu nhiệt và bức xạ nhiệt.

Trong ANSYS phân tích nhiệt được phân thành 2 loại: truyền nhiệt ổn định và truyền nhiệt không ổn định. Trạng thái truyền nhiệt ổn định là trường nhiệt độ của hệ thống thay đổi không phụ thuộc vào thời gian; trạng thái truyền nhiệt không ổn định là trường nhiệt độ của hệ thống thay đổi rõ rệt theo thời gian.

Quá trình cơ bản phân tích nhiệt trong ANSYS bao gồm 5 bước: xây dựng mô hình, gán tải trọng, xác nhận bước tải trọng, phân tích và xem kết quả. Phân tích nhiệt đập bê tông đầm lặn cũng tuân theo 5 bước cơ bản này.

### 2.2. Những hạn chế khi phân tích nhiệt, ứng suất nhiệt trong đập RCC bằng phần mềm ANSYS

Diễn biến nhiệt độ và ứng suất nhiệt trong quá trình thi công bê tông đập RCC là dạng truyền nhiệt không ổn định do nhiệt độ, tỉ suất dòng nhiệt, điều kiện biên nhiệt cùng với nội năng của hệ thống thay đổi theo thời gian. Hay nói cách khác nhiệt độ môi trường, quá trình nhiệt thủy hóa của xi măng, điều kiện biên nhiệt thay đổi rõ rệt theo thời gian.

Đối với vấn đề truyền nhiệt ổn định có thể thực hiện một cách dễ dàng trong phần mềm ANSYS bằng cách chỉ định hệ số dẫn nhiệt và điều kiện biên nhiệt độ của hệ thống từ đó xác định được trường nhiệt độ và gradient nhiệt của toàn hệ thống. Tuy nhiên đối với vấn đề truyền

<sup>1</sup> Trường Đại học Thủy lợi.

hiệt không ổn định việc thực hiện gặp nhiều khó khăn hoặc không thể thực hiện được với cách làm thông thường do đồng thời phải xem xét khi nhiệt độ môi trường, nhiệt lượng phát sinh trong quá trình thủy hóa của xi măng, các chỉ tiêu cơ lý của bê tông thay đổi theo thời gian, điều kiện biên cũng thay đổi theo thời gian trong tính toán toán nhiệt và ứng suất nhiệt trong đập RCC. Nếu giải quyết được vấn đề này sẽ phản ánh đúng quá trình diễn biến nhiệt và ứng suất nhiệt trong thi công đập RCC từ đó làm cơ sở cho việc phán đoán nứt để có biện pháp phòng ngừa từ giai đoạn thiết kế và trong giai đoạn thi công.

### 3. TÍNH TOÁN NHIỆT VÀ ỨNG SUẤT NHIỆT BẰNG PHẦN MỀM ANSYS

#### 3.1. Những vấn đề cần bổ sung trong tính toán

Điểm nổi bật của phần mềm ANSYS là có thể sử dụng ngôn ngữ tham số hóa thiết kế APDL (là một loại của ngôn ngữ lập trình FORTRAN) để lập trình xây dựng bài toán tổng quát mô phỏng diễn biến nhiệt độ trong quá trình thi công theo thời gian thực dựa trên các tham số định trước và các kết quả nghiên cứu của tác giả về diễn biến các chỉ tiêu cơ lý ban đầu của RCC. Để mô phỏng quá trình thi công đập lên đập phù hợp thực tế thi công đập RCC tại Việt Nam, tác giả đã tiến hành bổ sung trong tính toán nhiệt bằng phần mềm ANSYS:

(1) Đưa các kết quả nghiên cứu về diễn biến các chỉ tiêu cơ lý ban đầu của RCC như cường độ nén - thời gian, cường độ kéo - thời gian, biến dạng co ngót (BDCN) - thời gian, modul đàn hồi - thời gian vào trong phần mềm.

(2) Đưa vào chương trình mô hình toán học nhiệt thủy hóa vật liệu xi măng của bê tông đầm lăn có xem xét đến ảnh hưởng của phụ gia khoáng hoạt tính (tro bay, puzolan) đối với nhiệt thủy hóa vật liệu xi măng.

(3) Quá trình diễn biến nhiệt độ trong quá trình thi công bê tông có xét đến thời gian đổ bê tông và thời gian dừng giữa các đợt đổ.

(4) Thiết lập tiêu chuẩn phá hoại của bê tông, khi ứng suất nhiệt tại một vị trí nào đó vượt quá khả năng chịu kéo của bê tông, khối đổ bê tông tự động hình thành và phát triển nứt theo quá trình thay đổi nhiệt độ.

### 3.2. Các vấn đề kỹ thuật trong quá trình thực hiện

#### 3.2.1. Lựa chọn mặt cắt tính toán

Đối với mặt cắt đập bê tông trọng lực thông thường được phân chia thành 5 vùng vật liệu, nên được phân thành các lớp địa chất nằm ngang. Tùy theo từng bài toán cụ thể để lựa chọn kích thước tương ứng. Có thể tạm phân chia 5 vùng vật liệu trong thân đập như sau:

Vùng I – Bê tông mặt ngoài đập trên mực nước thượng và hạ lưu;

Vùng II – Bê tông mặt ngoài đập vùng có mực nước thượng và hạ lưu thay đổi;

Vùng III – Bê tông mặt ngoài đập dưới mực nước chết;

Vùng IV – Bê tông đáy đập;

Vùng V – Bê tông lõi đập.

#### 3.2.2. Định nghĩa tham số đầu vào của mô hình

Tham số đầu vào của mô hình bao gồm: các mực nước thiết kế (để mô phỏng sự trao đổi nhiệt thân đập RCC), các kích thước cơ bản của mặt cắt ngang đập và nền, tham số nhiệt của vật liệu bê tông đập và nền, tham số nhiệt độ và các tham số thi công đập...

Hình 1. Cửa sổ nhập tham số đầu vào của mô hình

### 3.2.3. Mô phỏng quá trình thi công RCC

Đổ bê tông là một giai đoạn quan trọng trong quá trình thi công bê tông. Các chỉ tiêu cơ lý, nhiệt của bê tông được hình thành, phát triển ngay sau giai đoạn đổ và đầm nén bê tông; có ảnh hưởng mang tính quyết định đến chất lượng của bê tông. Những chỉ tiêu cơ lý nhiệt của bê tông phụ thuộc chủ yếu vào 02 yếu tố sau:

(1) Nhiệt lượng phát sinh trong quá trình phản ứng thủy hóa;

(2) Tốc độ thi công bê tông, phương pháp và trình tự thi công.

Hai yếu tố này đã được xử lý thông qua định nghĩa các tính năng cơ học, vật lý và hóa học trong bê tông thay đổi theo thời gian. Căn cứ đặc điểm khí hậu vùng tại khu vực, năng lực thi công để lựa chọn bước gia tải hợp lý (đơn vị là ngày). Trong mô phỏng quá trình thi công đã xem xét thời gian đổ bê tông và thời gian nghỉ giãn cách giữa các đợt đổ.

Theo trình tự thi công thực tế, lấy một lớp đổ phân chia thành nhiều phần tử. Xử lý phần tử đổ bê tông sử dụng phương pháp “sinh - chết” phần tử; tức là “giết chết” phần tử khi chưa đổ, kích hoạt nó khi đổ bê tông.

Quá trình tính toán được tiến hành theo trình tự phân tích trường vật lý nhiệt sau đó phân tích chịu lực của kết cấu. Do đặc điểm của quá trình phân tích chính thể, phần tử nhiệt sử dụng SOLID70, phần tử kết cấu sử dụng SOLID45, hai loại phần tử này cùng được sử dụng. Sau khi hoàn thành phân tích nhiệt, lấy phần tử SOLID70 chuyển thành phần tử SOLID45.

## 4. TÍNH TOÁN NHIỆT VÀ ỨNG SUẤT NHIỆT TRONG ĐẬP RCC ĐỒNG NAI 4

Đập chính công trình thủy điện Đồng Nai 4 được xác định cấp 1, kết cấu RCC với cao trình đỉnh 481m, chiều dài đỉnh 508,8m, chiều rộng đỉnh 10m, chiều cao đập 127,5m; hệ số mái dốc thượng lưu 0/0,25, mái dốc hạ lưu 0,8. Kết quả đo nhiệt thân đập được đơn vị Tư vấn giám sát thực hiện, Ban QLDA thủy điện Đồng Nai 4 lưu giữ và cung cấp.

Tính toán nhiệt và ứng suất nhiệt kiểm định cho đập RCC Đồng Nai 4 tham khảo số liệu thực tế tại công trình và mang tính chất kiểm

chứng trong giai đoạn thi công đập.

### 4.1. Các chỉ tiêu cơ lý của RCC đập Đồng Nai 4

Với cấp phối sử dụng cho đập thủy điện Đồng Nai 4, qua thực nghiệm đã xác lập các hàm biểu diễn quá trình phát triển của một số chỉ tiêu cơ lý của RCC theo thời gian. Cụ thể:

Sự phát triển cường độ nén:

$$Y=2,64\ln(x) + 2,24 \text{ với } R^2 = 0,9$$

Sự phát triển cường độ kéo:

$$Y=0,258\ln(x) + 0,029 \text{ với } R^2 = 0,9764$$

Sự phát triển độ co ngót (co khô):

$$Y=0,0075\ln(x) + 0,0057 \text{ với } R^2 = 0,9216$$

Giá trị modul đàn hồi tương thích với quy luật phát triển cường độ của BTĐL, hàm biểu diễn:  $Y = 0,4823\ln(x) + 0,0946$  với  $R^2 = 0,9758$

Các hàm biểu diễn sự phát triển các chỉ tiêu cơ lý của RCC đập Đồng Nai 4 là các điều kiện biên quan trọng trong quá trình tính toán nhiệt và ứng suất nhiệt.

### 4.2. Các kích bản thi công

Cơ sở xây dựng các kích bản thi công RCC:

Các kích bản thi công RCC phải được xây dựng sát với thực tế thi công trên công trường. Các yếu tố được giả định của kích bản phải là các yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến sự phát triển của nhiệt và ứng suất nhiệt trong đập RCC.

Với một cấp phối đã xác định, nhiệt độ của khối RCC sau khi đổ, nếu cố định các yếu tố như: nhiệt độ môi trường (không khí, nước hồ sau khi tích nước); các biện pháp bảo dưỡng, khống chế nhiệt độ sau đổ (tưới nước dưỡng ẩm, đặt khe co giãn ngang, phân khoanh đổ...)... sẽ phụ thuộc chủ yếu vào các yếu tố: Nhiệt độ hỗn hợp RCC, số lớp và chiều dày từng lớp đổ trong một đợt đổ, thời gian đợt đổ và nghỉ giãn cách giữa các đợt đổ RCC,....

Xác định nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp RCC để làm cơ sở cho việc lựa chọn quy mô và công nghệ, thiết bị khống chế nhiệt trong quá trình thi công RCC. Nhiệt độ của hỗn hợp RCC tại khối đổ phụ thuộc vào nhiệt độ của các thành phần vật liệu trong cấp phối, phụ thuộc vào nhiệt độ trung bình không khí của từng thời kỳ và nhiệt độ gia tăng do quá trình trộn và vận chuyển. Để đảm bảo chất lượng và khả năng

quản lý chất lượng trong quá trình thi công RCC, chỉ xem xét nhiệt độ hỗn hợp RCC tại khối đổ đã được xử lý để đảm bảo không vượt quá giá trị nêu trong các phương án tính toán.

Căn cứ cơ sở xây dựng các kịch bản đổ RCC, để sát với tình hình thực tế thi công trên công trường, giả định 06 kịch bản thi công RCC

theo Bảng 1.

Do đặc điểm khí hậu vùng xây dựng công trình có nhiệt độ trung bình trong mùa khô lớn hơn nhiệt độ trung bình trong mùa mưa từ  $1^{\circ}\text{C}$  đến  $1,7^{\circ}\text{C}$ , nên với từng kịch bản sẽ thực hiện tính toán với 2 trường hợp thi công trong mùa khô (TH1) và thi công trong mùa mưa (TH2).

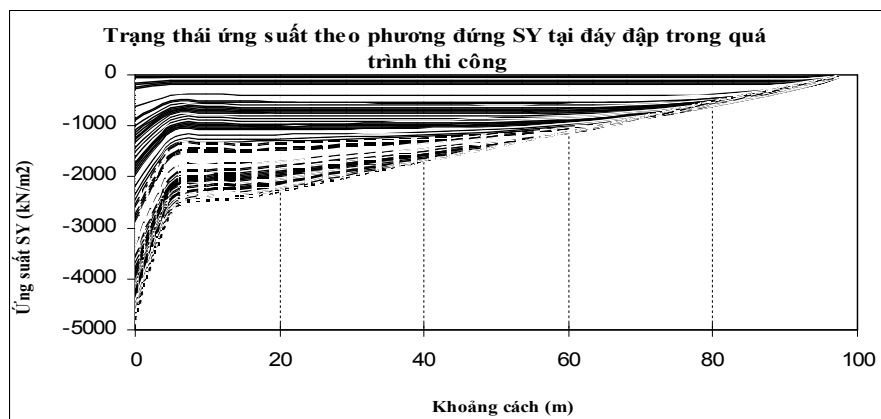
**Bảng 1. Các kịch bản thi công RCC kiểm định cho đập Đồng Nai 4**

| KB | Nhiệt độ HHBTĐL khi đổ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Chiều dày lớp đổ sau đầm lèn (cm) | Số lớp đổ liên tục/ ngày | Ngày nghỉ giãn cách mùa khô | Ngày giãn cách mùa mưa |
|----|-----------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1  | 21                                            | 30                                | 3                        | 2                           | 4                      |
| 2  | 23                                            | 30                                | 3                        | 2                           | 4                      |
| 3  | 25                                            | 30                                | 3                        | 2                           | 4                      |
| 4  | 23                                            | 30                                | 4                        | 5                           | 5                      |
| 5  | 23                                            | 30                                | 5                        | 5                           | 5                      |
| 6  | 21                                            | 30                                | 4                        | 2                           | 4                      |

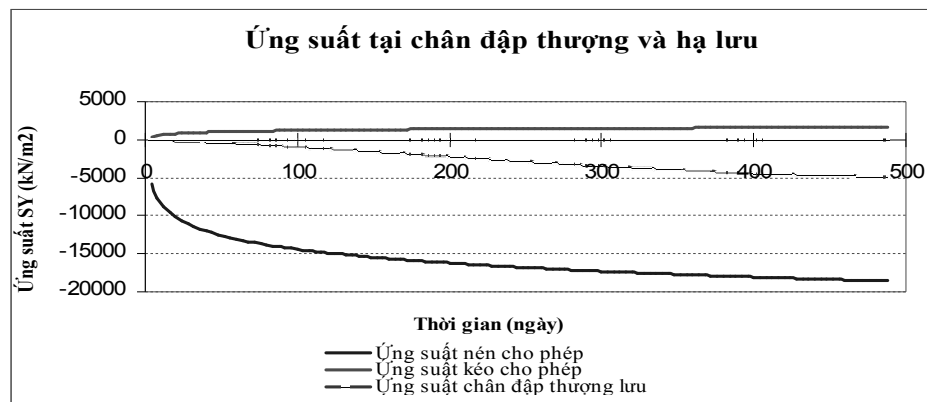
#### 4.3. Diễn biến trường ứng suất do tải trọng thi công

Trường hợp tính toán: chiều dày mỗi lớp đổ sau khi đầm 0,3m, thực hiện đổ 3 lớp liên tục,

ngủ giãn cách 2 ~ 4 ngày. Để đơn giản hóa tính toán coi một đợt đổ dày 1m, thời gian hoàn thành một đợt đổ là từ 1 ~ 4 ngày. Tải trọng xe máy thi công trên mặt đập giả định là  $5\text{kN/m}^2$ .



**Hình 2. Trạng thái ứng suất theo phương đứng SY tại đáy đập RCC Đồng Nai 4**



**Hình 3. Diễn biến ứng suất theo phương đứng SY tại chân thượng và hạ lưu đập**

Có thể thấy rằng ứng suất tại mặt cắt đáy đập RCC thủy điện Đồng Nai 4 trong quá trình thi công hoàn toàn chịu nén. Khi nâng cao đập, ứng suất tại hạ lưu gần như không thay đổi, chủ yếu thay đổi ứng suất tại chân đập phía thượng lưu và đạt giá trị ứng suất nén lớn nhất. Khi thi công đến cao trình đỉnh đập, ứng suất nén lớn nhất tại chân

đập thượng lưu đạt đến  $5.000\text{kN/m}^2$  (5MPa). Tuy nhiên giá trị ứng suất nén này vẫn còn nhỏ hơn nhiều nhiều ứng suất nén cho phép. Như vậy có thể thấy rằng, với chiều cao lên đập 1m/ngày đập vẫn đảm bảo an toàn do tải trọng thi công đập.

#### 4.4. Kết quả tính toán trường nhiệt độ theo các kịch bản

**Bảng 2. Bảng so sánh kết quả tính toán nhiệt độ theo các kịch bản ( $^{\circ}\text{C}$ )**

| KB \ TG | TH | KB 1   | KB 2   | KB 3   | KB 4   | KB 5   | KB 6   |
|---------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 120     | 1  | 30,114 | 30,691 | 31,269 | 30,491 | 31,232 | 30,673 |
|         | 2  | 29,558 | 30,073 | 30,589 |        |        | 30,125 |
| 200     | 1  | 33,960 | 34,318 | 34,529 | 34,565 | 35,957 | 35,050 |
|         | 2  | 33,378 | 33,628 | 33,879 |        |        | 34,528 |
| 375     | 1  | 38,208 | 38,272 | 38,336 | 39,843 | 42,672 | 40,425 |
|         | 2  | 37,839 | 37,895 | 37,951 |        |        | 39,992 |
| 504     | 1  | 39,621 | 39,642 | 39,663 | 41,892 | 45,512 | 42,333 |
|         | 2  | 39,302 | 39,322 | 39,342 |        |        | 42,003 |
| 625     | 1  | 40,391 | 40,399 | 40,407 | 43,031 | 47,230 | 43,419 |
|         | 2  | 40,142 | 40,149 | 40,157 |        |        | 43,133 |

Theo Quy phạm thiết kế đập bê tông trọng lực “SD5108-1999” về kiểm soát nhiệt độ các đập RCC của Trung Quốc quy định về sai khác nhiệt độ cho phép tại móng đập so với trong lòng đập RCC theo Bảng 3.

**Bảng 3. Chênh lệch nhiệt cho phép theo chiều cao đập và chiều dài khối đổ**

| Cao độ cách mặt móng (H) | Chiều dài của khối đổ L        |                                  |                                |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
|                          | Dưới 30m                       | 30m - 70m                        | Trên 70m                       |
| $0 \div 0,2H$            | $18 \div 15,5^{\circ}\text{C}$ | $14,5 \div 12^{\circ}\text{C}$   | $12 \div 10^{\circ}\text{C}$   |
| $0,2H \div 0,4H$         | $19 \div 17^{\circ}\text{C}$   | $16,5 \div 14,5^{\circ}\text{C}$ | $14,5 \div 12^{\circ}\text{C}$ |

Nhiệt độ khối RCC được chia làm 3 phần tương ứng với ba khoảng chiều cao đập  $0 \div 0,2H$ ;  $0,2H \div 0,4H$  và trên  $0 \div 4H$  (H: chiều cao đập). Ví dụ:  $23^{\circ}\text{C}$  cho vùng từ đáy đập đến EL385;  $24^{\circ}\text{C}$  cho vùng từ EL385 đến EL410;  $25^{\circ}\text{C}$  cho vùng trên EL410.

Với việc áp dụng tiêu chuẩn khống chế nhiệt nêu trên kết quả tính toán nhiệt kịch bản 3,4 & 5 cao vượt mức cho phép.

#### 4.5. Kết quả tính toán trường ứng suất nhiệt theo các kịch bản

Vùng ứng suất nhiệt lớn nhất trong thân đập chủ yếu tập trung trong phạm vi cách đáy đập  $1/3$  chiều cao đập. Tại những vị trí này có khả năng xuất hiện nứt thẳng góc với bề mặt đập do ứng suất kéo theo phương X (phương từ thượng lưu về hạ lưu đập).

Kết quả tính toán có nhận xét sau:

- Khi nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp bê tông bằng  $21^{\circ}\text{C}$ :

+ Thi công đổ 3 lớp liên tục (kịch bản 1), ứng suất theo phương ngang (phương X) chủ yếu là ứng suất nén, ứng suất kéo theo phương X nhỏ trong phạm vi từ 0,18MPa đến 0,79MPa, như vậy ta có thể nâng cao tốc độ thi công hơn nữa. Tuy nhiên để giảm nhiệt độ ban đầu của vữa BTĐL xuống  $21^{\circ}\text{C}$  cần phải thực hiện nhiều biện

pháp như trộn khí nitơ, thay thế một phần nước trộn bằng nước đá, làm lạnh các cốt liệu trước khi đổ. Chi phí để làm giảm nhiệt độ ban đầu của vữa BTĐL bằng các biện pháp nêu trên là rất tốn kém (để giảm thấp nhiệt độ của hỗn hợp BTĐL xuống 40°C cần phải giảm nhiệt độ của nước trộn từ 21°C xuống 10°C; để giảm thấp nhiệt độ của hỗn hợp BTĐL xuống 3°C cần phải giảm nhiệt độ cát và đá xuống 5°C) trong khi thời gian thi công không giảm. Như vậy sẽ làm tăng chi phí, giảm hiệu quả đầu tư của công trình.

+ Khi nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp bê tông bằng 21°C, thi công đổ 4 lớp liên tục (kịch bản 6), ứng suất kéo theo phương X lớn nhất đạt lần lượt là 1,87MPa vượt mức cho phép, bê tông không đảm bảo khả năng chịu kéo và sẽ xuất hiện vết nứt xuyên theo phương vuông góc với mặt bằng đập.

- Khi nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp bê tông

bằng 23°C:

+ Nếu thi công đổ 3 lớp liên tục (kịch bản 2) ứng suất kéo theo phương X nằm trong phạm vi cho phép, bê tông vẫn đảm bảo khả năng chịu kéo.

+ Nếu thi công đổ 4 hoặc 5 lớp liên tục (kịch bản 4&5) sẽ rút ngắn được ít nhất 8-10% thời gian thi công so với phương án 1; tuy nhiên ứng suất kéo theo phương X sẽ đạt từ 5,95MPa đến 8,49MPa vượt mức cho phép, bê tông không đảm bảo khả năng chịu kéo và sẽ xuất hiện vết nứt xuyên theo phương vuông góc với mặt bằng đập.

- Khi nhiệt độ ban đầu của vữa bê tông bằng 25°C, mặc dù thi công đổ chỉ với 3 lớp liên tục (Kịch bản 3) nhưng ứng suất kéo theo phương X lớn nhất đạt trên 1,80MPa, bê tông xuất hiện vết nứt xuyên theo phương vuông góc với mặt bằng đập.

**Bảng 4. Bảng so sánh kết quả tính toán ứng suất nhiệt theo các kịch bản**

| Kịch bản | Ngày | Ứng suất chính nguy hiểm            |                   | R <sub>k</sub> theo tuổi BT (MPa) | Hệ số an toàn K | Hệ số an toàn cho phép |
|----------|------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------|
|          |      | Ứng suất chính S <sub>I</sub> (MPa) | Tuổi bê tông-ngày |                                   |                 |                        |
| 1        | 150  | 0,79                                | 135               | 1,29                              | 1,63            | <b>1,26</b>            |
| 2        | 150  | <b>0,97</b>                         | 135               | <b>1,29</b>                       | <b>1,33</b>     |                        |
| 3        | 150  | 1,80                                | 135               | 1,29                              | 0,72            |                        |
| 4        | 180  | 8,49                                | 150               | 1,32                              | 0,16            |                        |
| 5        | 180  | 5,95                                | 150               | 1,32                              | 0,22            |                        |
| 6        | 150  | 1,87                                | 120               | 1,26                              | 0,67            |                        |

Số đo nhiệt độ thực tế tại cao trình 370,59 m đập RCC Đồng Nai 4 từ ngày 17/9/2009 đến ngày 28/02/2010: Nhiệt độ cao nhất xuất hiện tại 3 điểm đo D42040, D42041, D42042 vào ngày 25 và 27/01/2010 là 38,40°C cao hơn 0,02°C so với nhiệt độ tính toán. Như vậy kết quả tính toán tương đối chính xác.

## 5. KẾT LUẬN

Phần mềm ANSYS sau bổ sung hoàn thiện đã đáp ứng được các yêu cầu:

Sử dụng ngôn ngữ thiết kế tham số hóa APDL (là một loại của ngôn ngữ lập trình FORTRAN trên nền phần mềm ANSYS) để lập

trình xây dựng bài toán thi công đập RCC dựa trên các tham số định trước;

Mô phỏng mặt cắt ngang đập sát với mặt cắt thực tế (phân vùng vật liệu, hành lang thoát nước, nền nhiều lớp);

Tính toán nhiệt và ứng suất nhiệt của đập RCC có xét đến quá trình diễn biến các chỉ tiêu cơ lý của RCC thể hiện qua các quan hệ phi tuyến tính của bê tông như: cường độ nén - thời gian, cường độ kéo - thời gian, BDCN-thời gian, modul đàn hồi - thời gian (được biểu diễn qua các hàm biến đổi của các chỉ tiêu cơ lý).

ANSYS sử dụng mô hình toán học nhiệt thủy

hóa vật liệu xi măng của bê tông đầm lăn có xem xét đến ảnh hưởng của phụ gia khoáng (tro bay, puzolan) đối với nhiệt thủy hóa vật liệu xi măng;

Xem xét đến thời gian đổ bê tông và thời gian nghỉ giữa các đợt đổ;

Có khả năng vẽ đường quá trình phát triển vết nứt khi ứng suất kéo vượt quá khả năng chịu kéo của bê tông. Dễ dàng tính toán kiểm tra với

các mặt cắt đập tương tự;

Kết quả tính toán đã giúp xác định kích bản thi công hợp lý với các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật cụ thể đó là: nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp RCC, chiều dày lớp đổ, tốc độ đổ RCC (số lớp đổ trong một đợt đổ) và thời gian nghỉ giãn cách giữa các đợt đổ RCC. Kết quả tính toán đã được khẳng định độ tin cậy cao qua so sánh và đối chiếu với kết quả quan trắc tại hiện trường.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

ACF, JCI, CVA (2011), *Hướng dẫn kiểm soát nứt trong BTKL*, Phiên bản dịch tiếng Việt 2008, Hà Nội.

Phuong Khôn Hà (2003), *Tính năng, kết cấu và vật liệu của bê tông đầm lăn*, NXB Đại học Vũ Hán Trung Quốc, dịch: Tổng Văn Hăng, Đặng Dũng.

Vũ Hoàng Hưng, Nguyễn Quang Hùng (2011), *ANSYS Phân tích kết cấu công trình Thủy lợi Thủy điện*, NXB Xây Dựng, Hà Nội.

Đỗ Văn Lượng (2008), *Nghiên cứu sự phát triển nhiệt độ và ứng suất nhiệt để ứng dụng vào công nghệ thi công đập bê tông trọng lực ở Việt Nam*, Luận án tiến sỹ kỹ thuật.

Vũ Thanh Te, Dương Đức Tiến (2013), "Công nghệ xây dựng công trình bê tông nâng cao", *Tập bài giảng - Bộ môn Công nghệ và Quản lý xây dựng - Khoa Công trình Trường Đại học Thủy lợi*.

Tủ sách thi công công trình Thủy lợi Thủy điện (1990), *Bê tông đầm lăn khối lớn*, NXB Thủy lợi Thủy điện.

### Abstract:

#### ADDITIONAL PROPERTIES TO PERFECT TEMPERATURE AND SOFTWARE ANSYS THERMAL STRESSES OF THE RCC DAM IN VIETNAM

*Calculating heat and thermal stresses in in RCC dam is the basis for the mix design, planning and construction measures appropriate to ensure controlled temperature and thermal stresses in the permit limiting cracking, permeability by heating elements. ANSYS open additional form completion based on the design language parameterization (APDL) and realistic simulation of the construction was modeled in ANSYS become effective tools to calculate and apply heat thermal performance of the RCC dam in Vietnam.*

**Keywords:** RCC dam; ANSYS; thermal, thermal stress in RCC dam.

---

*BBT nhận bài:* 05/8/2015

*Phản biện xong:* 24/8/2015