



TÍNH TOÁN NHIỆT TRONG ĐẬP RCC Ở VIỆT NAM BẰNG CHƯƠNG TRÌNH TEMDAM/XD

Huỳnh Bá Kỹ Thuật¹, Nguyễn Phương Lâm², Phạm Văn Doanh³

Tóm tắt: Bài báo nêu một số nghiên cứu về quá trình phát triển nhiệt, phương pháp và chương trình TEMDAM/XD tính toán nhiệt trong đập bê tông đầm lăn (RCC) ở Việt Nam. Tóm tắt các kết quả tính toán bằng chương trình TEMDAM/XD cho bài toán mẫu, so sánh với phần mềm ANSYS. Nhận xét, kiến nghị cho phân tích nhiệt một số đập RCC ở Việt Nam.

Từ khóa: Đập bê tông trọng lực; đập RCC; tính toán phân tích nhiệt trong đập RCC.

Summary: This article presents the results of research, computation and temperature development analysis in roller compacted concrete dams (RCC) in Vietnam by computational temperature program TEMDAM/XD. A summary of the results calculated by the program TEMDAM / XD for a sample problem is compared with those by the ANSYS software. Comments and proposals are also presented for a thermal analysis of RCC dams in Vietnam.

Key words: Concrete gravity dam; RCC dams; calculate the heat of RCC dam; temperature of RCC dam.

Nhận ngày 8/9/2014, chỉnh sửa ngày 28/9/2014, chấp nhận đăng 31/12/2014



1. Đặt vấn đề

Công nghệ thi công bê tông đầm lăn (RCC) dựa trên nguyên lý thi công đập đất, hỗn hợp bê tông có hàm lượng chất kết dính thấp và độ sụt nhỏ được lên chặt bằng lu rung. Tốc độ thi công nhanh, giá thành rẻ là những ưu việt của loại hình công nghệ này so với công nghệ thi công đập bê tông thường (CVC) đã biến công nghệ RCC trở nên phổ biến. Trong khoảng 10 năm gần đây, tuy còn thiếu kinh nghiệm thi công đập RCC nhưng Việt Nam đã có những cố gắng để đưa nhanh công nghệ thi công RCC vào trong xây dựng nhiều đập thủy điện. Tiếp cận và làm chủ công nghệ RCC trong một thời gian ngắn không thể tránh khỏi những khó khăn thách thức về mọi phương diện.

Hiện nay ở Việt Nam rất nhiều đập RCC cao như thủy điện Sơn La, Bản Chát, Bản Vẽ, Lai Châu... việc tính toán xác định sự phát triển nhiệt trong đập RCC đảm bảo các điều kiện về cường độ, độ bền kéo do nhiệt đang là vấn đề thời sự nóng hổi. Do mâu thuẫn trong số liệu đầu vào, chưa có quy trình tính toán, cũng như phần mềm tính toán thuê của nước ngoài ở dạng hộp đen (Ansys, ConTeSt-pro, Fenas, Abaqus...) áp dụng vào điều kiện Việt Nam còn nhiều bất cập, các đập đã được xây dựng này vẫn xảy ra nứt do nhiệt (nứt bề mặt và nứt xuyên sâu).

Nghiên cứu về công nghệ thi công bê tông RCC nói chung cũng như việc nghiên cứu tính toán nhiệt độ trong bê tông RCC nói riêng là một cách tìm hiểu công nghệ RCC sát thực nhất, có tính thực tiễn cao, ý nghĩa trong công tác xây dựng, đào tạo, nâng cao trình độ đội ngũ chuyên ngành công trình thủy lợi - thủy điện ở Việt Nam. Trong khi các công trình đập bê tông RCC đang được đưa vào vận hành ngày càng nhiều, mặc dù trên thế giới đã có nhiều phần mềm tính toán về nhiệt phát triển trong bê tông. Tuy nhiên, ở Việt Nam việc nghiên cứu và lập chương trình tính toán nhiệt cho đập RCC là rất mới mẻ. Nhóm tác giả thuộc bộ môn Xây dựng Thủy lợi - Thủy điện đã xây dựng thuật toán và lập chương trình TEMDAM/XD tính toán trường nhiệt độ cho đập RCC trong điều kiện Việt Nam không nằm ngoài mục đích này.

¹PGS.TS, Khoa Xây dựng Công trình thủy. Trường Đại học Xây dựng.

²TS, Khoa Xây dựng Công trình thủy. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: plamxd@gmail.com

³ThS, Khoa Xây dựng Công trình thủy. Trường Đại học Xây dựng.



2. Đặc điểm nhiệt trong đập RCC

Đặc điểm đập RCC là: lượng dùng xi măng ít, lượng pha phụ gia lớn, hạ thấp lượng tỏa nhiệt của bê tông và quá trình phát nhiệt tương đối chậm; thân đập nói chung không bố trí khe dọc khe ngang, không hình thành mặt lỗ, chủ yếu tỏa nhiệt dựa vào mặt tầng, quá trình tỏa nhiệt kéo dài rất lâu.

Trong phân tích nhiệt đối với bê tông RCC cũng quan trọng như CVC bởi sự hình thành vết nứt do nhiệt đã được thu thập từ nhiều đập RCC đã được xây dựng ở Việt Nam. Với tốc độ thi công nhanh, xảy ra quá trình tích tụ nhiệt, tạo ra các trong lõi đập các vùng nhiệt do không có đủ thời gian để nhiệt có thể khuếch tán ra môi trường trước khi đổ lớp tiếp theo. Hơn nữa với diện bề mặt tiếp xúc với môi trường rộng nên góp phần tăng lượng nhiệt trong bê tông do ảnh hưởng của bức xạ mặt trời, bên cạnh đó cũng kèm theo sự ảnh hưởng của những tác động môi trường khác có thể xảy ra: mưa, gió, độ ẩm... Đặc điểm của đập bê tông RCC là được rải theo từng lớp dày khoảng 30cm vào các thời gian khác nhau nên tạo ra các đặc điểm về nhiệt và tính chất cơ lý khác nhau, các điều kiện biên khác nhau.

Khác với CVC có sự phát triển cường độ tương đối nhanh, RCC có cường độ phát triển chậm, đặc biệt trong thời gian đầu. Do lượng dùng xi măng (XM) trong thành phần của vữa RCC là rất thấp (60kg/m^3 - đập Sơn La) thi công với tốc độ rất nhanh nên RCC mau chóng đạt được khối tích lớn bên cạnh đó do hàm lượng XM nhỏ nên cường độ ban đầu của RCC rất thấp, do vậy bê tông thường vốn đã chịu kéo rất kém nay RCC chịu kéo lại càng kém hơn. Mặt khác, tuy RCC chỉ sử dụng một lượng nhỏ XM chỉ bằng 25-30% lượng sử dụng trong bê tông thường nhưng trong thành phần của nó có chứa 1 lượng tương đối lớn phụ gia hoạt tính (tro bay, puzolan...) nên sẽ có ảnh hưởng lớn đến diễn biến nhiệt của RCC.

Chính vì vậy, việc phân tích nhiệt cho RCC đòi hỏi cao so với bê tông CVC. Nhiều công trình nghiên cứu lý thuyết kết hợp với các tài liệu thí nghiệm và quan trắc đo đạc trên các công trình bê tông RCC thực tế ở trong nước và trên thế giới, cho thấy diễn biến nhiệt độ trong RCC phụ thuộc vào 6 yếu tố cơ bản sau: Hàm lượng XM trong 1m^3 bê tông, tính chất thủy hóa của XM và phụ gia sử dụng; Tính chất cốt liệu, thành phần cấp phối bê tông; Kích thước khối đổ; Nhiệt độ đổ vữa RCC ban đầu; Tiến độ thi công, tốc độ đổ RCC; Điều kiện môi trường.

Các yếu tố này ảnh hưởng đến quá trình tỏa nhiệt của bê tông RCC như thế nào, đang còn lằng lằng để cần được tiếp tục nghiên cứu. Đánh giá các yếu tố này có ý nghĩa quan trọng trong mục đích tìm các giải pháp nhằm có thể kiểm soát hiện tượng ứng suất nhiệt trong quá trình thi công và vận hành đập, đến giai đoạn nhiệt độ ổn định trong đập. Cuối cùng tránh được hiện tượng nứt trong đập do nhiệt [1, 4, 16].



3. Phương pháp và chương trình tính toán nhiệt trong đập bê tông RCC

Ngày nay các nghiên cứu về nhiệt trong bê tông khối lớn và những cơ sở lý thuyết của bài toán nhiệt đã tương đối hoàn chỉnh. Các phương trình cơ bản để tính trường nhiệt độ và trường ứng suất trong bê tông khối lớn hầu hết xuất phát như nhau. Nhưng việc giải bài toán nhiệt trong bê tông khối lớn khá phức tạp, khối lượng tính toán lớn, kết quả của bài toán phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Với đặc điểm của bài toán như vậy, chọn phương pháp pháp phần tử hữu hạn (PTHH) để giải bài toán nhiệt sẽ đáp ứng được các yêu cầu đề ra. Đây là phương pháp hiện đại đang được ứng dụng rộng rãi và hiệu quả trong việc giải quyết các bài toán của cơ học môi trường liên tục với những vật thể có hình dạng hình học bất kỳ, điều kiện biên và chịu tải phức tạp. Chi tiết về phương pháp PTHH xem trong tài liệu chuyên môn [5, 11, 16, 17].

Hiện nay, khi tính toán thiết kế đập RCC của một số đơn vị đã sử dụng các phần mềm (PM) nước ngoài tính toán nhiệt như bằng phương pháp PTHH như: ANSYS (Mỹ), ConTeSt Pro (Thụy sĩ), Fenas (Thụy Điển)... Các PM này được các đơn vị tư vấn thuê hoặc mua, đưa vào ứng dụng ở trong nước [8]. Các PM nước ngoài có những điểm chính sau:

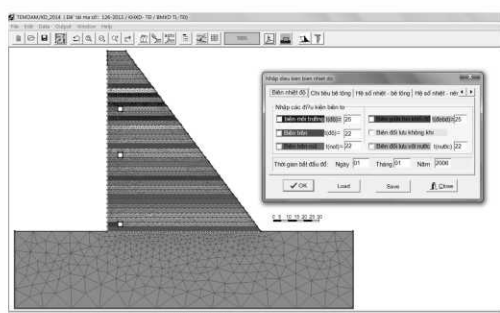
- Các PM nước ngoài tính chủ yếu tính toán kết cấu công trình, tính toán nhiệt chỉ là mô đun con, chưa có tính toán nhiệt riêng biệt cho đập RCC trong điều kiện thi công ở Việt Nam; PM dạng "hộp đen", không thể can thiệp và thay đổi phù hợp với các bài toán mong muốn;

- Tính phổ cập thấp do kinh phí chuyển giao quá cao không thích hợp với khả năng của các đơn vị trong nước, trong giảng dạy và nghiên cứu. Không được sử dụng chính thức các PM trên nếu không được phép; Sử dụng các bản PM "bê khóa" thì kết quả không đủ độ tin cậy;

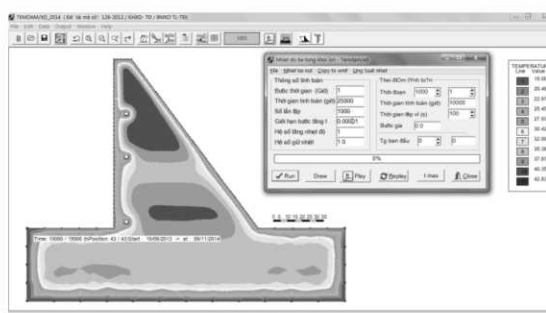
Nhóm tác giả đã nghiên cứu và xây dựng chương trình TEMDAM/XD tính toán nhiệt bằng phương pháp PTHH, chương trình cập nhật những tiến bộ mới trong tính toán, thiết kế của trong và ngoài nước, nổi kết được các sản phẩm đã được nghiên cứu riêng rẽ. Chương trình TEMDAM/XD lập bằng ngôn ngữ DELPHI-7, chạy trong môi trường Windows. TEMDAM/XD phân tích nhiệt độ trong thân đập bê tông có kể đến hầu hết các ảnh hưởng của môi trường xung quanh, kể cả yếu tố thời gian, phản ánh cụ thể sự biến thiên nhiệt độ trong thân đập. Chương trình tính toán phân bố trường nhiệt trong thân đập, hiện tượng phát nhiệt, dẫn nhiệt và toả nhiệt trên mặt phẳng 2D X-Y (mặt phẳng vuông góc với tim đập). Trong các tính toán, đã kể đến sự tích tụ và toả nhiệt theo thời gian của khối bê tông đập từ khi thi công khối đổ đầu tiên đến khối đổ cuối cùng, phát triển nhiệt cho nhiều năm tiếp theo và đến khi đạt nhiệt độ ổn định.

Cấu trúc chương trình TEMDAM/XD bao gồm 5 modul con. Các modul này được liên kết với nhau bao gồm các cửa sổ (windows), kết quả modul này là số liệu đầu vào modul khác:

- MODUL *MESH*: Tự động chia lưới phần tử tam giác (PP tam giác hóa của Delaunay) [3].
- MODUL *INPUT*: Nhập số liệu và lựa chọn loại kết cấu;
- MODUL *STYLE*: Nhập điều kiện biên (Hình 1).
- MODUL *RUN*: Tính toán nhiệt bằng phần tử hữu hạn (PTHH).
- MODUL *OUTPUT*: Xuất kết quả tính toán (Hình 2).



Hình 1. Cửa sổ nhập số liệu ban đầu - TEMDAM/XD



Hình 2. Kết quả tính toán trường nhiệt trong đập RCC - TEMDAM/XD

Để kiểm định chương trình TEMDAM/XD các tác giả đã dùng các phương pháp sau:

- Kiểm định chương trình tính toán bằng các bài toán lý thuyết cơ bản: Kiểm tra tính toán các bài toán lý thuyết đơn giản (có thể giải bằng tay hay bằng bảng tính điện tử - Excel) so với kết quả tính bằng chương trình. Mục đích của việc kiểm tra này là kiểm tra tính đúng đắn của chương trình. Trong các phần mềm thương mại ANSYS, Sap2000, MIDAS... trong phần giới thiệu đều có nêu phần kiểm tra cơ bản này thông qua các ví dụ tính toán viết bằng tay và được so sánh với kết quả tính toán của phần mềm trên. Tác giả đã có kiểm tra các bài toán truyền nhiệt cơ bản (các bài toán bằng tính tay, PP sai phân) so với tính toán bằng chương trình, kết quả cho thấy sai số trong phạm vi cho phép.

- Kiểm định tính ổn định của chương trình: Kiểm tra tính toán với nhiều dạng bài toán khác nhau. Mục đích kiểm tra chương trình làm việc có ổn định phù hợp với các yêu cầu khác nhau của bài toán. Trong phần kiểm định này các tác giả đã sử dụng các 4 ví dụ mẫu của phần mềm ANSYS để kiểm tra so sánh, đồng thời kiểm tra bài toán thí nghiệm đoạn nhiệt của thủy điện Sơn La. So sánh kết quả tính toán là phù hợp, không có sự sai khác.

- Kiểm định so sánh với số liệu thí nghiệm và quan trắc của công trình thực tế: Mục đích kiểm tra sự phù hợp với các điều kiện tính toán thực tế ở Việt Nam. Tác giả đã tính toán kiểm tra cho thủy điện Sơn La với thông số đầu vào: số liệu thí nghiệm hiện trường ở TĐ Sơn La, nhiệt độ môi trường và tiến độ thi công thực tế. Kết quả nhiệt độ tính toán bằng chương trình so với các vị trí quan trắc đo được là tương đương nhau.

Chương trình TEMDAM/XD dùng chuyên tính toán nhiệt cho đập bê tông trọng lực có các cửa sổ chương trình nhập số liệu tiếng việt phù hợp với phân tích nhiệt cho đập RCC ở Việt Nam. Các số liệu về

RCC, tiến độ thi công, tốc độ đổ, nhiệt độ môi trường, đường tỏa nhiệt (có thể lựa chọn nhiều số liệu thực tế ở Việt Nam) được lập thành các mô đun cửa sổ con riêng biệt, người sử dụng có thể nhập đơn giản, dễ dàng, nhanh chóng hơn so với các phần mềm khác (như PM ANSYS đòi hỏi phải có kiến thức chuyên sâu về ANSYS mới có thể tính toán được).

4. Một số kết quả tính toán nhiệt bằng chương trình TEMDAM/XD

4.1 Tính toán kiểm tra, so sánh chương trình

Tác giả đã tính toán kiểm tra cho các bài toán nhiệt lý thuyết cơ bản [18], bài toán mẫu và tài liệu quan trắc thực tế [10]. So sánh với PMANSYS cho kết quả phù hợp.

Bài toán 1 - truyền nhiệt (Hình 4):

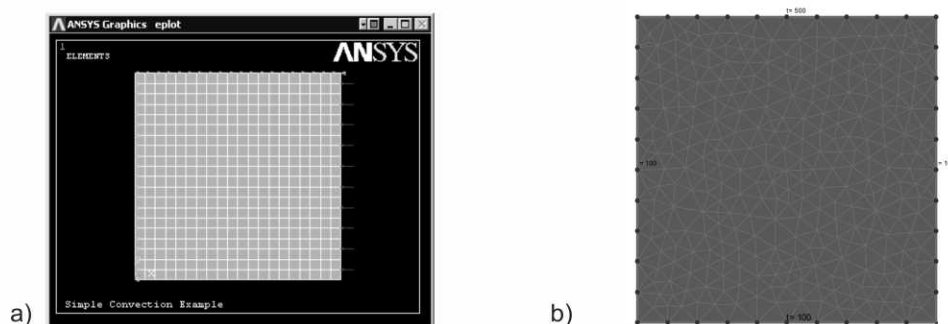
(<http://www.mece.ualberta.ca/tutorials/ansys/IT/Conduction/Conduction.html>)

Bài toán 2 - truyền nhiệt + đối lưu + cách nhiệt (Hình 5):

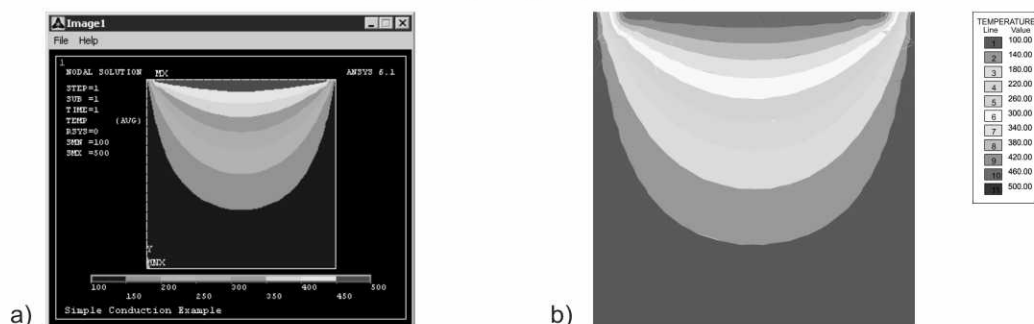
(<http://www.mece.ualberta.ca/tutorials/ansys/IT/Convection/Convection.html>)

Bài toán 3 - truyền dẫn nhiệt + đối lưu + cách nhiệt (Hình 6, 7):

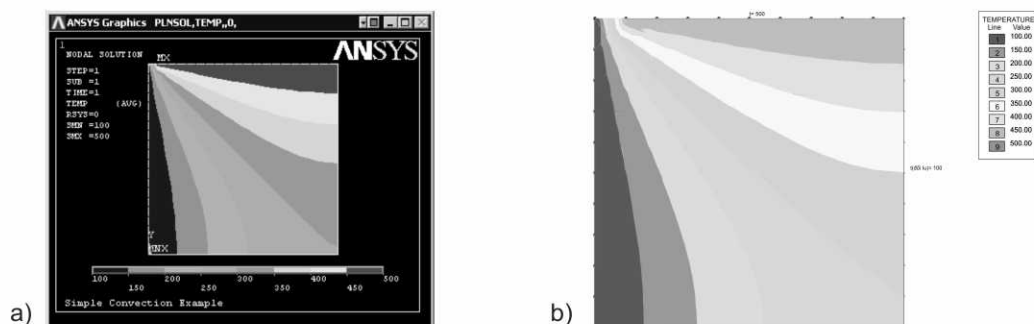
(<http://www.mece.ualberta.ca/tutorials/ansys/IT/TransCond/TransCond.html>)



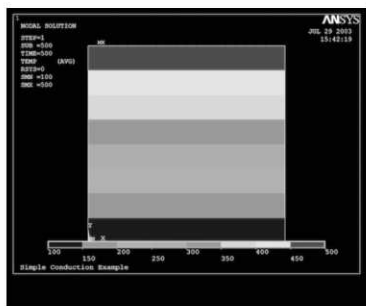
Hình 3. Sơ đồ chia lưới phần tử. a) Trong Ansys; b) Trong TEMDAM/XD



Hình 4. Trường nhiệt độ trong khối. a) Ansys; b) TEMDAM/XD



Hình 5. Trường nhiệt độ trong khối. a) Ansys; b) TEMDAM/XD

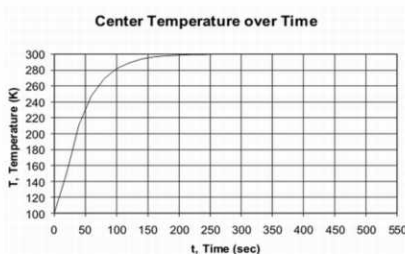


a)

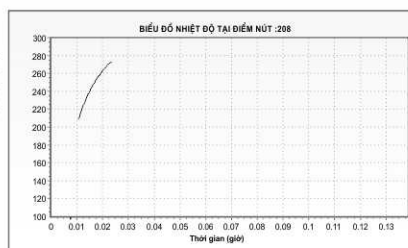


b)

Hình 6. Trường nhiệt độ trong khối sau 500s. a) Ansys; b) TEMDAM/XD



a)



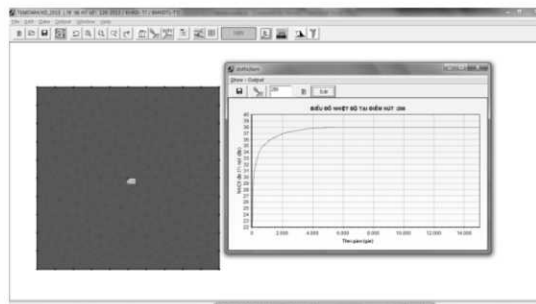
b)

Hình 7. Phát triển nhiệt độ tại vị trí trọng tâm khối; a) Ansys; b) TEMDAM/XD

Bài toán 4 - đoạn nhiệt RCC: Bài toán mô phỏng thí nghiệm đoạn nhiệt của RCC thủy điện Sơn La: khối bê tông RCC, cách nhiệt hoàn toàn (Hình 8), với tổng nhiệt lượng $Q_0 = 273\text{J/g}$, lượng XM + phụ gia (PG) tham gia tỏa nhiệt 144.2 kg/m^3 , kết quả đoạn nhiệt theo thí nghiệm $\Delta t = 16^\circ\text{C}$ [8]. Kết quả tính toán chương trình TEMDAM/XD: nhiệt độ tăng lớn nhất là $\Delta t = 16^\circ\text{C}$ (Hình 9), phù hợp theo kết quả thí nghiệm đoạn nhiệt [8].



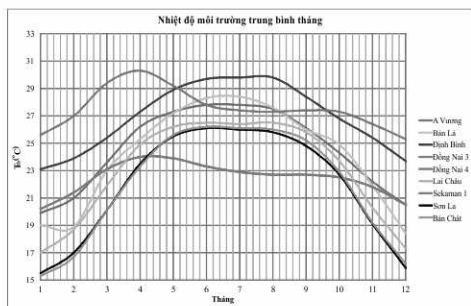
Hình 8. Thí nghiệm đoạn nhiệt RCC:
 $\Delta t = 16^\circ\text{C}$; (PECC 1)



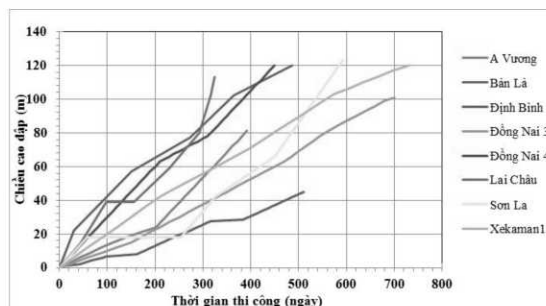
Hình 9. Phát triển đoạn nhiệt tại khối - nhiệt độ đổ 22°C đến nhiệt độ $T_{\text{max}} = 38^\circ\text{C}$; $\Delta t = 16^\circ\text{C}$

4.2 Tính toán nhiệt cho các công trình thực tế ở Việt Nam

Trên cơ sở tài liệu thu thập của các đập RCC đã được xây dựng ở Việt Nam (TĐ Sơn La, Lai Châu, Bản Vẽ, Avương, Bản Chát, Đồng Nai 3&4, Định Bình, Xêkaman 1), tác giả đã tổng hợp thành bộ dữ liệu tính toán nhiệt bao gồm: nhiệt độ môi trường (Hình 10), mặt cắt đập, tiến độ thi công đập (Hình 11), số liệu thí nghiệm RCC, nhiệt độ đổ để làm số liệu đầu vào và được xử lý đưa trong chương trình tính toán nhiệt [6, 7, 8].



Hình 10. Nhiệt độ môi trường



Hình 11. Tiến độ thi công một số đập RCC

Bảng 1. Tổng hợp kết quả tính toán nhiệt cho các công trình ở VN

STT	Tên đập RCC	Lượng XM+PG	Nhiệt độ RCC	Nhiệt độ T_{max}	
				TEMDAM/XD	Đơn vị thiết kế
		(Kg/m ³)	(°C)	(°C)	(°C)
1	A Vương	75+105	28	42,3	42,3
2	Bản Vẽ	80+120	24	41,2	41,5
3	Định Bình	105+140	24	41,3	41,3
4	Đồng Nai 3	70+130	24	42,5	42,5
5	Đồng Nai 4	70+130	23	41,7	41,7
6	Lai Châu	60+160	22	39,8 (44.6*)	39,2
7	Sơn La	60+140	22	35,8 (44.6*)	39,3
8	Xekaman 1	70+130	20	38,6	39,2

(* - theo số liệu quan trắc tại đập TĐ Sơn La)

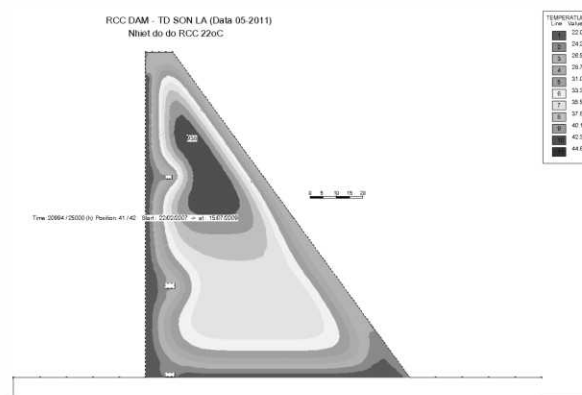
Từ các kết quả tính toán, phân tích nhiệt bằng chương trình TEMDAM/XD cho các đập RCC trong các báo cáo thẩm tra thiết kế kỹ thuật công trình thủy điện Sơn La, Lai Châu do Công ty tư vấn Đại học Xây dựng thẩm tra, rút ra một số đánh giá, nhận xét, kiến nghị như sau:

- Đập RCC - TĐ Sơn La: Khi tính toán công trình thủy điện Sơn La trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật giai đoạn 2: kết quả có sự chênh lệch, kết quả tính toán bằng chương trình TEMDAM/XD cho kết quả phù hợp với thí nghiệm đoạn nhiệt của đơn vị tư vấn thiết kế $\Delta t = 16^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ đổ $t = 22^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 36^{\circ}\text{C}$ còn tư vấn thiết kế tính toán bằng ANSYS và ConTestpro nhiệt độ max $T_{max} = 39^{\circ}\text{C}$ lớn hơn thí nghiệm đoạn nhiệt. Do các số liệu tính toán chưa đầy đủ, kết quả còn mâu thuẫn giữa tính toán và thí nghiệm nhiệt RCC, kiến nghị đơn vị thiết kế lựa chọn lại phương án nhiệt độ đổ bê tông RCC để đảm bảo khả năng chịu kéo do nhiệt hạn chế các vết nứt theo chiều ngang chiều dọc, đảm bảo gradient nhiệt cho phép, phù hợp với điều kiện thi công và nhiệt độ môi trường tại Sơn La [6].

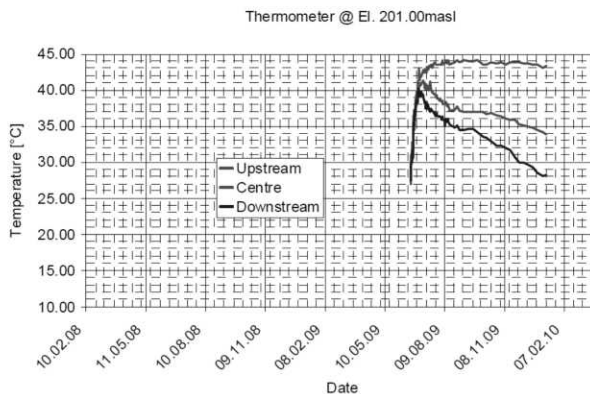
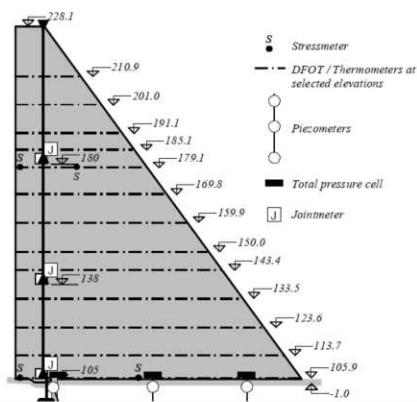
Tác giả đã tính toán phát triển trường nhiệt theo số liệu nhiệt độ đo thực tế tại thủy điện Sơn La 44°C , với số liệu quan trắc tại đập (Hình 13), kết quả nhiệt độ max tính toán được $T_{max} = 44.6^{\circ}\text{C}$ (Hình 12), phù hợp với kết quả quan trắc [9].

- Đập RCC - TĐ Lai Châu [7]: kết quả tính bằng TEMDAM/XD và của tư vấn thiết kế không có sự chênh lệch: $T_{max} = 39^{\circ}\text{C}$ khi nhiệt độ đổ RCC $t = 22^{\circ}\text{C}$, nhưng tư vấn thiết kế vẫn cho phép nứt khoảng 12%. Còn khi tính toán bằng chương trình TEMDAM/XD với nhiệt độ đổ $t = 16^{\circ}\text{C}$ kèm theo các biện pháp khác mới không xảy ra nứt. Đồng thời kiến nghị tư vấn thiết kế tính toán theo các số liệu thực tế quan trắc tại thủy điện Sơn La với nhiệt độ $T_{max} = 44^{\circ}\text{C}$ cho thủy điện Lai Châu, đây là bộ số liệu đầu vào có được đầy đủ nhất để có sự phân tích nhiệt đầy đủ toàn diện.

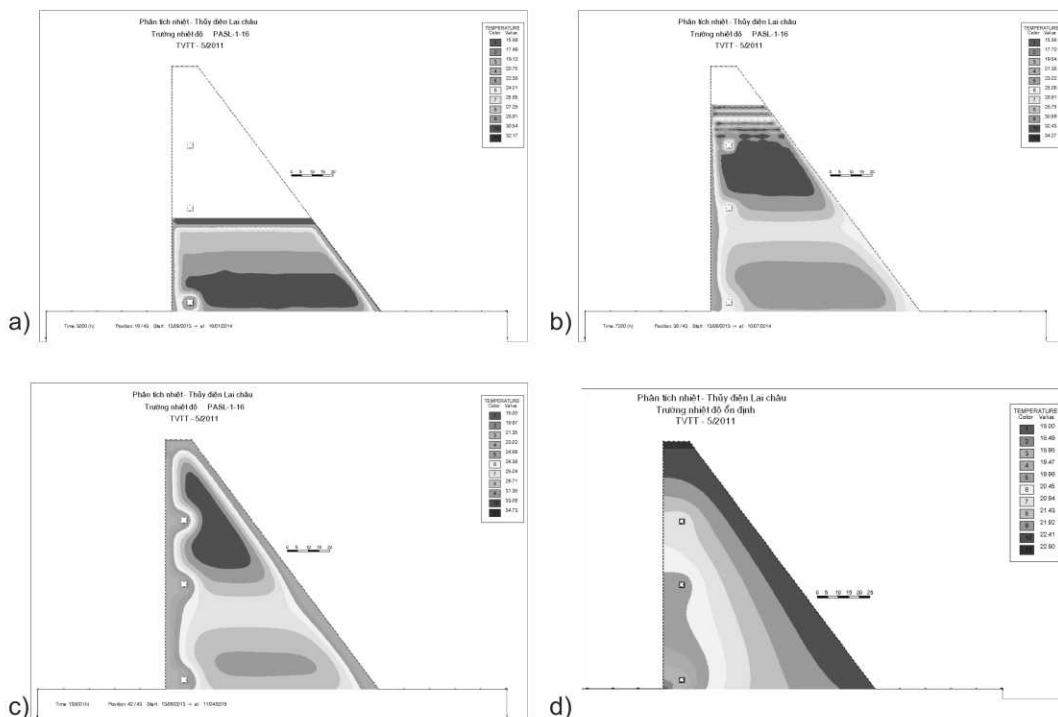
Kiến nghị đơn vị thiết kế lựa chọn phương án nhiệt độ đổ bê tông RCC để đảm bảo khả năng chịu kéo do nhiệt, hạn chế các vết nứt, đảm bảo gradient nhiệt cho phép, phù hợp với điều kiện thi công và nhiệt độ môi trường tại Lai Châu, trên số liệu quan trắc thực tế ở TĐ Sơn La (nhiệt độ max, vị trí xuất hiện các vết nứt xuyên sâu). Đồng thời phân tích nhiệt không gian (3D), có được giá trị gradient nhiệt 3 chiều từ đó mới đánh giá được các vết nứt ngang, nứt dọc.



Hình 12. Trường nhiệt độ của TĐ Sơn La đạt giá trị nhiệt độ $T_{max} = 44,6^{\circ}\text{C}$ - tính toán bằng TEMDAM/XD theo số liệu quan trắc thực tế



Hình 13. Nhiệt độ TĐ Sơn La đạt nhiệt độ $T_{max} = 44,0^{\circ}\text{C}$ tại thiết bị quan trắc $\nabla 201,0$ [9]



Hình 14. Quá trình phát triển nhiệt của TĐ Lai Châu (a, b, c) và trường nhiệt độ ổn định (d) - TEMDAM/XD



5. Kết luận

Nghiên cứu và xây dựng chương trình tính toán nhiệt sẽ có nhiều cơ hội cập nhật những tiến bộ mới trong tính toán, thiết kế của trong và ngoài nước, áp dụng những tiêu chuẩn tính toán mới, chủ động nổi kết được các sản phẩm đã được nghiên cứu riêng rẽ. Đồng thời nâng cao trình độ của cán bộ trong nước, trong giảng dạy đại học, sau đại học, đáp ứng được tiến trình hội nhập quốc tế của các trường đại học nói chung và của Trường ĐH Xây dựng nói riêng;

Chương trình TEMDAM/XD tính toán phân tích nhiệt trong đập bê tông tại các thời điểm thi công đập khác nhau, qua đó có thể xác định được khoảng chênh lệch nhiệt độ lớn nhất để có thể đề xuất các biện pháp hạ nhiệt trong bê tông, cấp phối bê tông hợp lý và tối ưu kích thước khối đổ, thời gian đổ bê tông. Tính toán phân tích sự phát triển nhiệt trong các đập có xét đến biểu đồ thi công và tốc độ nâng đập. Kết quả của phân tích nhiệt được biểu diễn dưới dạng đồ họa phù hợp với yêu cầu của thực tiễn sản xuất;

Ứng dụng chương trình TEMDAM/XD trong tính toán phân tích nhiệt cho các đập RCC ở Việt Nam. Kiểm chứng các kết quả tính toán với các giá trị nhiệt độ đo được từ các công trình thực tế.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Xuân Đặng, Trịnh Trọng Hàn, Nguyễn Xuân Trường (2005), *Thủy Công*, NXB Xây dựng.
2. Trịnh Văn Quang (2004), *Kỹ thuật nhiệt*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.
3. Huỳnh Bá Kỹ Thuật, Nguyễn Hồng Quân, Nguyễn Phương Lâm, *Lập chương trình tính toán thẩm qua công trình thủy lợi*, Đề tài NCKH cấp Bộ B2000-34-75/ĐHXD.
4. IU.M.Bazenov, Bạch Đình Thiên, Trần Ngọc Tính (2004), *Công nghệ bê tông*, NXB xây dựng.
5. Hồ Anh Tuấn, Trần Bình (1978), *Phương pháp phần tử hữu hạn*, NXB khoa học và kỹ thuật.
6. Báo cáo thẩm tra TKKT công trình thủy điện Sơn La (2005), Công ty Tư vấn ĐHXD.
7. Báo cáo thẩm tra TKKT công trình thủy điện Lai Châu (2011), Công ty Tư vấn ĐHXD.
8. Tài liệu thiết kế kỹ thuật thủy điện: Sơn La, Lai Châu, Bản Chát, Bản Vẽ, Avương, Định Bình, Xêkaman 1, Đồng Nai 3 & 4, Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng Điện (PECC 1, 2).
9. David Morris, Đào Thế Hùng, Karl.M (2010), "Hệ thống quan trắc cho đập bê tông đầm lăn Sơn La: Thiết kế và các kết quả ban đầu", *Báo KHCN Điện*, số 6/2010.
10. Các tài liệu quan trắc thực tế các đập RCC ở Việt Nam.
11. L.N.Rasskazov, V.G.Orehov (2007), *Gidrotehnicheskie Asooruzheniya*, Moscow ACB.
12. John H.Lienhard IV, John H.Lienhard IV, *A Heat Transfer Textbook*.
13. ACI 207.1R-87, *Mass Concrete*.
14. ETL 1110-2-542, *Thermal Studies of Mass Concrete Structures*.
15. 7th Benchmark Workshop on Numerical Analysis of Dams (September 24-26, 2003) - Bucharest, ROMANIA, *Thermal analysis of a RCC dam body during Construction*.
16. Zhu Bofang (2013), *Thermal Stresses and Temperature Control of Mass Concret*, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, First edition.
17. O.C.Zienkiewicz & R.L Taylor (2000), *Finite element method*, Butterworth-Heinemann, Fifth edition.
18. ANSYS *Thermal Analysis* (2005), Guide ANSYS Release-10.