

## CÔNG TÁC KIỂM SOÁT NHIỆT ĐỘ VÀ BẢO ÔN BỀ MẶT TRONG THI CÔNG ĐẬP BÊ TÔNG ĐẦM LẤN

TS. Đồng Kim Hạnh  
Trường Đại học Thủy lợi

**Tóm tắt:** Sự phát triển nhiệt độ trong khối RCC tăng, giảm liên tục từ khi bắt đầu đổ bê tông cho đến khi vận hành công trình đều ảnh hưởng đến chất lượng của đập. Để quản lý tốt chất lượng đập bê tông đầm lặn, phòng chống hiện tượng xảy ra nứt đối với khối bê tông thì công tác kiểm soát nhiệt độ khối đổ và bảo ôn bề mặt là rất quan trọng. Phương pháp xử lý vật liệu tại trạm trộn bê tông nhằm giảm nhiệt độ vữa bê tông khi đổ, không chế nhiệt độ từ 15 – 17<sup>0</sup>C tại trạm trộn trong mọi điều kiện môi trường xung quanh và theo dõi nhiệt độ thường xuyên khối đổ góp phần đảm bảo chất lượng tốt nhất cho thi công đập RCC.

**Từ khóa:** Bảo ôn bề mặt, bê tông đầm lặn (RCC), cảm biến nhiệt độ, nhiệt độ trong khối bê tông

**Summary:** The temperature development in RCC volume increase and decrease continuously from the start of execution until operation affect the quality of the dam. To manage the quality of roller compacted concrete dam, preventing cracking phenomenon for mass concrete, the temperature control block and insulated surface is very important. Methods of handling materials in concrete mixing plant to reduce the temperature when pouring concrete mortar, temperature control from 15-17<sup>0</sup>C at mixing in all ambient conditions and frequent temperature monitoring block pour help ensure the best quality for RCC dam construction.

**Keywords:** insulated surface, roller compacted concrete (RCC), temperature sensors, temperature in concrete block

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ thi công bê tông đầm lặn là sự kết hợp của công nghệ chế tạo bê tông tươi (ít nước, ít xi măng, thêm phụ gia khoáng hoạt tính) và công nghệ thi công dây chuyền của đập đất (vận chuyển, rải, san, đầm). Đến nay, bê tông đầm lặn có thể được xem là sự phát triển quan trọng nhất trong thi công bê tông khối lớn và đập bê tông. Sự ra đời của nó đã làm cho nhiều dự án đập lớn trở nên khả thi bởi hạ được giá thành từ việc cơ giới hóa công tác thi công, tốc độ thi công nhanh, sớm đưa công trình vào sử dụng, giảm thiểu lao động thủ công cũng như chi phí cho các công

trình phụ trợ và chi phí cho biện pháp thi công. Bên cạnh những ưu điểm thì bê tông đầm lặn cũng còn tồn tại một số vấn đề cần nghiên cứu giải quyết. Một trong những tồn tại đó là vấn đề không chế nhiệt trong quá trình thi công. Sự phát triển của nhiệt độ trong thân đập bê tông là một quá trình rất phức tạp, bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố liên quan đến khả năng tỏa nhiệt của bê tông như loại chất kết dính, cấp phối bê tông, biện pháp và tiến độ thi công v.v...

Đập bê tông đầm lặn sử dụng lượng xi măng ít so với bê tông truyền thống nhưng do điều kiện thi công liên tục trên diện rộng nên lượng nhiệt thủy hoá trong bê tông không đủ điều kiện phát tán ra ngoài mà tích tụ lại trong đập, làm cho nhiệt độ trong đập bê tông tăng khá cao. Do đó, vấn đề kiểm soát và không chế nhiệt độ khi thiết kế, thi công

Người phân biên: PGS.TS Hoàng Phó Uyên  
Ngày nhận bài: 12/2/2015  
Ngày thông qua phân biên: 03/4/2015  
Ngày duyệt đăng: 24/4/2015

đập bê tông đầm lăn là hết sức quan trọng và có những đặc điểm rất riêng biệt so với bê tông truyền thống. Kết quả của việc theo dõi nhiệt độ phát triển trong khối bê tông sẽ là cơ sở tin cậy và khoa học để quyết định các giải pháp phòng chống nứt do nhiệt thủy hóa của chất kết dính cũng như sự biến đổi của nhiệt độ môi trường xung quanh và một số nhân tố khác.

## 2. CÁC GIẢI PHÁP KHỐNG CHẾ NHIỆT ĐỘ

Tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của mỗi công trình, thông qua kết quả tính toán để đề ra các yêu cầu khống chế nhiệt phù hợp, từ đó chọn các biện pháp thi công khống chế nhiệt đúng đắn, đảm bảo các yêu cầu về chất lượng kỹ thuật và hiệu quả kinh tế.

Bê tông sau khi đã đổ vào khối đổ, nhiệt độ trong khối đổ sẽ không ngừng tăng lên do xi măng thủy hoá. Sau đó do toả nhiệt, nhiệt độ trong khối đổ sẽ giảm dần đến nhiệt độ ổn định. Do đặc điểm bê tông RCC thi công nhanh nên bê tông vùng giữa khối đổ làm việc ở chế độ gần như đoạn nhiệt, không đủ thời gian để bê tông phát tán nhiệt cần thiết trước khi thi công lớp tiếp theo cần theo dõi nhiệt độ và có thời gian nghỉ. Bê tông RCC thường được thi công trên một diện tích rộng nên khả năng hấp thụ bức xạ mặt trời nhiều hơn, góp phần làm công trình nóng lên. Mặt khác, bê tông đầm lăn thông thường được thi công trên toàn bề mặt, không phân chia khối nhỏ nên khả năng bị biến dạng giữa bê tông với nền móng hoặc giữa bê tông cũ và bê tông mới lớn hơn. Sự thay đổi nhiệt độ sẽ làm cho bê tông bị co dãn, biến dạng và sinh ra ứng suất trong khối bê tông, khi ứng suất kéo vượt quá cường độ kháng kéo của bê tông thì sinh ra nứt. Do đó, trong quá trình thiết kế bê tông đầm lăn, bài toán nhiệt cần được tính toán đầy đủ và đề ra yêu cầu kỹ thuật về khống chế nhiệt, đồng thời cần nghiên cứu các biện pháp khống chế

nhiệt trong quá trình thi công bê tông đầm lăn phù hợp để đảm bảo an toàn ổn định cho công trình. Các thiết kế về nhiệt độ khống chế đã được đưa ra [1] và biện pháp khống chế nhiệt như: bố trí các khe co giãn ngang với khoảng cách phù hợp, dùng loại xi măng có lượng toả nhiệt ít hoặc tốc độ toả nhiệt chậm, các loại chất độn hoạt tính như tro bay, puzolan, làm lạnh cho cốt liệu (hệ thống làm lạnh cốt liệu, che mát, tưới nước cốt liệu, dùng nước lạnh hoặc nước đá để trộn...) hoặc các công tác bảo ôn bề mặt cũng đã được đề xuất trong thiết kế. Việc nghiên cứu là vận dụng các thiết bị đo đặc hiện trường để kiểm nghiệm lại thiết kế.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Công tác đo đạc và kiểm soát nhiệt

#### a) Thiết bị sử dụng

Thiết bị đo nhiệt độ Thermometer String-USA với độ chính xác  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Đây là loại thiết bị đo cảm biến nhiệt độ kiểu chuỗi. Tới thời điểm hiện nay, tại Thủy điện Lai Châu gần như toàn bộ thiết bị đã được lắp đặt để quan sát trong phạm vi đập bê tông (62/78 đây nhiệt kiểu chuỗi).

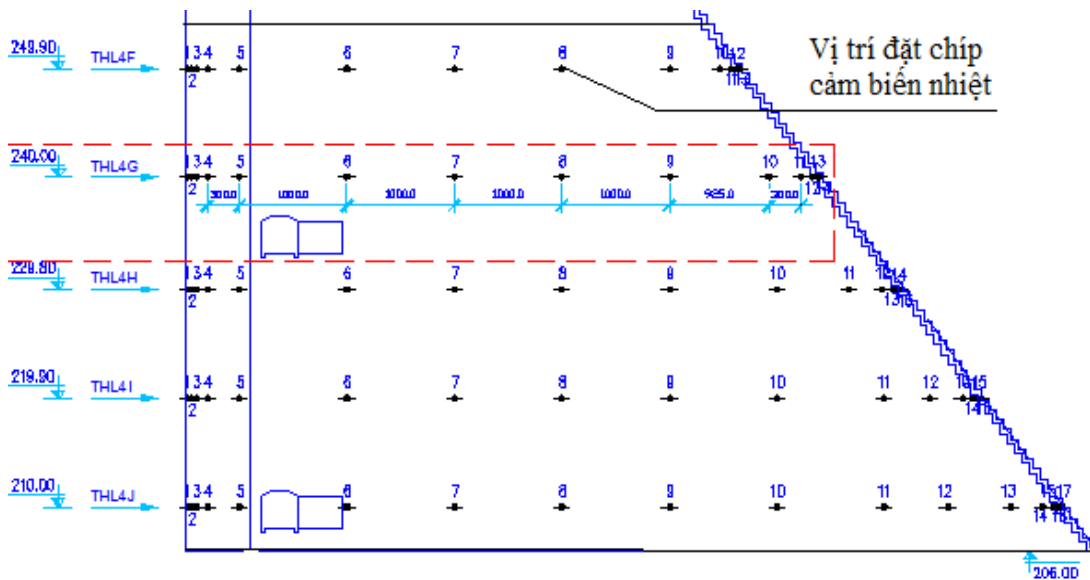
#### b) Vị trí đo nhiệt độ

Sau khi đổ và trước khi được đầm chặt, các con chip cảm biến sẽ được đặt vào trong bê tông để theo dõi nhiệt độ. Tùy từng vị trí cụ thể của công trình và loại công trình mà số lượng chip cảm biến có thể khác nhau.

Kết quả nghiên cứu được ghi lại từ thực tế đo nhiệt độ bê tông của đập RCC thủy điện Lai Châu với chip cảm biến nhiệt, được lắp đặt trong các khối C1, C1A, C2, C3, C4, C5 (Hình 2) gồm tuyến IL 4 (đặt tại các cao trình 210.0, 220.2, 229.8, 240.0, 249.9, 259.9, 270.0, 279.9, 290.1, 294.9) và IL 6 (đặt tại các cao trình 174.6, 182.1, 189.9, 199.8, 206.4, 211.2, 219.9, 229.8, 240.0, 249.9, 259.8) và các tuyến quan trắc khác.



Hình 1: Mặt cắt dọc các khối đổ đã thi công



Hình 2: Bố trí chip cảm ứng nhiệt độ tại m ột mặt cắt tuyến IL 4

c) Kết quả

Công tác đo nhiệt độ được tiến hành sau khi đổ bê tông đầm lặn lớp cũ được hoàn thành. Quy trình ghi đo kết quả được thực hiện theo 3 giai đoạn: Giai đoạn một trong vòng 0 đến 4 ngày đầu tiên. Thông số nhiệt độ được thiết bị ghi lại 4 lần/ngày; giai đoạn 2 từ 5 đến 32 ngày tiếp theo. Thông số nhiệt độ được thiết bị ghi lại 2 lần/ngày; giai đoạn 3

từ ngày 33 trở đi. Thông số nhiệt độ được ghi đo mỗi ngày một lần cho đến khi kết thúc tổng thời gian quan trắc. Trừ một số điểm nhiệt độ đo lớn hơn nhiệt độ không chế thiết kế thì cần tiến hành đo tăng thêm số lần trong ngày từ 2 đến 4 lần. Với thời gian quan trắc nhiệt độ đến tháng 11/2014 thì có thể tổng kết lại nhiệt độ được theo dõi tại tuyến IL4 và IL6 như sau:

**Bảng 1: Nhiệt độ lớn nhất tại các cao trình tuyến IL4**

Vị trí đo	Tuyến IL 4									
Cao trình đo (m)	210	220,2	229,8	240	249,9	259,8	270,9	279,9	290,1	294,9
Nhiệt độ max ( $^{\circ}\text{C}$ )	39,7	34,8	37,7	38,7	38,6	39,2	39,3	36,6	38,8	41,1
Thời gian đạt max (ngày)	28	271	176	181	181	205	118	68	90	188
Nhiệt độ hiện tại ( $^{\circ}\text{C}$ )	38,8	34,7	37,3	38,5	38,5	39,0	39,1	35,7	37,4	41,1
Thời gian hiện tại (ngày)	103	283	271	256	245	233	219	207	196	188

**Bảng 2: Nhiệt độ lớn nhất tại các cao trình tuyến IL6**

Vị trí đo	Tuyến IL 6										
Cao trình đo (m)	174,6	182,1	189,9	199,8	206,4	211,2	219,9	229,8	240	249,9	259,8
Nhiệt độ max ( $^{\circ}\text{C}$ )	39,2	40,4	42,1	43,1	41,4	41,6	41,0	40,3	38,8	36,6	49,3
Thời gian đạt max (ngày)	12	148	301	65	424	205	350	329	248	287	150
Nhiệt độ hiện tại ( $^{\circ}\text{C}$ )	31,9	38,5	41,9	40,8	41,3	41,5	41,0	40,2	38,7	36,5	35,3
Thời gian hiện tại (ngày)	624	611	484	458	429	421	405	386	365	350	330

Với bê tông đầm lăn thì khống chế nhiệt độ khi đưa vào khối đổ là nhỏ hơn  $20^{\circ}\text{C}$  [1, 2, 3]. Thông thường trên công trường thủy điện Lai Châu nhiệt độ bê tông RCC khi đưa vào khối đổ được kiểm soát từ  $15^{\circ}\text{C}$  đến  $17^{\circ}\text{C}$  và tùy thuộc vào mùa thi công mà có thể lớn hơn  $17^{\circ}\text{C}$  nhưng không vượt quá  $20^{\circ}\text{C}$ . Việc kiểm soát nhiệt độ này được dựa trên nhiệt độ cốt liệu, nhiệt thủy hoá của loại xi măng và nhiệt của nước dùng để trộn hỗn hợp vữa bê tông và dựa trên thời gian lưu động của vữa trên các hệ thống băng chuyền từ nơi sản xuất (trạm trộn) đến bề mặt khối đổ. Kết quả đo nhiệt độ của vữa bê tông tại trạm trộn và tại mặt đập cho thấy việc khống chế tốt nhiệt độ khi bắt đầu đổ

bê tông (bảng 3) đã đảm bảo bê tông trong lõi khối đổ tăng đến  $43,1^{\circ}\text{C}$  (bảng 1, 2), Ngay cả khi nhiệt độ ngoài trời lên đến  $41,1^{\circ}\text{C}$  thì bê tông RCC lạnh ra đến hiện trường vẫn phải được duy trì ở nhiệt độ  $20^{\circ}\text{C}$ . Để làm được điều này, trên công trường nhà thầu thi công đã lắp đặt các hệ thống phun sương hỗ trợ, giữ lạnh, tạo độ ẩm cần thiết cho bê tông đảm bảo chất lượng. Như thế có thể thấy nhiệt độ của các khối bê tông sau khi đổ đều thỏa mãn điều kiện khống chế trong thiết kế khoảng  $42 \pm 2^{\circ}\text{C}$  [1]. Khi xảy ra hiện tượng nhiệt độ tại khối đổ vượt quá  $42^{\circ}\text{C}$  thì cần theo dõi nhiệt độ và đo đặc vết nứt tại vị trí đó chặt chẽ, cẩn thận hơn bằng cách tăng số lần quan sát, ghi đo. Có

trường hợp nhiệt độ lớn nhất đo tại khối đổ là  $49,3^{\circ}\text{C}$  xảy ra tại cao trình 259,8 phía thượng lưu phần đỉnh đập sau khi đổ 150 ngày. Sang ngày 151, nhiệt độ khối đổ bắt đầu giảm xuống còn  $49^{\circ}\text{C}$  và sau 7 ngày giảm còn  $44,1^{\circ}\text{C}$ . Sở dĩ có sự giảm nhiệt độ nhanh và liên tục là do thời gian giãn cách giữa 2 lớp đổ được kéo dài thêm, công tác bảo ôn bề mặt được thực hiện tốt tại hiện trường bằng cách bảo dưỡng phun sương, phủ bao tải đay tưới ẩm nên nhiệt độ đã giảm liên tục trong những ngày sau đó. Sự tăng nhiệt độ lớn như vậy là do khối đổ thượng lưu tại cao trình 259,8 đang thi công vào mùa hè (cuối tháng 5, đầu tháng 6) nên nhiệt độ môi trường cũng rất lớn, ảnh hưởng tới quá trình tỏa nhiệt của bê tông. Tiến hành đo

đặc kiểm tra vết nứt tại khu vực này vẫn nằm trong giới hạn cho phép. Có thể thấy quá trình kiểm soát nhiệt độ của đập bê tông đầm lăn của thủy điện Lai Châu đến thời điểm này vẫn rất tốt. Đập thi công đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật đề ra, chưa phát sinh điểm đo nhiệt nào có mô đun chênh lệch nhiệt độ lớn hơn  $50^{\circ}\text{C/m}$ .

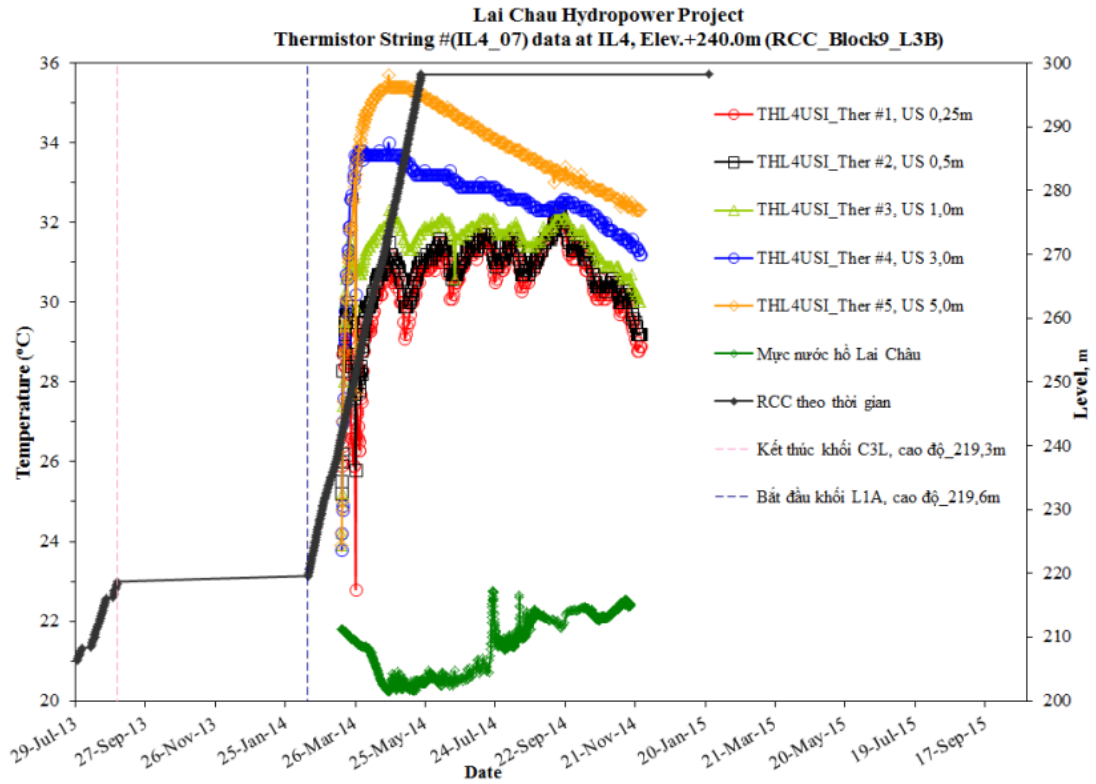
Dựa vào bảng 1, 2 ta thấy bê tông đầm lăn phát triển theo đúng quy luật tỏa nhiệt của bê tông khối lớn. Với các vị trí bê tông ở lõi khối đổ, nhiệt lượng tỏa ra lớn và khi chưa có lớp bê tông đổ mới thì nó có xu hướng giảm theo thời gian, kể cả các vị trí đo được nhiệt độ tăng cao như cao trình 259,8 với nhiệt độ đo là  $49,3^{\circ}\text{C}$ .

**Bảng 3: Kết quả thí nghiệm nhiệt độ bê tông RCC trước khi đổ**

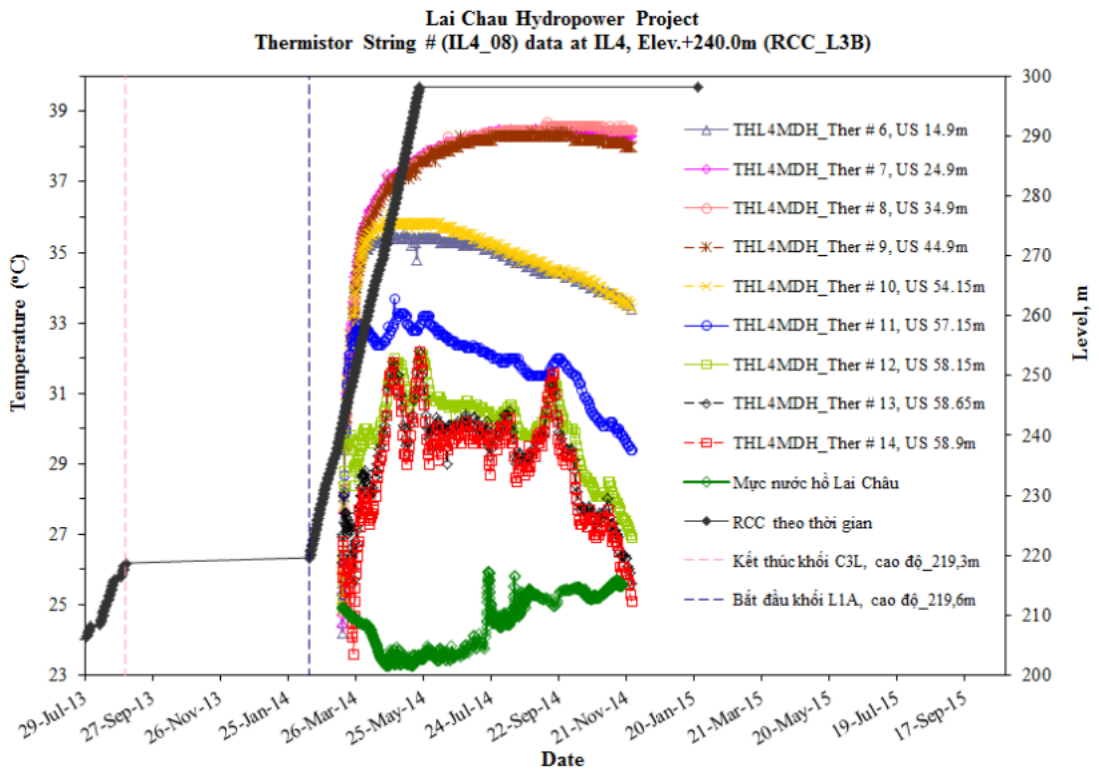
Nhiệt độ	Đo tại hiện trường thi công				Đo tại trạm trộn bê tông RCC			
	Tmax		Tmin		Tmax		Tmin	
Khối đổ	Môi trường	Bê tông	Môi trường	Bê tông	Môi trường	Bê tông	Môi trường	Bê tông
C1	39	19,8	12,5	14,9	38,6	17,8	17,5	14
C1A	39,1	19,8	18,3	17,1	37,8	20	20	15
C2	41,1	19,9	21,2	17,3	39,8	19,7	21,8	13,2
C3	39,5	20	21	17,5	36,3	17,6	18,3	12,6
C4	37,5	20	19,3	17,8	31,7	19,6	17,6	15
C5	33,5	19,9	12	16,3	33,9	19,1	8,7	13

Do quá trình tỏa nhiệt của bê tông đầm lăn là lâu dài và sự phát triển cường độ của bê tông kéo dài nên quá trình đo nhiệt độ được tiến hành liên tục và kéo dài từ khi thi công khối đổ cho đến khi toàn bộ các khối đổ hoàn thành và có thể kéo dài trong quá trình vận hành công trình, đảm bảo an toàn cho đập (thời gian này có thể lên tới 10 năm tùy theo yêu cầu).

Từ các bảng theo dõi nhiệt độ tại các cao trình và đồ thị biểu diễn quá trình thay đổi nhiệt độ theo thời gian tương ứng với từng vị trí đặt thiết bị đo cũng khẳng định rằng nhiệt độ tỏa ra tại tâm khối đổ bao giờ cũng lớn hơn nhiều nhiệt độ của bê tông gần bề mặt (Hình 3, 4).



Hình 3: Diễn biến nhiệt tại cao trình 240 tuyến IL 4 theo thời gian (Từ vị trí đặt chụp 1-5)



Hình 4: Diễn biến nhiệt tại cao trình 240 tuyến IL 4 theo thời gian (Từ vị trí đặt chụp 6-15)



Căn cứ vào đồ thị diễn biến nhiệt độ của mỗi cao trình để xem xét quyết định thời gian rải lớp bê tông tiếp theo. Lớp bê tông tiếp theo được rải khi nhiệt độ trong khối đổ của lớp bê tông trước có xu hướng giảm. Tuy nhiên lớp bê tông đổ mới luôn có xu hướng làm nóng các lớp bê tông đã đổ, làm chúng tiếp tục tăng nhiệt. Quá trình tăng và giảm nhiệt độ của toàn khối bê tông RCC vẫn phải duy trì theo dõi thường xuyên bằng số liệu, đồ thị và biểu đồ phân bố nhiệt.

### 3.2. Công tác bảo ôn bề mặt bê tông

Với các đập bê tông khối lớn, công tác bảo ôn bề mặt cần thiết và quan trọng. Các vật dụng thường được sử dụng bảo ôn bề mặt cho bê tông RCC là bạt dứa, tấm xốp cách nhiệt, hệ thống phun sương tưới mát, hệ thống đường ống nước làm lạnh trong bê tông.

Sau khi thi công xong mỗi lớp bê tông đầm lặn, nhiệt độ của bê tông sẽ tăng lên do quá trình thủy hóa xi măng. Nhiệt độ tại tâm khối đổ sẽ tăng hơn nhiều so với nhiệt độ các vùng bên ngoài khối. Tuy vậy, tại bề mặt của bê tông phần tiếp xúc với môi trường bên ngoài

thì lượng nhiệt phát sinh sẽ truyền ra môi trường xung quanh với mức độ khác nhau, phụ thuộc vào độ chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt bê tông và nhiệt độ môi trường. Do vậy, sự tăng nhiệt độ của bê tông mặt ngoài sẽ nhỏ hơn sự tăng nhiệt tại các vị trí bên trong đập. Kết quả của quá trình này dẫn đến kết quả là tăng đều gradient nhiệt giữa bề mặt và trong lòng khối bê tông. Sự tăng nhiệt độ bên trong khối bê tông và giảm nhiệt độ môi trường xung quanh sẽ làm tăng gradient nhiệt và đến một chừng mực nào đó có thể gây nứt bê tông.

Để có thể giảm gradient nhiệt giữa vùng tâm với bề mặt của khối bê tông cũng như giữa bề mặt của khối bê tông với môi trường bên ngoài và không chế tốc độ thoát nhiệt của khối bê tông ra môi trường bên ngoài, các loại vật liệu cách nhiệt có thể được sử dụng để bảo ôn mặt bê tông. Các loại vật liệu cách nhiệt có thể sử dụng bao gồm: Tấm xốp polystyren hoặc polyurethan có độ dày 2-5cm với khối lượng thể tích không dưới  $20\text{kg/m}^3$ ; tấm bông khoáng thủy tinh (glas wool) có chiều dày 5-10cm có khối lượng thể tích khoảng  $30\text{kg/m}^3$ , lớp phụ gia tạo màng bao tải đay.



Hình 9: Ốp tấm xốp cách nhiệt

Việc bảo dưỡng bê tông RCC trên mặt bằng được thực hiện bằng cách rải một lớp bạt dứa và sau đó rải một lớp mặt đá 30-50cm lên bề

mặt. Tạo lớp ngăn cách bề mặt bê tông tiếp xúc với không khí. Với bê tông RCC xung quanh khối đổ, sau khi tháo dỡ cốp pha

thượng, hạ lưu và vai đập, tiến hành lắp lỗ neo để bảo dưỡng bề mặt bê tông. Công tác bảo ôn bề mặt xung quanh được thực hiện với bê tông mặt hạ lưu là sau khi tháo dỡ 2-3 tầng cốp pha, với bê tông mặt thượng lưu là sau khi tháo dỡ 4-5 tầng cốp pha thì lắp lỗ neo, tiến hành quét một lớp phụ gia tạo màng trên bề mặt bê tông để tránh thoát nước do bốc hơi, đảm bảo giữ lại lượng nước cho bê tông thủy hoá. Loại phụ gia này có tên là “chất bảo dưỡng bê tông VAPORSTOP-AC”. Khi quét xong sẽ tiến hành công việc gắn xốp lên bề mặt bê tông. Loại xốp được sử dụng có kích thước 200x100x2.5 cm, khối lượng thể tích là 30 kg/m<sup>3</sup> và được dùng đinh vít bắn giữ vào bề mặt bê tông. Tại bề mặt ngang bậc của mặt hạ lưu đập thì rải các bao tải đay đã được tưới ẩm. Theo tiêu chuẩn thiết kế, thời gian ốp các tấm xốp cách nhiệt tới khi tháo dỡ chúng là 365 ngày [1].

#### 4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm tại thủy điện Lai Châu cho thấy độ chênh nhiệt độ giữa khối đổ và môi trường bên ngoài, sự

chênh lệch mô đun nhiệt độ giữa các vị trí đặt chip cảm ứng nhiệt độ cũng rất nhỏ có thể khẳng định hiện tượng nứt trong khối bê tông RCC luôn trong giới hạn cho phép. Để làm được việc này, công tác khống chế, đo đạc nhiệt độ và kiểm soát nhiệt độ trước, trong và sau khi đổ rất chặt chẽ. Quá trình kiểm soát tốt nhiệt độ phát triển trong khối bê tông thông qua số liệu đo đạc và đồ thị biểu diễn góp phần giúp nhà thầu thi công quyết định thời điểm thi công lớp đổ sau để vừa đảm bảo các yêu cầu về kỹ thuật thi công, vừa quản lý tốt chất lượng công trình.

Thông qua các số liệu đo đạc tại hiện trường để khẳng định các nghiên cứu lý thuyết về sự phát triển nhiệt độ bên trong khối đổ bê tông RCC là càng tại tâm khối đổ, nhiệt độ càng lớn. Sự khống chế được nhiệt độ tại tâm khối đổ trong khoảng cho phép theo yêu cầu kỹ thuật của công trình ngoài quá trình bảo ôn bề mặt tốt còn cần công tác kiểm soát nhiệt độ chặt chẽ bê tông trước khi rải. Và nhiệt độ của bê tông này không phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường trong giai đoạn thi công.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Báo cáo kỹ thuật “Điều kiện tiêu chuẩn kỹ thuật cho đập RCC – TN – TD/14” công trình thủy điện Lai Châu, Công ty CPTV XD Điện 1, tháng 10/2013.
- [2] Quy phạm thiết kế đập bê tông đầm lăn, SL 314-2004, CHDCND Trung Hoa (bản dịch).
- [3] Hansen, Kenneth D., and Reinhardt, William G., “Roller Compacted Concrete Dams”, McGraw-Hill, Inc., New York, NY, 298 pp, 1991.