

XÂY DỰNG KẾ HOẠCH KIỂM SOÁT NÚT DO NHIỆT TRONG BÊ TÔNG KHỐI LỚN

ThS. Bùi Anh Kiệt¹

TÓM TẮT

Đối với các công trình xây dựng bằng bê tông khối lớn, chế độ nhiệt đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành các vết nứt. Sự hình thành và phát triển của các vết nứt do nhiệt làm giảm tuổi thọ công trình, khả năng làm việc của kết cấu cũng như tính thẩm mỹ của công trình, đặc biệt đối với các công trình đòi hỏi độ kín nước (đập bê tông của các công trình hồ chứa nước, bồn chứa nhiên liệu,...). Do đó, xây dựng kế hoạch để kiểm soát nứt do nhiệt là cần thiết trong quá trình thiết kế và thi công các công trình bê tông khối lớn.

Từ khóa: nứt do nhiệt, bê tông khối lớn, xi măng, nhiệt thủy hóa.

ABSTRACT

Thermal behavior of massive concrete in constructions is the important reason in cracking formation. The formation and development of thermal cracking decrease the age, structural strength and esthetics of construction, especially in high watertightness construction (massive concrete dam, fuel tank,...). Consequently, planning of thermal cracking control is necessary in designing and constructing massive concrete.

Keywords: thermal cracking, massive concrete, cement, hydration heat.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để các công trình xây dựng bằng bê tông khối lớn hoạt động ổn định, an toàn, đảm bảo tuổi thọ cũng như khả năng chịu lực theo các yêu cầu thiết kế, việc kiểm soát vết nứt do nhiệt là vấn đề cần được coi trọng vì các sự cố về nứt nhiệt 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 này có thể dẫn đến những tổn thất lớn về con người và tài sản, mà việc sửa chữa khắc phục sự cố thường rất phức tạp và tốn kém.

Từ nhận thức được những nguy cơ nứt do nhiệt, để giải quyết vấn đề này cần phải xây dựng kế hoạch kiểm soát nứt do nhiệt bao gồm tập hợp các yêu

cầu kỹ thuật để kiểm soát nứt do nhiệt tại các vị trí mối nối, bố trí thép, cũng như yêu cầu kỹ thuật đối với vật liệu, cấp phối và thi công (thời gian đổ bê tông, nhiệt độ đổ bê tông, tiến độ thi công, sơ đồ phân chia khối đổ, phương pháp dưỡng hộ bê tông,...) có tính đến điều kiện môi trường, loại kết cấu và điều kiện thi công.

Hiện nay tại Việt Nam chưa có một tiêu chuẩn nào qui định về tính toán nhiệt trong bê tông khối lớn; do vậy trong phạm vi bài viết này, việc xây dựng kế hoạch kiểm soát nứt do nhiệt dựa trên cơ sở tài liệu kiểm soát nứt trong bê tông khối lớn do Hội bê tông Nhật Bản [1] ban hành.

¹Trường Đại học Mở Tp.HCM

2. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC

2.1. Nghiên cứu trong nước

Ở nước ta, việc xây dựng quy trình kiểm soát nhiệt trong bê tông khối lớn còn khá mới, các qui định hiện hành chủ yếu dựa vào tài liệu nước ngoài mà chưa xem xét tới điều kiện cụ thể áp dụng tại Việt Nam. Cụ thể như: “TCXDVN 305-2004: Bê tông khối lớn – Quy phạm thi công và nghiệm thu” chưa có quy trình hướng dẫn về tính toán và kiểm soát nhiệt, 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 các công trình bê tông khối lớn như đập bê tông trọng lực đã xây dựng ở nước ta trong thời gian gần đây, trong quá trình thiết kế và thi công đã quan tâm đến vấn đề do ứng suất nhiệt gây ra, một số công trình đã có hướng dẫn quy trình công nghệ thi công, 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. Chính điều này đã tạo ra những hạn chế trong công tác kiểm soát nứt do nhiệt trong bê tông khối lớn và cho đến nay vẫn chưa có sự tổng kết đúc rút kinh nghiệm nào đáng kể.

Dưới đây là một ứng dụng cụ thể về kiểm soát nhiệt cho bê tông khối lớn do đơn vị tư vấn PECC2 thực hiện, [9]:

Đập dâng thủy điện Đồng Nai 3 là đập bê tông trọng lực được thi công theo công nghệ bê tông đầm lăn, đơn vị thiết kế đã đưa ra các phương án về hàm lượng xi măng trong cấp phối bê tông và tính toán trường nhiệt độ và ứng suất trong thân đập, từ đó đưa ra phương án tối ưu là sử dụng hàm lượng xi măng là $90\text{kg XM}/\text{m}^3$ bê tông. Ngoài ra trong điều kiện kỹ thuật thi công có nêu rõ về tiến độ thi công, nhiệt độ đổ bê tông, các biện pháp dưỡng hộ,...

để hạn chế nứt do nhiệt; Đập dâng Đồng Nai 3 được bố trí một hệ thống thiết bị cảm biến đo nhiệt để quan trắc, từ đó có kế hoạch kiểm soát ứng suất do nhiệt phát sinh trong thân đập trong quá trình thi công và tích nước hồ chứa khi vận hành.

2.2. Nghiên cứu ngoài nước

Đối với các quốc gia có ngành xây dựng phát triển, các công trình bê tông khối lớn khi xây dựng đều đã được phân tích, đánh giá về trường nhiệt độ, trường ứng suất nhiệt theo thời gian trong giai đoạn thiết kế và trong quá trình thi công, áp dụng quy trình thi công hợp lý với các biện pháp khống chế nhiệt độ đồng bộ, bố trí các thiết bị quan trắc trường nhiệt độ và trường ứng suất nhiệt để theo dõi và có phương án điều chỉnh quy trình thi công. Bên cạnh đó, các hội thảo khoa học thường xuyên được tổ chức để tổng kết, đúc rút kinh nghiệm trong lĩnh vực này. Một số nghiên cứu cụ thể có thể được nêu ra như:

- a. Coyne et Bellier, [4]: tác giả của bài báo đã dùng 3D-FEM để mô phỏng trường nhiệt độ và trường ứng suất nhiệt theo thời gian trong thân đập bê tông trọng lực trong quá trình thi công để có cơ sở cho việc lập kế hoạch kiểm soát nứt nhiệt.
- b. David Dollar and et, [8]: Tác giả và nhóm nghiên cứu đã phân tích sự gia tăng phi tuyến ứng suất - biến dạng nhiệt đối với đập Portugues. Nghiên cứu nhằm đến các mục tiêu là: đặc trưng trường nhiệt độ theo thời gian; cách bố trí và ứng xử của khe nhiệt; khả năng gây nứt do ứng suất nhiệt gây ra.

3. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

3.1. Cơ sở của kiểm soát nứt do nhiệt

Một kết cấu bê tông phải thỏa mãn các yêu cầu chất lượng khác nhau tùy theo mục đích và chức năng sử dụng của kết

cấu. Các yêu cầu có thể bao gồm: độ an toàn, khả năng phục vụ, tuổi thọ, thẩm mỹ. Mục tiêu của việc kiểm soát nứt do nhiệt là ngăn ngừa hiện tượng nứt do nhiệt hoặc không chế chiều rộng vết nứt. Với trường hợp ngăn ngừa vết nứt, chỉ số tham khảo dùng để kiểm soát và xác định là xác suất nứt do nhiệt; với trường hợp không chế vết nứt, chỉ số tham khảo để kiểm soát và xác minh là chiều rộng vết nứt.

3.2. Các giá trị giới hạn đối với mục tiêu kiểm soát

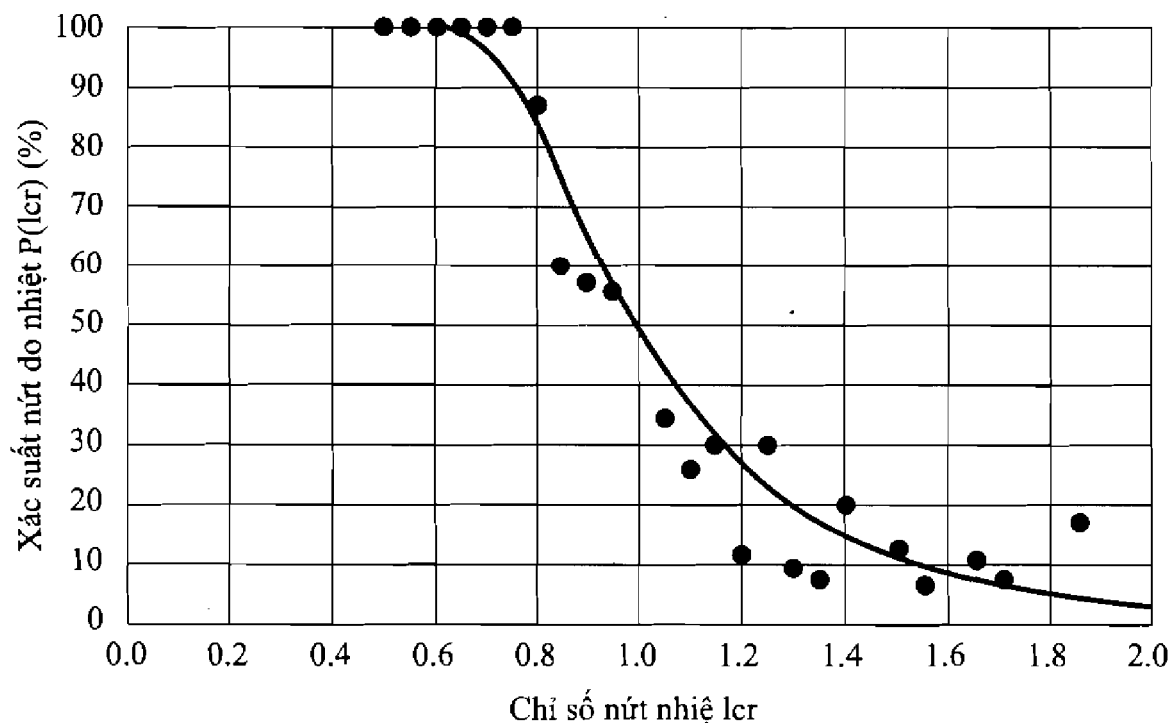
3.2.1. Các giá trị giới hạn đối với ngăn ngừa nứt do nhiệt

Khi yêu cầu ngăn ngừa nứt do nhiệt thì giá trị giới hạn của xác suất nứt $\{P(I_{cr})\}$ được cho là 5%. Chỉ số nứt nhiệt (I_{cr}) được

áp dụng tương đương với xác suất nứt do nhiệt, tương ứng chỉ số giới hạn nứt nhiệt được thừa nhận là 1,85. Nguyên nhân giá trị giới hạn của xác suất nứt do nhiệt được thừa nhận là 5% là do giá trị này nói chung có thể chấp nhận được như là giới hạn đối với các kết cấu không có nứt theo quan điểm các đặc tính xác suất nứt do nhiệt, và trong thực tế các biện pháp kiểm soát nứt nói chung chỉ có thể thực hiện được với xác suất nứt do nhiệt lớn hơn 5%.

Quan hệ giữa chỉ số nứt và xác suất nứt do nhiệt được thực hiện dựa trên phân tích nhiệt 3D-FEM đối với 65 trường hợp kết cấu khối lớn với 728 chi tiết kết cấu, sau đó phương trình thực nghiệm được thiết lập bởi phân tích hồi quy.

Hình 1. Đường cong quan hệ giữa chỉ số nứt (I_{cr}) và xác suất nứt $\{P(I_{cr})\}$, [1]



$$P(I_{cr}) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{I_{cr}}{0.92} \right)^{-4.29} \right] \times 100 \quad (1)$$

3.2.2. Các giá trị giới hạn đối với kiểm soát bề rộng vết nứt

Các giá trị giới hạn về chiều rộng vết nứt do nhiệt phải được đưa ra trong các

giới hạn của các đặc tính cấu trúc liên quan đến tính khả dụng, độ bền, ngoại quan, ...

Hàm lượng thép thấp tại một số vị trí có thể gây ra chiều rộng vết nứt do

hiệt lớn. Mặt khác, sau quá trình thủy hóa xi măng hoàn tất, nhiệt độ trong khối bê tông bắt đầu giảm dần làm phát sinh ứng suất nhiệt. Điều này có thể làm vết nứt rộng ra thêm hoặc sẽ làm xuất hiện thêm các vết nứt mới. Ngoài ra sự phát triển vết nứt do nhiệt còn có thể do co ngót khô, hoặc tải thiết kế tác dụng lên kết cấu.

Do điều kiện môi trường chủ yếu ảnh hưởng đến xâm thực thép, các giá trị giới hạn chiều rộng vết nứt cần được xác minh phù hợp với các điều kiện môi trường mà các kết cấu được xây dựng. Các giới hạn kiểm soát chiều rộng vết nứt do xâm thực thép, lượng nước rò rỉ cũng như ảnh hưởng của bề rộng vết nứt đến yếu tố thẩm mỹ được cho trong các bảng sau:

Bảng 1. Giá trị giới hạn chiều rộng vết nứt (mm) đối với xâm thực cốt thép, [1]

Loại thép	Điều kiện môi trường ảnh hưởng đến xâm thực thép		
	Bình thường	Xâm thực	Xâm thực mạnh
Thanh thép tròn, thép gân	0.005c	0.004c	0.035c
Thép dự ứng lực	0.004c	-----	-----
Ghi chú: c – chiều dày lớp bê tông bảo vệ			

Bảng 2. Giá trị giới hạn chiều rộng vết nứt (mm) do co ngót khô, [1]

Mục đích	Chiều rộng vết nứt cho phép, mm
Ngăn ngừa rò rỉ nước	0.15
Các biện pháp ngăn chặn hư hại bê tông trong điều kiện môi trường bình thường	0.5 (bên trong) 0.3 (bên ngoài)

Bảng 3. Giá trị giới hạn chiều rộng vết (mm) để chống thấm nước, [1]

Mức chống thấm yêu cầu		Cao	Bình thường
Các lực tác động chủ yếu	Lực kéo dọc tâm	-----	0.1
	Momen uốn	0.1	0.2

3.3. Phương pháp kiểm soát ngăn ngừa nứt do nhiệt

Để ngăn ngừa vết nứt do nhiệt, có thể áp dụng một trong các phương pháp: kiểm soát mức độ thay đổi thể tích trong bê tông hoặc giảm các yếu tố ràng buộc giữa các khối đổ hoặc giữa khối bê tông và nền. Các phương pháp này có thể được áp dụng trong các giai đoạn thiết kế và thi công như bố trí các khe nhiệt, bố trí thép tại một số khu vực có khả năng xuất

hiện vết nứt do nhiệt, ngoài ra còn xem xét đến lựa chọn vật liệu, cấp phối, biện pháp thi công,...

Kiểm soát sự tăng nhiệt độ trong bê tông là phương pháp hiệu quả để giảm ứng suất nhiệt. Các biện pháp có thể được thực hiện như: sử dụng xi măng và phụ gia có lượng nhiệt thủy hóa thấp, giảm hàm lượng xi măng, làm mát cốt liệu, làm giảm nhiệt độ ban đầu của bê tông bằng cách sử dụng đá lạnh để làm mát nước

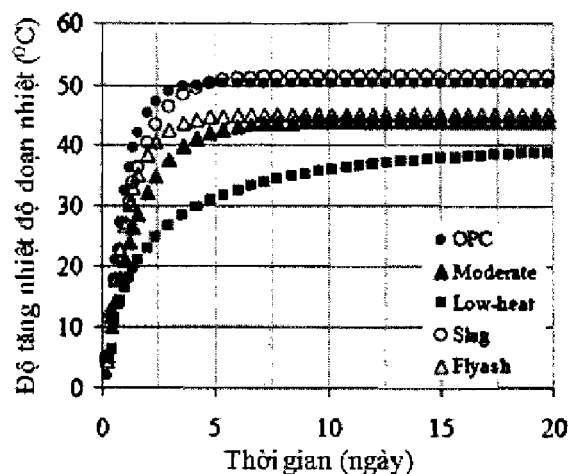
trộn (pre-cooling), lựa chọn thời điểm chế tạo bê tông và đổ bê tông thích hợp, lựa chọn phương pháp dưỡng hộ,...

Để giảm ứng suất do co ngót, cần sử dụng cốt liệu có hệ số giãn nở nhiệt thấp bên cạnh việc kết hợp với sử dụng phụ gia trương nở để cân bằng với phần ứng suất do co ngót gây ra.

3.3.1. Các phương pháp kiểm soát sự thay đổi thể tích trong bê tông

Sử dụng xi măng có lượng nhiệt thủy hóa thấp, bao gồm: xi măng Poóc lăng tỏa nhiệt thấp và vừa, xi măng tro bay. Các loại xi măng này làm giảm giá trị đỉnh của độ tăng nhiệt độ đoạn nhiệt, là yếu tố ảnh hưởng tích cực đến kiểm soát tăng nhiệt độ trong bê tông khối lớn.

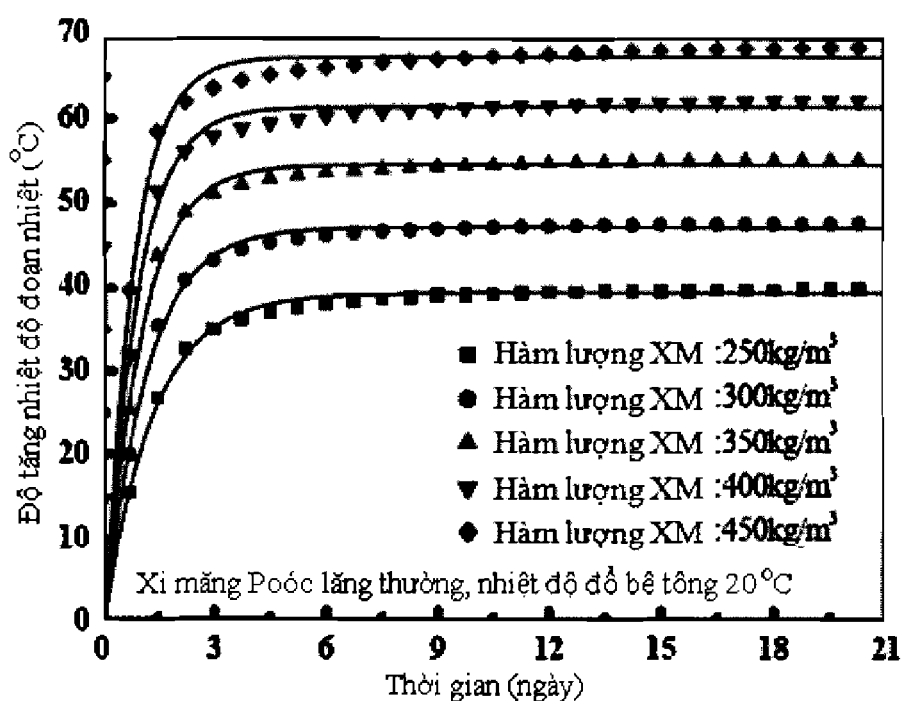
Hình 2. Tăng nhiệt độ đoạn nhiệt của bê tông với các loại xi măng khác nhau [1].



Ghi chú:

- Lượng xi măng sử dụng: 300 kg/m^3
- OPC: Xi măng Poóc lăng thường
- Moderate: Xi măng Poóc lăng tỏa nhiệt trung bình
- Low-heat: Xi măng Poóc lăng tỏa nhiệt thấp
- Slag: Xi măng Poóc lăng xi loại B
- Fly ash: Xi măng Poóc lăng tro bay loại B

Hình 3. Tăng nhiệt độ đoạn nhiệt của bê tông với các hàm lượng xi măng khác nhau [1].



Các phụ gia hóa học được lựa chọn nhằm giảm lượng nước và hàm lượng xi măng để kiểm soát tốc độ thủy hóa đồng thời kết hợp phụ gia hóa dẻo để cải thiện độ sụt của bê tông trong khi không làm tăng lượng nước trộn.

Do mức độ ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến độ tăng nhiệt độ đoạn nhiệt lớn nên giá trị này được khuyến cáo duy trì ở mức thấp nhưng vẫn đảm bảo các đặc tính kỹ thuật của bê tông. Một số biện pháp nhằm làm giảm hàm lượng xi măng được liệt kê như sau:

- Giữ độ sụt thấp có thể
- Tăng tối đa kích thước cốt liệu thô
- Dùng hàm lượng cát thích hợp
- Kéo dài tuổi kiểm soát cường độ
- Ấn định cường độ yêu cầu thích hợp
- Ấn định tỉ lệ N/X tối ưu

Bên cạnh đó, nhiệt độ vữa bê tông cần được giữ ở mức thấp nhất có thể, nhưng vẫn nằm trong các giới hạn không ảnh hưởng xấu đến phát triển cường độ bê tông. Một số biện pháp sau thường được áp dụng:

- Tránh ánh sáng mặt trời chiếu trực tiếp vào vật liệu.
- Không sử dụng xi măng mới ra lò (xi măng nóng).
- Phun nước, sử dụng không khí làm mát, sử dụng ni tơ lỏng để làm mát cốt liệu.
- Sử dụng nước lạnh nhân tạo để trộn bê tông.

Khi sử dụng các cốt liệu đã được làm mát để trộn bê tông, công thức sau dùng để xác định nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp bê tông, [1]:

$$T_{\text{mix}} = \frac{C_s(T_g W_g + T_c W_c) + T_m W_m}{C_s(W_g + W_c) + W_m} \quad (2)$$

- W_g và T_g : khối lượng (kg/m^3) và nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) của cốt liệu
- W_c và T_c : khối lượng (kg/m^3) và nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) của xi măng
- W_m và T_m : khối lượng (kg/m^3) và nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) của nước

- C_s : nhiệt dung riêng của xi măng và cốt liệu so với nước, ($C_s \approx 0.2$)

Khi nước đá được sử dụng để trộn bê tông, sự giảm nhiệt độ ΔT_{mix} được xác định theo công thức, [1]:

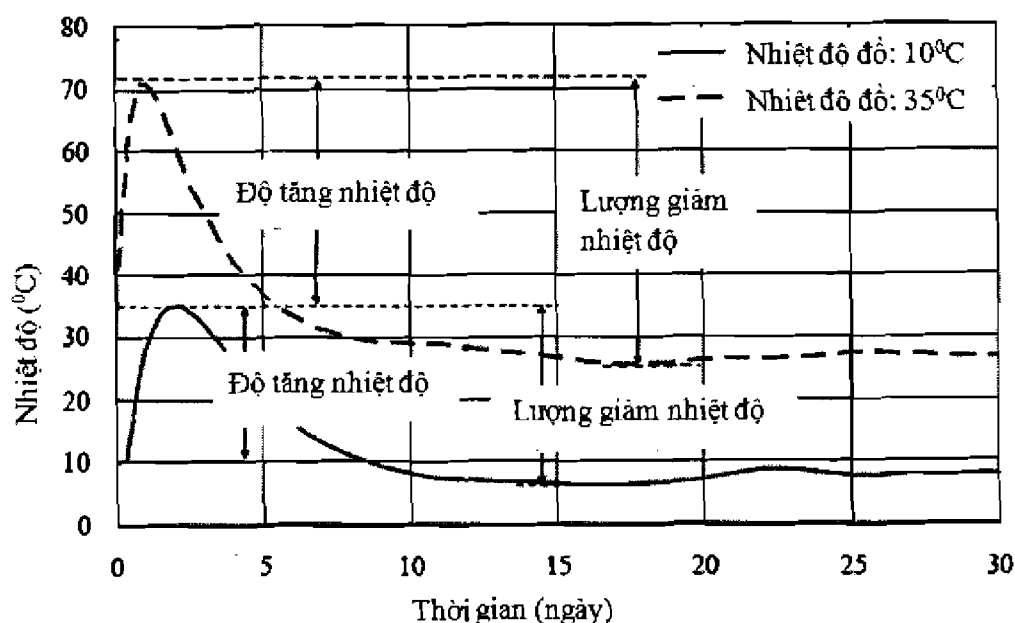
$$\Delta T_{\text{mix}} = \frac{W_{\text{ice}}(79.6 + T_m)}{C_s(W_g + W_c) + W_m} E_f \quad (3)$$

- W_{ice} : khối lượng của nước đá (kg/m^3)
- E_f : hiệu quả làm mát, $E_f = (0.7 \div 0.8)$

Nhiệt độ môi trường tại thời điểm đổ bê tông ảnh hưởng trực tiếp đến nhiệt độ tối đa và sự giảm nhiệt độ của bê tông khi đổ. Các yếu tố này có liên quan mật thiết

đến việc có hay không có sự xuất hiện vết nứt và bề rộng vết nứt. Cách thông dụng nhất để hạn chế nhiệt độ lớn nhất và quá trình giảm nhiệt độ của bê tông là làm giảm nhiệt độ của vữa bê tông, ngoài ra thời điểm chế tạo và thi công bê tông nên tiến hành vào ban đêm hoặc sáng sớm.

Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường tại thời điểm đổ bê tông đến lượng tăng và giảm nhiệt độ của bê tông [1].



Các phương pháp đổ bê tông cần chú ý đến kích thước của bê tông khối lớn. Việc phân chia khối đổ, lớp đổ cần tính toán một cách hợp lý sao cho phù hợp với việc chế tạo bê tông, vận chuyển, thi công theo tiến độ.

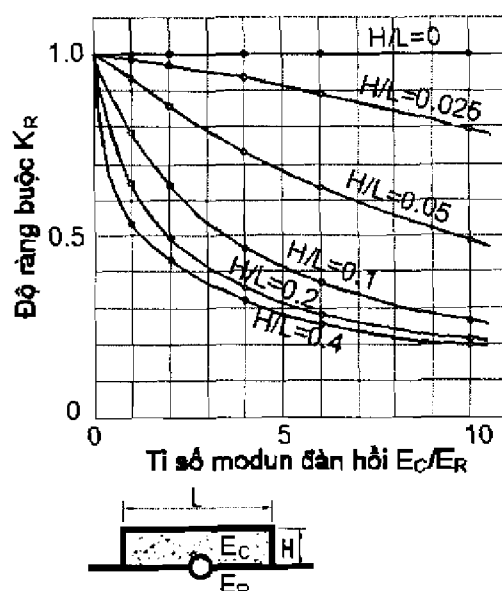
Bên cạnh đó, việc kiểm soát còn áp dụng các phương pháp dưỡng hộ như phương pháp dưỡng hộ cách nhiệt (phủ bề mặt bê tông bằng vật liệu cách nhiệt) hoặc phương pháp làm mát tại chỗ (dùng nước

hoặc không khí làm mát chảy trong các ống dẫn đặt trước trong bê tông để kiểm soát nhiệt độ bê tông sau khi đổ).

3.3.2. Các phương pháp làm giảm cản trở bên ngoài

Để kiểm soát nứt do nhiệt thành công thì khoảng cách, vị trí, loại, cách thi công các khe nhiệt phải được tính toán sao cho ứng suất nhiệt sinh ra càng ít càng tốt trong giới hạn các đặc tính yêu cầu đối với kết cấu bê tông.

Hình 5. Tương quan giữa độ ràng buộc, hình dạng khối đổ và modun đàn hồi [1].



3.4. Các phương pháp kiểm soát chiều rộng vết nứt do nhiệt

Bố trí hàm lượng cốt thép thích hợp tại các vị trí thích hợp để kiểm soát chiều rộng vết nứt do nhiệt trong các khoảng giá trị cho phép với điều kiện là áp dụng các biện pháp hợp lý để giảm ứng suất nhiệt.

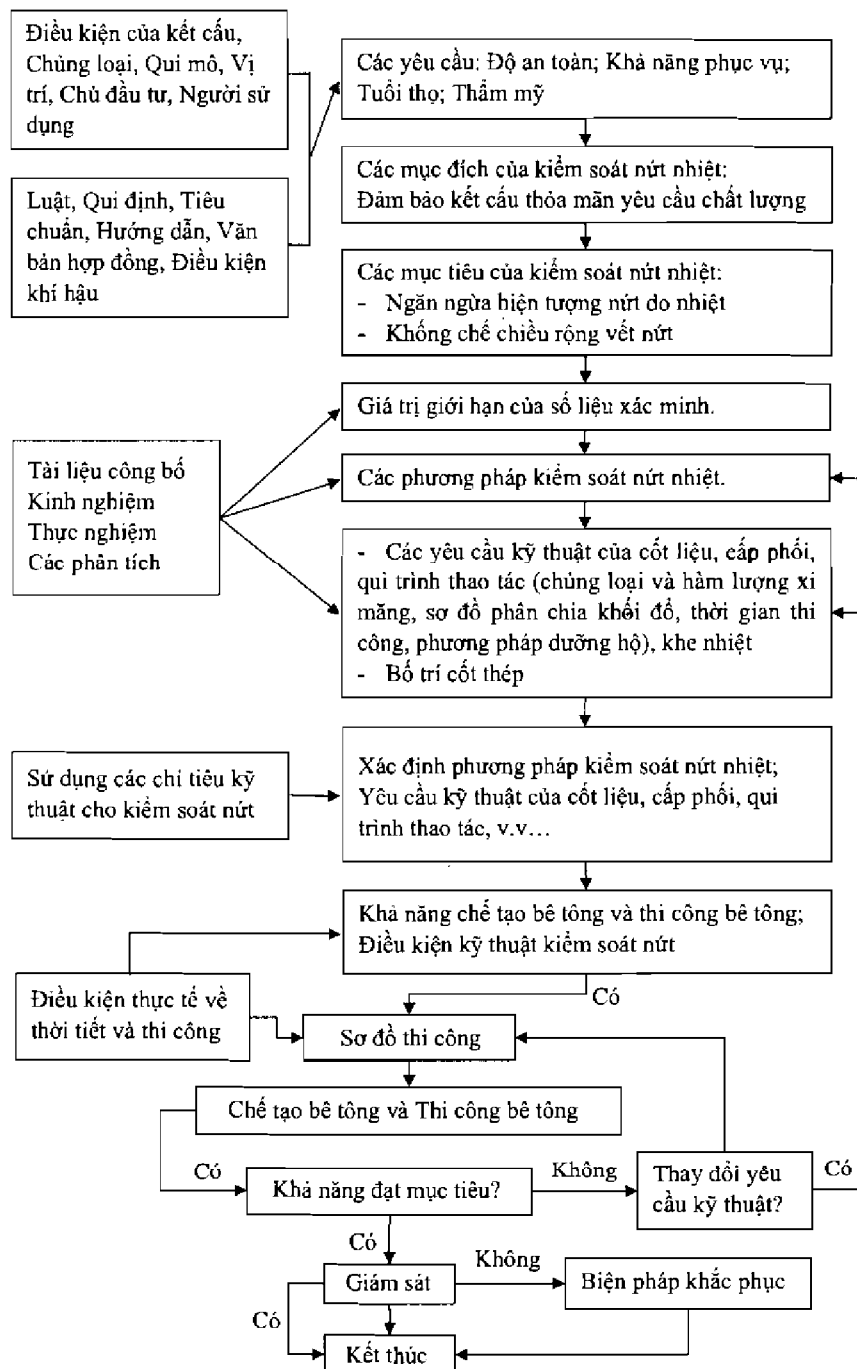
Do chiều rộng của vết nứt do nhiệt phụ thuộc vào chỉ số nứt nhiệt và hàm

lượng cốt thép. Do đó nên kết hợp cả hai phương pháp vừa giảm ứng suất nhiệt vừa bố trí cốt thép để kiểm soát bề rộng vết nứt do nhiệt.

3.5. Quy trình đề nghị kiểm soát nứt nhiệt

Quy trình đề nghị kiểm soát nứt nhiệt được trình bày theo sơ đồ sau:

Hình 6. Quy trình đề nghị kiểm soát nứt nhiệt [1].



4. KẾT LUẬN

Việc xây dựng kế hoạch kiểm soát nứt do nhiệt trong bê tông khối lớn rất cần thiết nhằm ngăn ngừa và kiểm soát vết nứt. Bài báo đã đề cập các phương pháp ngăn ngừa và kiểm soát làm cơ sở để triển khai kế hoạch kiểm soát nứt do nhiệt ngay từ

khâu thiết kế cho đến quá trình thi công tại công trường. Việc tuân thủ, thực hiện tốt kế hoạch kiểm soát nứt sẽ giúp công trình đạt chất lượng theo yêu cầu thiết kế, tránh được những sự cố về nứt do nhiệt từ đó tiết kiệm được chi phí trong việc khắc phục những hậu quả do sự cố này gây ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Japan Concrete Institute, *The Guidelines for Control of Cracking of Mass Concrete 2008*, Hội Công nghiệp Bê tông Việt Nam, Hà Nội, 09-2011.
2. Japan Concrete Institute, *Practice Guideline for Investigation, Repair and Strengthening of Cracked Concrete Structures 2009*, Hội Công nghiệp Bê tông Việt Nam, Hà Nội, 2010.
3. Jean – Luc Sarf and Alexandre Wohnlich, *Thermal Analysis an RCC Gravity Dam During Construction*, 7th Benchmark Workshop On Numerical Analysis of Dams – Bucharest, Romania, 10-2003.
4. Coyne et Bellier, *Thermal Analysis of a RCC Dam Body During Construction*, 7th Benchmark Workshop On Numerical Analysis of Dams – Bucharest, Romania, 10-2003.
5. Francisco Romero, Antonio Sandival and et, *Plans for the Construction of La Breña II Dam in Spain*, Proceedings of 15th International symposium on RCC dams – Guiyang, China, 11-2007.
6. Pham Hong Giang, M.Ho Ta Khanh and et, *The Dinh Binh RCC Dam in Viet Nam*, Proceedings of 15th International symposium on RCC dams – Guiyang, China, 11-2007.
7. Wang Yi, Wen Jinbao and et, *Temperature – Control Design and Statistics and analisys of Monitoring Data of Longtan High RCC Dam*, Proceedings of 15th International symposium on RCC dams – Guiyang, China, 11-2007.
8. David Dollar and et, *Nonlinear Incremental Thermal Stress Strain Analysis Portugues Dam*, Tri-Services Infrastructure Conference, 08-2005.
9. PECC2, *Thuyết minh thiết kế kỹ thuật giai đoạn 2 – Thủy điện Đồng Nai 3*, 2008. (Ngày nhận bài: 05/06/2012; Ngày chấp nhận đăng: 20/11/2012).