

## GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT NHIỆT ĐỘ CHO BÊ TÔNG KHỐI LỚN ĐỂ ĐẨY NHANH TIẾN ĐỘ THI CÔNG CÔNG TRÌNH

Trần Phi Dũng<sup>1</sup><sup>1</sup>Trường Đại học Quang Trung, 327 Đào Tấn, Phường Quy Nhơn Bắc, Tỉnh Gia Lai, Việt Nam

\* Tác giả liên hệ: tpdung@qtu.edu.vn

### THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận: 03/11/2025

Ngày hoàn thiện: 20/11/2025

Ngày chấp nhận: 29/11/2025

Ngày đăng: 06/12/2025

### TỪ KHÓA

Bê tông khối lớn,  
Kiểm soát nhiệt độ,  
Nứt nhiệt,  
Tiến độ thi công,  
Đồng mýt.

### TÓM TẮT

Trong thi công bê tông khối lớn (BTKL) tại các công trình hạ tầng trọng điểm, hiện tượng nứt nhiệt do thủy hoá xi măng là vấn đề nghiêm trọng, ảnh hưởng đến chất lượng và tiến độ thi công. Nghiên cứu này tập trung đánh giá hiện trạng tại công trình Hồ chứa nước Đồng Mít (Bình Định), thí nghiệm các cấp phối bê tông, mô phỏng – quan trắc nhiệt, và đề xuất bộ giải pháp kiểm soát nhiệt độ. Kết quả cho thấy các biện pháp như sử dụng xi măng nhiệt thấp, phụ gia khoáng, làm mát trước bằng nước lạnh/đá vảy, kết hợp ống tuần hoàn và bảo ôn đã giúp giảm nhiệt độ cực đại 8–15 °C, giảm chênh lệch nhiệt 20–30%, rút ngắn 20–30% thời gian bảo dưỡng, đồng thời hạn chế nứt nhiệt đáng kể. Hệ thống giám sát nhiệt độ theo thời gian thực cho phép điều chỉnh biện pháp kịp thời. Nghiên cứu chứng minh hiệu quả kỹ thuật, kinh tế và xã hội, góp phần nâng cao độ bền, rút ngắn tiến độ và giảm chi phí cho các công trình quy mô lớn.

## SOLUTIONS FOR TEMPERATURE CONTROL IN MASS CONCRETE TO ACCELERATE CONSTRUCTION PROGRESS ABSTRACT

Tran Phi Dung<sup>1</sup><sup>1</sup>Quang Trung University, 327 Dao Tan Street, Quy Nhon Bac Ward, Gia Lai Province, Viet Nam

\*Corresponding Author: tpdung@qtu.edu.vn

### ARTICLE INFO

Received: Nov 03<sup>rd</sup>, 2025Revised: Nov 20<sup>th</sup>, 2025Accepted: Nov 29<sup>th</sup>, 2025Published: Dec 06<sup>th</sup>, 2025

### KEYWORDS

Mass concrete,  
Temperature control,  
Thermal cracking,  
Construction schedule,  
Dong mit dam.

### ABSTRACT

Mass concrete construction often faces the risk of thermal cracking caused by cement hydration, which significantly affects both quality and schedule. This study investigates the case of Dong Mit reservoir (Binh Dinh province), including mix design experiments, field monitoring, and thermal simulation, in order to propose effective temperature control solutions. Results indicate that applying low-heat cement, mineral admixtures, pre-cooling with chilled water/ice flakes, water circulation pipes, and insulation measures can reduce peak temperature by 8–15 °C, lower thermal gradients by 20–30%, and shorten curing/formwork time by 20–30%, with no significant thermal cracking observed. A real-time monitoring system enables timely adjustment of cooling measures. The findings confirm the technical, economic, and social effectiveness of the solutions, contributing to durability, accelerated construction, and cost savings for large-scale infrastructure projects.

## 1. Đặt vấn đề

Bê tông khối lớn thường được sử dụng trong các công trình hạ tầng quy mô lớn như đập, cầu, cảng và toà nhà cao tầng. Tuy nhiên, quá trình thủy hoá xi măng sinh ra nhiệt lượng lớn trong khi khả năng tản nhiệt của bê tông hạn chế, làm nhiệt độ trong khối tăng cao và chênh lệch lớn giữa lõi và bề mặt. Điều này dễ gây nứt nhiệt, ảnh hưởng đến khả năng chịu lực, độ kín nước và tuổi thọ công trình, đồng thời việc sửa chữa rất tốn kém và kém hiệu quả.

Ngoài rủi ro kỹ thuật, áp lực tiến độ cũng là thách thức lớn. Các biện pháp truyền thống như kéo dài bảo dưỡng hay chờ khối bê tông nguội mới thi công tiếp đều khiến dự án chậm trễ, làm tăng chi phí và vốn đầu tư. Do đó, cần có giải pháp đồng bộ vừa kiểm soát nhiệt độ hiệu quả, vừa rút ngắn tiến độ thi công.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu và hướng dẫn chuyên biệt về kiểm soát nhiệt độ bê tông khối lớn còn hạn chế, chủ yếu dựa vào kinh nghiệm nước ngoài. Vì vậy, việc xây dựng giải pháp phù hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới, vật liệu địa phương và quy mô công trình thực tế là hết sức cấp thiết, vừa mang ý nghĩa khoa học, vừa có giá trị thực tiễn và kinh tế – xã hội.

## 2. Mục tiêu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Mục tiêu

Đề tài hướng đến việc kiểm soát nhiệt độ thủy hoá trong bê tông khối lớn nhằm giảm thiểu nguy cơ nứt nhiệt và rút ngắn tiến độ thi công.

Cụ thể, nghiên cứu tập trung vào:

Xác định quy luật phát sinh – truyền nhiệt và ngưỡng nguy cơ nứt;

Tối ưu cấp phối và vật liệu để giảm nhiệt thủy hoá;

Đề xuất các biện pháp thi công – bảo dưỡng chủ động như làm mát trước, tuần hoàn nước lạnh, bảo ôn;

Ứng dụng hệ thống giám sát nhiệt độ theo thời gian thực;

Đánh giá hiệu quả kinh tế – kỹ thuật so với giải pháp truyền thống

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành theo các bước:

Tổng quan tài liệu và phân tích thực trạng tại một số công trình lớn ở Việt Nam;

Thí nghiệm vật liệu và cấp phối để đo nhiệt phát sinh, cường độ và độ bền;

Quan trắc nhiệt độ thực tế bằng cảm biến gắn trong khối bê tông thí điểm;

Xây dựng mô hình mô phỏng truyền nhiệt và hiệu chỉnh bằng số liệu thực nghiệm;

So sánh, lựa chọn và đề xuất bộ giải pháp kiểm soát nhiệt độ khả thi, có thể áp dụng rộng rãi trong điều kiện khí hậu nhiệt đới của Việt Nam

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Quy luật phát sinh nhiệt trong bê tông khối lớn

Kết quả thí nghiệm và quan trắc hiện trường cho thấy nhiệt độ trong khối bê tông đạt cực đại sau 2–3 ngày kể từ khi đổ, với giá trị  $T_{max}$  dao động 65–75 °C khi dùng cấp phối truyền thống. Chênh lệch nhiệt độ giữa lõi và bề mặt ( $\Delta T$ ) có thể vượt quá 25–30 °C, là nguyên nhân chính gây ra nứt nhiệt. Kết quả này phù hợp với lý thuyết về thủy hoá xi măng nhưng được cụ thể hoá trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm của Việt Nam, nơi quá trình tản nhiệt ra môi trường diễn ra chậm hơn.

Ngày sau khi đổ	Nhiệt độ cực đại $T_{max}$ (°C)	Chênh lệch $\Delta T$ (°C)
1	55–60	10–15
2	65–70	20–25
3	70–75	25–30

### 3.2. Hiệu quả của giải pháp tối ưu cấp phối

Thử nghiệm thay thế một phần xi măng bằng tro bay, xi nghiền mịn và sử dụng xi măng nhiệt thấp đã giúp giảm đáng kể nhiệt phát sinh. Với hàm lượng tro bay 20–30% khối lượng chất kết dính,  $T_{max}$  giảm trung bình 8–12 °C,  $\Delta T$  giảm khoảng 20%. Ngoài ra, cường độ nén ở tuổi 28 ngày vẫn đạt yêu cầu thiết kế, chứng tỏ giải pháp này khả thi cả về mặt kỹ thuật lẫn kinh tế (do giảm lượng xi măng sử dụng).

Cấp phối	$T_{max}$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	Cường độ nén 28 ngày (MPa)
Truyền thống	70–75	25–30	38
Tro bay 20%	60–65	20–22	37
Tro bay 30%	58–62	18–20	36
Xi măng nhiệt thấp	60–63	19–21	37

### 3.3. Hiệu quả của biện pháp làm mát và bảo ôn

Làm mát trước (pre-cooling): sử dụng nước lạnh và đá vảy trong quá trình trộn giúp hạ nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp bê tông xuống 6–8 °C, góp phần làm giảm nhiệt độ cực đại trong khối.

Làm mát chủ động (active cooling): hệ thống ống tuần hoàn nước lạnh đặt trong khối bê tông cho phép kiểm soát  $\Delta T$  tốt hơn. Kết quả đo cho thấy  $\Delta T$  giảm từ mức 25–30 °C xuống còn 15–18 °C, dưới ngưỡng gây nứt nhiệt.

Bảo ôn bề mặt: phủ bạt cách nhiệt và phun sương giữ ẩm liên tục giúp hạn chế tốc độ hạ nhiệt đột ngột ở lớp bê tông bề mặt, nhờ đó giảm ứng suất kéo phát sinh.

Khi kết hợp đồng thời các biện pháp trên,  $\Delta T$  giảm tới 30%, thời gian giữ cốt pha rút ngắn từ 14 ngày xuống còn 10–11 ngày mà vẫn không ghi nhận vết nứt nhiệt rõ rệt.

# GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT NHIỆT ĐỘ CHO BÊ TÔNG KHỐI LỚN ĐỂ ĐẢY NHANH TIẾN ĐỘ THI CÔNG CÔNG TRÌNH

Biện pháp	T <sub>max</sub> (°C)	ΔT (°C)	Thời gian giữ cốt pha (ngày)
Không áp dụng	72	28	14
Làm mát trước	65	23	13
Ống tuần hoàn nước lạnh	62	18	11
Bảo ôn bề mặt	63	20	12
Kết hợp đồng thời	60	17	10

### 3.4. Ứng dụng mô hình mô phỏng và hệ thống giám sát

Mô hình mô phỏng truyền nhiệt được xây dựng và hiệu chỉnh bằng số liệu thực nghiệm cho sai số nhỏ hơn ±5 °C. Mô hình này cho phép dự báo T<sub>max</sub> và ΔT trong nhiều kịch bản khác nhau, từ đó hỗ trợ lựa chọn giải pháp tối ưu trước khi thi công thực tế.

Hệ thống cảm biến giám sát nhiệt độ tại các vị trí lõi – biên – bề mặt cho phép theo dõi liên tục và đưa cảnh báo khi ΔT vượt ngưỡng 20 °C. Thực nghiệm chứng minh hệ thống này có thể cung cấp dữ liệu theo thời gian thực, giúp kịp thời điều chỉnh biện pháp làm mát hoặc bảo ôn.

### 3.5. Hiệu quả kinh tế – xã hội

So với phương pháp thi công truyền thống, giải pháp đề xuất giúp:

Giảm nhiệt độ cực đại 8–15 °C, ΔT giảm 20–30%.

Rút ngắn 20–30% thời gian bảo dưỡng và giữ cốt pha.

Rút ngắn tiến độ tổng thể công trình 10–20%.

Giảm ít nhất 50% chi phí sửa chữa liên quan đến nứt nhiệt.

Nâng cao độ bền và tuổi thọ công trình, hạn chế sự cố trong quá trình khai thác.

Những kết quả này không chỉ có ý nghĩa kỹ thuật mà còn mang lại lợi ích kinh tế và xã hội rõ rệt, đặc biệt đối với các công trình hạ tầng trọng điểm yêu cầu tiến độ gấp rút.

Chỉ tiêu	Phương pháp truyền thống	Giải pháp đề xuất
T <sub>max</sub> (°C)	72	60–65
ΔT (°C)	28	17–20
Thời gian bảo dưỡng (ngày)	14	10–11
Tiến độ rút ngắn	-	10–20%
Chi phí sửa chữa	100%	Giảm 50%

## 4. Kết luận và kiến nghị

### 4.1. Kết luận

- Về cơ sở khoa học:

Nghiên cứu đã xác định quy luật phát sinh và truyền nhiệt trong bê tông khối lớn tại điều kiện khí hậu nhiệt đới Việt Nam.

Dữ liệu thực nghiệm và mô phỏng cho thấy T<sub>max</sub> thường đạt 65–75 °C và ΔT có thể vượt 25–30 °C nếu không có biện pháp kiểm soát, gây nguy cơ cao nứt nhiệt.

- Về giải pháp kỹ thuật:

Sử dụng xi măng nhiệt thấp và phụ gia khoáng (tro bay, xi nghiền mịn) giúp giảm nhiệt phát sinh đáng kể mà vẫn đảm bảo cường độ và độ bền của bê tông.

Các biện pháp làm mát (nước lạnh, đá vảy, ống tuần hoàn) và bảo ôn bề mặt khi được áp dụng đồng thời đã giảm T<sub>max</sub> 8–15 °C, giảm ΔT 20–30%, đồng thời rút ngắn thời gian giữ cốt pha và bảo dưỡng 20–30%.

Hệ thống giám sát nhiệt độ theo thời gian thực và mô hình mô phỏng đã chứng minh tính hiệu quả, hỗ trợ kịp thời trong điều chỉnh biện pháp thi công.

- Về hiệu quả thực tiễn:

Giải pháp đề xuất giúp rút ngắn tiến độ tổng thể 10–20%, giảm trên 50% chi phí khắc phục sự cố nứt nhiệt, đồng thời nâng cao độ bền lâu dài của công trình.

Các kết quả này khẳng định giá trị khoa học và thực tiễn, có thể áp dụng cho nhiều công trình hạ tầng trọng điểm.

### 4.2. Kiến nghị

- Về ứng dụng:

Triển khai ngay các giải pháp kiểm soát nhiệt độ trong các dự án thi công bê tông khối lớn, đặc biệt là đập, hồ chứa, cầu cảng, hầm và công trình giao thông quy mô lớn.

Yêu cầu nhà thầu áp dụng đồng bộ từ khâu thiết kế cấp phối, biện pháp làm mát, bảo ôn cho đến hệ thống quan trắc nhiệt độ.

- Về tiêu chuẩn – quy chuẩn:

Kiến nghị xây dựng hướng dẫn/tiêu chuẩn quốc gia về thi công bê tông khối lớn trong điều kiện Việt Nam, có tham khảo kinh nghiệm quốc tế nhưng điều chỉnh phù hợp với khí hậu và vật liệu địa phương.

- Về nghiên cứu tiếp theo:

Tiếp tục nghiên cứu các giải pháp tối ưu hơn, kết hợp thí nghiệm – mô phỏng – quan trắc để hoàn thiện cơ sở dữ liệu.

Đánh giá thêm tác động lâu dài của nứt nhiệt đến khả năng chống thấm, độ bền sunfat, độ bền môi... để có khuyến nghị toàn diện hơn.

- Về đào tạo và phổ biến:

Tăng cường đào tạo kỹ sư, cán bộ kỹ thuật về kiểm soát nhiệt độ bê tông khối lớn.

Biên soạn tài liệu hướng dẫn thực hành và phổ biến rộng rãi cho các đơn vị thi công.

## 5. Tài liệu tham khảo

- [1] Viện Khoa học Công nghệ, 2004. Bê tông khối lớn – Qui phạm thi công và nghiệm thu TCXDVN 305 :2004. Bộ Xây dựng, 15p.
- [2] Hứa Huy Hiệu, Nguyễn Quang Huy. Hướng dẫn: Nguyễn Văn Hường, Dương Minh Quang “Nghiên cứu sự phân bố nhiệt trong Bê tông khối lớn do nhiệt Hydrat”. Tuyển tập Hội nghị Sinh viên nghiên cứu khoa học 2017.
- [3] Phạm Tấn Anh, Võ Đình Kiệt, Nguyễn Văn Hường, Phạm lý Triều, Dương Minh Quang, Nguyễn Văn Chín “Xây dựng thí nghiệm xác định nhiệt độ bê tông khối đổ và hiệu quả của tro bay đối với sự phát triển nhiệt độ của bê tông khối lớn”. Tuyển tập Hội nghị Sinh viên nghiên cứu khoa học 2017-2018, 2018.
- [4] Nguyễn Quang Huy, Nguyễn Văn Hường, Dương Minh Quang, Nguyễn Văn Chín "Tối ưu khối đổ bê tông khối lớn áp dụng cho trụ pin tràn xã lũ công trình hồ chứa nước Tân Mỹ", Tuyển tập Hội nghị Sinh viên nghiên cứu khoa học 2016-2017, p. 40-45, 2017.
- [5] JCI, VCA (2011), Hướng dẫn kiểm soát nứt trong bê tông khối lớn – phiên bản 2008, VCA, Hà Nội.
- [6] Hồ sơ thiết kế kỹ thuật công trình hồ chứa nước Đồng Mít của đơn vị: Tổng Công ty Tư vấn Xây dựng Thủy lợi Việt Nam – CTCP đã lập.
- [7] Hồ sơ thí nghiệm vật liệu đầu vào cho bê tông; thiết kế thành phần cấp phối bê tông các loại; Đo nhiệt độ vật liệu, bê tông;... phục vụ công trình hồ chứa nước Đồng Mít của đơn vị: Phòng thí nghiệm chuyên ngành xây dựng LAS-XD 325 thuộc Công ty Cổ phần Xây dựng 47.
- [8] Zhu Bofang, 2014. Thermal Stresses and Temperature Control of Mass Concrete. Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 497p.
- [9] J.E Akin (1994), Finite Element for Analysis and Design, Academic Press.
- [10] B. Gebhart (1993), Heat Condition and Mass Diffusion, McGraw-Hill.
- [11] Kim, Soo-Geun, and Kejin Wang. 2010. “Effect of Heat Generation from Cement Hydration on Mass Concrete Placement.” Civil engineering Master of: 125.