

Khảo sát ảnh hưởng của việc lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt đến trường nhiệt độ của khối đổ bê tông theo phương pháp mock-up

Nguyễn Ngọc Thành^{1,2*}

¹ Bộ môn Vật liệu Xây dựng, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa Tp.HCM

² Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TỪ KHOÁ

Bê tông khối lớn
Hệ thống ống giải nhiệt
Phương pháp Mock-up
Trường nhiệt độ

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là khảo sát ảnh hưởng của việc lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt đến trường nhiệt độ của khối đổ bê tông trong vòng 7 ngày theo phương pháp Mock-up tại khuôn viên dự án điện gió Sóc Trăng. Trong nghiên cứu này, hai loại khối đổ bê tông có và không có lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt với kích thước $2 \times 2 \times 2$ m được thi công. Các cảm biến nhiệt độ được lắp đặt tại 7 vị trí trong khối đổ bê tông đối chứng không có lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt (M0) và 6 vị trí trong khối đổ bê tông có lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt (M1) để ghi nhận sự phát triển nhiệt độ trong bê tông. Cấp phối bê tông sử dụng cho hai khối đổ trong nghiên cứu này được thiết kế với cường độ chịu nén ở 7 ngày tuổi của mẫu lập phương ($150 \times 150 \times 150$ mm) tối thiểu 50 MPa và độ sụt 160 mm. Nhiệt độ từ hai khối đổ M0 và M1 được ghi nhận theo tần suất 1 giờ/lần với thời gian bắt đầu ghi nhận tính từ thời điểm đổ bê tông cho hai khối đổ. Kết quả cho thấy rằng hệ thống ống giải nhiệt cho bê tông đem lại hiệu quả trong việc làm giảm nhiệt độ cao nhất trong khoảng thời gian ngắn nhất và tốc độ hạ nhiệt cao hơn trong khối đổ. Tại vị trí điểm góc, nhiệt độ của khối đổ thấp hơn các vị trí khác, không phụ thuộc vào việc lắp đặt hệ thống ống gia nhiệt, và nguyên nhân có thể là do khoảng cách đến mép ngoài khối đổ nhỏ, dẫn đến việc thất thoát nhiệt trong quá trình lắp đặt lớp cách nhiệt.

KEYWORDS

Mass concrete
Cooling pipe system
Mock-up method
Temperature field

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate effect of a cooling pipe system installation on temperature field of mass concrete within 7 days using a Mock-up method at Soc Trang wind-power project. In this study, two types of mass concretes with and without installation of cooling pipe system having dimensions of $2 \times 2 \times 2$ m were constructed. Temperature sensors were installed at 7 positions in the control mass concrete without the cooling pipe system (M0) and 6 positions in the concrete with the cooling pipe system installed (M1) to record temperature development in the concretes. The concrete mixture proportion used for the two mass concretes in this study was designed with a compressive strength of the cubic samples ($150 \times 150 \times 150$ mm) at 7 days of at least 50 MPa and a slump of 160 mm. Temperatures in the two mass concretes M0 and M1 were recorded at a frequency of 1 hour/time with the start time recorded from the time of casting concretes. Results showed that the the cooling pipe system installation was effective in reducing the highest temperature in the shortest time and contributed to high cooling rate in the mass concrete. At the corner location, the temperature in the mass concretes was lower than that at other locations, regardless of the cooling pipe system installation, and a reason could be due to the small distance to the outside edge of the mass concretes, leading to heat loss during the installation of the insulation layer.

1. Giới thiệu

Nhu cầu xây dựng ngày càng tăng cao, đặc biệt là các công trình nhà cao tầng, đập thủy điện, cầu, hầm ..., kéo theo việc xây dựng các hạng mục bê tông khối lớn ngày càng nhiều. Theo TCVN 9341:2012 [1] và TCXDVN 305:2004 [2], bê tông khối lớn là kết cấu có kích thước đủ để ứng suất kéo do nhiệt hydrat hóa của xi măng vượt qua giới hạn kéo của bê tông, dẫn đến nứt trong bê tông ảnh hưởng đến độ bền và tuổi

thọ công trình. Trong điều kiện khí hậu ẩm Việt Nam, kết cấu có chiều cao và cạnh nhỏ nhất lớn hơn 2 m được xem là kết cấu khối lớn [1, 2]. Do đó, việc nghiên cứu dự đoán và kiểm soát nhiệt hydrat hóa bên trong kết cấu bê tông khối lớn luôn là mối quan tâm hàng đầu trong giai đoạn thiết kế lẫn giai đoạn thi công nhằm hạn chế nứt trong công trình.

Dựa trên cơ chế nứt của bê tông khối lớn, những yếu tố cần quan tâm bao gồm nhiệt độ lớn nhất, phương pháp làm giảm nhiệt và sự chênh lệch giữa bên trong và bên ngoài khối đổ [3]. Do và cộng sự [4]

*Liên hệ tác giả: nnthanh@hcmut.edu.vn

Nhận ngày 30/07/2024, sửa xong ngày 25/09/2024, chấp nhận đăng ngày 30/09/2024

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.05.2024.754>

đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ ban đầu và thời gian tạo hình đến ứng suất nhiệt của bê tông và đánh giá sự thay đổi theo thời gian của nhiệt độ hydrat hóa trong các điều kiện khác nhau. Trong khi đó, nhiều nghiên cứu khác đã đưa ra các giải pháp xử lý để hạn chế sự chênh lệch nhiệt độ giữa bên trong và bên ngoài khối đổ, cũng như hạn chế tốc độ phát triển nhiệt hydrat hóa của xi măng trong bê tông khối đổ. Trong đó, việc sử dụng hệ thống ống giải nhiệt cho khối đổ đã và đang được áp dụng thực tế trên thế giới [5, 6, 7, 8, 9] cũng như trong nước như công trình đài móng Landmark 81, móng tòa nhà Vietinbank Tower, móng trụ điện gió của nhiều dự án ở các tỉnh khác nhau, với mục đích làm giảm nhiệt độ cực đại và tốc độ hạ nhiệt [3, 4]. Tuy nhiên, các dữ liệu nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của việc lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt đến quá trình phát triển nhiệt độ hydrat hóa của khối đổ bê tông theo phương pháp Mock-up thực tế tại hiện trường Việt Nam vẫn còn rất hạn chế.

Chính vì thế, mục đích của nghiên cứu này là khảo sát ảnh hưởng của việc lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt đến trường nhiệt độ của khối đổ bê tông trong vòng 7 ngày theo phương pháp Mock-up tại khuôn viên dự án điện gió Sóc Trăng, nhằm mở rộng dữ liệu thực tế về hiệu quả của hệ thống ống giải nhiệt cho các công trình bê tông khối lớn.

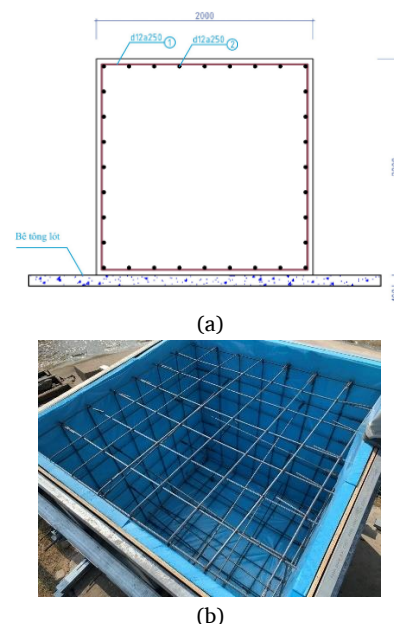
2. Thực nghiệm

Trong nghiên cứu này, hai loại khối đổ bê tông có và không có lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt với kích thước 2x2 m được lựa chọn thi công tại khuôn viên dự án điện gió Sóc Trăng để khảo sát ảnh hưởng của việc lắp đặt này đến trường nhiệt độ của bê tông trong vòng 7 ngày. Khối đổ M0 là khối đổ bê tông đối chứng không có lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt và khối đổ M1 là khối đổ bê tông có lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt. Quy trình thực nghiệm bao gồm quy trình lắp đặt, chi tiết về thành phần nguyên vật liệu, phương pháp thi công khối đổ và phương pháp khảo sát trường nhiệt độ được trình bày lần lượt ở các mục 2.1, 2.2, 2.3 và 2.4.

2.1. Quy trình lắp đặt

Quy trình lắp đặt bao gồm các công tác lắp đặt sau: (1) ván khuôn và cách nhiệt, (2) cốt thép, (3) hệ thống ống giải nhiệt và (4) cảm biến nhiệt trong khối đổ trước khi thi công khối đổ theo phương pháp Mock-up, được tham khảo từ TCVN 9341:2012 [1]. Hệ thống ván khuôn và cách nhiệt cho khối đổ được cấu tạo từ một lớp ván khuôn gỗ (thép) nhằm đảm bảo khối đổ không bị biến dạng trong và sau quá trình đổ; một lớp cách nhiệt xốp XPS dày 100 mm nhằm cách nhiệt cho khối đổ và hạn chế tối đa quá trình trao đổi nhiệt giữa khối đổ và môi trường; và một lớp màng nhựa PVC dẻo dày 0,2 mm nhằm hạn chế quá trình thoát hơi nước cho khối đổ. Hệ thống này được lắp đặt tuân thủ theo TCVN 4453:1995 [10]. Đối với công tác lắp đặt cốt thép, cốt thép cấu tạo có đường kính 12 mm được bố trí đều sáu mặt của khối đổ với khoảng cách 250 mm nhằm đảm bảo định hình và sự ổn định của khối đổ cũng như hạn chế sự mở rộng của các vết nứt do nhiều yếu tố gây

ra. Hình 1 (a) và (b) thể hiện mặt đứng chi tiết cấu tạo của cốt thép với chiều dày lớp bê tông bảo vệ là 50 mm và cốt thép được lắp đặt thực tế trong khối đổ Mock-up tại hiện trường.



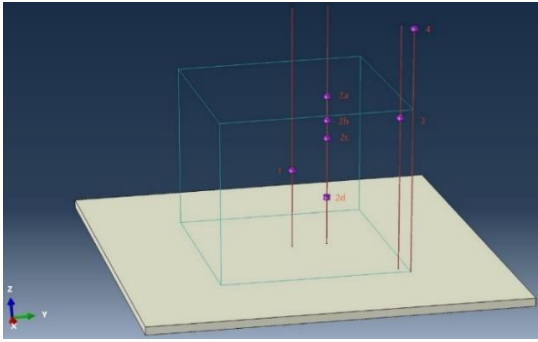
Hình 1. (a) Mặt đứng chi tiết cấu tạo của cốt thép với chiều dày lớp bê tông bảo vệ là 50 mm và (b) Hệ thống ván khuôn và cách nhiệt và sự phân bố cốt thép thực tế trong khối đổ Mock-up [11].

Đối với công tác lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt, hệ thống này bao gồm ống thép tráng kẽm có đường kính 27 mm và dày 1,5 mm, chiều dài ống trong khối đổ là 31380 mm và lưu lượng nước trong ống đạt 50 – 100 lít/phút. Hệ thống giải nhiệt này luôn được kiểm tra độ ổn định và đánh giá khả năng rò rỉ trong suốt quá trình hoạt động. Hình 2 thể hiện hệ thống ống giải nhiệt cho khối đổ M1 tại hiện trường.



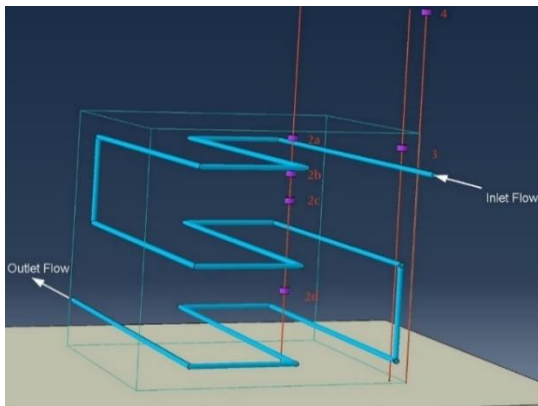
Hình 2. Hệ thống ống giải nhiệt cho khối đổ M1 tại hiện trường [11].

Công tác lắp đặt các cảm biến nhiệt điện trở là công tác cuối cùng ở quy trình lắp đặt. Các cảm biến nhiệt điện trở (RTD) có đầu dò nhiệt với đường kính 4 mm, có giá trị điện trở ở 0 °C là 100 Ohm, dây dẫn bằng Teflon dài 1,5 m; nhiệt độ hoạt động trong khoảng rộng, từ -50 đến 300 °C. Vị trí lắp đặt cảm biến nhiệt độ trong khối đổ M0 được thể hiện ở Hình 3.



Hình 3. Vị trí lắp đặt cảm biến nhiệt độ trong khối đổ M0 [11].

Đối với khối đổ M0, cảm biến nhiệt độ được lắp đặt tại 7 vị trí bao gồm (1) điểm khối tâm, tức vị trí trung tâm khối đổ; (2a) điểm mặt, tức vị trí cách mặt khối đổ 100 mm và cách mặt bên khối đổ một đoạn 375 mm; (2b) điểm cách mặt 400 mm, tức vị trí cách mặt khối đổ 400 mm và cách mặt bên khối đổ một đoạn 375 mm; (2c) điểm tâm tầng 1, tức vị trí cách mặt khối đổ 625 mm và cách mặt bên khối đổ một đoạn 375 mm; (2d) điểm tâm tầng 2, tức vị trí cách mặt khối đổ 1375 mm và cách mặt bên khối đổ một đoạn 375 mm; (3) điểm góc, tức vị trí góc cách hai mặt bên liền kề khối đổ một đoạn 100 mm; và (4) cảm biến nhiệt để đo nhiệt độ môi trường, xem Hình 3. Đối với khối đổ M1, cảm biến nhiệt độ được lắp đặt tại 6 vị trí (Hình 4) tương tự như khối đổ M0, ngoại trừ không có cảm biến tại vị trí (1) điểm khối tâm, tức là vị trí trung tâm khối đổ.



Hình 4. Vị trí lắp đặt cảm biến nhiệt độ trong khối đổ M1 [11].

2.2. Cấp phối bê tông khối lớn

Cấp phối bê tông sử dụng cho hai khối đổ M0 và M1 trong nghiên cứu (a) được thiết kế với cường độ chịu nén ở 7 ngày tuổi của mẫu lập phương (150×150×150 mm) tối thiểu 50 MPa và độ sụt từ 140 đến 180 mm. Dựa trên các tiêu chuẩn thiết kế cùng với thực nghiệm, thành phần nguyên vật liệu được trình bày ở Bảng 1 với xi măng Portland loại II ít tỏa nhiệt được cung cấp từ nhà máy xi măng Nghi Sơn, cát sông ở An Giang, đá dăm với cỡ hạt từ 5 đến 20 mm từ Vũng Tàu, nước tại hiện trường và phụ gia sika plast 319. Các nguyên vật liệu có các chỉ tiêu kỹ thuật phù hợp với yêu cầu kỹ thuật được quy định hiện hành trong Tiêu

chuẩn Việt Nam (TCVN). Sau khi định lượng, hệ nguyên vật liệu được nhào trộn đồng nhất tại nhà máy và được vận chuyển đến hiện trường bằng xe trộn trước khi xác định độ sụt, nhiệt độ và chế tạo mẫu. Hình 5 (a), (b) và (c) thể hiện các thí nghiệm hiện trường liên quan đến thử độ sụt theo TCVN 3106:2022 [12], lấy mẫu bê tông theo TCVN 3105:2022 [13], đo nhiệt độ đầu vào của hỗn hợp bê tông bên cạnh đo hàm lượng bọt khí trong hỗn hợp theo TCVN 3111:2022 [14]. Kết quả thử nghiệm hỗn hợp bê tông được trình bày ở Bảng 2. Nhận thấy rằng hỗn hợp bê tông có độ sụt đạt 160 mm, thỏa mãn với độ sụt thiết kế; nhiệt độ ban đầu là 30,4 °C và hàm lượng bọt khí đạt 1,9 %.

Bảng 1. Cấp phối bê tông sử dụng cho hai khối đổ (kg/m³).

Xi măng	Cát sông	Đá dăm	Nước	Phụ gia
470	760	1060	160	5,17



Hình 5. Các thí nghiệm hiện trường đối với hỗn hợp bê tông: (a) thử độ sụt theo TCVN 3106:2022 [12], (b) lấy mẫu bê tông theo TCVN 3105:2022 [13], và (c) đo nhiệt độ trước khi tiến hành đổ khối bê tông.

Bảng 2. Tính chất kỹ thuật của hỗn hợp bê tông.

Độ sụt (mm)	Nhiệt độ (°C)	Hàm lượng bọt khí
160	30,4	1,9

2.3. Phương pháp thi công khối đổ bê tông

Trước khi tiến hành thi công khối đổ bê tông, bê tông lót với cường độ chịu nén tối thiểu 20 MPa được đổ với bề dày 100 mm nhằm đảm bảo bề mặt phẳng cho cấu kiện cũng như đảm bảo nền đất phía dưới không chịu sụt lún trong quá trình thi công hai khối đổ M0 và M1. Tiếp theo, tiến hành đổ hỗn hợp bê tông với thành phần hệ nguyên vật liệu ở Bảng 1 và các thông số kỹ thuật ở Bảng 2 vào hai khối đổ M0 và M1, và tiến hành đầm tạo hình theo quy định nhằm đảm bảo khoảng cách an toàn tại vị trí các cảm biến nhiệt độ. Hình 6 (a) và (b) lần lượt thể hiện hai khối đổ M0 và M1 trước và trong quá trình tạo hình.





Hình 6. Hai khối đổ M0 và M1 (a) trước và (b) trong quá trình tạo hình.

2.4. Phương pháp khảo sát trường nhiệt độ

Để khảo sát ảnh hưởng của việc lắp đặt này đến trường nhiệt độ của bê tông trong vòng 7 ngày, nghiên cứu này sử dụng bộ thu nhận tín hiệu đa kênh NI9219 (Hình 7) để ghi nhận nhiệt độ tại các vị trí đã lắp đặt các cảm biến nhiệt độ như đã trình bày ở mục 2.1. Nhiệt độ từ hai khối đổ M0 và M1 được ghi nhận theo tần suất 1 giờ/lần với thời gian bắt đầu ghi nhận tính từ thời điểm đổ bê tông cho hai khối đổ.



Hình 7. Bộ thu nhận tín hiệu đa kênh NI9219 kết nối với các cảm biến được lắp đặt tại các vị trí khác nhau trong hai khối đổ M0 và M1 tại hiện trường.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

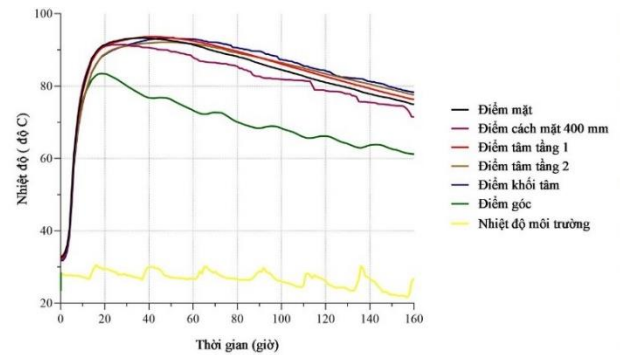
3.1. Nhiệt độ hydrat hóa của từng khối đổ

Hình 8 (a) và (b) mô tả sự phát triển nhiệt độ hydrat hóa của khối đổ M0 và M1 theo thời gian. Đối với khối đổ M0 ở Hình 8 (a), nhiệt độ trong khối đổ phát triển rất nhanh trong 15 giờ đầu tiên, với điểm tâm nhiệt tăng từ 31,75 đến 84,85 °C; tức tăng 53,10 °C. Đặc biệt trong giai đoạn từ giờ thứ 4 đến giờ thứ 5, nhiệt độ tăng đáng kể từ 8,62 đến 12,00 °C trong 1 giờ; tùy thuộc vào các vị trí đo trong khối đổ M0. Trong giai đoạn tiếp theo, từ giờ thứ 15 đến giờ thứ 37, nhiệt độ vẫn phát triển, tuy nhiên không đáng kể như 15 giờ đầu tiên, với điểm tâm nhiệt tăng từ 84,85 đến 93,98 °C; tức tăng 9,13 °C. Nhiệt độ cao nhất của khối đổ tại 41 giờ đạt 93,65 °C được ghi nhận tại điểm tâm tầng 1. Sau đó, nhiệt độ trong khối đổ M0 bắt đầu giảm và đến giờ thứ

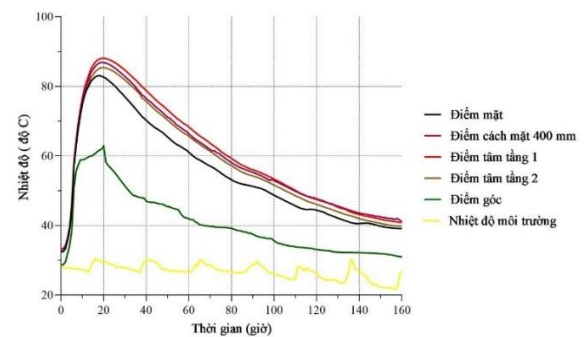
160, nhiệt độ tại điểm khối tâm đạt 78,33 °C.

Đối với khối đổ M1 ở Hình 8 (b), tương tự như khối đổ M0 ở Hình 8 (a), nhiệt độ trong khối đổ phát triển rất nhanh trong 15 giờ đầu tiên, với điểm tâm tăng 1 tầng từ 34,21 đến 86,01 °C; tức tăng 51,80 °C. Trong giai đoạn tiếp theo, từ giờ thứ 15 đến giờ thứ 20, nhiệt độ vẫn phát triển, tuy nhiên không đáng kể như 15 giờ đầu tiên, với điểm tâm tầng 1 được ghi nhận nhiệt độ cao nhất đạt 88,07 °C. Sau đó, nhiệt độ trong khối đổ M1 bắt đầu giảm đều dao động từ 0,1–0,5 °C/giờ đến giờ thứ 160. Tại giờ thứ 134, độ chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ cao nhất của khối đổ M1 và nhiệt độ môi trường đạt 19,9 °C.

Hơn thế, độ chênh lệch nhiệt độ giữa các điểm trong khối đổ M0 lớn nhất là 21,23 °C tại giờ thứ 90 và sau 160 giờ, độ chênh lệch nhiệt độ trong khối đổ là 17,12 °C (Hình 8 (a)). Trong khi đó, độ chênh lệch nhiệt độ giữa các điểm trong khối đổ M1 lớn nhất là 8,57 °C tại giờ thứ 37 và sau 160 giờ, độ chênh lệch nhiệt độ trong khối đổ là 1,8 °C (Hình 8 (b)). Nhìn chung, sự chênh lệch nhiệt độ được kiểm soát không được vượt quá 19 hay 20 °C [2, 15]. Do đó, việc lắp đặt hệ thống ống giải nhiệt đem lại hiệu quả trong việc giảm độ chênh lệch nhiệt độ trong khối đổ. Tại vị trí điểm góc, nhiệt độ của khối đổ thấp hơn các vị trí khác, không phụ thuộc vào việc lắp đặt hệ thống ống gia nhiệt. Nguyên nhân có thể là do khoảng cách đến mép ngoài khối đổ nhỏ (tức 100 mm), dẫn đến việc thất thoát nhiệt trong quá trình lắp đặt lớp cách nhiệt.



(a)



(b)

Hình 8. Sự phát triển nhiệt độ hydrat hóa của khối đổ (a) M0 và (b) M1 theo thời gian.

3.2. Ảnh hưởng của hệ thống ống giải nhiệt đến sự phát triển nhiệt độ hydrat hóa tại từng vị trí của khối đổ

Hình 9 (a), (b), (c) và (d) lần lượt thể hiện ảnh hưởng của hệ thống ống giải nhiệt đến sự phát triển nhiệt độ hydrat hóa tại từng vị trí của khối đổ, bao gồm điểm mặt (vị trí cách mặt khối đổ 100 mm), điểm cách mặt 400 mm (vị trí cách mặt khối đổ 400 mm), điểm tâm tầng 1 (vị trí cách mặt khối đổ 625 mm) và điểm tâm tầng 2 (vị trí cách mặt khối đổ 1375 mm). Nhận thấy rằng, tại vị trí điểm mặt (Hình 9 (a)), nhiệt độ cao nhất ghi nhận ở khối M0 là 93,36 °C tại giờ thứ 37 và ở khối M1 là 83,08 °C tại giờ thứ 18. Sau khi đạt nhiệt độ cao nhất, tốc độ giảm nhiệt trung bình ghi nhận ở khối M0 là 0,15 °C/giờ và ở khối M1 là 0,31 °C/giờ. Sau 160 giờ, nhiệt độ ghi nhận ở khối M0 là 76,96 °C và ở khối M1 là 39,09 °C.

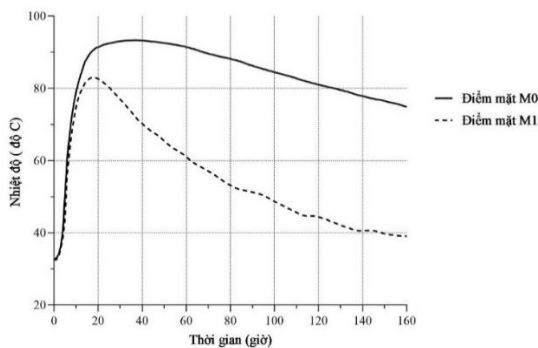
Tại vị trí điểm cách mặt 400 mm (Hình 9 (b)), nhiệt độ cao nhất ghi nhận ở khối M0 là 91,52 °C tại giờ thứ 29 và ở khối M1 là 86,90 °C tại giờ thứ 18. Sau khi đạt nhiệt độ cao nhất, tốc độ giảm nhiệt trung bình ghi nhận ở khối M0 là 0,15 °C/giờ và ở khối M1 là 0,32 °C/giờ. Sau 160 giờ, nhiệt độ ghi nhận ở khối M0 là 71,47 °C và ở khối M1 là 41,14 °C.

Tại vị trí điểm tâm tầng 1 (Hình 9 (c)), nhiệt độ cao nhất ghi nhận ở khối M0 là 93,65 °C tại giờ thứ 41 và ở khối M1 là 88,07 °C tại giờ thứ 19. Sau khi đạt nhiệt độ cao nhất, tốc độ giảm nhiệt trung bình ghi nhận ở khối M0 là 0,15 °C/giờ và ở khối M1 là 0,34 °C/giờ. Sau 160 giờ, nhiệt độ ghi nhận ở khối M0 là 76,33 °C và ở khối M1 là 40,89 °C.

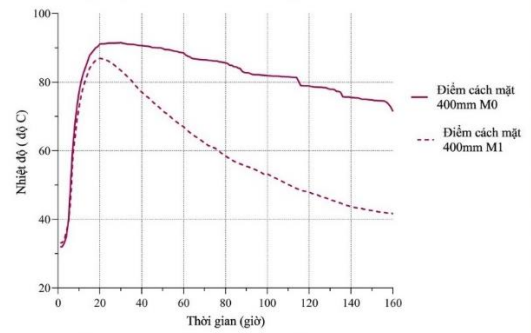
Tại vị trí điểm tâm tầng 2 (Hình 9 (d)), nhiệt độ cao nhất ghi nhận ở khối M0 là 92,10 °C tại giờ thứ 46 và ở khối M1 là 85,39 °C tại giờ thứ 20. Sau khi đạt nhiệt độ cao nhất, tốc độ giảm nhiệt trung bình ghi nhận ở khối M0 là 0,13 °C/giờ và ở khối M1 là 0,33 °C/giờ. Sau 160 giờ, nhiệt độ ghi nhận ở khối M0 là 77,63 °C và ở khối M1 là 39,83 °C.

Tại vị trí điểm góc (vị trí góc cách mặt khối đổ 100 mm) ở Hình 10, nhiệt độ cao nhất ghi nhận ở khối M0 là 83,47 °C tại giờ thứ 19 và ở khối M1 là 62,85 °C tại giờ thứ 20. Sau khi đạt nhiệt độ cao nhất, tốc độ giảm nhiệt trung bình ghi nhận ở khối M0 là 0,16 °C/giờ và ở khối M1 là 0,23 °C/giờ. Sau 160 giờ, nhiệt độ ghi nhận ở khối M0 là 77,63 °C và ở khối M1 là 39,83 °C.

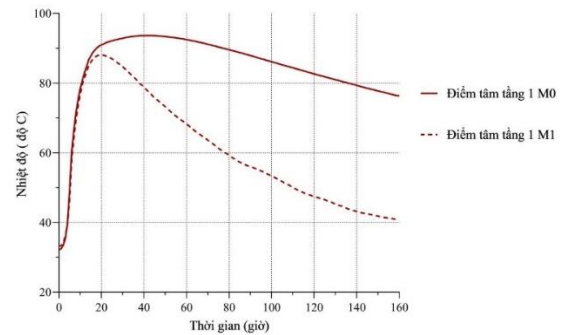
Từ việc so sánh nhiệt độ ở từng vị trí giữa khối đổ M0 và M1, cho thấy rằng hệ thống ống giải nhiệt hiệu quả trong việc làm giảm nhiệt độ cao nhất trong khoảng thời gian ngắn nhất và tốc độ hạ nhiệt cao hơn trong khối đổ. Kết quả này cũng được báo cáo trong các nghiên cứu đi trước [3, 4, 7, 8, 9].



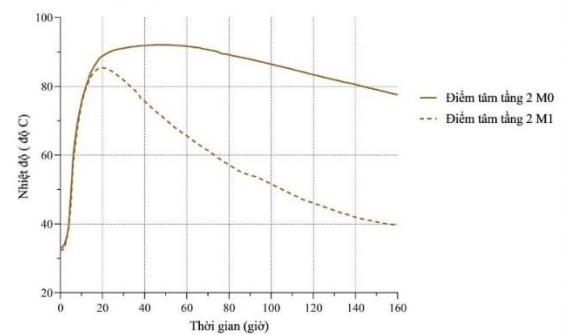
(a)



(b)

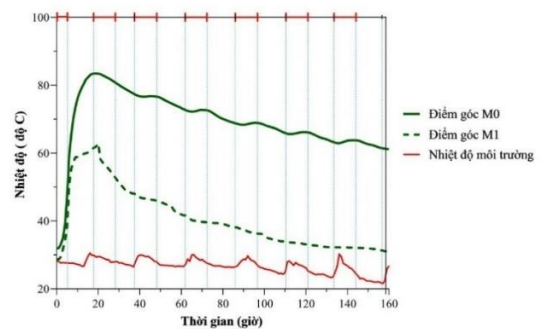


(c)



(d)

Hình 9. Ảnh hưởng của hệ thống ống giải nhiệt đến sự phát triển nhiệt độ tại (a) điểm mặt (vị trí cách mặt khối đổ 100 mm), (b) điểm cách mặt 400 mm (vị trí cách mặt khối đổ 400 mm), (c) điểm tâm tầng 1 (vị trí cách mặt khối đổ 625 mm), và (d) điểm tâm tầng 2 (vị trí cách mặt khối đổ 1375 mm).



Hình 10. Ảnh hưởng của hệ thống ống giải nhiệt đến sự phát triển nhiệt độ tại điểm góc (vị trí góc cách mặt khối đổ 100 mm).

4. Kết luận

Thông qua quá trình khảo sát hai khối đổ M0 và M1 tại hiện trường theo phương pháp Mock-up, hệ thống ống giải nhiệt cho bê tông trong nghiên cứu này đem lại hiệu quả trong việc làm giảm nhiệt độ cao nhất trong khoảng thời gian ngắn nhất, giảm sự chênh lệch nhiệt độ và gia tăng tốc độ hạ nhiệt trong khối đổ. Tại vị trí điểm góc, nhiệt độ cao của khối đổ thấp hơn các vị trí khác, không phụ thuộc vào việc lắp đặt hệ thống ống gia nhiệt. Mô phỏng về sự phát triển nhiệt độ hydrat hóa trong khối đổ theo phương pháp phần tử hữu hạn sẽ được triển khai trong nghiên cứu tiếp theo.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này. Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn đến sinh viên Đàm Lê Thành và Đỗ Quỳnh Nghi đã hỗ trợ một phần thực nghiệm cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Bộ Khoa học và Công nghệ, “TCVN 9341:2012 Bê tông khối lớn – Thi công và nghiệm thu”, 2012
- [2]. Bộ Xây dựng, “TCXDVN 305:2004 Bê tông khối lớn - Quy phạm thi công và nghiệm thu”, 2004
- [3]. [A. Banerjee, D.K. Paul, A. Acharyya, “Optimization and safety evaluation of concrete gravity dam section”, KSCE Journal of Civil Engineering, vol. 19, 2015, pp. 1612-1619, <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0139-0>
- [4]. T.A. Do, M. Tia, T.H. Nguyen, T.T. Hoang, T.D. Tran, “Assessment of temperature evolution and early-age thermal cracking risk in segmental high-strength concrete box girder diaphragms”, KSCE Journal of Civil Engineering, vol. 26, 2022, pp. 166-182, <https://doi.org/10.1007/s12205-021-2148-5>
- [5]. X. Li, Z. Yu, K. Chen, C. Deng, F. Yu, “Investigation of temperature development and cracking control strategies of mass concrete: A field monitoring case study”, Case Studies in Construction Materials, vol. 18, 2023, e02144, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02144>
- [6]. American Concrete Institute, “Cooling and insulating system for mass concrete (ACI 207.4R-20) ACI Committee 207”, 2020.
- [7]. B.F. Zhu, “Effect of cooling by water flowing in nonmetal pipes embedded in mass concrete”, Journal of Construction Engineering and Management, vol. 125, issue 1, 1999, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1999\)125:1\(6](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1999)125:1(6)
- [8]. P.R. Singh, D.C. Rai, “Effect of piped water cooling on thermal stress in mass concrete at early ages”, Journal of Engineering Mechanics, vol. 144, issue 3, 2018, Article 04017183
- [9]. A. Tasri, A. Susilawati, “Effect of cooling water temperature and space between cooling pipes of post-cooling system on temperature and thermal stress in mass concrete”, Journal of Building Engineering, vol. 24, 2019, Article 100731, <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.100731>
- [10]. Bộ Khoa học và Công nghệ, “TCVN 4453:1995 Tiêu chuẩn bắt buộc áp dụng từng phần - Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối – Quy phạm thi công và nghiệm thu”, 1995
- [11]. L. T. Đàm, Q. N. Đỗ, “Dự đoán trường nhiệt độ trong bê tông khối lớn bằng

phương pháp tính toán mô phỏng kết hợp với thực nghiệm”, Luận văn tốt nghiệp, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM, 2021

- [12]. Bộ Khoa học và Công nghệ, “TCVN 3106:2022 Hỗn hợp bê tông nặng – Phương pháp thử độ sụt”, 2022
- [13]. Bộ Khoa học và Công nghệ, “TCVN 3105:2022 Hỗn hợp bê tông và bê tông – Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử”, 2022
- [14]. Bộ Khoa học và Công nghệ, “TCVN 3111:2022 Hỗn hợp bê tông – Phương pháp áp suất xác định hàm lượng bọt khí”, 2022
- [15]. American Concrete Institute, Specifications for structural concrete (ACI 301), 2016