

NGHIÊN CỨU TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ - TRƯỜNG ỨNG SUẤT CỦA TẤM MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG SỬ DỤNG TRO BAY CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN CẨM PHẢ

Hoàng Quốc Long¹, Nguyễn Trọng Chức^{1,2*}, Tăng Văn Lâm²

¹Học viện KTQS; ²Đại học Xây dựng Matxcova

Tóm tắt

Bài báo nghiên cứu trường nhiệt độ, trường ứng suất của tấm mặt đường bê tông xi măng đổ tại chỗ với việc sử dụng tro bay của nhà máy nhiệt điện Cẩm Phả chiếm 33,4% chất kết dính. Từ kết quả ứng suất kéo thu được so sánh với ứng suất kéo cho phép của cấp phối bê tông có sử dụng tro bay ở trên để đánh giá được sự hình thành vết nứt trong kết cấu mặt đường. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu làm tài liệu tham khảo cho các dự án xây dựng mặt đường bê tông xi măng có sử dụng vật liệu tại chỗ trong giai đoạn xây dựng hiện nay.

Từ khóa: Mặt đường bê tông xi măng; cấp phối bê tông; phụ gia; tro bay; vết nứt.

1. Đặt vấn đề

Kết cấu mặt đường bê tông xi măng ở tuổi sớm ngày thường xảy ra các vết nứt do nhiệt thủy hóa xi măng. Sự hình thành vết nứt phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: hàm lượng xi măng lớn, loại xi măng, nhiệt độ hỗn hợp ban đầu khi đổ của bê tông và khí hậu khu vực xây dựng... [1].

Để giảm thiểu sự phát triển vết nứt của kết cấu mặt đường bê tông xi măng ở tuổi sớm ngày, một trong những biện pháp hữu hiệu là giảm lượng xi măng trong thành phần bê tông bằng cách thay thế lượng tro bay, xi, thạch cao... Việc sử dụng vật liệu phế thải công nghiệp thay thế một phần hàm lượng xi măng không chỉ giảm nguy cơ nứt mặt đường ở tuổi sớm ngày mà còn giúp bảo vệ môi trường, tiết kiệm diện tích đất làm bãi chứa, giảm sử dụng tài nguyên khoáng sản để sản xuất vật liệu xây dựng, đảm bảo phát triển bền vững [2-4].

Bài báo này nghiên cứu trường nhiệt độ - trường ứng suất trong tấm mặt đường bê tông xi măng đổ tại chỗ ở tuổi sớm ngày với việc sử dụng tro bay của nhà máy nhiệt điện Cẩm Phả chiếm 33,4% chất kết dính. Từ kết quả thu được không chỉ đánh giá được sự hình thành vết nứt trong kết cấu mặt đường bê tông này ở tuổi sớm ngày mà còn là tài liệu tham khảo cho các dự án xây dựng mặt đường bê tông xi măng trong giai đoạn hiện nay.

* Email: ntchuc.mta198@gmail.com

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu sử dụng

- Xi măng Portland (X) PC 40 Tam Điệp, khối lượng riêng $3,15 \text{ g/m}^3$. Kết quả phân tích thành phần khoáng vật và hóa học của xi măng đã được trình bày trong bảng 1 và 2.

Bảng 1. Thành phần khoáng và tính chất cơ lý của xi măng Portland PC 40 Tam Điệp

| Thành phần khoáng (%) | | | | | Lượng nước yêu cầu (%) | Thời gian đông kết (phút) | | Cường độ nén (MPa) | |
|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------------|---------------------------|----------|--------------------|---------|
| C ₃ S | C ₂ S | C ₃ A | C ₄ AF | Thành phần khác | | Bắt đầu | Kết thúc | 3 ngày | 28 ngày |
| 56,3 | 23,4 | 4,7 | 12,4 | 3,2 | 29,3 | 120 | 254 | 30,4 | 48,5 |

- Cốt liệu lớn được sử dụng là đá dăm (D) được nghiền từ đá vôi, với $D_{\max} = 20 \text{ mm}$, khối lượng riêng của đá là $2,67 \text{ g/m}^3$ và khối lượng thể tích là 1720 kg/m^3 .

- Cát vàng sông Lô (C) có chất lượng tốt được sử dụng làm cốt liệu mịn, mô đun độ lớn của cát $M_K = 3,0$, khối lượng riêng là $2,65 \text{ g/m}^3$ và khối lượng thể tích là 1680 kg/m^3 .

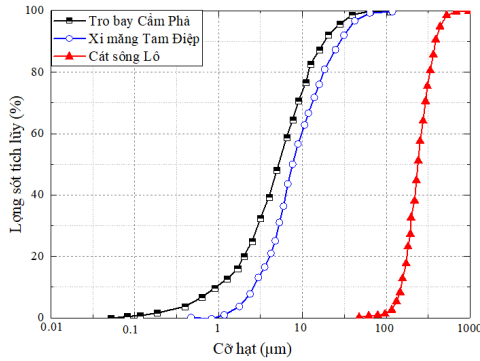
- Tro bay (TB) loại F của nhiệt điện Cẩm Phả - Quảng Ninh, có khối lượng riêng là $2,32 \text{ g/m}^3$. Thành phần hóa học của tro bay Cẩm Phả được trình bày trong bảng 2.

- Nước máy sinh hoạt (N) được sử dụng để làm nước trộn vữa xi măng và bảo dưỡng mẫu thí nghiệm.

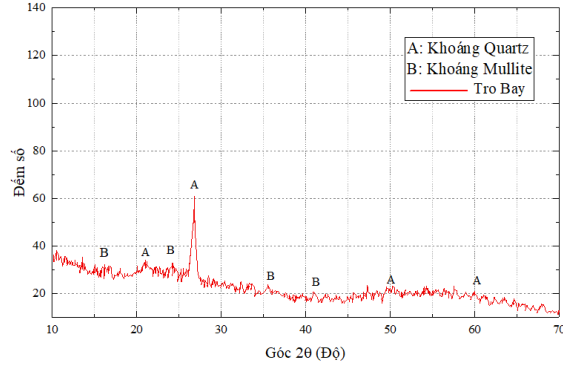
Bảng 2. Thành phần hóa học của tro bay Cẩm Phả và xi măng Portland

| Tính chất | | Vật liệu | |
|---|--------------------------------|-----------------|------------------|
| | | Tro bay Cẩm Phả | Xi măng Portland |
| Thành phần hóa học | SiO ₂ | 54,62 | 20,4 |
| | Al ₂ O ₃ | 24,17 | 4,4 |
| | Fe ₂ O ₃ | 6,15 | 5,4 |
| | SO ₃ | 2,81 | 3,5 |
| | K ₂ O | 1,28 | - |
| | Na ₂ O | 1,25 | - |
| | MgO | 1,57 | 2,5 |
| | CaO | 1,48 | 61,3 |
| | P ₂ O ₅ | 1,63 | - |
| | Mất khi nung | 5,04 | 2,5 |
| Đường kính hạt trung bình (μm) | | 7,18 | 8,365 |
| Khối lượng riêng (g/cm^3) | | 2,32 | 3,125 |
| Khối lượng thể tích (kg/m^3) | | 572 | 1100 |
| Ti diện bề mặt (m^2/g) | | 5,342 | 0,365 |

Sử dụng phương pháp phân tích laze trên máy BT-9300Z, thành phần hạt của xi măng, tro bay và cát vàng sông Lô đã được xác định và thể hiện trên hình 1. Kết quả phân tích thành phần khoáng theo phương pháp Ronghen của tro bay nhiệt điện Cẩm Phả được thể hiện trên hình 2.



Hình 1. Biểu đồ thành phần hạt của vật liệu sử dụng



Hình 2. Phân tích XRD (X-Ray Powder Diffraction) của tro bay nhiệt điện Cẩm Phả

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Xác định thành phần hạt của xi măng và tro bay theo phương pháp laze trên máy BT-9300Z.

- Thành phần khoáng vật của xi măng và tro bay được xác định theo phương pháp phân tích XRD trên máy Quanta-450.

- Nhiệt thủy hóa của xi măng được xác định theo tiêu chuẩn ASTM C186-17.

- Cấp phối của bê tông được xác định dựa trên tiêu chuẩn ACI 211.1-2002.

- Cường độ nén của mẫu bê tông được xác định trên mẫu hình lập phương kích thước 150x150x150 (mm) theo tiêu chuẩn Nga GOST 10180-2012. Cường độ kéo khi uốn bê tông được xác định trên mẫu hình dầm với kích thước 100x100x400 (cm) theo tiêu chuẩn ASTM C78. Tính chất cơ học của bê tông được xác định với chế độ gia tải ổn định 3000 N/s trên hệ thống thủy lực Controls Advantest 9.

- Mô đun đàn hồi của bê tông ở tuổi 28 ngày được xác định gián tiếp theo ACI 318-2005.

- Hệ số truyền nhiệt của bê tông được xác định gián tiếp theo công thức V. P. Nekrasov.

- Phân tích trường nhiệt độ - trường ứng suất trong tấm mặt đường bê tông xi măng ở tuổi sớm ngày theo phương pháp phần tử hữu hạn (phần mềm ANSYS APDL).

2.3. Phương pháp phần tử hữu hạn để khảo sát trường nhiệt độ và trường ứng suất trong khối bê tông

Sự thay đổi nhiệt độ trong khối bê tông khi thủy hóa xi măng được mô tả bởi phương trình Fourier, chúng phụ thuộc vào không gian và thời gian [5].

$$\frac{\partial t}{\partial t} = k \nabla^2 t + \frac{q}{c\rho} \quad (1)$$

trong đó: $k = \lambda / (c\rho)$ - sự khuếch tán nhiệt ra môi trường, m^2/s ; c - nhiệt dung riêng, $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$; ρ - khối lượng riêng, kg/m^3 ; $\nabla^2 T = \text{div}(\text{grad } T)$ - toán tử Laplace của hàm nhiệt độ; q - hàm đo nhiệt của sự thủy hóa xi măng, $J/(m^3 \cdot s)$.

Để giải phương trình (1), người ta thường dùng phương pháp số (phương pháp phần tử hữu hạn) để xác định trường nhiệt độ trong khối bê tông. Giá trị nhiệt độ cần tìm phụ thuộc vào không gian và thời gian.

$$t(x, y, z, \tau) \approx \bar{t} = \sum_{i=1}^n N_i(x, y, z) t_i(\tau) = [N] \{t\} \quad (2)$$

trong đó: N_i - hàm dạng nội suy của phần tử hữu hạn đối với bài toán nhiệt độ; n - số nút của phần tử cuối cùng; $t_i(\tau)$ - nhiệt độ tại nút thứ i ở thời điểm τ .

Theo phương pháp Galerkin, phương trình (1) được mô tả như sau:

$$\int_V N_i \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial t}{\partial z} \right) \right] dV \{t\} + \int_S h [N] N_i \{t\} dS - \int_S h N_i t_\infty dS + \int_S q N_i dS - \int_V G N_i g V + \int_V \rho C [N] N_i dV \frac{d\{t\}}{d\tau} = 0 \quad (3)$$

Đặt:

$$[K] = \int_V N_i \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial t}{\partial z} \right) \right] dV + \int_S h [N] N_i dS;$$

$$[C] = \int_V \rho C [N] N_i dV; \quad [f] = \int_S h N_i t_\infty dS - \int_S q N_i dS + \int_V G N_i g V \quad (4)$$

Thay (4) vào (3) ta được phương trình dạng ma trận:

$$[C] \frac{d\{t\}}{d\tau} + [K] \{t\} = \{f\} \quad (5)$$

Giải phương trình (5), thu được trường nhiệt độ ở tất cả các điểm trong khối bê tông ở thời điểm bất kỳ.

Trường ứng suất trong khối bê tông được xác định theo phương trình (6):

$$\sigma = R \times E \times \alpha \times \Delta t \quad (6)$$

trong đó: σ - ứng suất ở thời điểm τ ; R - hệ số ràng buộc phụ thuộc vào điều kiện biên liên kết và kích thước khối bê tông; $0 < R < 1$; Δt - chênh lệch nhiệt độ giữa 2 điểm;

α - hệ số giãn nở nhiệt, $0,75 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ [6]; E - mô đun đàn hồi của bê tông - phụ thuộc vào tuổi bê tông và được xác định theo công thức (7):

$$E(\tau) = E_0(1 - \xi e^{-\beta\tau}) \quad (7)$$

trong đó: $E(\tau)$ - mô đun đàn hồi ở tuổi τ ; E_0 - mô đun đàn hồi ở tuổi 28 ngày, giá trị phụ thuộc vào cấp độ bền bê tông ($E_0 = 26441,5 \text{ MPa}$); β, ξ - hệ số xác định từ thực nghiệm, thường lấy $\beta = 0,0086 \text{ h}^{-1}$, $\xi = 1$.

Trong bài báo này, nhóm tác giả sử dụng phần mềm ANSYS APDL để xác định trường nhiệt độ, trường ứng suất trong tấm mặt đường bê tông xi măng.

3. Phân tích kết quả

3.1. Tính toán cấp phối và xác định các tính chất của hỗn hợp bê tông

Theo [1], bê tông xi măng dùng trong thi công mặt đường với cường độ nén ở tuổi 28 ngày phải đạt trên 25 MPa. Mặt khác, với mục tiêu nghiên cứu là tái sử dụng tối đa lượng tro bay nhiệt điện hiện có trên địa bàn để chế tạo bê tông, nên trong nghiên cứu này đã sử dụng lượng tro bay bằng 33,4% chất kết dính. Áp dụng tiêu chuẩn ACI 211.1-2002 [7] với tỉ lệ nước/chất kết dính (N/CKD) trong nghiên cứu này là $N/CKD = 0,45$, độ sụt $8 \div 12 \text{ cm}$ và lượng không khí cuốn vào trong hỗn hợp bê tông là 1%, đã thu được cấp phối bê tông nghiên cứu được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Cấp phối nghiên cứu của hỗn hợp bê tông dùng làm lớp mặt đường

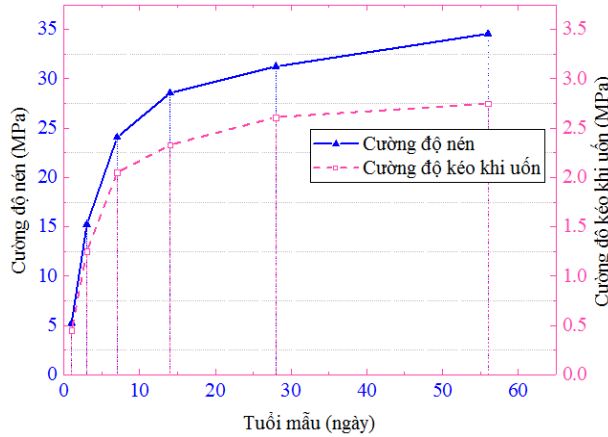
| Cấp phối hỗn hợp bê tông, kg/m^3 | | | | | | Tính chất của hỗn hợp bê tông | | | Khối lượng thể tích bê tông, kg/m^3 |
|---|-----|-----|-----|------|-----|-------------------------------|--|------------|--|
| X | TB | CKD | C | D | N | $\frac{N}{CKD}$ | Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông, kg/m^3 | Độ sụt, cm | |
| 317 | 159 | 476 | 584 | 1032 | 214 | 0,45 | 2131 | 11 | 2295 |

Từ hỗn hợp bê tông đã nhào trộn ở trên, tiến hành đổ khuôn hình lập phương $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$ và khuôn hình dầm kích thước $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$. Các mẫu sau khi tạo hình được bảo dưỡng 1 ngày trong khuôn mẫu, sau đó tháo khuôn và bảo dưỡng trong môi trường nước đến tuổi thí nghiệm.

Theo tiêu chuẩn ACI 318-2005 [8], giá trị trung bình mô đun đàn hồi của bê tông (E_c) ở tuổi 28 ngày được xác định gián tiếp theo cường độ nén trung bình (R_n^{28}) bằng công thức (9):

$$E_c = 4730 \sqrt{R_n^{28}} = 4730 \sqrt{31,25} = 26441,5 \text{ MPa} \quad (9)$$

Cường độ nén và cường độ kéo của bê tông được xác định ở các tuổi 1, 3, 7, 14, 28 và 56 ngày theo tiêu chuẩn ASTM C78 [9] và GOST 10180-2012 [10]. Kết quả thí nghiệm các tính chất cơ học của bê tông được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Cường độ nén, kéo khi uốn của bê tông ở các tuổi khác nhau

Theo công thức V. P. Nekrasov, hệ số dẫn nhiệt λ , W/(m.°C) của bê tông được xác định theo công thức (10):

$$\lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22\rho_o^2} - 0,16 = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22(2295 : 1000)^2} - 0,16 = 1,1 \quad (10)$$

Vật liệu là hỗn hợp của nhiều vật liệu thành phần có nhiệt dung riêng là $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ và khối lượng tương ứng là $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ thì nhiệt dung riêng của vật liệu hỗn hợp này sẽ được tính theo công thức (11):

$$C_{bt} = \frac{C_1m_1 + C_2m_2 + C_3m_3 + \dots + C_nm_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} \quad (11)$$

Nhiệt dung riêng của các thành phần vật liệu trong bê tông được thể hiện trong bảng 4.

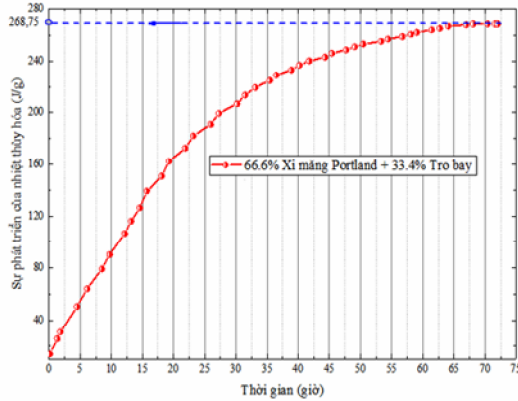
Bảng 4. Nhiệt dung riêng của các vật liệu thành phần trong bê tông

| Vật liệu sử dụng | Xi măng | Đá dăm | Cát vàng | Tro bay | Nước |
|-----------------------------------|---------|--------|----------|---------|--------|
| Giá trị nhiệt dung riêng, J/kg.°C | 753,62 | 837,36 | 795,49 | 711,76 | 4186,8 |

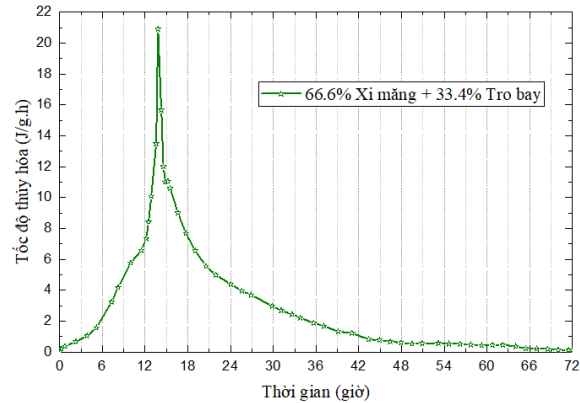
Từ cấp phối bê tông đã được trình bày trong bảng 4 với $X = 317 \text{ kg/m}^3$, $TB = 159 \text{ kg/m}^3$ và $CKD = 476 \text{ kg/m}^3$, quy về phần trăm chất kết dính ta thu được 66,6% Portland xi măng và 33,4% tro bay.

Lượng nước liên kết hóa học của bê tông ở tuổi 28 ngày được lựa chọn bằng 20% lượng nước nhào trộn của hỗn hợp bê tông. Từ công thức (11) ta tính toán được nhiệt dung riêng của bê tông $C_{bt} = 871,27 \text{ J/(kg.}^\circ\text{C)}$.

Trong hình 4 và 5 đã trình bày kết quả thí nghiệm quá trình phát triển nhiệt lượng thủy hóa và tốc độ thủy hóa của chất kết dính gồm 66,6% Portland xi măng Tam Điệp và 33,4% tro bay nhiệt điện Cẩm Phả.



Hình 4. Nhiệt thủy hóa của hỗn hợp 66,6% xi măng và 33,4% tro bay

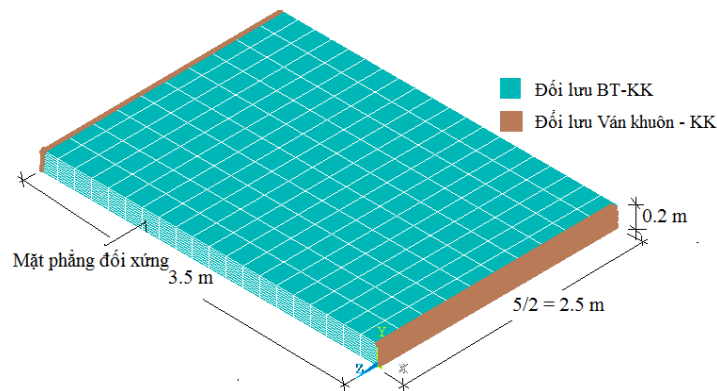


Hình 5. Tốc độ thủy hóa của hỗn hợp 66,6% xi măng và 33,4% tro bay

3.2. Xác định trường nhiệt độ - trường ứng suất trong đối tượng nghiên cứu

Kết quả tính toán cấp phối bê tông có sử dụng tro bay của nhà máy nhiệt điện Cẩm Phả cho ta các tham số quan trọng để đưa vào tính toán trường nhiệt độ, trường ứng suất trong tấm mặt đường bê tông xi măng ở tuổi sớm ngày. Các tham số đưa vào tính toán bao gồm: Hàm lượng xi măng (Bảng 3); đường thủy hóa xi măng (Hình 4-5); nhiệt dung riêng [$C_{bt} = 871,27 \text{ J/(kg.}^\circ\text{C)}$]; hệ số dẫn nhiệt [$\lambda = 1,1 \text{ W/(m.}^\circ\text{C)}$]; mô đun đàn hồi phát triển theo thời gian.

Sử dụng phần tử Solid70 trong phần mềm ANSYS APDL để mô phỏng bài toán nhiệt 3D của tấm mặt đường bê tông xi măng có kích thước $3,5 \times 5 \times 0,2 \text{ (m)}$. Do tính chất đối xứng nên sử dụng 1/2 mô hình để tính toán được thể hiện ở hình 6. Khu vực xây dựng thuộc địa phận tỉnh Quảng Ninh ở miền Bắc Việt Nam.

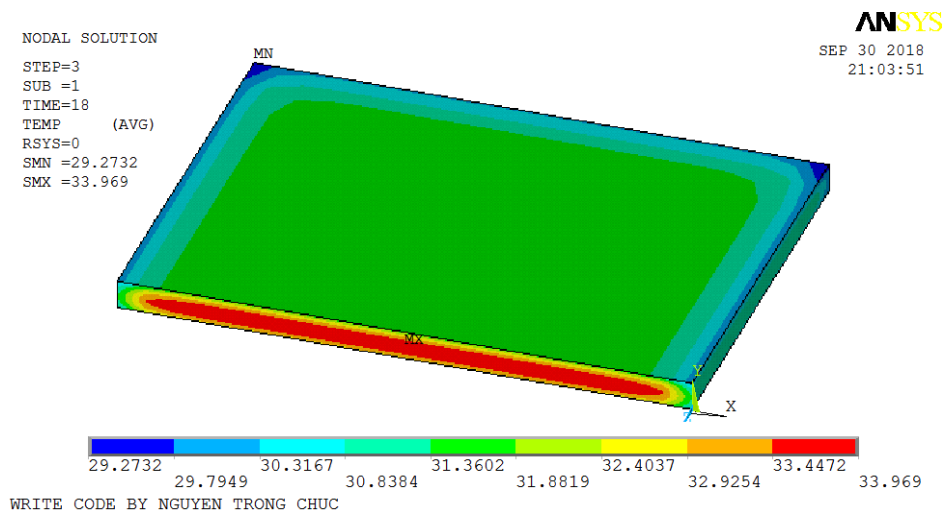


Hình 6. Kích thước 1/2 tấm bê tông nghiên cứu bằng mô hình 3D - FEM

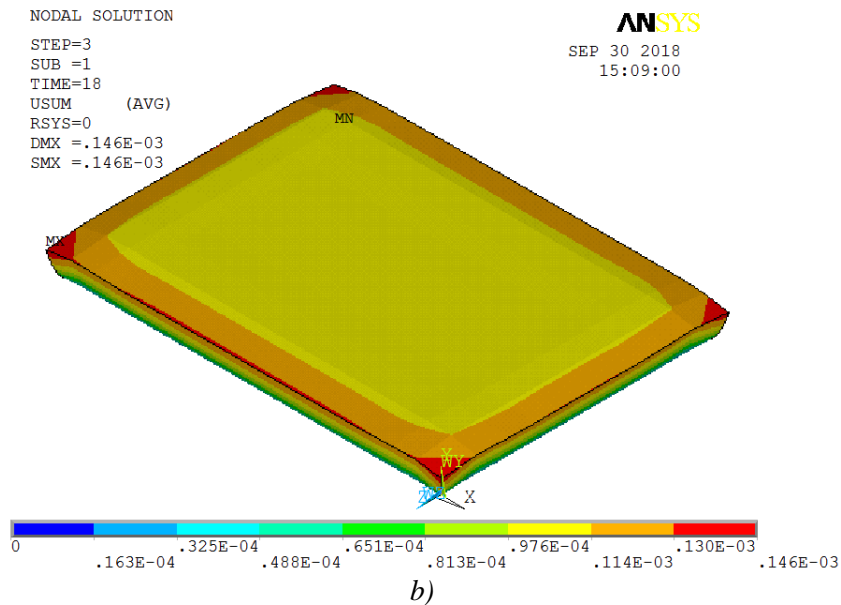
Hệ số đối lưu bê tông - không khí phụ thuộc vào loại cấp pha sử dụng, vận tốc gió ở khu vực xây dựng (thường lấy hệ số đối lưu bê tông - không khí, $h_1 = 10 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, ván khuôn gỗ - không khí, $h_2 = 7 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$), và nhiệt độ môi trường dao động trong ngày theo phương trình (12) [2].

$$T = 25,8 + 4 \sin\left(\frac{\pi\tau}{24}\right), ^\circ\text{C} \quad (12)$$

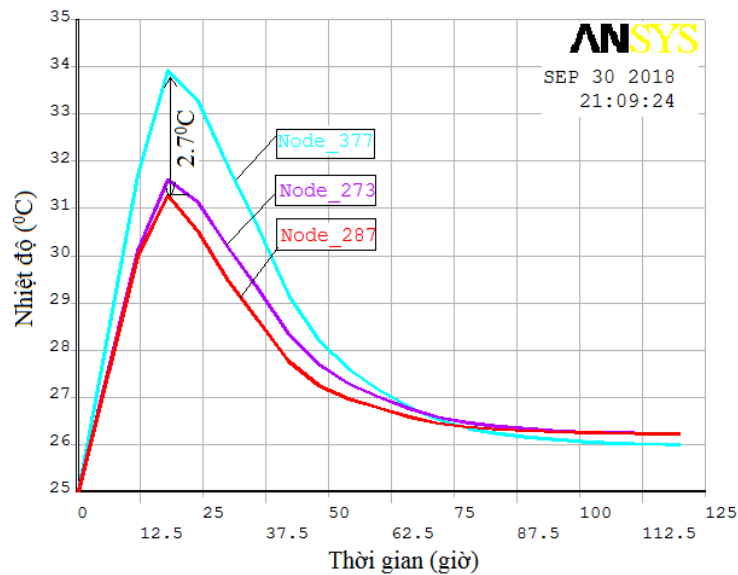
Kết quả phân tích trường nhiệt độ, sự phát triển nhiệt độ ở một vài vị trí và trường ứng suất trong tấm mặt đường bê tông xi măng được thể hiện trong hình 7÷9.



Hình 7. Trường nhiệt độ trong tấm bê tông xi măng ở thời điểm 18 giờ sau khi đổ



Hình 8. Trường ứng suất trong tấm bê tông xi măng ở thời điểm 18 giờ sau khi đổ



Hình 9. Phân bố nhiệt độ tại 3 nút (377, 273, 287) theo thời gian

Trong giai đoạn đầu (0÷18) giờ, trường nhiệt độ trong tấm mặt đường bê tông xi măng tăng do sự thủy hóa xi măng, đạt giá trị lớn nhất là 33,9°C tại nút ở tâm (node 377). Các vị trí trên bề mặt (node 287) và cạnh (node 273) của tấm bê tông xi măng đạt giá trị lớn nhất là 31,6°C và 31,2°C. Sau 18 giờ, trường nhiệt độ trong tấm bê tông xi măng giảm dần và cân bằng với nhiệt độ môi trường. Chênh lệch nhiệt độ giữa 2 điểm tâm và mặt ngoài của tấm bê tông xi măng tại thời điểm 18 giờ sau khi đổ là 2,7°C và giảm dần theo thời gian.

Phân bố ứng suất trên tấm bê tông xi măng ở tuổi sớm ngày được thể hiện ở hình 8. Do mặt ngoài của tấm mặt đường bê tông xi măng tiếp xúc không khí nên chúng có xu hướng giảm nhiệt nhanh hơn so với ở tâm mặt đường. Sự giảm nhanh nhiệt độ, đồng nghĩa với việc chúng có xu hướng co lại. Tuy nhiên, tại tâm tấm nhiệt độ đang tăng, chúng có xu hướng nở ra. Sự co lại ở mặt ngoài đã bị cản trở bởi sự nở ra ở tâm của tấm bê tông. Do vậy, ứng suất kéo được hình thành ở tuổi sớm ngày trên bề mặt tấm bê tông xi măng. Sau 18 giờ khi đổ, ứng suất kéo lớn nhất trong tấm bê tông xi măng đạt $0,15.10^{-3}$ MPa (nhỏ hơn giá trị ứng suất kéo cho phép). Hiện tượng nứt không xảy ra trên tấm bê tông xi măng.

4. Kết luận

Trên cơ sở những kết quả thu được từ thực nghiệm và tính toán theo phần mềm ANSYS APDL rút ra những kết luận sau:

- Có thể tái sử dụng phế thải tro bay của nhiệt điện Cẩm Phả với hàm lượng lên đến 33,4% chất kết dính trong chế tạo bê tông nặng dùng cho kết cấu mặt đường bê tông xi măng.

- Chênh lệch nhiệt độ ở tâm và mặt ngoài của tấm bê tông xi măng từ cấp phối trên tại thời điểm sau 18 giờ thi công là lớn nhất bằng $2,7^{\circ}\text{C}$ và giảm dần theo thời gian.

- Ứng suất kéo lớn nhất trong tấm bê tông xi măng ở tuổi sớm ngày đạt $0,15 \cdot 10^{-3}$ MPa ở thời điểm 18 giờ sau khi đổ nhỏ hơn giá trị ứng suất kéo cho phép. Do đó, sự hình thành vết nứt không xảy ra.

- Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo cho các dự án xây dựng mặt đường bê tông xi măng có sử dụng vật liệu tại chỗ trong giai đoạn xây dựng hiện nay.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 10380:2014 (2014). *Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 10380:2014 Đường giao thông nông thôn - Yêu cầu thiết kế.*
2. *Báo cáo phân tích nhiệt và ứng suất của công trình thủy điện Sơn La.*
3. N. T. Chuc, T. V. Lam, B. I. Bulgakov (2018). Designing the Composition of Concrete with Mineral Additives and Assessment of the Possibility of Cracking in Cement-concrete Pavement. *Materials Science Forum*, 931, 667-673. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.667
4. Tang Van Lam, Boris Bulgakov, Olga Aleksandrova, Oksana Larsen and Pham Ngoc Anh (2018). Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on the Compressive Strength of high performance concrete, *E3S Web of Conferences* 33, 02030. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183302030>
5. N. A. Aniskin, Chuc Nguyen Trong (2018). The Thermal Stress of Roller-compacted Concrete Dams during Construction. *MATEC Web of Conferences* 196, 04059. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201819604059>
6. John Venturelli (1992). *Seasonal Temperature and Stress Distributions in Concrete Gravity Dams.* McGill University. 106 p.
7. ACI 211.1-2002 (2012). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*, 38 p.
8. American Concrete Institute (2005). *ACI 318-2005. Building Code Requirements for Structural Concrete.* Farmington Hills, MI. 31 p.
9. ASTM C78 (2018). *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*, 45 p.
10. ГОСТ 10180-2012 (2013). *Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.* М. Стандартинформ, 35 с.

RESEARCH ON THERMAL FIELD AND THERMAL STRESS FIELD IN CEMENT CONCRETE PAVEMENT WITH THE USE OF FLY ASH FROM CAM PHA THERMAL POWER PLANT

Abstract: *The paper investigating the thermal field, stress field of concrete pavement cast in place with the use of fly ash from Cam Pha Thermal Power Plant accounted for 33.4% of adhesive. Comparing the results obtained from tension stresses with the allowable tensile stress in concrete that using fly ash as an admixture to evaluate the crack formation in the pavement structure. In addition, the research results could be used as a reference source for construction projects of concrete pavement using local materials in the current period.*

Keywords: Cement concrete pavement; concrete aggregate; additive; fly ash; cracks.

Ngày nhận bài: 27/8/2018; Ngày nhận bản sửa lần cuối: 30/9/2018; Ngày duyệt đăng: 18/01/2019

