

Khảo sát sự biến thiên của nhiệt độ trong tấm bê tông xi măng mặt đường ở điều kiện miền Bắc

■ **ThS. NCS. NGUYỄN THỊ NGÂN**

Trường Đại học Đại Nam

■ **TS. NGÔ VIỆT ĐỨC; PGS. TS. HOÀNG TÙNG**

Trường Đại học Xây dựng

TÓM TẮT: Các điều kiện khí hậu nói chung và nhiệt độ môi trường nói riêng là một trong các thông số quan trọng trong tính toán thiết kế mặt đường bê tông xi măng (BTXM), đặc biệt là với tấm BTXM làm mặt đường, do đặc điểm về vị trí của tấm: mặt trên chịu tác động trực tiếp của các yếu tố khí hậu luôn thay đổi, mặt dưới tiếp xúc với nền móng là khu vực có các điều kiện nhiệt ẩm khá ổn định. Do vậy, việc xác định sự phân bố nhiệt độ trong tấm BTXM luôn được các nhà nghiên cứu quan tâm thực hiện từ trước đến nay. Tuy vậy, đây cũng là công việc phức tạp, kết quả ảnh hưởng nhiều từ các điều kiện biên về thời tiết. Bài báo giới thiệu mô hình tính sự phân bố nhiệt theo chiều sâu trong tấm BTXM mặt đường, cùng các đo đạc tại khu vực miền Bắc để hiệu chỉnh mô hình tính cho phù hợp với điều kiện thực tế khai thác của mặt đường BTXM trong khu vực miền Bắc.

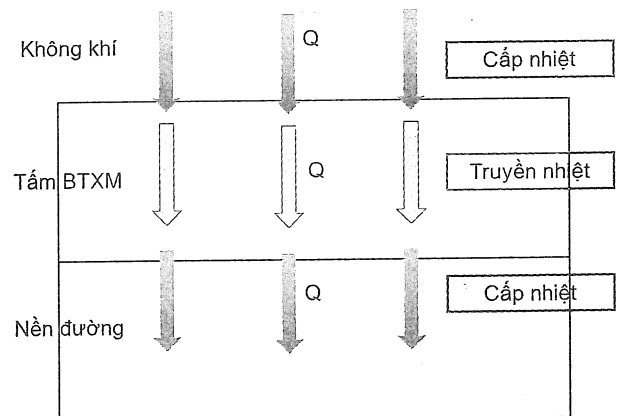
TỪ KHÓA: Mặt đường bê tông xi măng, nhiệt độ, phương trình truyền nhiệt, điều kiện miền Bắc.

ABSTRACT: The climatic conditions in general and the ambient temperature are the important parameters in the design of concrete pavements. Especially with the reinforced concrete used for the pavement, due to the location of the plate: the top surface is directly affected by changing climatic factors; and the bottom surface is contacted with a humid and stable temperature base. Therefore, the determination of the temperature distribution in the concrete slab has been interested in researchers so far. However, this is a complicated problem. The results are strongly influenced by the varied temperature boundary. This paper proposes a heat transfer model for predicting the heat distributions through the depth of the concrete pavement slabs, and the results were compared with the measured data to adjust the model to be suitable with the actual conditions in the North of Vietnam.

KEYWORDS: Cement concrete pavement, temperature, heat transfer equation, Northern condition.

1. LÝ THUYẾT VỀ QUÁ TRÌNH CẤP NHIỆT TỪ MÔI TRƯỜNG XUỐNG MẶT ĐƯỜNG VÀ TRUYỀN NHIỆT TRONG MẶT ĐƯỜNG BTXM

Quá trình quá trình cấp nhiệt từ môi trường xuống mặt đường và truyền nhiệt trong mặt đường BTXM là các quá trình liên tục (Hình 1.1).



Hình 1.1: Diễn biến nhiệt độ trong mặt đường BTXM khi nhiệt độ không khí lớn hơn nhiệt độ nền đường

1.1. Quá trình cấp nhiệt

Quá trình cấp nhiệt tuân theo định luật Newton về cấp nhiệt:

$$dQ = \alpha(t_T - t_L).dF.d\tau \quad (1)$$

Trong đó: t_T - Nhiệt độ của vật thể ($^{\circ}\text{C}$); t_L - Nhiệt độ của lưu chất ($^{\circ}\text{C}$); α - Hệ số cấp nhiệt; dF - Diện tích (m^2); $d\tau$ - Thời gian (s).

Khi trạng thái nhiệt ổn định thì phương trình trên có thể viết dưới dạng:

$$Q = \alpha(t_T - t_L).F.\tau \quad (2)$$

Ý nghĩa α : Khi $F = 1\text{m}^2$, $t = 1\text{s}$ và $(t_T - t_L) = 1$ thì $Q = \alpha$. Hệ số cấp nhiệt α là lượng nhiệt do một đơn vị bề mặt của vật thể cấp cho môi trường xung quanh trong khoảng thời gian 1s với hiệu số nhiệt độ là 1°C .

$$\alpha = \frac{Q}{F(t_r - t_l)\tau} \quad (3)$$

Hệ số cấp nhiệt α phụ thuộc rất nhiều yếu tố: kích thước, hình dạng, vị trí và trạng thái của bề mặt trao đổi nhiệt, tính chất vật lý của chất tải nhiệt như độ nhớt, độ dẫn nhiệt, khối lượng riêng, nhiệt dung riêng, áp suất... Quan hệ giữa α với các yếu tố này rất phức tạp, khó có thể lập thành một công thức lý thuyết chung mà chỉ có những công thức thực nghiệm hoặc dạng giải tích cho từng trường hợp cụ thể.

1.2. Quá trình truyền nhiệt

Quá trình truyền nhiệt trong mặt đường BTXM tuân theo định luật Fourier về dẫn nhiệt:

$$Q_v = Q_u + Q_\lambda \quad (4)$$

Trong đó: Q_v - Nguồn nhiệt bên trong; Q_u - Phần nhiệt tích lại để làm tăng nội năng của vật; Q_λ - Phần nhiệt lại được truyền ra môi trường bên ngoài bằng dẫn nhiệt.

Nếu mật độ nguồn nhiệt bên trong là $q_v = q_v(r,t)$ và diện tích mặt bao quanh là F thì (4) có thể triển khai thành:

$$\int_V q_v dV = \int_V c \cdot \rho \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} dV + \int_F -\lambda \cdot \text{grad}t \cdot \vec{n} \cdot dF \quad (5)$$

Trong đó: c - Nhiệt dung riêng và ρ là khối lượng riêng. Vì tích phân mặt có thể chuyển thành tích phân thể tích theo nguyên lý tích phân Gauss nên:

$$Q_\lambda = \int_F -\lambda \cdot \text{grad}t \cdot \vec{n} \cdot dF = -\lambda \int_V \text{divgrad}t \cdot dV \quad (6)$$

Khi sử dụng ký hiệu toán tử vi phân $\text{divgrad}t = \nabla^2$, phương trình (6) trở thành:

$$\int_V \left(q_v + \lambda \nabla^2 t - c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} \right) dV = 0 \quad (7)$$

Quan hệ (7) không chỉ đúng với thể tích V mà còn đúng với phần tử thể tích d_v của vật thể, do đó có thể bỏ dấu tích phân:

$$q_v + \lambda \nabla^2 t - c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = 0 \quad (8)$$

Hay:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \nabla^2 t + \frac{q_v}{c\rho} \quad (9)$$

Tổ hợp các thông số vật lý $a = \frac{\lambda}{c\rho}$ trong (9) được gọi là hệ số dẫn nhiệt độ [m^2/s], phương trình (9) chuyển thành:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{q_v}{c\rho} \quad (10)$$

Phương trình vi phân (10) được gọi là phương trình Fourier. Khi không có nguồn nhiệt bên trong, $q_v = 0$, ta có phương trình vi phân truyền nhiệt một chiều:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t \quad (11)$$

2. PHƯƠNG TRÌNH TRUYỀN NHIỆT VÀ CẤP NHIỆT SỬ DỤNG TRONG MẶT ĐƯỜNG BTXM

2.1. Phương trình truyền nhiệt trong mặt đường BTXM:

2.1.1. Các đặc trưng nhiệt lý của vật liệu làm mặt đường

2.1.1.1. Nhiệt dung riêng c

Là nhiệt lượng cần thiết để làm một đơn vị khối lượng hoặc 1 đơn vị thể tích của vật liệu tăng lên 1°C , gồm 2 loại:

c_v - Nhiệt dung riêng theo thể tích ($\text{calo}/\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ hoặc $\text{J}/\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C}$);

c_g - Nhiệt dung riêng theo khối lượng ($\text{calo}/\text{g} \cdot ^\circ\text{C}$ hoặc $\text{J}/\text{g} \cdot ^\circ\text{C}$).

Đại lượng này phụ thuộc vào thành phần khoáng vật, độ rỗng và độ ẩm của vật liệu và chính trạng thái nhiệt của vật liệu đó; vật liệu có độ rỗng càng lớn thì nhiệt dung riêng càng nhỏ, có độ ẩm càng lớn thì nhiệt dung riêng càng lớn [4]. Theo [5], nhiệt dung riêng của BTXM từ 0,75-1,1 ($\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$).

2.1.1.2. Hệ số truyền nhiệt l

Là nhiệt lượng truyền qua 1 đơn vị diện tích (cm^2) trong 1 đơn vị thời gian (s) khi có một gradien nhiệt độ là $1^\circ\text{C}/\text{cm}$. Đại lượng này đặc trưng cho khả năng truyền dẫn nhiệt mạnh yếu. Hệ số truyền nhiệt l có đơn vị là $\text{kcal}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ hay $\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$, trong đó $1 \text{ kcal}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} = 1,163 \text{ W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$.

Hệ số truyền nhiệt phụ thuộc vào thành phần khoáng, độ ẩm, độ chặt và phụ thuộc vào chính trạng thái nhiệt của bản thân kết cấu vật liệu truyền dẫn nhiệt. Do vậy, thường không có giá trị cố định với các khu vực khác nhau. Từ đó, yêu cầu đặt ra là phải xem xét tính toán hệ số truyền nhiệt theo từng điều kiện biên cụ thể.

2.1.1.3. Hệ số truyền nhiệt độ a

Hệ số truyền nhiệt độ a (cm^2/s) được xác định theo biểu thức:

$$a = \frac{\lambda}{c_v} = \frac{\lambda}{c_g \cdot \rho} \quad (12)$$

Trong đó: ρ - Khối lượng thể tích khô của vật liệu (g/cm^3).

Vì $a = f(\lambda, c_v)$ nên tất cả các yếu tố ảnh hưởng đến l, c_v đều ảnh hưởng đến a .

2.1.2. Phương trình vi phân truyền nhiệt trong mặt đường BTXM

Theo (11) phương trình vi phân truyền nhiệt trong mặt đường BTXM sẽ có dạng đơn giản là:

$$\frac{\partial t}{\partial T} = a \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \quad (13)$$

Trong đó: t - Nhiệt độ; T - Thời gian; z - Toạ độ theo phương thẳng đứng; a - Hệ số truyền dẫn nhiệt độ của vật liệu (m^2/h).

Nhiệt độ bề mặt của hệ được xem là dao động điều hoà, tức là tuân theo điều kiện biên [2]:

$$t(z=0, T) = t_{\text{tb.mặt}} + t_{\text{n.max}} \cdot \cos \omega T \quad (14)$$

Trong đó: $t_{\text{tb.mặt}}$ - Nhiệt độ trung bình ngày đêm ở bề mặt; $t_{\text{n.max}}$ - Biên độ dao động lớn nhất trong ngày tại bề mặt; $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (với $T = 24\text{h}$) là tần số dao động nhiệt độ bề mặt.

Khi giải phương trình (13) với điều kiện biên (14) nhiệt độ tại độ sâu $z(\text{m})$, tại thời điểm T được xác định theo công thức [2]:

$$t(z, T) = t_{\text{tb.mặt}} + K \cdot z + t_{\text{n.max}} \cdot \exp\left(-z \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right) \cdot \cos\left(\omega T - z \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right) \quad (15)$$

Trong đó: K - Một thông số biểu thị ảnh hưởng của sự phân bố trường nhiệt độ dừng (phân bố nhiệt độ trung bình trong nền bán không gian) [$^\circ\text{C}/\text{cm}$].

2.2. Xác định các tham số trong phương trình truyền nhiệt

2.2.1. Nhiệt độ trung bình mặt đường trong ngày, $t_{\text{tb.mặt}}$

Là giá trị nhiệt độ trung bình của bề mặt đường

trong ngày, được xác định bằng trung bình cộng của nhiệt độ mặt đường tại các thời điểm đo t_{mati} :

$$t_{tbat} = \frac{\sum_{i=1 \rightarrow n} t_{mati}}{n} \quad (16)$$

Trong đó: n - Số lần đo nhiệt trong ngày.

2.2.2. Biên độ dao động nhiệt lớn nhất trong ngày, t_{nmax}

t_{nmax} là biên độ dao động nhiệt độ lớn nhất trong ngày tại bề mặt tấm. Nếu chọn gốc thời gian $T = 0$ trùng với khi mặt tấm có nhiệt độ cao nhất t_{max} thì biên độ dao động lớn nhất về ban ngày t_{nmax} được xác định:

$$t_{nmax} = t_{max} - t_{tbat} \quad (17)$$

Trong nghiên cứu này, các số liệu nhiệt độ được đo chủ yếu vào ban ngày với mốc từ 6h30 nên t_{nmax} được xác định là:

$$t_{nmax} = \frac{(t_{max} - t_{min})}{2} \quad (18)$$

2.2.3. Xác định hệ số truyền nhiệt độ a

Hệ số này được xác định dựa vào các tham số khác trong phương trình truyền nhiệt.

Với $\Delta t = 0,1^\circ\text{C}$ thì hệ số truyền dẫn nhiệt độ phụ thuộc biên độ dao động nhiệt độ bề mặt lớn nhất trong ngày t_{nmax} :

$$a = \left(\frac{0,3618 \cdot z_{max}}{(\ln t_{nmax} + h \Delta t)} \right)^2 \quad (19)$$

Bảng 2.1. Trị số tính toán hệ số truyền nhiệt của nền đất tại dài khi tương Láng thay đổi theo t_{nmax} [2]

Khoảng $t_{n,max}(^\circ\text{C})$	> 30	20 - 30	10 - 20	< 10
Hệ số a (m ² /h)	0,0012	0,0014	0,0018	0,0030

2.2.4. Chiều sâu tắt biên độ dao động ngày đêm z_{max}

Là chiều sâu mà tại đó, nhiệt độ chỉ dao động xung quanh 1 khoảng Dt nào đó:

$$z_{max} = \frac{\sqrt{a}}{0,3618} (\ln t_{nmax} - h \Delta t) \quad (20)$$

Trị số Dt được xác định theo mức độ chính xác của nhiệt kế dùng để quan trắc phân bố nhiệt độ, không quá $0,5^\circ\text{C}$ [2]. Kết quả nghiên cứu trước đây cho điều kiện Hà Nội đã tìm ra giá trị $z_{max} = 0,4\text{m}$ [2] với $\Delta t = 0,5^\circ\text{C}$ [2].

2.2.5. Xác định thông số K

Có thể xác định K bằng cách sử dụng kết quả đo nhiệt độ trực tiếp tại các vị trí cố định theo chiều sâu tấm, tính theo phương trình (15).

$$K = \frac{t(z, T) - t_{tbat} - t_{n,max} \cdot \exp\left(-z \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right) \cos\left(\omega T - z \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right)}{z} \quad (21)$$

3. KHẢO SÁT SỰ THAY ĐỔI NHIỆT ĐỘ THEO CHIỀU SÂU TRONG MẶT ĐƯỜNG BTXM BẰNG THỰC NGHIỆM

3.1. Quy hoạch thực nghiệm

Mục tiêu thực nghiệm: Khảo sát được biến thiên của nhiệt độ trong mặt đường BTXM (kể cả cấp nhiệt); xác định được một số tham số chính của các phương trình cấp nhiệt, truyền nhiệt theo điều kiện thí nghiệm.

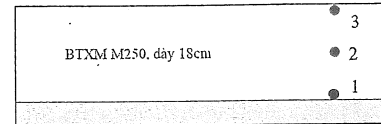
Điều kiện thí nghiệm:

- Hiện trường: sân nhà thí nghiệm, Trường Đại học Xây dựng.

- Vật liệu: BTXM mác 250, dày 18 cm (tầng mặt, thép D10 a200) trên nền đất tự nhiên đầm chặt. Các vật liệu được thiết kế theo tiêu chuẩn hiện hành tại phòng thí nghiệm VILAS - 047.

- Thiết bị: Máy đo nhiệt kiểu tiếp xúc KINGMACH JMZX-3001L.

Bố trí đầu đo (Hình 3.1): Đầu đo nhiệt được bố trí tại mặt bằng tim của tấm bê tông, mỗi vị trí bố trí 3 điểm đo (đáy tấm, giữa tấm và mặt tấm) và 1 đầu đo nhiệt độ không khí.



Hình 3.1: Sơ đồ bố trí đầu đo nhiệt tại tâm tấm BTXM

Các thời điểm đo: Số liệu đo được thu thập trong tháng 10/2018, hàng ngày đo từ 6h30 đến 19h30, dữ liệu được lấy 2h/lần.

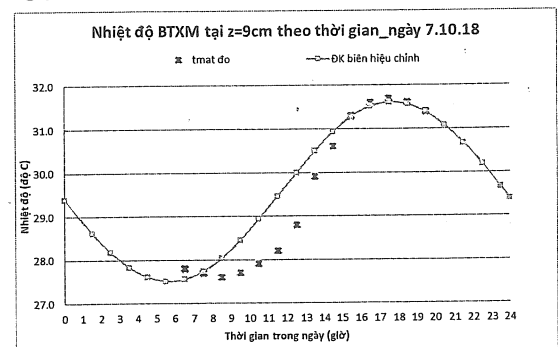
3.2. Kết quả đo nhiệt độ

Số liệu đo được ghi lại chi tiết và được minh họa bởi Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Số liệu đo nhiệt độ trong ngày 09/10/2018

STT	Thời gian	Khoảng thời gian (giờ)	Nhiệt độ không khí t_{kk} ($^\circ\text{C}$)	Nhiệt độ bề mặt t_{mat} ($^\circ\text{C}$)	Nhiệt độ giữa tấm t_{giua} ($^\circ\text{C}$) ứng với $z = 9,0 \text{ cm}$	Nhiệt độ đáy tấm t_{day} ($^\circ\text{C}$) ứng với $z = 18 \text{ cm}$	Bức xạ nhiệt (W/m^2)
1	6h30	6,5	29,0	28,8	29,3	28,3	22,1
2	7h30	7,5	28,3	28,2	29,1	28,2	48,2
3	8h30	8,5	29,5	29,4	29,0	28,3	82,3
4	9h30	9,5	31,3	31,2	29,0	28,7	121,5
5	10h30	10,5	32,5	32,4	29,2	29,3	150,7
6	11h30	11,5	35,6	35,7	29,4	30,0	340,0
7	12h30	12,5	38,3	38,1	30,0	32,0	650,0
8	13h30	13,5	37,9	38,2	32,0	34,3	625,0
9	14h30	14,5	37,4	37,9	32,3	35,6	515,0
10	15h30	15,5	36,9	36,9	33,1	38,1	530,0
11	16h30	16,5	33,8	33,8	33,7	35,7	64,0
12	17h30	17,5	33,3	33,3	33,8	34,7	1,7
13	18h30	18,5	30,7	30,8	33,1	33,9	0,1
14	19h30	19,5	31,0	31,0	30,9	33,3	0,0

Có thể thấy nhiệt độ đo được thay đổi theo từng thời điểm đo trong ngày cũng như theo chiều sâu khảo sát. Tại các vị trí đo khác nhau đều cho thấy kết quả là sự biến thiên của nhiệt độ trong ngày thay đổi theo dạng hàm cos, tương đồng với điều kiện biên được giả định trong phương trình truyền nhiệt đã giới thiệu ở trên.

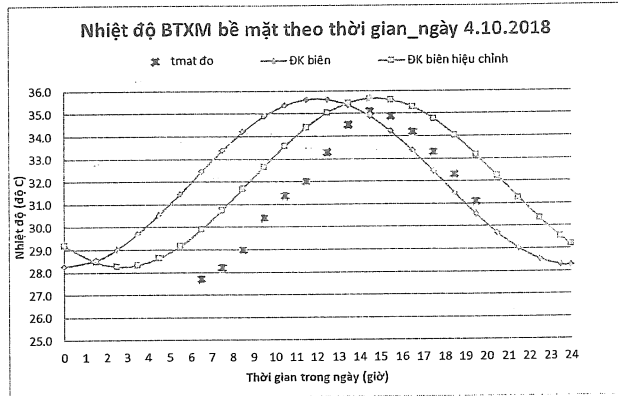


Hình 3.2: Biến thiên nhiệt độ BTXM tại $z = 9,0 \text{ cm}$ ngày 07/10/2018 theo thời gian

3.3. Hiệu chỉnh phương trình vi phân truyền nhiệt trong mặt đường BTXM theo kết quả thực nghiệm

3.3.1. Đánh giá điều kiện biên của bài toán, hiệu chỉnh chu kỳ biến thiên nhiệt độ ngày

Ở bề mặt tấm BTXM, phương trình (15) có điều kiện biên (14). Theo điều kiện biên như trên, với chu kỳ $w = (2p/T)$ nhiệt độ trong ngày sẽ đạt giá trị lớn nhất (cực đại) vào lúc 12h trưa nếu lấy mốc thời gian là 0h. Thực tế số liệu đo tại Hà Nội cho thấy thời điểm nhiệt độ bề mặt đạt giá trị lớn nhất thường không phải giữa trưa, như minh họa trên Hình 3.3.



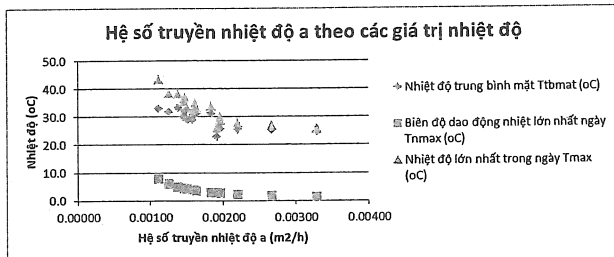
Hình 3.3: Biến thiên nhiệt độ BTXM bề mặt ngày 04/10/2018 theo thời gian

Với dữ liệu khảo sát từ ngày 03/10/2018 đến ngày 23/10/2018, kiến nghị đưa thêm vào điều kiện biên (14) trị số (p/b) với b là hệ số điều chỉnh theo tháng. Trong tháng 10, kiến nghị lấy $b = 1,2$.

$$t(z=0, T) = t_{t,mat} + t_{n,max} \cdot \cos\left(\omega T + \frac{\pi}{b}\right) \quad (22)$$

3.3.2. Đánh giá hệ số truyền nhiệt độ a

Các tính toán với điều kiện khí hậu trong tháng 10 cho giá trị a nằm trong khoảng từ 0,0011 đến 0,0033 và có xu hướng tăng khi $t_{n,max}$ giảm. Xu thế này hoàn toàn phù hợp với các kết quả tính hệ số a tại nền đất ở đài khí tượng Láng [2], tuy nhiên về trị số thì lại có sự khác biệt khá xa. Với nền đất, hệ số a ở trong khoảng 0,003 khi $t_{n,max} < 10^\circ\text{C}$, còn trên mặt đường BTXM đo được thì giá trị a có thể giảm xuống đến 0,0011 trong khi $t_{n,max}$ trong khoảng thời gian khảo sát luôn $< 10^\circ\text{C}$. Điều đó có thể cho thấy sự phụ thuộc của hệ số a không chỉ ở giá trị $t_{n,max}$ mà còn chịu ảnh hưởng của các thông số khí hậu khác như nhiệt độ mặt đường hay lượng bức xạ bề mặt, những thông số ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng truyền nhiệt của vật liệu.



Hình 3.4: Biến thiên hệ số truyền nhiệt độ a theo các thông số khí hậu

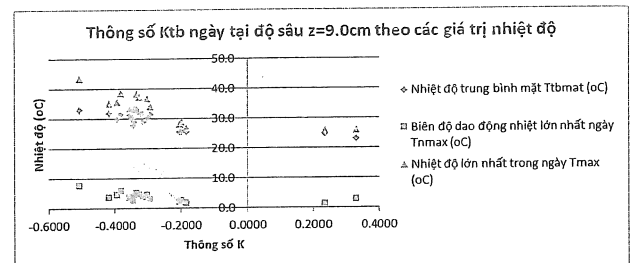
3.3.3. Đánh giá thông số K trong phương trình truyền nhiệt

Từ các giá trị đo nhiệt độ bề mặt tấm BTXM, nhiệt độ tại các độ sâu khác nhau trong tấm, có thể tính được thông số K từ phương trình tổng quát:

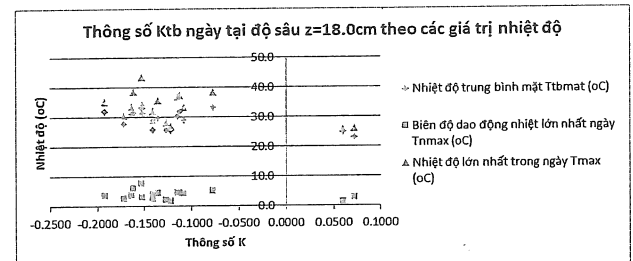
$$K = \frac{t(z, T) - t_{t,mat} - t_{n,max} \cdot \exp\left(-z \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right) \cdot \cos\left(\omega T - z \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right)}{z} \quad (23)$$

Trong đó, $t(z, T)$ lần lượt là nhiệt độ BTXM ở các thời điểm khác nhau trong ngày tại bề mặt và các độ sâu $z = 9,0 \text{ cm}$ và $z = 18,0 \text{ cm}$.

Có thể nhận thấy, trị số K tính toán có xu hướng tăng khi nhiệt độ giảm. Điều đó thể hiện ở kết quả tính K trong những ngày nhiệt độ cao thường có giá trị nhỏ hơn K trong những ngày nhiệt độ thấp. Cũng như giá trị K tính toán ở các lớp vật liệu phía dưới (nhiệt độ thấp hơn) cao hơn giá trị K tính toán ở các lớp vật liệu phía trên (nhiệt độ cao hơn). Các kết quả được thể hiện trong các hình sau.



Hình 3.5: Thông số K_{tb} ngày tại độ sâu $z = 9,0 \text{ cm}$ theo các giá trị nhiệt độ



Hình 3.6: Thông số K_{tb} ngày tại độ sâu $z = 18,0 \text{ cm}$ theo các giá trị nhiệt độ

3.3.4. Hiệu chỉnh phương trình vi phân truyền nhiệt trong mặt đường BTXM theo điều kiện khí hậu miền Bắc

Theo các đánh giá ở trên có thể thấy, việc sử dụng phương trình vi phân truyền nhiệt trong mặt đường BTXM theo (11) là hoàn toàn phù hợp. Từ kết quả thí nghiệm, tác giả đã phân tích và hiệu chỉnh một số tham số của phương trình để phù hợp điều kiện khảo sát thực tế.

3.3.4.1. Bổ sung hệ số b vào điều kiện biên của phương trình truyền nhiệt

$$t(z=0, T) = t_{t,mat} + t_{n,max} \cdot \cos\left(\omega T + \frac{\pi}{b}\right) \quad (24)$$

Với b là hệ số lập sẵn cho từng tháng/mùa trong năm. Để xuất sử dụng thêm hệ số b ở điều kiện biên của phương trình truyền nhiệt trong mặt đường BTXM để phù hợp hơn với diễn biến nhiệt đo được tại Hà Nội nội riêng và miền Bắc nói chung.

3.3.4.2. Xây dựng mối quan hệ giữa hệ số truyền nhiệt a trong mặt đường BTXM và các thông số khí hậu

Đây là một hệ số nhạy cảm trong phương trình truyền nhiệt, các nghiên cứu trước đây cũng đã chỉ ra những khó khăn khi xác định chính xác hệ số này. Việc xác định cụ thể hệ số này sẽ giúp tiệm cận gần hơn đến bài toán truyền nhiệt trong điều kiện cụ thể. Kết quả ban đầu của nghiên cứu sẽ đưa ra được giá trị của hệ số truyền nhiệt tương ứng với từng điều kiện thời tiết cụ thể như ví dụ minh họa trong Bảng 3.2.

Bảng 3.2. Ví dụ trị số tính toán hệ số truyền nhiệt độ của mặt đường BTXM trong điều kiện Hà Nội
(số liệu tháng 10/2018)

t_{nmax} (°C)	Hệ số a (m ² /h)
7	0,0011
6	0,0012
5	0,0013
4	0,0015
3	0,0018
2	0,0020

3.3.4.3. Xây dựng mối quan hệ giữa thông số K của phương trình truyền nhiệt và các yếu tố khí hậu

Tương tự như hệ số truyền nhiệt a, thông số K cũng là một thông số đặc trưng điển hình của phương trình truyền nhiệt và cũng phụ thuộc chặt chẽ vào các yếu tố môi trường. Bảng 3.3 giới thiệu một vài thông số ảnh hưởng đến trị số tính toán của K.

Bảng 3.3. Ví dụ thông số K của phương trình truyền nhiệt trong điều kiện Hà Nội
(số liệu tháng 10/2018)

Độ sâu z (cm)	Nhiệt độ trung bình (°C)	Thông số K (°C/cm)
1,5 cm	28,31	-1,32
9 cm	27,29	-0,25
18 cm	27,06	-0,15

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đánh giá lại chu kỳ dao động nhiệt tại một số vị trí đặc trưng theo chiều dày của tấm BTXM. Nhiệt độ đo được đều dao động theo hàm cos quanh giá trị trung bình, nhiệt độ cao nhất trong ngày xuất hiện trễ hơn cực trị của hàm cos tính toán, thường đạt đỉnh nhiệt độ lúc 13h00 đến 14h00.

Từ kết quả thí nghiệm đã bước đầu xây dựng được tương quan giữa một số tham số quan trọng trong phương trình truyền nhiệt với nhiệt độ. Hiệu chỉnh hệ số truyền nhiệt a và tham số K để bài toán gần hơn với điều kiện khí hậu miền Bắc.

Từ các đề xuất điều chỉnh điều đó, phương trình truyền nhiệt được viết lại như sau:

$$t(z,T) = t_{th,max} + K_r \cdot z + t_{n,max} \cdot \exp\left(-z \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a_1}}\right) \cdot \cos\left(\omega T + \frac{\pi}{b} - z \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a_1}}\right)$$

Tài liệu tham khảo

[1]. GS. TSKH. Đặng Quốc Phú (chủ biên) (2007), *Truyền nhiệt*, NXB. Giáo dục.
[2]. GS. TS. Dương Học Hải và các cộng sự (1993),

Nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện khí hậu Việt Nam đến việc thiết kế tấm BTXM.

[3]. GS. TS. Dương Học Hải, GS. TS. Nguyễn Xuân Trục (2014), *Thiết kế đường ô tô*, tập 2, NXB. Giáo dục.

[4]. Bộ môn cơ học đất và nền móng Đại học Đồng Tế, Trung Quốc, *Thổ học và thổ lực học*, NXB. Đồng Tế, Trung Quốc.

[5]. Viện sĩ. GS.TSKH.IU.M.BAZENOV, PGS. TS. Bạch Đình Thiện, *Công nghệ bê tông*, NXB. Xây dựng.

Ngày nhận bài: 16/10/2020

Ngày chấp nhận đăng: 25/11/2020

**Người phản biện: PGS. TS. Bùi Phú Doanh
TS. Cao Phú Cường**