

Ảnh hưởng của hệ số dẫn nhiệt tầng móng và nền đường tới nhiệt độ lớp bê tông nhựa trên đường ô tô khu vực Đồng bằng Bắc Bộ

Nguyễn Mạnh Hùng*

Trường Đại học Giao thông Vận tải, Phân hiệu tại TP Hồ Chí Minh,
450-451 Lê Văn Việt, phường Tăng Nhơn Phú A, TP Thủ Đức, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 26/4/2023; ngày chuyển phân biện 28/4/2023; ngày nhận phân biện 19/5/2023; ngày chấp nhận đăng 22/5/2023

Tóm tắt:

Sử dụng mô hình dự báo trường nhiệt độ áo đường bê tông nhựa trên đường ô tô khu vực Đồng bằng Bắc Bộ (trong đó, giả thiết tầng móng và nền đường là một lớp vật liệu tương đương có chiều dày bán vô hạn, gọi chung là lớp móng), tác giả đã nghiên cứu ảnh hưởng của hệ số dẫn nhiệt của lớp móng tới trường nhiệt độ lớp bê tông nhựa. Kết quả cho thấy, nhiệt độ lớn nhất lớp bê tông nhựa không chịu ảnh hưởng của hệ số dẫn nhiệt lớp móng. Nhiệt độ mặt dưới lớp bê tông nhựa lớn nhất có thể giảm tới 5,41°C (11,04%) khi hệ số dẫn nhiệt lớp móng tăng từ 0,8 lên tới 2,0 W/(m.K). Nhiệt độ trung bình lớp bê tông nhựa lớn nhất giảm khi hệ số dẫn nhiệt lớp móng tăng, mức độ giảm có liên quan đến bề dày lớp bê tông nhựa, khi lớp bê tông nhựa có chiều dày 7 cm thì mức độ giảm là lớn nhất, đạt 3,59°C (5,69%). Trong trường hợp lớp móng có hệ số dẫn nhiệt 2,0 W/(m.K) thì nhiệt độ trung bình lớp bê tông nhựa lớn nhất có thể giảm tới 10°C bằng cách sử dụng lớp bê tông nhựa có bề dày 18 cm.

Từ khóa: bê tông nhựa, Đồng bằng Bắc Bộ, hệ số dẫn nhiệt, lớp móng, nền đường, trường nhiệt độ.

Chỉ số phân loại: 1.3, 2.1

Impact of thermal conductivity of base layers and subgrade on temperature distribution in asphalt pavement on highways in Northern delta

Manh Hung Nguyen*

University of Transport and Communications, Campus in Ho Chi Minh City,
450-451 Le Van Viet Street, Tang Nhon Phu A Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 26 April 2023; revised 19 May 2023; accepted 22 May 2023

Abstract:

By using the model to predict the temperature distribution of asphalt pavement on highways in the Northern delta region, which has been built by the author in which the base layer and subgrade are assumed to be an equivalent layer of material with the semi-infinite thickness, known as the base layer, the impact of the thermal conductivity coefficient (TCC) of the foundation layer on the asphalt concrete layer (AC) temperature distribution is included in the study. The results show that the maximum temperature of the AC layer is not affected by the TCC of the base layer. The maximum temperature at the bottom of the AC layer can be reduced by 5.41°C (11.04%) when the base layer TCC increases from 0.8 to 2.0 W/(m.K). The maximum average temperature of the AC layer decreases when the base layer TCC increases, the degree of reduction is related to the thickness of the AC; when the AC layer is 7 cm thick, the reduction is the largest, reaching 3.59°C (5.69%). In the case of the base layer, TCC is 2.0 W/(m.K), and the maximum average temperature of the AC layer can be reduced by about 10°C by using an AC layer with a thickness of 18 cm.

Keywords: asphalt pavement, base layers, Northern delta, subgrade, temperature distribution, thermal conductivity.

Classification numbers: 1.3, 2.1

*Email: hungnm_ph@utc.edu.vn

1. Đặt vấn đề

Việc nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số nhiệt vật lý nói riêng cũng như việc nghiên cứu tìm ra giải pháp cho các vấn đề liên quan đến nhiệt nói chung nhằm đưa ra các khuyến cáo cho việc thiết kế, thi công, khai thác, bảo dưỡng áo đường mềm trên đường ô tô (sau đây gọi là lớp bê tông nhựa mặt đường) hiện đang được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu [1-10]. Theo tìm hiểu của tác giả, hiện chưa có công trình nghiên cứu nào đề cập đến ảnh hưởng của hệ số dẫn nhiệt tầng móng và nền đường đến trường nhiệt độ lớp bê tông nhựa trên đường ô tô thuộc khu vực Đồng bằng Bắc Bộ, nơi có mật độ đường ô tô tương đối lớn.

Theo tài liệu nghiên cứu tổng quan về các giải pháp giảm nhiệt độ mặt đường bê tông nhựa công bố năm 2023, các giải pháp có thể được thực hiện bằng cách đưa vào các vật liệu và cấu trúc mới [6]. Các giải pháp này có thể được phân chia thành 3 nhóm: ngăn nhiệt xâm nhập vào mặt đường, hấp thụ nhiệt bên trong mặt đường và giải phóng nhiệt bên trong mặt đường [6]. Như vậy, hướng nghiên cứu trong bài báo này thuộc về nhóm thứ 3.

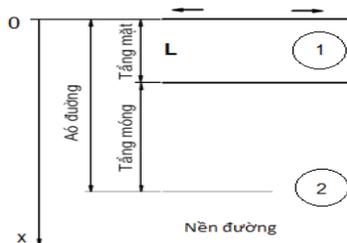
2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng

Trường nhiệt độ lớp bê tông nhựa trên đường ô tô khu vực Đồng bằng Bắc Bộ là khu vực mà tác giả đã xây dựng điều kiện biên cho bài toán truyền nhiệt chung cho cả vùng dựa trên dữ liệu điều kiện tự nhiên về khí hậu [11] và tiếp đó là mô hình dự báo trường nhiệt độ qua các lớp mặt đường có kiểm chứng bằng thực nghiệm [12], trong đó lớp bê tông nhựa có hệ số hấp thụ bề mặt 0,9, bề dày từ 7 đến 18 cm, hệ số dẫn nhiệt từ 1,6 đến 2,0 W/(m.K), tương ứng với các loại bê tông nhựa phổ biến và trường hợp đặc biệt đạt tới 3,4 W/(m.K) [7]. Như đã nêu trên, nền đường và tầng móng [10] được xem như là một lớp, gọi là lớp móng có bề dày bán vô hạn, hệ số dẫn nhiệt từ 0,8 đến 2,0 W/(m.K) [7-9]. Hệ số dẫn nhiệt độ (hoặc hệ số khuếch tán nhiệt độ) a của lớp bê tông nhựa và lớp móng được coi là không đổi và có giá trị lần lượt là $0,639 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $0,847 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ [7-9].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là phương pháp nghiên cứu lý thuyết trên cơ sở sử dụng các kết quả nghiên cứu của chính tác giả [11]. Theo đó, mô hình toán học mô tả bài toán truyền nhiệt qua các lớp mặt đường ô tô khu vực Đồng bằng Bắc Bộ cùng các giả thiết đã được xây dựng. Trong đó, lớp bê tông nhựa là lớp thứ nhất, nền đường và tầng móng tương đương một lớp (hình 1) và là lớp còn lại có chiều dày bán vô hạn. Nghiệm giải tích của mô hình



Hình 1. Các lớp mặt đường ô tô [10].

toán học thu được nhờ phép biến đổi Laplace. Từ đó, tác giả đã đề xuất mô hình rút gọn dự báo trường nhiệt độ lớp bê tông nhựa và đối sánh với các kết quả thực nghiệm.

Mô hình dự báo trường nhiệt độ cho khu vực Đồng bằng Bắc Bộ được sử dụng ở đây là:

$$\theta_1(x, \tau) = \int_0^{\tau^*} f_1(\tau - \tau^*) \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \frac{\sqrt{a_1}}{H} \left\{ \frac{1}{\sqrt{\pi\tau}} \exp\left(-\frac{(2iL+x)^2}{4a_1\tau}\right) - \frac{\sqrt{a_1}}{H} \exp\left(\frac{2iL+x}{H} + \frac{a_1}{H^2}\tau\right) \right. \\ \left. \operatorname{erfc}\left(\frac{2iL+x}{2\sqrt{a_1\tau}} + \frac{\sqrt{a_1}\tau}{H}\right) \right\} d\tau^* + (m \cdot x + n) \quad (1)$$

trong đó: τ^* : là biến số tích phân; H : tham số xác định theo (2); x : toạ độ theo chiều sâu mặt đường, m (hình 1); τ : thời gian, giây; a_1, a_2 : hệ số dẫn nhiệt độ của các lớp vật liệu, m^2/s ; $\theta_1(x, t)$: nhiệt độ trong lớp 1, $^\circ\text{C}$; L : bề dày lớp vật liệu thứ nhất, m ; λ_1, λ_2 : hệ số dẫn nhiệt các lớp vật liệu; α_1 : hệ số trao đổi nhiệt tương đương tại bề mặt trên lớp vật liệu thứ nhất, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; $f_1(\tau)$: hàm điều kiện biên đã xác định [12]; $F(x, 0)$: hàm điều kiện ban đầu, $F(x, 0) = m \cdot x + n$ với $m=0,0238$ và $n=29,714$ [12];

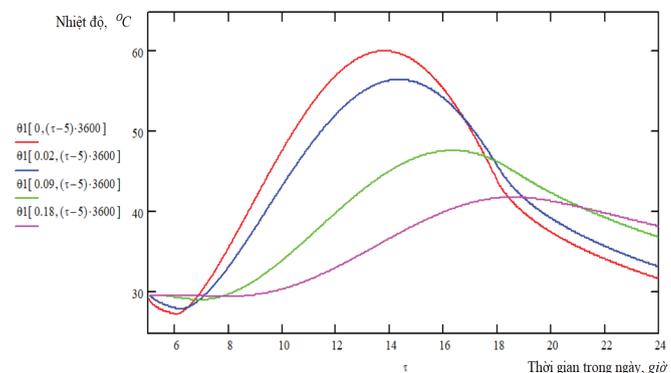
$$\text{và } \mu = \sqrt{\frac{a_1}{a_2}}; k = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \cdot \frac{1}{\mu} > 0; H = \frac{\lambda_1}{\alpha_1}; \gamma = \frac{1-k}{1+k} \quad (2)$$

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Trường nhiệt độ trong lớp bê tông nhựa

Hình 2 là sự thay đổi nhiệt độ theo thời gian trong ngày tại các điểm trong lớp bê tông nhựa dày 18 cm, bao gồm tại bề mặt (tức ứng với $x=0$), tại vị trí có độ sâu 2 cm, 9 cm - điểm giữa và mặt dưới lớp bê tông nhựa có độ sâu 18 cm. Hệ số dẫn nhiệt lớp bê tông nhựa là 1,6 W/(m.K) và lớp móng là 1,2 W/(m.K).

Về cơ bản, phân bố nhiệt độ tại các điểm trong lớp bê tông nhựa theo thời gian trong ngày có dạng hình sin. Quy luật này đã được thể hiện trong nhiều công bố về trường nhiệt độ trong lớp bê tông nhựa của các tác giả trên thế giới và Việt Nam. Nhiệt độ các



Hình 2. Sự thay đổi nhiệt độ theo thời gian trong ngày tại các điểm trong lớp bê tông nhựa dày 18 cm. Hệ số dẫn nhiệt của lớp bê tông nhựa là 1,6 W/(m.K) và của lớp móng là 1,2 W/(m.K); với $\theta_1[0,(\tau-5).3600]$ là nhiệt độ mặt trên, $\theta_1[0,02,(\tau-5).3600]$ là nhiệt độ điểm cách bề mặt 20 mm, $\theta_1[0,09,(\tau-5).3600]$ là nhiệt độ điểm giữa và $\theta_1[0,18,(\tau-5).3600]$ là nhiệt độ mặt dưới lớp bê tông nhựa.

điểm trong lớp bê tông nhựa tăng nhanh chóng theo thời gian trong ngày sau khi có ánh nắng mặt trời sau 6 giờ sáng. Nhiệt độ bề mặt trên đạt cực đại (60,08°C) vào 13 giờ 45 phút. Nhiệt độ điểm có độ sâu 20 mm đạt cực đại (56,51°C) vào 14 giờ 20 phút. Nhiệt độ mặt dưới của lớp bê tông nhựa (ứng với bề dày L=0,18 m) đạt cực đại 41,88°C vào lúc 18 giờ 33 phút.

3.2. Ảnh hưởng của hệ số dẫn nhiệt lớp móng đến nhiệt độ lớn nhất trong lớp bê tông nhựa

Kết quả xác định nhiệt độ lớn nhất trong lớp bê tông nhựa ứng với các trường hợp bề dày và hệ số dẫn nhiệt lớp bê tông nhựa, hệ số dẫn nhiệt lớp móng được thể hiện trong bảng 1. Kết quả cho thấy, nhiệt độ lớn nhất chính là nhiệt độ tại mặt trên (x=0). Trường hợp hệ số dẫn nhiệt lớp bê tông nhựa như nhau thì trị số nhiệt độ lớn nhất là như nhau. Như vậy, có thể xem như nhiệt độ lớn nhất trong lớp bê tông nhựa không chịu ảnh hưởng của hệ số dẫn nhiệt lớp móng. Thời điểm đạt nhiệt độ lớn nhất nằm trong khoảng từ 13 đến 14 giờ trong ngày. Kết quả bảng 1 cũng cho thấy, trong phạm vi nghiên cứu của bài báo, nhiệt độ lớn nhất trong lớp bê tông nhựa phụ thuộc vào hệ số dẫn nhiệt của chính lớp bê tông nhựa.

Bảng 1. Nhiệt độ lớn nhất trong lớp bê tông nhựa và thời điểm đạt được trong ngày ứng với các trường hợp bề dày, hệ số dẫn nhiệt lớp bê tông nhựa và lớp móng.

Thứ tự	Bề dày lớp bê tông nhựa (cm)	Hệ số dẫn nhiệt bê tông nhựa (W/m.K)	Hệ số dẫn nhiệt lớp móng (W/m.K)	Nhiệt độ lớn nhất lớp bê tông nhựa (°C)	Thời điểm đạt được trong ngày (giờ)
1	18, 12, 7	2,0	2,0	56,40	13,90
2			1,6	56,40	13,90
3			1,2	56,40	13,90
4			0,8	56,40	13,90
5	1,6	2,0	2,0	60,08	13,76
6			1,6	60,08	13,76
7			1,2	60,08	13,76
8			0,8	60,08	13,76

3.3. Ảnh hưởng của hệ số dẫn nhiệt lớp móng đến nhiệt độ mặt dưới lớp bê tông nhựa lớn nhất

Kết quả xác định nhiệt độ mặt dưới lớp bê tông nhựa lớn nhất $\theta_{L,max}$ và thời điểm đạt được trong ngày ứng với các trường hợp bề dày và hệ số dẫn nhiệt lớp bê tông nhựa, lớp móng được thể hiện ở bảng 2.

Kết quả cho thấy, khi hệ số dẫn nhiệt của lớp móng tăng từ 0,8 lên 2,0 W/(m.K) thì $\theta_{L,max}$ giảm, cụ thể:

- Với lớp bê tông nhựa có chiều dày 7 cm, $\theta_{L,max}$ giảm 5,28°C (9,78%) khi hệ số dẫn nhiệt của bê tông nhựa là 1,6 W/(m.K), tương ứng giảm 4,13°C (7,96%) khi hệ số dẫn nhiệt của bê tông nhựa là 2,0 W/(m.K).

- Với lớp bê tông nhựa có chiều dày 12 cm, $\theta_{L,max}$ giảm 5,41°C (11,04%) khi hệ số dẫn nhiệt của bê tông nhựa là 1,6 W/(m.K), tương ứng giảm 4,43°C (9,29%) khi hệ số dẫn nhiệt của bê tông nhựa là 2,0 W/(m.K).

Bảng 2. Nhiệt độ mặt dưới lớp bê tông nhựa lớn nhất và thời điểm đạt được trong ngày.

Thứ tự	Bề dày lớp bê tông nhựa (cm)	Hệ số dẫn nhiệt bê tông nhựa (W/m.K)	Hệ số dẫn nhiệt lớp móng (W/m.K)	Nhiệt độ mặt dưới lớp bê tông nhựa lớn nhất $\theta_{L,max}$ (°C)	Thời điểm đạt được trong ngày (giờ)
1	18	2,0	2,0	39,25	18,76
2			1,6	40,20	18,73
3			1,2	41,36	18,70
4			0,8	42,80	18,66
5	1,6	2,0	2,0	39,41	18,61
6			1,6	40,50	18,59
7			1,2	41,88	18,56
8			0,8	43,65	18,53
9	12	2,0	2,0	43,22	17,08
10			1,6	44,43	17,02
11			1,2	45,89	16,97
12			0,8	47,65	16,85
13	1,6	2,0	2,0	43,59	16,99
14			1,6	45,02	16,93
15			1,2	46,78	16,85
16			0,8	49,00	16,75
17	7	2,0	2,0	47,75	15,70
18			1,6	48,95	15,59
19			1,2	50,32	15,47
20			0,8	51,88	15,33
21	1,6	2,0	2,0	48,69	15,67
22			1,6	50,18	15,55
23			1,2	51,92	15,42
24			0,8	53,97	15,26

- Với lớp bê tông nhựa có chiều dày 18 cm, $\theta_{L,max}$ giảm 4,24°C (9,71%) khi hệ số dẫn nhiệt của bê tông nhựa là 1,6 W/(m.K), tương ứng giảm 3,55°C (8,29%) khi hệ số dẫn nhiệt của bê tông nhựa là 2,0 W/(m.K).

Về thời điểm, khi tăng hệ số dẫn nhiệt lớp móng thì thời điểm đạt được $\theta_{L,max}$ trễ hơn.

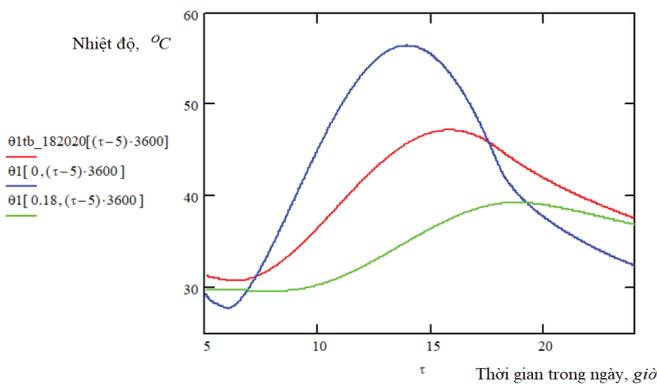
3.4. Ảnh hưởng của hệ số dẫn nhiệt lớp móng tới nhiệt độ trung bình trong lớp bê tông nhựa

Nhiệt độ trung bình của lớp bê tông nhựa được xác định theo phương pháp như sau: chia lớp bê tông nhựa thành các lớp có bề dày 1 mm, đồng thời coi nhiệt độ của tất cả các điểm trong từng lớp đó là như nhau. Nhiệt độ trung bình của lớp bê tông nhựa là giá trị trung bình nhiệt độ tất cả các lớp:

$$\theta_{tb}(\tau) = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} \theta_i(0,01.i,\tau)}{n} \quad (3)$$

trong đó, $\theta_i(0,01.i,\tau)$ là nhiệt độ của lớp thứ i, cũng đồng thời là nhiệt độ trong lớp bê tông nhựa ở độ sâu 0,01.i mm; n là số lớp bê tông nhựa dày 1 mm ($n=L/0,01$).

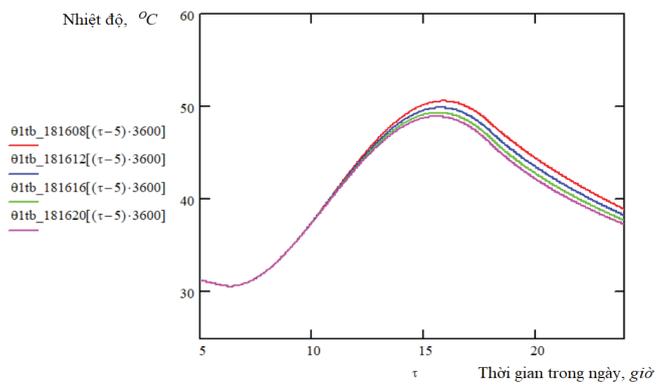
Hình 3 thể hiện sự biến thiên nhiệt độ trung bình trong ngày của lớp bê tông nhựa ứng với chiều dày 18 cm, hệ số dẫn nhiệt của lớp bê tông nhựa và lớp móng đều bằng 2,0 W/(m.K). Nhiệt độ trung bình lớn nhất trong ngày là 47,16°C, đạt được vào lúc 15 giờ 47 phút.



Hình 3. Sự thay đổi nhiệt độ trung bình trong ngày của lớp bê tông nhựa dày 18 cm, hệ số dẫn nhiệt của lớp bê tông nhựa và lớp móng là 2,0 W/(m.K). $\theta_1[0,(\tau-5),3600]$ là nhiệt độ bề mặt trên, $\theta_1[0,18,(\tau-5),3600]$ là nhiệt độ bề mặt dưới và $\theta_{1tb_182020}[(\tau-5),3600]$ là nhiệt độ trung bình lớp bê tông nhựa.

Hình 4 thể hiện sự biến thiên nhiệt độ trung bình trong ngày của lớp bê tông nhựa dày 18 cm, hệ số dẫn nhiệt 1,6 W/(m.K), hệ số dẫn nhiệt của lớp móng thay đổi từ 0,8 đến 2,0 W/(m.K). Có thể nhận thấy, khi hệ số dẫn nhiệt lớp móng tăng thì nhiệt độ trung bình lớp bê tông nhựa giảm.

Bảng 3 là kết quả xác định giá trị nhiệt độ lớn nhất trong ngày của biến thiên nhiệt độ trung bình lớp bê tông nhựa $\theta_{tb,max}$ ứng với các trường hợp hệ số dẫn nhiệt của bê tông



Hình 4. Sự thay đổi nhiệt độ trung bình trong ngày của lớp bê tông nhựa dày 18 cm, hệ số dẫn nhiệt 1,6 W/(m.K), hệ số dẫn nhiệt của lớp móng thay đổi từ 0,8 đến 2,0 W/(m.K). $\theta_{1tb_181608}[(\tau-5),3600]$, $\theta_{1tb_181612}[(\tau-5),3600]$, $\theta_{1tb_181616}[(\tau-5),3600]$ và $\theta_{1tb_181620}[(\tau-5),3600]$ lần lượt là nhiệt độ trung bình trong lớp bê tông nhựa ứng với các trường hợp hệ số dẫn nhiệt của lớp móng lần lượt là 0,8, 1,2, 1,6 và 2,0 W/(m.K).

nhựa và lớp móng thay đổi từ 0,8 lên đến 2,0 W/(m.K). Kết quả bảng 3 cho thấy, hệ số dẫn nhiệt của lớp móng tăng thì $\theta_{tb,max}$ giảm. Khi chiều dày lớp bê tông nhựa là 18 cm, hệ số dẫn nhiệt là 2,0 W/(m.K), mức giảm $\theta_{tb,max}$ chỉ ở giá trị 1,42°C (2,92%). Khi chiều dày lớp bê tông nhựa là 12 cm, hệ số dẫn nhiệt là 1,6 W/(m.K), mức giảm $\theta_{tb,max}$ đạt 2,97°C (5,26%). Khi chiều dày lớp bê tông nhựa là 7 cm,

Bảng 3. Nhiệt độ trung bình lớn nhất trong lớp bê tông nhựa $\theta_{tb,max}$ và thời điểm đạt được trong ngày.

Thứ tự	Bề dày lớp bê tông nhựa (cm)	Hệ số dẫn nhiệt bê tông nhựa (W/m.K)	Hệ số dẫn nhiệt lớp móng (W/m.K)	Nhiệt độ trung bình lớn nhất $\theta_{tb,max}$		Chênh lệch nhiệt độ giữa 2 trường hợp hệ số dẫn nhiệt lớp móng là 0,8 và 2,0 (W/m.K) (°C)	Tỷ lệ giảm tương ứng (%)
				Giá trị (°C)	Thời điểm đạt được trong ngày (giờ)		
1	18	2,0	2,0	47,16	15,78	1,42	2,92
2			1,6	47,53	15,86		
3			1,2	47,99	15,95		
4			0,8	48,58	16,06		
5	12	1,6	2,0	48,87	15,55	1,66	3,28
6			1,6	49,28	15,63		
7			1,2	49,82	15,73		
8			0,8	50,53	15,85		
9	07	2,0	2,0	51,58	15,32	2,48	4,59
10			1,6	52,24	15,37		
11			1,2	53,05	15,43		
12			0,8	54,06	15,48		
13	7	1,6	2,0	53,45	15,12	2,97	5,26
14			1,6	54,22	15,18		
15			1,2	55,18	15,24		
16			0,8	56,42	15,22		
17	07	2,0	2,0	57,31	14,82	3,59	5,69
18			1,6	58,12	14,81		
19			1,2	59,05	14,79		
20			0,8	60,13	14,75		
21	07	1,6	2,0	59,55	14,68	3,59	5,69
22			1,6	60,56	14,67		
23			1,2	61,74	14,66		
24			0,8	63,14	14,63		

hệ số dẫn nhiệt là $1,6 \text{ W/(m.K)}$, mức giảm $\theta_{\text{tb,max}}$ đạt $3,59^\circ\text{C}$ ($5,69\%$), độ giảm theo tỷ lệ tăng hệ số dẫn nhiệt là $3,59/(2,0-0,8)=2,99^\circ\text{C}/(\text{W}/(\text{m.K}))$.

Về thời điểm đạt được $\theta_{\text{tb,max}}$, có thể thấy thời điểm phổ biến đều xuất hiện xung quanh mốc 15 giờ. Trị số hệ số dẫn nhiệt lớp móng ảnh hưởng không nhiều đến thời điểm này, nhất là khi bề dày lớp bê tông nhựa nhỏ.

Trong trường hợp lớp móng có hệ số dẫn nhiệt $2,0 \text{ W/(m.K)}$ thì $\theta_{\text{tb,max}}$ có thể giảm tới khoảng 10°C bằng cách tăng chiều dày lớp bê tông nhựa. Cụ thể:

- Khi hệ số dẫn nhiệt lớp bê tông nhựa là $1,6 \text{ W/(m.K)}$ và tăng chiều dày lớp bê tông nhựa từ 7 lên 18 cm thì $\theta_{\text{tb,max}}$ giảm từ $59,55$ xuống còn $48,87^\circ\text{C}$, tức giảm được $10,68^\circ\text{C}$ ($17,93\%$);

- Khi hệ số dẫn nhiệt lớp bê tông nhựa là $2,0 \text{ W/(m.K)}$ và tăng chiều dày lớp bê tông nhựa từ 7 lên 18 cm thì $\theta_{\text{tb,max}}$ giảm từ $57,31$ xuống còn $47,16^\circ\text{C}$, tức giảm được $10,15^\circ\text{C}$ ($17,71\%$).

Như vậy, nên sử dụng vật liệu móng có hệ số dẫn nhiệt lớn kết hợp với bề dày lớp bê tông nhựa lớn trong phạm vi cho phép để có thể giảm được nhiệt độ trung bình max lớp bê tông nhựa nhiều hơn.

3.5. Trường hợp hệ số dẫn nhiệt lớp bê tông nhựa và lớp móng đạt ngưỡng trên trong phạm vi vật liệu hiện có đang sử dụng

Theo L. Sun (2016) [7], hệ số dẫn nhiệt của lớp bê tông nhựa có thể đạt tới $3,5 \text{ W/(m.K)}$ trong một số trường hợp theo yêu cầu thiết kế. Trong phần này, sẽ tiến hành xác định đặc điểm trường nhiệt độ với trường hợp hệ số dẫn nhiệt lớp móng đạt ngưỡng trên là $2,0 \text{ W/(m.K)}$ cùng với bề dày lớp bê tông nhựa 18 cm, là trường hợp có thể nhiệt độ thấp nhất trong phạm vi bề dày lớp bê tông nhựa theo kết quả đã xác định ở các phần trên.

Với trường hợp lớp bê tông nhựa có thông số bề dày 18 cm, hệ số dẫn nhiệt $3,4 \text{ W/(m.K)}$ - tiệm cận với giá trị max của hệ số dẫn nhiệt nêu trên, hệ số dẫn nhiệt lớp móng là $2,0 \text{ W/(m.K)}$, thì nhiệt độ lớp bê tông nhựa lớn nhất chỉ là $48,4^\circ\text{C}$ vào lúc 14,02 giờ; nhiệt độ mặt dưới lớp bê tông nhựa lớn nhất là $38,04^\circ\text{C}$ vào lúc 19,08 giờ; giá trị $\theta_{\text{tb,max}}$ là $43,11^\circ\text{C}$ vào lúc 16,27 giờ. Trong khi đó, các giá trị nhiệt độ tương ứng với trường hợp hệ số dẫn nhiệt bê tông nhựa và lớp móng đều bằng $2,0 \text{ W/(m.K)}$ lần lượt là $56,40^\circ\text{C}$, $39,25^\circ\text{C}$, $47,16^\circ\text{C}$. Tỷ lệ giảm tương ứng giữa các giá trị nhiệt độ trong 2 trường hợp là:

- Nhiệt độ lớn nhất: 14,18%.
- Nhiệt độ mặt dưới lớp bê tông nhựa lớn nhất: 3,08%.
- Nhiệt độ trung bình lớp bê tông nhựa lớn nhất: 8,58%.

Đây là gợi ý khá tốt cho việc tìm kiếm, sử dụng các vật liệu có thông số nhiệt vật lý mới trong thiết kế áo đường mềm.

4. Kết luận

Hệ số dẫn nhiệt lớp móng xem như không ảnh hưởng tới nhiệt độ lớn nhất trong lớp bê tông nhựa. Nhìn chung, khi hệ số dẫn nhiệt của lớp móng tăng thì nhiệt độ mặt dưới và

nhiệt độ trung bình lớn nhất lớp bê tông nhựa giảm. Nhiệt độ mặt dưới lớp bê tông nhựa lớn nhất có thể giảm tới $5,41^\circ\text{C}$ ($11,04\%$) khi hệ số dẫn nhiệt lớp móng tăng từ 0,8 lên tới 2,0 W/(m.K) . Nhiệt độ trung bình lớp bê tông nhựa lớn nhất giảm khi hệ số dẫn nhiệt lớp móng tăng, mức độ giảm có liên quan đến bề dày lớp bê tông nhựa, khi lớp bê tông nhựa có chiều dày 7 cm thì mức độ giảm là lớn nhất, đạt $3,59^\circ\text{C}$ ($5,69\%$). Khi kết hợp tăng hệ số dẫn nhiệt lớp móng với việc tăng bề dày lớp bê tông nhựa từ 7 lên 18 cm thì nhiệt độ trung bình lớn nhất lớp bê tông nhựa có thể giảm tới khoảng hơn 10°C .

Trường hợp sử dụng bê tông nhựa dày 18 cm có hệ số dẫn nhiệt đạt tới $3,4 \text{ W/(m.K)}$ kết hợp với lớp móng có hệ số dẫn nhiệt $2,0 \text{ W/(m.K)}$ thì nhiệt độ trung bình lớp bê tông nhựa lớn nhất có thể giảm tới 8,58% so với trường hợp hệ số dẫn nhiệt lớp bê tông nhựa là $2,0 \text{ W/(m.K)}$ và đạt tới trị số tương đối thấp $43,11^\circ\text{C}$. Đây là những gợi ý nhất định cho việc nghiên cứu, sử dụng vật liệu có thông số nhiệt vật lý mới cho các vấn đề về nhiệt trong áo đường mềm trên đường ô tô.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. Yavuzturk, K. Ksaibati, A.D. Chiasson (2005), "Assessment of temperature fluctuations in asphalt pavements due to thermal environmental conditions using a two-dimensional, transient finite-difference approach", *Journal of Materials in Civil Engineering*, **17**(4), DOI: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2005)17:4(465).
- [2] V.T. Tran (2017), *Research on The Influence of Air Temperature in The Southern Region on The Design and Exploitation of Asphalt Concrete Pavement Structures*, Doctoral Thesis in Engineering, University of Transport and Communications (in Vietnamese).
- [3] D. Wang (2015), "Simplified analytical approach to predicting asphalt pavement temperature", *J. Mater. Civ. Eng.*, **27**(12), DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000826.
- [4] Y. Qin (2016), "Pavement surface maximum temperature increases linearly with solar absorption and reciprocal thermal inertial", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **97**, pp.391-399, DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.02.032.
- [5] Q.P. Nguyen, T.H. Pham, X.C. Luong (2015), "Temperature analysis in asphalt concrete road layers in Hanoi", *Transport and Communications Science Journal*, **11**, pp.24-29 (in Vietnamese).
- [6] X. Gong, Q. Liu, S. Chen, et al. (2023), "A systematic review on the strategies of reducing asphalt pavement temperature", *Case Studies in Construction Materials*, **18**, DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e01852.
- [7] L. Sun (2016), *Structural Behavior of Asphalt Pavements*, Elsevier, 1st Edition, 1070pp.
- [8] Y. Qin, J.E. Hiller (2011), "Modeling temperature distribution in rigid pavement slabs: Impact of air temperature", *Construction and Building Materials*, **25**(9), pp.3753-3761, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2011.04.015.
- [9] O.T. Farouki (1981), "Thermal properties of soils", *CRREL Monograph 81-1*, United States army corps of engineers, cold regions research and engineering laboratory, Hanover, New Hampshire.
- [10] Vietnam Ministry of Transport (2022), *Decision No.2243/QĐ-TCĐBVN on Making Standard Facility Layouts, TCCS 38:2022/TCĐBVN, Flexible Pavement - Design Requirements and Instructions* (in Vietnamese).
- [11] M.H. Nguyen (2020), "Research on building a model to predict the temperature field of asphalt concrete pavement on motorways in the Northern Delta region using analytical methods", *Proceedings of The XXII Science and Technology Conference*, Transport Publishing House, pp.637-648 (in Vietnamese).
- [12] M.H. Nguyen (2019), "Research on evaluating boundary conditions of heat transfer problem through asphalt pavement in Red river delta", *Transport and Communications Science Journal*, **70**(2), pp.132-142, DOI: 10.25073/tcsj.70.2.36 (in Vietnamese).