



TẠP CHÍ XÂY DỰNG - eISSN 3030-4482

Ứng dụng công nghệ mặt đường cản nhiệt để giảm thiểu hiệu ứng đảo nhiệt đô thị

Application of heat-reflective pavement technology for urban heat island effect mitigation

THS Đỗ Quang Việt¹, PGS.TS Phạm Hoàng Kiên^{2,*}

¹Trường Sĩ quan Công binh, Binh chủng Công binh

²Khoa Công trình và Môi trường, Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: phkien@utc.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO

Chuyên mục: Khoa học công nghệ

Ngày nhận bài: 07/8/2026

Ngày sửa bài: 13/8/2026

Ngày chấp nhận đăng: 28/8/2026

Ngày xuất bản Online: 11/9/2026

Tác giả liên hệ:

Email: phkien@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Trong thời gian gần đây, vấn đề nóng lên toàn cầu cùng với biến đổi khí hậu đang trở nên ngày càng nghiêm trọng, thu hút sự quan tâm ngày càng lớn của các quốc gia trên thế giới đối với các vấn đề môi trường. Tại những nước phát triển như Nhật Bản, Hàn Quốc và cả những nước đang phát triển như Ấn Độ, Bangladesh, số lượng bệnh nhân phải nhập viện do sốc nhiệt cũng gia tăng liên tục qua từng năm, tình trạng nhiệt độ tăng cao vào mùa hè đã trở thành một vấn đề xã hội đáng quan ngại. Song song với đó, hiện tượng "đảo nhiệt đô thị" đang diễn ra rõ rệt tại các khu vực thành phố, gây ảnh hưởng không chỉ đến môi trường nhiệt đối với con người mà còn tác động đến độ bền của kết cấu mặt đường. Công nghệ mặt đường cản nhiệt (hay còn gọi là mặt đường phản xạ nhiệt) được kỳ vọng sẽ giúp nâng cao độ bền của mặt đường và cải thiện môi trường nhiệt đô thị. Trên thực tế, diện tích thi công loại mặt đường này đang gia tăng qua từng năm. Bài báo sẽ giới thiệu các xu hướng mới nhất liên quan đến công nghệ mặt đường cản nhiệt, bao gồm cơ chế hoạt động, tính năng và hiệu quả giảm nhiệt độ bề mặt, tác động đối với môi trường cũng như các trường hợp ứng dụng thực tế.

Từ khóa: Nóng lên toàn cầu; biến đổi khí hậu; hiệu ứng đảo nhiệt đô thị; môi trường nhiệt; mặt đường cản nhiệt; nhiệt độ mặt đường; vệt hằn lún.

ABSTRACT

In recent times, global warming and climate change have become increasingly severe, drawing growing international attention to environmental issues. In both developed nations such as Japan and South Korea and developing ones like India and Bangladesh the number of hospitalizations due to heatstroke has risen steadily year after year, making soaring summer temperatures a pressing social concern. Concurrently, the "urban heat island" phenomenon has become pronounced in cities, affecting not only the thermal environment experienced by residents but also the durability of road pavement structures. Heat-reflective pavement technology holds promises for enhancing pavement durability and improving the urban thermal environment; indeed, the implementation of this type of pavement is expanding annually. This article outlines the latest trends in heat-reflective pavement technology, covering its operating mechanisms, properties and effectiveness in lowering surface temperatures, environmental impact, and real-world applications.

Keywords: Global warming; climate change; urban heat island; thermal environment; heat-reflective pavement; road surface temperature; rutting.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, tại các khu vực đô thị, sự tập trung dân cư và mở rộng đô thị đã dẫn đến tình trạng suy giảm khả năng lưu thông nhiệt, khiến nhiệt độ trung bình hàng năm tăng lên và biến hiện tượng "đảo nhiệt đô thị" (Urban Heat Island (UHI)) thành một vấn đề xã hội nghiêm trọng. Hiệu ứng "đảo nhiệt đô thị" là hiện tượng nhiệt độ bề mặt và nhiệt độ không khí tăng cao do các bề mặt nhân tạo như đường sá, tòa nhà và các công trình xây dựng khác giữ lại và tỏa ra nhiệt lượng từ bức xạ mặt trời [1]. Các đảo nhiệt thường hình thành khi quá trình phát triển đô thị làm thay đổi cấu trúc đô thị, cụ thể là việc thay thế lớp đất phủ tự nhiên bằng các bề mặt nhân tạo như mặt đường bê tông nhựa, tòa nhà và cơ sở hạ tầng khác, khiến khu vực đô thị trở nên nóng hơn đáng kể so với các vùng nông thôn lân cận. Sự gia tăng nhiệt độ của bề mặt nhựa đường được cho là một trong những nguyên nhân chính gây ra tình trạng này do diện tích được phủ bê tông nhựa tại nhiều thành phố có thể chiếm đến khoảng 15% diện tích đô thị.

Mặt đường mát (cool pavements) là loại mặt đường thay thế được thiết kế để giảm thiểu sự đóng góp của chúng vào hiện tượng nóng lên đô thị [2]. Trong các giải pháp mặt đường mát, công nghệ mặt đường cản nhiệt được phát triển để sở hữu đặc tính phản xạ đặc biệt, chỉ phản xạ mạnh đối với tia cận hồng ngoại có trong bức xạ mặt trời, nhờ đó có thể hạn chế hấp thụ nhiệt từ ánh nắng trong khi vẫn duy trì được màu sắc bề mặt tương tự như các loại mặt đường truyền thống. Công nghệ này được công bố lần đầu tiên vào năm 2001 [3] và mức độ hoàn thiện của nó ngày càng được nâng cao song hành với sự mở rộng của thị trường. Bài báo sẽ giới thiệu các xu hướng mới nhất liên quan đến công nghệ mặt đường cản nhiệt, bao gồm cơ chế hoạt động, tính năng và hiệu quả giảm nhiệt độ bề mặt, tác động đối với môi trường cũng như các trường hợp ứng dụng thực tế.

2. CƠ CHẾ HOẠT ĐỘNG VÀ TÍNH NĂNG CỦA MẶT ĐƯỜNG CẢN NHIỆT

2.1. Cơ chế hoạt động

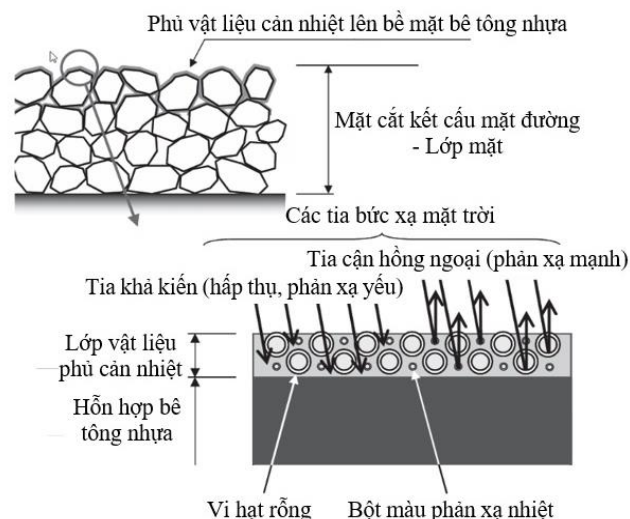
Hình 1 thể hiện một ví dụ về mặt cắt ngang của mặt đường cản nhiệt, trong đó người ta phủ một lớp vật liệu cách nhiệt để ngăn ánh nắng mặt trời chiếu trực tiếp vào bề mặt nhựa đường. Lớp phủ cản nhiệt này được tạo thành từ vật liệu phủ có pha trộn các loại bột màu phản xạ nhiệt và hạt vi mô rỗng. Loại vật liệu này sở hữu đặc tính phản xạ độc đáo: Dù có màu đen nhưng lại ít bị nóng lên, nói cách khác, nó vẫn cho phép ánh sáng khả kiến (ánh sáng mà mắt người nhìn thấy) đi qua bình thường, nhưng lại phản

xạ mạnh đối với tia cận hồng ngoại (loại tia mắt người không nhìn thấy) để ngăn chặn sự hấp thụ nhiệt. Nhờ phản xạ mạnh với tia cận hồng ngoại tại bề mặt đường, vật liệu này ngăn chặn quá trình tích tụ nhiệt do bức xạ mặt trời, từ đó hạn chế tình trạng nhiệt độ bề mặt đường tăng cao. Hình 2 minh họa cơ chế hoạt động của mặt đường cản nhiệt [2, 4].

Chúng ta thấy có sự khác nhau trong cơ chế tác động đến môi trường nhiệt của mặt đường nhựa thông thường và mặt đường có tính năng cản nhiệt. Đối với mặt đường bê tông nhựa thông thường có màu đen, vào ban ngày mùa hè khi nắng gắt, bề mặt này sẽ hấp thụ phần lớn bức xạ mặt trời khiến nhiệt độ mặt đường có thể lên tới hơn 60°C. Mặt đường bị nung nóng sẽ phát xạ một lượng lớn sóng dài (tia hồng ngoại xa) và đồng thời làm nóng lớp không khí ngay phía trên, tạo ra cảm giác giống như đang có một chiếc máy sưởi đặt ngay dưới chân. Vào ban đêm, nhiệt lượng tích tụ trong kết cấu mặt đường lại được giải phóng ngược vào không khí, góp phần gây ra tình trạng đêm nóng bức (đêm nhiệt đới). Ngoài ra, nhiệt độ mặt đường tăng cao còn làm giảm độ bền của kết cấu đường, dẫn đến các hư hại như hiện tượng hằn lún vệt bánh xe. Ngược lại, mặt đường cản nhiệt là loại mặt đường giúp hạn chế sự gia tăng nhiệt độ bề mặt bằng cách phản xạ mạnh đối với tia cận hồng ngoại - loại tia chiếm khoảng một nửa năng lượng bức xạ mặt trời, dễ bị vật thể hấp thụ nhất và là nguyên nhân chính làm nóng mặt đường. Vào ban ngày, việc ngăn chặn tình trạng nhiệt độ mặt đường tăng cao giúp hạn chế cả việc làm nóng không khí lẫn sự tích tụ nhiệt trong kết cấu mặt đường. Trong khi đó, vào ban đêm, do lượng nhiệt tích tụ bên trong mặt đường thấp nên nhiệt lượng tỏa ra cũng giảm bớt, qua đó góp phần giảm thiểu tình trạng đêm oi bức (đêm nhiệt đới).



Hình 1. Mặt cắt ngang của mặt đường cản nhiệt



Hình 2. Cơ chế hoạt động của mặt đường cản nhiệt

2.2. Tính năng của mặt đường cản nhiệt

2.2.1. Tính thấm nước

Bảng 1 trình bày kết quả thử nghiệm độ thấm tại hiện trường được thực hiện trên một số mặt đường thực tế. Chúng ta thấy hầu như không có sự sụt giảm về lượng nước thấm và chức năng thấm nước được đảm bảo đầy đủ.

Bảng 1. Kết quả thử nghiệm độ thấm nước tại hiện trường khi áp dụng cho mặt đường bê tông nhựa rỗng [5]

Hiện trường	Lượng nước thấm (ml/15sec)	
	Trước khi thi công lớp vật liệu cản nhiệt	Sau khi thi công lớp vật liệu cản nhiệt
A	1,287	1,268

B	1,151	1,043
C	1,419	1,409
D	1,056	1,129

2.2.2. Tính kháng trượt

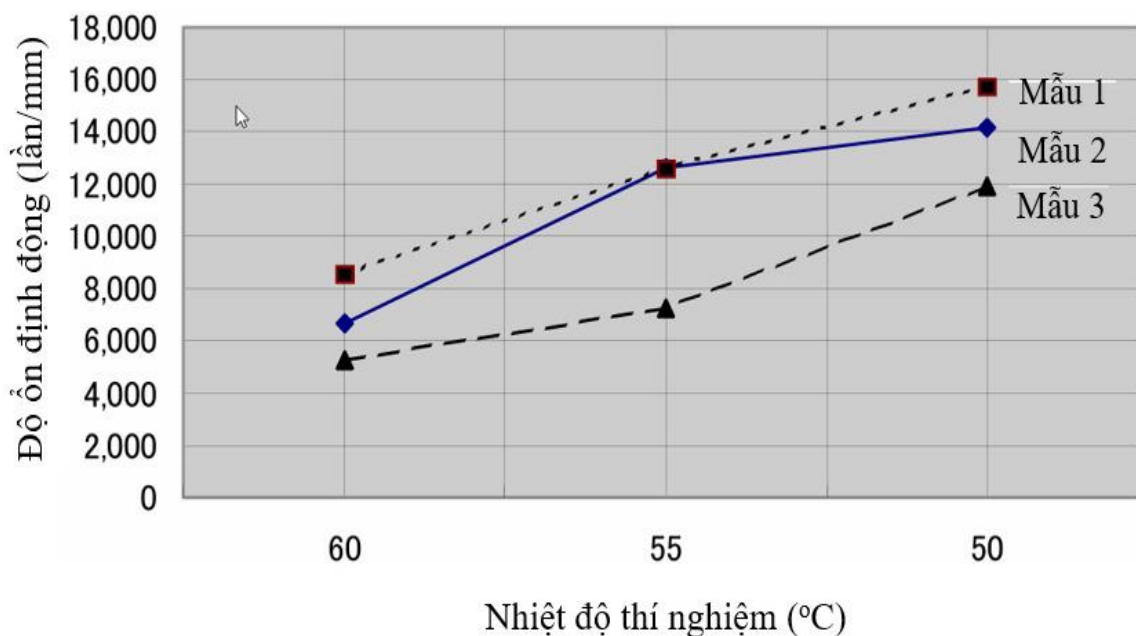
Kết quả đo thử nghiệm khả năng chống trượt thực hiện trên một số mặt đường thực tế được trình bày tại Bảng 2. Có thể nói khả năng chống trượt của lớp phủ mặt đường cản nhiệt tương đương với mặt đường bê tông nhựa rỗng (porous asphalt) ban đầu.

Bảng 2. Kết quả đo thử nghiệm độ kháng trượt trên đường thực tế [5]

Hiện trường	BPN		DFT (μ , 40km/h)	
	Bê tông nhựa rỗng	Mặt đường cản nhiệt	Bê tông nhựa rỗng	Mặt đường cản nhiệt
A	-	-	0,51	0,58
B	58	68	0,55	0,58
C	67	74	0,53	0,50
D	63	64	0,61	0,59

2.2.3. Độ ổn định động

Hình 3 thể hiện mối quan hệ giữa độ ổn định động và nhiệt độ thí nghiệm đối với mặt đường bê tông nhựa rỗng. Có thể thấy khi giảm nhiệt độ trong thí nghiệm vết hằn bánh xe (wheel tracking test) từ 60°C xuống 50°C (giảm 10°C), độ ổn định động tăng lên khoảng gấp hai lần. Do mặt đường cản nhiệt có khả năng hạn chế sự gia tăng nhiệt độ của bê tông nhựa, loại mặt đường này sẽ giúp cải thiện độ ổn định động - tức là hạn chế được hiện tượng hằn lún vết bánh xe, qua đó có thể nâng cao độ bền của mặt đường. Lưu ý rằng các mẫu số 1 đến 3 trong Hình 3 được chế tạo dựa trên hỗn hợp bê tông nhựa rỗng với thành phần cốt liệu và chất kết dính khác nhau.



Hình 3. Mối quan hệ giữa nhiệt độ thí nghiệm và độ ổn định động (ví dụ về mặt đường bê tông nhựa rỗng) [5]

2.2.4. Độ ồn giữa lớp xe và mặt đường

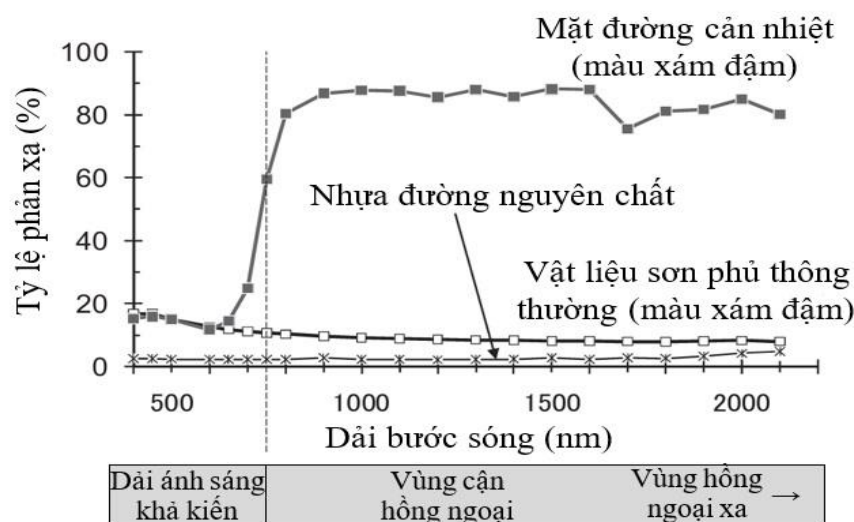
Bảng 3 thể hiện kết quả đo tiếng ồn giữa lớp xe và mặt đường trong điều kiện vận hành thực tế. Có thể thấy việc áp dụng lớp phủ cản nhiệt lên mặt đường bê tông nhựa rỗng không làm mất đi hiệu quả giảm tiếng ồn giữa lớp xe và mặt đường của loại mặt đường này.

Bảng 3. Kết quả đo tiếng ồn giữa lớp xe và mặt đường trong điều kiện vận hành thực tế [5]

Hiện trường	Tiếng ồn giữa lớp xe và mặt đường (dB)		Lượng giảm (dB)
	Mặt đường bê tông nhựa rỗng (trước khi thi công lớp vật liệu cản nhiệt)	Sau khi thi công lớp vật liệu cản nhiệt	
A	88,6	87,1	1,5
B	87,1	85,4	1,7
C	88,3	87,9	0,4
D	88,4	88,1	0,3

2.3. Hiệu quả của bột màu có tính phản xạ nhiệt

Các loại bột màu phản xạ nhiệt được sử dụng trong kết cấu mặt đường cản nhiệt là vật liệu vừa tạo ra màu sắc xác định cho lớp phủ cản nhiệt, vừa có khả năng phản xạ mạnh với tia cận hồng ngoại. Khi đo độ phản xạ của lớp phủ cản nhiệt có pha bột màu phản xạ nhiệt bằng máy quang phổ, chúng ta thu được kết quả như thể hiện ở Hình 4 [4]. Hình này minh họa trường hợp lớp phủ có màu xám đậm tương tự như màu của mặt đường nhựa hiện hữu. Kết quả cho thấy đặc tính phản xạ rất đặc trưng: Ở dải bước sóng ánh sáng nhìn thấy (dải mà mắt người cảm nhận được màu sắc và độ sáng), độ phản xạ duy trì ở mức thấp phù hợp với màu sắc và độ sáng yêu cầu, trong khi ở dải bước sóng cận hồng ngoại (nằm ngoài dải ánh sáng nhìn thấy và không ảnh hưởng đến thị giác), độ phản xạ lại rất cao. Nếu so sánh với loại sơn thông thường có cùng màu xám đậm như trong Hình 4, sự khác biệt về đặc tính phản xạ trong dải tia cận hồng ngoại là rất rõ rệt. Như vậy, khi được dùng với màu xám đậm để sử dụng cho mặt đường, vật liệu này giúp hạn chế phản xạ trong dải ánh sáng khả kiến nhằm đảm bảo khả năng quan sát vạch kẻ đường của người lái xe nhưng đồng thời lại phản xạ với hầu hết bức xạ mặt trời ở dải cận hồng ngoại, qua đó ngăn chặn sự hấp thụ nhiệt và giúp bề mặt ít bị nóng lên.

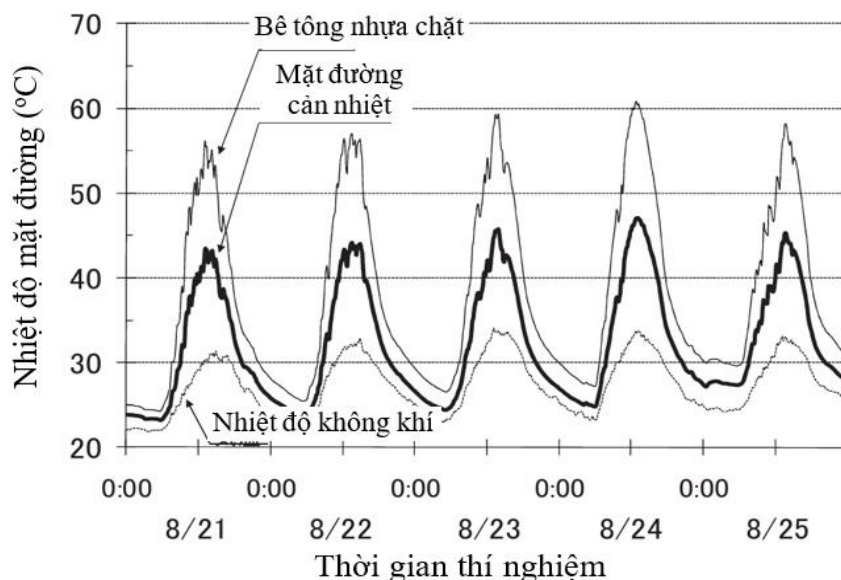


Hình 4. Đặc tính phản xạ của vật liệu phủ cản nhiệt

2.3.1. Hiệu quả hạn chế sự tăng nhiệt độ của mặt đường

Để xác nhận hiệu quả hạn chế sự tăng nhiệt độ của mặt đường cản nhiệt, người ta đã tiến hành thí nghiệm tại bãi ngoài trời và đo đạc để kiểm chứng kết quả. Hình 5 thể hiện kết quả đo được thực hiện tại Viện Nghiên cứu Công trình Xây dựng (PWRI, Nhật Bản) [6]. Trong nghiên cứu này, các khu vực thí nghiệm mặt đường đã được xây dựng với độ dày tương đương thực tế, bao gồm loại mặt đường nhựa hạt kín thông thường và loại mặt đường có tính năng cản nhiệt. Hiệu quả hạn chế sự gia tăng nhiệt độ

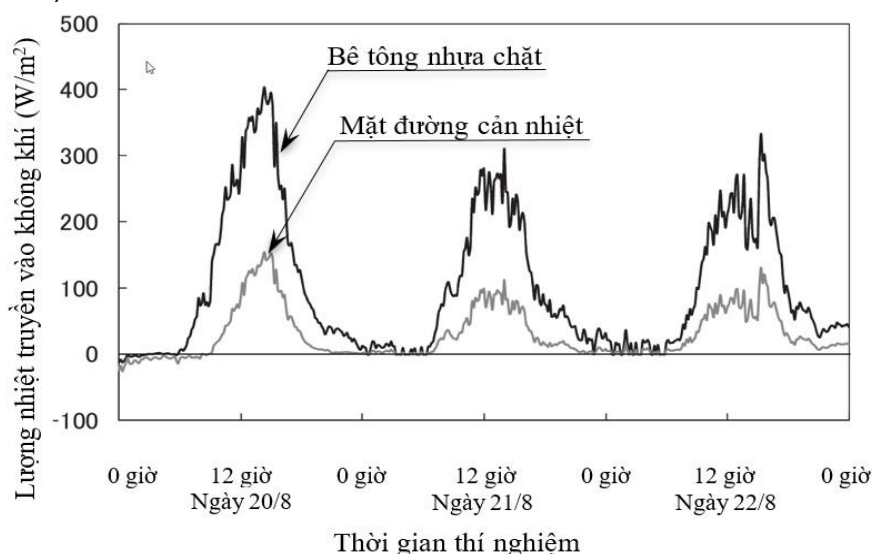
của loại mặt đường cản nhiệt đã được kiểm chứng thông qua việc đo nhiệt độ bề mặt. Kết quả cho thấy, vào ngày trời quang đãng trong tháng 8, nhiệt độ cao nhất của mặt đường cản nhiệt thấp hơn khoảng 15°C so với mặt đường bê tông nhựa chặt. Ngoài ra, vào ban đêm, nhờ khả năng ngăn chặn tích tụ nhiệt trong ngày, nhiệt độ bề mặt trong khoảng thời gian từ 20 giờ đến 6 giờ sáng cũng thấp hơn khoảng $3,0^{\circ}\text{C}$ so với mặt đường bê tông nhựa chặt.



Hình 5. Nhiệt độ bề mặt của mặt đường (vào mùa hè)

2.3.2. Lượng nhiệt truyền vào không khí của mặt đường cản nhiệt

Xét về cân bằng nhiệt, lượng nhiệt truyền trở lại và làm nóng trực tiếp không khí sẽ được giải phóng từ bề mặt lớp phủ tùy theo sự chênh lệch nhiệt độ của bề mặt đó. Hình 6 thể hiện lượng nhiệt truyền vào không khí từ mặt đường bê tông nhựa chặt và mặt đường cản nhiệt. Kết quả cho thấy, vào ban ngày, lượng nhiệt truyền vào không khí của mặt đường cản nhiệt giảm xuống còn khoảng một nửa so với mặt đường bê tông nhựa chặt. Ngoài ra, có thể thấy khoảng thời gian gần như không có sự truyền nhiệt diễn ra lâu hơn so với trường hợp mặt đường bê tông nhựa chặt. Điều này được giải thích là nhờ hiệu quả hạn chế tích tụ nhiệt trên bề mặt của mặt đường cản nhiệt, qua đó cho thấy giải pháp này có hiệu quả trong việc giải quyết vấn đề đêm nhiệt đới (nhiệt độ ban đêm không giảm xuống dưới 25°C).



Hình 6. Lượng nhiệt truyền vào không khí từ mặt đường [6]

3. VÍ DỤ ỨNG DỤNG THỰC TẾ

** Ví dụ ứng dụng tại đường lăn sân bay:*

Để xác nhận hiệu quả ứng dụng thực tế của loại mặt đường cản nhiệt, phần này giới thiệu một ứng dụng của loại mặt đường này tại đường lăn của sân bay [7]. Đây có thể coi là một trường hợp đánh giá lý tưởng trong điều kiện thực tế ngoài trời, nơi không có các tòa nhà lân cận che khuất và ánh nắng mặt trời chiếu trực tiếp vào hầu hết các thời điểm trong ngày, kể cả vào mùa đông khi góc chiếu của mặt trời thấp. Nghiên cứu này không chỉ làm rõ khả năng giảm nhiệt vốn có của loại mặt đường cản nhiệt mà còn kiểm chứng tác động của nó đối với độ bền của kết cấu mặt đường. Địa điểm thực hiện là đường lăn sân bay dành cho các loại máy bay cỡ lớn như Boeing 747. Trong quá trình cải tạo mặt đường lăn, người ta đã bố trí một khu vực thi công lớp phủ cản nhiệt (màu xám) (Hình 7) và một khu vực thi công thông thường (không phủ lớp cản nhiệt) để tiến hành đo đạc nhiệt độ kết cấu mặt đường cũng như các đặc tính khác.

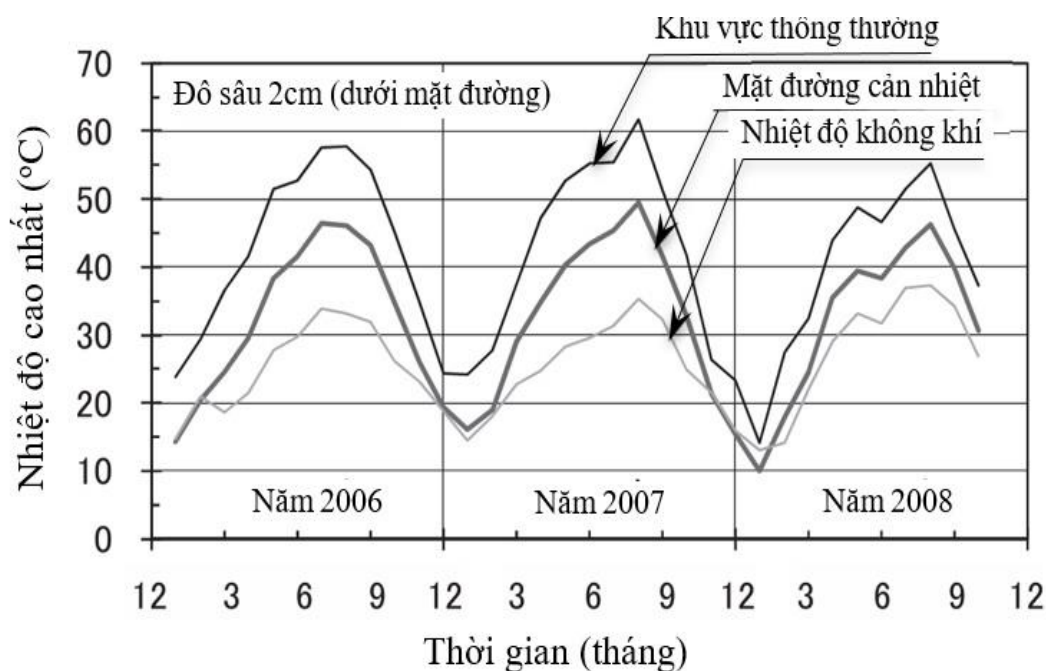


Hình 7. Ví dụ thi công tại đường lăn sân bay (Sân bay Quốc tế Narita, Nhật Bản)

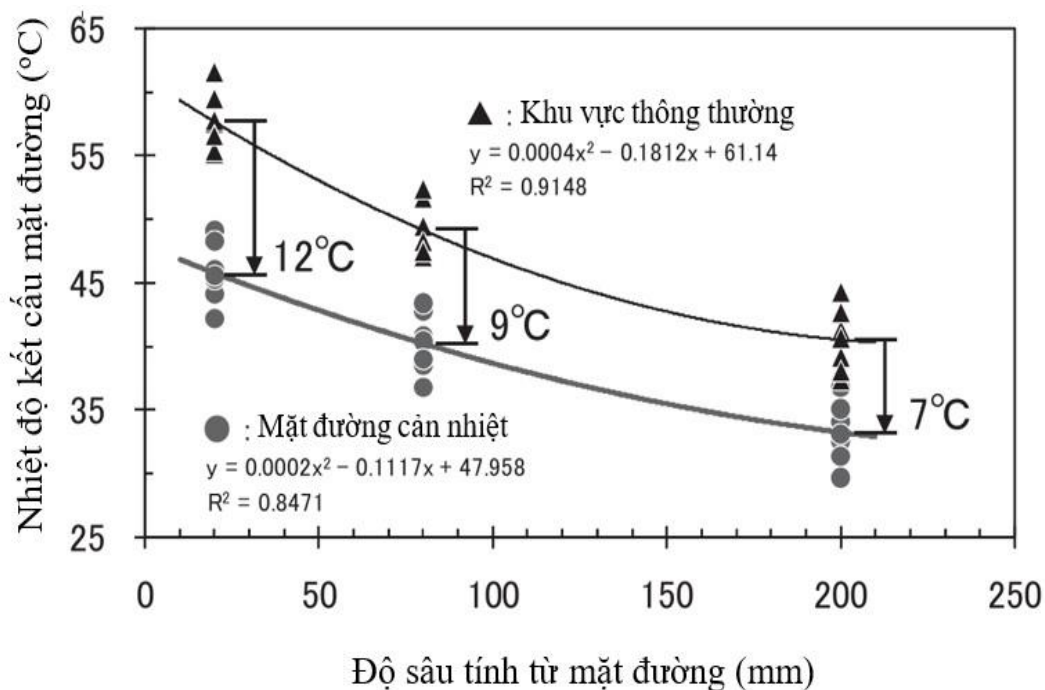
** Hiệu quả giảm nhiệt độ mặt đường:*

Hình 8 trình bày kết quả đo nhiệt độ kết cấu mặt đường liên tục trong khoảng 3 năm kể từ khi đưa mặt đường cản nhiệt vào khai thác với các đầu đo nhiệt điện được đặt dưới mặt đường lăn (ở độ sâu 2 cm). Kết quả cho thấy nhiệt độ bề mặt của cả khu vực thi công lớp phủ cản nhiệt và khu vực thi công thông thường đều có xu hướng biến đổi tương tự nhau qua các năm, đồng thời, hiệu quả giảm nhiệt độ của lớp phủ cản nhiệt được thể hiện rõ rệt trong suốt cả năm. Hiệu quả này được duy trì ổn định trong suốt thời gian khai thác, với mức giảm nhiệt độ bề mặt tối đa dao động trong khoảng 8 - 10°C mỗi năm.

Do bê tông nhựa sử dụng vật liệu nhựa đường có tính đàn dẻo dưới tác dụng của nhiệt độ cao nên nhiệt độ của kết cấu mặt đường ảnh hưởng lớn đến tính kháng lưu động của vật liệu. Như được thể hiện trong Hình 9, chênh lệch nhiệt độ giữa hai khu vực thi công là khoảng 10°C ở lớp bề mặt (từ mặt đường xuống độ sâu 8 cm) và hơn 7°C ở lớp nền (từ độ sâu 8 cm đến 20 cm). Mức chênh lệch này tác động mạnh đến việc thay đổi đáng kể các đặc tính cường độ của mặt đường bê tông nhựa, do đó hoàn toàn có thể kỳ vọng vào hiệu quả cải thiện khả năng kháng lưu động nhờ việc sử dụng lớp phủ cản nhiệt.



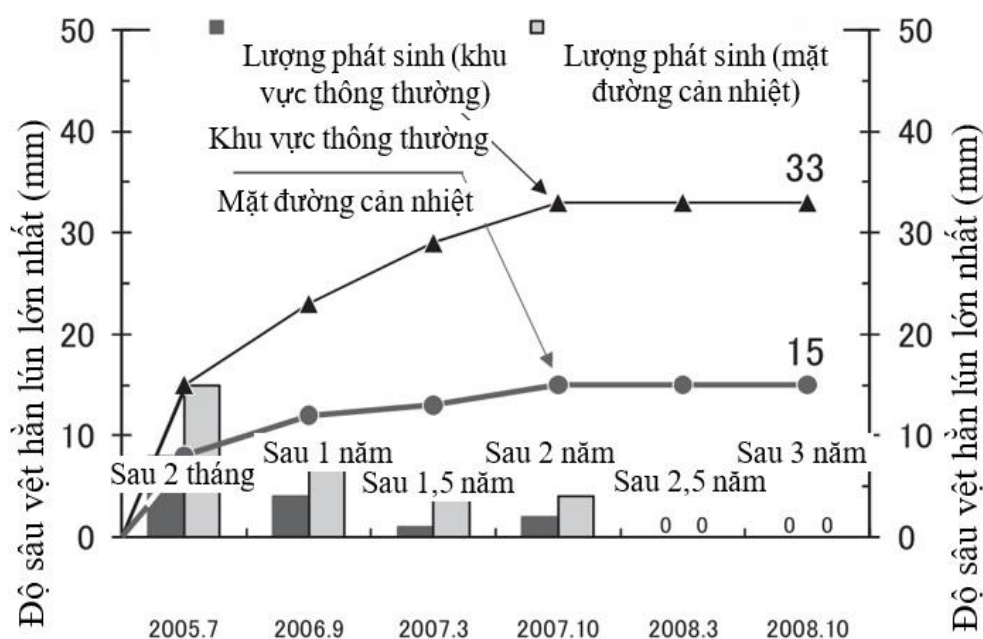
Hình 8. Biến thiên của nhiệt độ mặt đường (giá trị cao nhất hàng tháng)



Hình 9. Chiều sâu dưới mặt đường và hiệu quả giảm nhiệt độ

* Hiệu quả giảm nhiệt độ và độ sâu vết hằn bánh xe:

Hình 10 thể hiện sự thay đổi về độ sâu vết hằn bánh xe trong vòng 3 năm kể từ khi đưa vào khai thác. Khu vực khảo sát là đường lăn có sự vận hành của máy bay cỡ lớn Boeing 747. Kết quả cho thấy độ sâu vết hằn lún tăng dần theo thời gian khai thác. Tuy nhiên, tốc độ gia tăng độ sâu vết hằn lún có xu hướng chững lại sau 2 năm khai thác. Đến năm thứ 3, trong khu vực không sử dụng kết cấu mặt đường cân nhiệt, ghi nhận độ sâu vết hằn lên tới 33 mm. Trong khi đó, tại khu vực sử dụng kết cấu mặt đường cân nhiệt chỉ ở mức 15 mm, tức là thấp hơn một nửa. Điều này chứng tỏ rằng việc giảm nhiệt độ bề mặt nhờ sử dụng lớp phủ cân nhiệt mang lại hiệu quả trong việc cải thiện khả năng kháng lưu động (chống hằn lún) của mặt đường.



Hình 10. Mối quan hệ giữa số năm khai thác và độ sâu vết hằn lún

4. KẾT LUẬN

Vấn đề nóng lên toàn cầu, trong đó biến đổi khí hậu là một biểu hiện tiêu biểu, đang là thách thức cấp bách đối với tất cả các ngành công nghiệp. Việc nỗ lực để nghiên cứu phát triển các công nghệ mới trong lĩnh vực thảm mặt đường, bao gồm cả các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu như công nghệ mặt đường cân nhiệt đã được trình bày trong bài báo này sẽ đóng góp cho ngành công nghiệp xây dựng trong việc chống biến đổi khí hậu, giảm thiểu hiệu ứng “đảo nhiệt đô thị”. Các kết quả nghiên cứu cũng đã chỉ ra rằng công nghệ mặt đường cân nhiệt không chỉ giúp cải thiện môi trường nhiệt đô thị mà còn giúp nâng cao độ bền của mặt đường. Đối với Việt Nam - quốc gia chịu tác động mạnh của biến đổi khí hậu và đặc biệt là sự gia tăng nắng nóng cực đoan, mặt đường cân nhiệt là một giải pháp có nhiều triển vọng. Vì vậy, cần tiếp tục nghiên cứu, thí nghiệm và thi công thí điểm với điều kiện vật liệu, điều kiện khai thác của Việt Nam, làm cơ sở cho việc xây dựng quy trình thiết kế và thi công phù hợp trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Tormos, A. Chabot, E. V. Dave. A Review of Urban Heat Island-Reducing Pavement Types and Thermal Properties. The 14th International Conference on Asphalt Pavements ISAP2024 Montreal, pp. 209-213, Springer Nature, Switzerland AG, 2024.
- [2] W. C. Wan, N. H. Wong, T. P. Ping, A. Zhi. A Study on the Effectiveness of Heat Mitigating Pavement Coatings in Singapore. J Heat Island Inst Int 7(2), pp. 238-247, 2009.
- [3] T. Yoshinaka, N. Nemoto. Evaluation of a pavement for heat control of road surface temperature, Pavement Engineering. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. E1, vol. 6, pp. 29-38, 2001.
- [4] M. Iwama. Development of Heat-Reflective Pavement. Japan Construction Machinery and Construction Association, Special Technical Report, pp. 43-50, 2012.
- [5] Research Association for Pavement Technologies Suppressing Road Surface Temperature Rise, Heat-Reflective Pavement - Technical Data, No.6-R604, 2011.
- [6] T. Kinouchi, T. Yoshinaka, N. Fukae. Development of High-Performance Heat-Reflective Pavement for Heat Island Effect Mitigation. Pavement, vol. 39, no. 10, pp. 7-

11, 2004.

[7] I. Hayakawa, S. Uematsu, M. Sekita, T. Yoshinaka. Study on the Application of Heat-Reflective Pavement to Airport Taxiways to Prevent Rutting. Pavement, vol. 44, no. 8, pp. 9-13, 2009.