

Mặt đường hấp thụ khí thải và đề xuất áp dụng tại Việt Nam

Nguyễn Văn Nam*, Vũ Đức Sỹ, Phạm Huy Khang

Trường Đại học Giao thông Vận tải

Ngày nhận bài 15/1/2021; ngày chuyển phản biện 18/1/2021; ngày nhận phản biện 22/2/2021; ngày chấp nhận đăng 26/2/2021

Tóm tắt:

Mặt đường hấp thụ khí thải có sử dụng phụ gia là chất xúc tác quang hóa Titan dioxit (TiO_2) đang được nghiên cứu và áp dụng tại nhiều nước tiên tiến trên thế giới. Tuy nhiên, đến nay loại mặt đường này vẫn chưa được nghiên cứu và áp dụng tại Việt Nam. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu cho loại mặt đường bê tông nhựa hấp thụ khí thải được thực hiện trong điều kiện thực tiễn để đưa ra các đề xuất và kiến nghị trong việc áp dụng loại mặt đường này tại Việt Nam.

Từ khóa: bê tông nhựa (BTN), mặt đường hấp thụ khí thải, phụ gia xúc tác quang hóa.

Chỉ số phân loại: 2.1

Đặt vấn đề

Mặt đường hấp thụ khí thải có sử dụng chất xúc tác quang hóa Titan dioxit (TiO_2) đã và đang được nghiên cứu, triển khai áp dụng tại nhiều nước tiên tiến trên thế giới như Mỹ, Nhật Bản, Hà Lan, Bỉ, Anh... Đây là loại mặt đường hiện đại, có khả năng hấp thụ và phân hủy phần lớn các khí thải độc hại do phương tiện giao thông cơ giới phát thải ra như các khí NO_x (NO và NO_2), CO và các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOCs) [1].

Các lợi ích về mặt môi trường của mặt đường và các bề mặt có sử dụng TiO_2 trong việc hấp thụ và phân hủy các khí thải đã được khẳng định bởi các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm cũng như ngoài hiện trường ở nhiều nước châu Âu, nơi mà có hơn 2 triệu mét vuông bề mặt hấp thụ khí thải đã được xây dựng, trong đó có hơn 1 triệu mét vuông mặt đường hấp thụ khí thải. Hiệu quả hấp thụ và phân hủy khí NO_x được công bố có thể lên đến hơn 60%, hiệu quả này cũng phụ thuộc vào điều kiện môi trường và công nghệ áp dụng để phân tán TiO_2 vào các bề mặt và mặt đường. Tại Mỹ, mặt đường hấp thụ khí thải sử dụng TiO_2 được áp dụng với mặt đường bê tông xi măng (BTXM), các bề mặt ghép khối như vỉa hè hoặc nơi đỗ xe, bê tông rỗng và lớp bê tông nhựa (BTN) tạo nhám trên bề mặt [1]. Ví dụ các tuyến đường có sử dụng mặt đường hấp thụ khí thải tại Mỹ như tuyến Cermak tại Chicago, tuyến Route 141 gần thành phố St. Louis của bang Missouri, đại lộ Blue Island tại Chicago có làn đường cho xe đạp với lớp mặt hấp thụ khí thải được xây dựng xong vào tháng 4 năm 2013 và được mệnh danh là tuyến đường phố xanh nhất nước Mỹ.

Tại Bỉ, mặt đường hấp thụ khí thải được áp dụng tại tỉnh Antwerp cho 10.000 m^2 mặt đường làn đỗ xe của tuyến đường trục chính Leien of Antwerp được xây dựng vào năm 2004-2005 bằng các khối BTXM có lớp phủ là BTXM TiO_2 dày từ 5 đến 6 mm. Sau khi áp dụng loại mặt đường này, lượng khí thải NO_x đo được tại đây giảm từ 20 đến 70%. Ngoài ra, đường hầm Leopold II ở

thành phố Brussels cũng áp dụng lớp phủ xi măng TiO_2 trên các bề mặt trong của hầm gồm các vách và mái hầm với diện tích khoảng 2.700 m^2 để xử lý khí thải do phương tiện giao thông phát thải ra khi lưu thông trong hầm [2].

Tại Nhật Bản, công nghệ mặt đường hấp thụ khí thải cũng đã được áp dụng thí điểm với hơn 14 địa điểm trong nhiều năm qua. Một trong những tuyến đường được áp dụng thí điểm là tuyến đường vành đai số 7 tại thủ đô Tokyo với diện tích mặt đường hấp thụ khí thải khoảng 300 m^2 . Kết quả quan trắc cho thấy, lượng NO_x bị hấp thụ và phân hủy tại khu vực thí điểm này ước tính đạt từ 50 đến 60 mg mỗi ngày và hàm lượng này tương đương với lượng NO_x phát thải của 1.000 ô tô đi qua [3]. Hà Lan cũng đã triển khai áp dụng mặt đường hấp thụ khí thải cho một số nơi như thành phố Hengelo có xây dựng các khối BTXM TiO_2 để lát đường. Tại Ba Lan, thành phố Nowa Sól cũng đã xây dựng làn đường xe đạp có mặt đường hấp thụ khí thải vào năm 2012. Tại Anh, mặt đường hấp thụ khí thải cũng đã được áp dụng cho tuyến đường Kendal's High Street tại thị trấn Kendal, hạt Cumbria.

Tuy vậy, loại mặt đường hấp thụ khí thải vẫn chưa được nghiên cứu và áp dụng tại Việt Nam. Hiện nay, ô nhiễm không khí, đặc biệt do khí thải của các phương tiện giao thông cơ giới gây ra tại các đô thị lớn của nước ta như Hà Nội và TP Hồ Chí Minh đang ở mức báo động, gây ảnh hưởng lớn tới môi trường và sức khỏe của người dân đô thị. Do vậy, việc nghiên cứu và đề xuất loại mặt đường vừa đảm bảo tính năng khai thác tốt nhưng lại có khả năng hấp thụ và phân hủy khí thải cho Việt Nam sẽ có ý nghĩa lớn về môi trường và bảo vệ sức khỏe cho người dân.

Bài báo này trình bày những kết quả nghiên cứu loại mặt đường BTN hấp thụ khí thải được thực hiện trong điều kiện thí nghiệm của Việt Nam, từ đó đưa ra các đề xuất và kiến nghị trong việc áp dụng loại mặt đường này cho các đô thị lớn của nước ta.

*Tác giả liên hệ: Email: ngvnamgtvt@yahoo.com

Pollution-absorbing pavement and proposals for the application in Vietnam

Van Nam Nguyen*, Duc Sy Vu, Huy Khang Pham

University of Transport and Communications

Received 15 January 2021; accepted 26 February 2021

Abstract:

The pollution-absorbing pavement using titanium dioxide (TiO₂) photocatalyst additive has been studied and applied in many developed countries around the world. However, this type of pavement has not been studied and applied in Vietnam until the present. This paper presents the research results for the pollution-absorbing asphalt pavement carried out in Vietnamese conditions to provide proposals and recommendations for the application of this pavement in Vietnam.

Keywords: asphalt concrete (AC), photocatalyst additive, pollution-absorbing pavement.

Classification number: 2.1

Nội dung nghiên cứu và mô hình thí nghiệm

Chất xúc tác quang hóa TiO₂

TiO₂ là chất bột màu trắng bền nhiệt, không độc và giá thành phù hợp nên được sử dụng rộng rãi trong đời sống hàng ngày. TiO₂ được dùng nhiều trong công nghiệp như một chất độn, cụ thể nó được dùng nhiều trong sơn, mỹ phẩm, men gốm sứ... Năm 1972, Fujishima và Honda đã phát hiện ra khả năng quang xúc tác của TiO₂. Sự kiện này đánh dấu sự bắt đầu một kỷ nguyên mới của những ứng dụng về quang xúc tác của vật liệu TiO₂ [3, 4].

TiO₂ có hoạt tính xúc tác quang cao, không độc hại với con người và môi trường, trở về mặt hóa học và hoàn toàn có thể ứng dụng trong môi trường tự nhiên vì cơ chế của phản ứng quang hóa này có thể xảy ra dưới tác dụng của nguồn chiếu xạ tia tử ngoại tự nhiên từ ánh sáng mặt trời. TiO₂ tinh thể thường tồn tại dưới ba dạng thù hình chính là Anatase, Rutile và Brookite. Trong đó, dạng thù hình Anatase có hoạt tính quang hoá mạnh nhất. Với hoạt tính quang xúc tác cao nên vật liệu TiO₂ được ứng dụng trong các lĩnh vực môi trường như xử lý khí thải, phân hủy các hợp chất hữu cơ độc hại, xử lý nước, diệt khuẩn [3, 4].

Cơ chế quang xúc tác và hấp thụ khí thải của mặt đường có sử dụng TiO₂

Khi mặt đường có sử dụng phụ gia là chất xúc tác quang hóa TiO₂ được chiếu bằng ánh sáng thích hợp có thể tạo ra một

loạt quy trình giống như phản ứng oxy hoá khử và các phân tử ở dạng chuyển tiếp có khả năng oxy hoá khử mạnh. TiO₂ là một chất xúc tác quang hóa mạnh nên khi được chiếu ánh sáng mặt trời có tia cực tím (UV) với bước sóng nhỏ hơn 390 nm, khi đó năng lượng photon ánh sáng (hv) lớn hơn năng lượng vùng cấm của TiO₂ sẽ kích thích các điện tử từ vùng hóa trị nhảy lên vùng dẫn tạo ra các điện tử (e⁻) ở vùng dẫn và các lỗ trống (h⁺) ở vùng hoá trị, thể hiện bằng phản ứng sau [3, 4]:



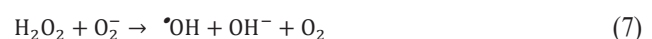
Như đã biết, trong không khí có nhiều hơi nước (H₂O), do vậy các lỗ trống (h⁺) có thể phản ứng trực tiếp với H₂O để tạo ra gốc hydroxyl (*OH) có hoạt tính oxy hóa rất cao theo phản ứng dưới đây [3, 4]:



Trong không khí cũng có nhiều ôxy, do vậy ôxy trong không khí sẽ nhận điện tử (e⁻) ở vùng dẫn tạo thành ion superoxit (O₂⁻). Phản ứng tạo ra ion superoxit như sau [3, 4]:



Ion superoxit được tạo ra từ phản ứng (3) sẽ tham gia vào một số phản ứng khác để tạo ra thêm gốc hydroxyl (*OH) như sau [3, 4]:



Cả gốc hydroxyl (*OH) và ion superoxit (O₂⁻) tạo ra từ các phản ứng nêu trên đều có tính oxy hóa rất mạnh, chúng có thể tham gia vào các phản ứng oxy hoá khử để phân hủy phần lớn các khí thải do phương tiện giao thông cơ giới phát thải ra.

Nếu trong không khí có khí NO_x (NO và NO₂) do động cơ phương tiện phát thải ra thì chúng sẽ bị phân hủy thành ion NO₃⁻ theo các phản ứng dưới đây [5]:



Các ion NO₃⁻ tạo ra từ phản ứng trên sẽ bị hút bám lại trên bề mặt đường và sẽ bị rửa trôi nhanh chóng khi có nước mưa hoặc nước rửa đường trên bề mặt đường.

Nếu trong không khí có khí CO do động cơ phương tiện phát thải ra chúng sẽ bị xử lý theo phản ứng dưới đây [6]:

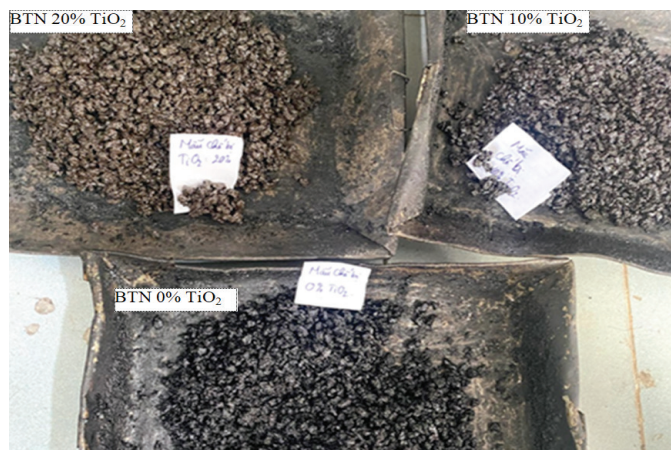


Ngoài phản ứng (11) nêu trên, khí CO còn bị xử lý thông qua một số phản ứng hóa học khác khi có hiệu ứng quang xúc tác xảy ra [7].

Chế tạo hỗn hợp BTN hấp thụ khí thải

Hỗn hợp BTN có khả năng hấp thụ khí thải để làm lớp phủ siêu mỏng tạo nhám cho mặt đường BTN đã được chế tạo trong Phòng thí nghiệm Công trình - Trung tâm Khoa học Công nghệ Giao thông Vận tải bằng cách phối trộn hỗn hợp BTN tạo nhám thông thường với chất xúc tác quang hóa TiO_2 với các hàm lượng là 10 và 20% theo khối lượng nhựa. Chất xúc tác quang hóa TiO_2 dạng bột được sử dụng trong thí nghiệm là sản phẩm thương mại TiO_2 Korea KA-100 Anatase xuất xứ từ Hàn Quốc có kích cỡ hạt từ 0,25-0,35 μm , độ tinh khiết là 98,5% (theo công bố của nhà sản xuất). Các vật liệu sử dụng chế tạo hỗn hợp BTN tạo nhám bao gồm cốt liệu, bột khoáng, nhựa đường Polymer PMB III đáp ứng Tiêu chuẩn TCVN 12759-1:2020 “Bê tông nhựa tạo nhám - Thi công và nghiệm thu - Phần 1: Lớp phủ siêu mỏng tạo nhám” [8].

Hình 1 mô tả 3 loại hỗn hợp BTN với các hàm lượng chất xúc tác quang hóa TiO_2 lần lượt 20, 10 và 0% sau quá trình phối trộn trong phòng thí nghiệm.



Hình 1. Hỗn hợp BTN với các hàm lượng TiO_2 20, 10 và 0%.

Các nhóm mẫu thí nghiệm

Có hai loại nhóm mẫu thí nghiệm được chế tạo gồm:

- Các mẫu BTN hình hộp chữ nhật có kích thước 320 x 260 x 80 mm, trong đó lớp phủ tạo nhám phía trên dày 30 mm là BTN tạo nhám có các hàm lượng TiO_2 0, 10 và 20% (theo khối lượng nhựa) để phục vụ cho việc đánh giá khả năng hấp thụ khí thải của mặt đường.

- Các mẫu BTN hình trụ có các hàm lượng TiO_2 là 0, 10 và 20% (theo khối lượng nhựa) để xác định một số tính chất cơ học của mặt đường BTN.

Mô hình thí nghiệm đánh giá khả năng hấp thụ khí thải của mặt đường

Mô hình thí nghiệm phục vụ đánh giá khả năng hấp thụ khí thải đã được chế tạo bằng cách đặt các mẫu thí nghiệm mặt đường BTN trong các bình thủy tinh kín khí có bố trí hai lỗ tròn nhỏ trên hai mặt bên của bình (kết hợp các nút bịt kín khí) để đưa ống bơm khí thải và đầu đo khí thải vào trong bình. Tiến hành bơm khí thải

từ ống xả xe máy vào các bình chứa mẫu thí nghiệm và giữ cho khí trong bình ổn định sau một khoảng thời gian nhất định. Sau đó đem các bình ra ngoài ánh nắng mặt trời nhằm kích hoạt cơ chế quang xúc tác của TiO_2 . Tiếp theo, tiến hành đo nồng độ khí thải NO_x và CO trong bình theo từng thời điểm thí nghiệm nhất định bằng thiết bị đo khí thải Wöhler A550 Industrial của CHLB Đức như thể hiện trong hình 2.

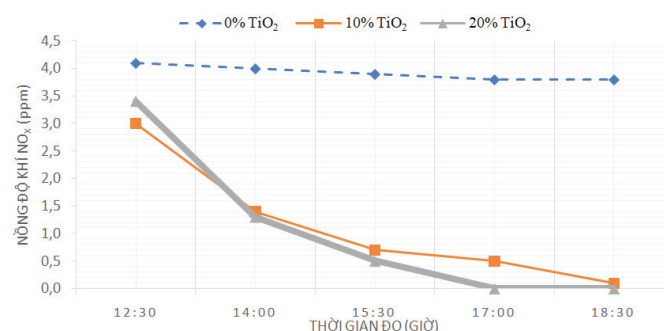


Hình 2. Mô hình thí nghiệm đánh giá khả năng hấp thụ khí thải của mặt đường.

Kết quả và thảo luận

Đánh giá về khả năng hấp thụ và xử lý khí NO_x của mặt đường

Kết quả thí nghiệm đánh giá khả năng hấp thụ khí thải NO_x (NO và NO_2) cho 3 mẫu BTN với các hàm lượng phụ gia xúc tác quang hóa TiO_2 lần lượt là 0, 10 và 20% thể hiện ở biểu đồ hình 3.



Hình 3. Biểu đồ thay đổi nồng độ khí NO_x theo thời gian thí nghiệm.

Nhận xét về khả năng hấp thụ và xử lý khí NO_x của mặt đường:

Đối với các mẫu BTN khi có thêm thành phần phụ gia chất xúc tác quang TiO_2 với hàm lượng 10 và 20% cho khả năng hấp thụ và phân hủy khí thải rất đáng kể sau từ 1,5 đến 3 giờ đồng hồ.

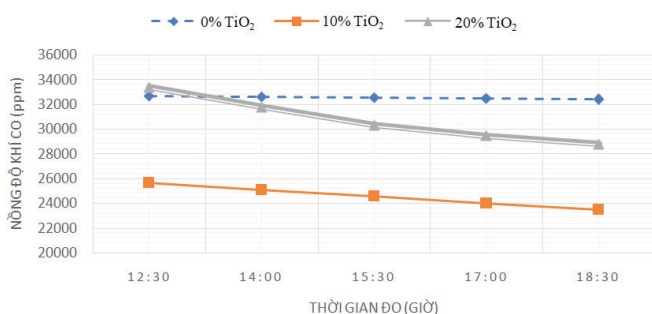
Đối với mẫu BTN 10% TiO_2 : sau 1,5 và 3 tiếng nồng độ NO_x lần lượt giảm tương ứng là 53,3 và 76,7%.

Đối với mẫu BTN 20% TiO_2 : sau 1,5 và 3 tiếng nồng độ NO_x lần lượt giảm tương ứng là 61,8 và 85,3%.

Kết quả thí nghiệm đối với mẫu BTN 20% TiO_2 sau thời gian 4,5 tiếng và mẫu BTN 10% TiO_2 sau thời gian 6 tiếng cho thấy khí NO_x đã bị xử lý hầu như hoàn toàn.

Đánh giá về khả năng hấp thụ và xử lý khí CO của mặt đường

Kết quả thí nghiệm về khả năng hấp thụ khí thải CO được thể hiện trên biểu đồ hình 4.



Hình 4. Biểu đồ thay đổi nồng độ khí CO theo thời gian thí nghiệm.

Nhận xét về khả năng hấp thụ và xử lý khí CO của mặt đường:

Đối với mẫu BTN 10% TiO₂: sau 1,5 và 6 tiếng, nồng độ CO lần lượt giảm tương ứng là 2,3% (tương ứng giảm 582 ppm) và 8,4% (tương ứng giảm 2157 ppm).

Đối với mẫu BTN 20% TiO₂: sau 1,5 và 6 tiếng, nồng độ CO lần lượt giảm tương ứng là 4,9% (tương ứng giảm 1621 ppm) và 13,8% (tương ứng giảm 4601 ppm).

Thí nghiệm đánh giá độ ổn định Marshall của BTN hấp thụ khí thải

Kết quả thí nghiệm độ ổn định Marshall của các mẫu BTN (0, 10, 20% TiO₂) thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Độ ổn định Marshall của 3 loại mẫu BTN (0, 10, 20% TiO₂).

STT	BTN với hàm lượng TiO ₂	Độ ổn định Marshall (kN)	
		Giá trị trung bình của các mẫu thí nghiệm	Giá trị quy định theo TCVN 8819:2011 [9]
1	0%	12,18	≥8
2	10%	11,40	≥8
3	20%	12,16	≥8

Theo các kết quả thu được, ta thấy khi kiểm tra độ ổn định Marshall với các mẫu có thêm thành phần phụ gia TiO₂ (mẫu thêm 10 và 20%) thì đặc tính của BTN về độ ổn định vẫn không thay đổi đáng kể so với mẫu BTN thông thường và đáp ứng theo tiêu chuẩn hiện hành.

Thí nghiệm đánh giá độ dẻo Marshall của BTN hấp thụ khí thải

Kết quả thí nghiệm độ dẻo Marshall của các mẫu BTN (0, 10, 20% TiO₂) thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Độ dẻo Marshall cho 3 loại BTN (0, 10, 20% TiO₂).

STT	BTN với hàm lượng TiO ₂	Độ dẻo Marshall (mm)		
		Giá trị thí nghiệm nhỏ nhất	Giá trị thí nghiệm lớn nhất	Giá trị quy định theo TCVN 8819:2011 [9]
1	0%	2,13	2,74	2÷4
2	10%	2,56	3,06	2÷4
3	20%	2,32	2,80	2÷4

Với các kết quả thí nghiệm độ dẻo Marshall thu được có thể thấy mặt đường BTN hấp thụ khí thải đáp ứng theo tiêu chuẩn hiện hành.

Kết luận và kiến nghị

Vấn đề ô nhiễm môi trường do khí thải của phương tiện giao thông gây ra đang là một vấn đề nóng và cấp thiết, cần phải giải quyết tại các thành phố lớn của nước ta như Hà Nội và TP Hồ Chí Minh. Vì vậy, việc triển khai áp dụng loại mặt đường có khả năng hấp thụ khí thải sẽ mở ra một cánh cửa mới cho việc giải quyết hiệu quả bài toán ô nhiễm môi trường tại các đô thị lớn ở nước ta.

Các đề xuất áp dụng mặt đường hấp thụ khí thải trong xây dựng mặt đường ô tô và sân bay tại Việt Nam gồm:

+ Làm lớp tạo nhám hoặc lớp mặt trên có tính năng hấp thụ khí thải cho mặt đường tại các thành phố lớn, các khu đông dân cư, đô thị, các khu vực thường xuyên ùn tắc hoặc có mật độ giao thông cao.

+ Làm lớp tạo nhám hoặc lớp mặt trên hấp thụ khí thải cho các khu vực đường lãn, sân đỗ, khu vực mặt đường gần nhà ga của các cảng hàng không, đặc biệt là các cảng hàng không nằm trong khu vực đô thị.

Từ những kết quả nghiên cứu trên, kiến nghị cần tiếp tục thực hiện các nghiên cứu sâu hơn như nghiên cứu áp dụng thí điểm và đánh giá thực nghiệm hiện trường cho một số tuyến đường hiện tại để đánh giá khả năng hấp thụ và xử lý khí thải trên phạm vi rộng hơn. Trên cơ sở đó, chúng ta có thể sớm triển khai áp dụng loại mặt đường hấp thụ khí thải này cho các đô thị lớn nhằm góp phần xử lý ô nhiễm môi trường và nâng cao chất lượng không khí một cách bền vững và hiệu quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] The Federal Highway Administration (2015), *Towards sustainable pavement systems: a reference document*, Report No. FHWA-HIF-15-002, Washington, DC.
- [2] Elia Boonen and Anne Beeldens (2014), "Recent photocatalytic applications for air purification in Belgium", *Coatings*, **4**, pp.553-573.
- [3] A. Fujishima, X.T. Zhang, and D.A. Tryk (2008), "TiO₂ photocatalysis and related surface phenomena", *Surface Science Reports*, **63**, pp.515-582.
- [4] A. Khataee and G.A. Mansoori (2012), *Nanostructured titanium dioxide materials: properties, preparation and applications*, World Scientific Publishing Co., Hackensack, NJ.
- [5] Joel K. Sikkema (2013), *Photocatalytic degradation of NO_x by concrete pavement containing TiO₂*, PhD Dissertation, Iowa State University, USA.
- [6] The National Aeronautics and Space Administration (1967), *Reaction rates of carbon monoxide with hydroxyl radicals and oxygen atoms*, NASA Technical Note D-4162.
- [7] Carlos Yousse, Eric Puzenat, et al. (2013), "Photocatalytic oxidation of CO in presence of TiO₂: Influence of humidity and oxygen on the kinetic and the mechanism", *Scientific Journal of Environment Pollution and Protection*, **2(4)**, pp.64-73.
- [8] Bộ Khoa học và Công nghệ (2020), *TCVN 12759-1:2020 - Bê tông nhựa tạo nhám - Thi công và nghiệm thu - Phần 1: Lớp phủ siêu mỏng tạo nhám*.
- [9] Bộ Khoa học và Công nghệ (2011), *TCVN 8819:2011: Mặt đường bê tông nhựa nóng - Yêu cầu thi công và nghiệm thu*.