

# Nghiên cứu loại mặt đường hấp thụ khí thải và đề xuất áp dụng cho Việt Nam

■ TS. NGUYỄN VĂN NAM; TS. VŨ ĐỨC SỸ; TRẦN VĂN TUYẾN;  
NGUYỄN VĂN MINH; TRẦN VĂN HÙNG; ĐỖ ANH TÚ  
Trường Đại học Giao thông vận tải

**TÓM TẮT:** Mặt đường hấp thụ khí thải có sử dụng phụ gia chất xúc tác quang hóa Titan dioxit ( $\text{TiO}_2$ ) đã và đang được triển khai áp dụng tại nhiều nước tiên tiến trên thế giới. Tuy vậy, loại mặt đường hấp thụ khí thải 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 hấp thụ khí thải được thực hiện trong điều kiện Việt Nam để đưa ra các đề xuất và kiến nghị trong việc áp dụng loại mặt đường này tại Việt Nam.

**TỪ KHÓA:** Mặt đường hấp thụ khí thải, bê tông nhựa, bê tông xi măng.

**ABSTRACT:** The pollution absorbing pavement using titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) photocatalyst additive has been applied in many developed countries around the world. However, this type of pavement has not been studied and applied in Vietnam until present. This paper presents the research results for the pollution absorbing pavement carried out in Vietnamese conditions to provide proposals and recommendations for the application of this pavement in Vietnam.

**KEYWORDS:** Pollution absorbing pavement, asphalt concrete, cement concrete.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mặt đường hấp thụ khí thải có sử dụng chất xúc tác quang hóa Titan dioxit ( $\text{TiO}_2$ ) đã và đang được triển khai áp dụng tại nhiều nước tiên tiến trên thế giới như Mỹ, Nhật, 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  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$  và  $\text{NO}_2$ ),  $\text{CO}$  và các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOCs) [1,6,7].

Tuy vậy, loại mặt đường hấp thụ khí thải này 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 nâng cao sức khỏe cho người dân.

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

## 2. CƠ CHẾ HẤP THỤ VÀ PHÂN HỦY KHÍ THẢI CỦA MẶT ĐƯỜNG CÓ SỬ DỤNG PHỤ GIA CHẤT XÚC TÁC QUANG HÓA $\text{TiO}_2$

### 2.1. Chất xúc tác quang hóa $\text{TiO}_2$

Titan dioxit ( $\text{TiO}_2$ ) là chất bột màu trắng bền nhiệt, không độc và giá thành tương đối thấp nên được sử dụng rộng rãi trong đời sống hàng ngày.  $\text{TiO}_2$  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 minh ra khả năng quang xúc tác của  $\text{TiO}_2$ . Sự kiện này đánh dấu sự bắt đầu một kỷ nguyên mới của những ứng dụng về quang xúc tác của vật liệu  $\text{TiO}_2$  [2,3].

$\text{TiO}_2$  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  $\text{TiO}_2$  được ứng dụng trong các lĩnh vực xử lý môi trường như xử lý khí thải, phân hủy các hợp chất hữu cơ độc hại, xử lý nước, diệt khuẩn [2,3,7].

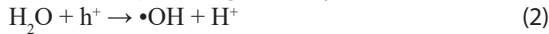
### 2.2. Cơ chế quang xúc tác và hấp thụ khí thải của mặt đường có sử dụng $\text{TiO}_2$

#### 2.2.1. Cơ chế quang xúc tác

Khi mặt đường có sử dụng phụ gia là chất xúc tác quang hóa  $\text{TiO}_2$  được chiếu bằng ánh sáng thích hợp có thể tạo ra một loạt quy trình giống như phản ứng oxy hóa khử và các phân tử ở dạng chuyển tiếp có khả năng oxy hóa khử mạnh.  $\text{TiO}_2$  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  $390 \text{ nm}$ , khi đó năng lượng photon ánh sáng ( $h\nu$ ) lớn hơn năng lượng vùng cấm của  $\text{TiO}_2$  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]:



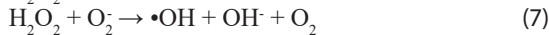
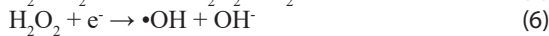
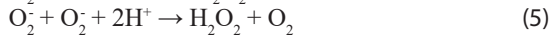
Như đã biết, trong không khí có nhiều hơi nước (H<sub>2</sub>O), do vậy các lỗ trống (h<sup>+</sup>) có thể phản ứng trực tiếp với H<sub>2</sub>O để tạo ra gốc hydroxyl (•OH) có hoạt tính oxy hóa rất cao như theo phản ứng dưới đây [2]:



Trong không khí cũng có nhiều oxy, do vậy oxy trong không khí sẽ nhận điện tử (e<sup>-</sup>) ở vùng dẫn tạo thành ion superoxit (O<sub>2</sub><sup>-</sup>). Phản ứng tạo ra ion superoxit như sau [2]:



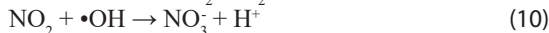
Ion superoxit được tạo ra từ phản ứng (3) sẽ tham gia vào một số các phản ứng khác để tạo ra thêm gốc hydroxyl (•OH) như sau [2]:



Cả gốc hydroxyl (•OH) và ion superoxit (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) 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.

### 2.2.2. Cơ chế hấp thụ và phân hủy các khí NO<sub>x</sub> và CO

Nếu trong không khí có khí NO<sub>x</sub> (NO và NO<sub>2</sub>) do động cơ phương tiện phát thải ra thì chúng sẽ bị phân hủy thành ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> theo các phản ứng dưới đây [4]:



Các ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 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 [5]:



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 [6].

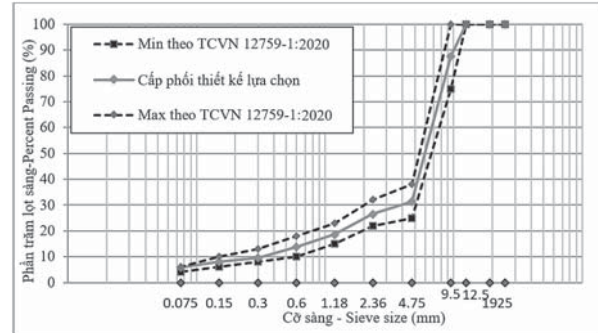
## 3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CHO LOẠI MẶT ĐƯỜNG HẤP THỤ KHÍ THẢI

### 3.1. Chế tạo mặt đường hấp thụ khí thải và các mẫu thí nghiệm bê tông nhựa, bê tông xi măng

#### 3.1.1. Chế tạo hỗn hợp bê tông nhựa hấp thụ khí thải

Hỗn hợp bê tông nhựa (BTN) có khả năng hấp thụ khí thải 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 GTVT bằng cách phối trộn hỗn hợp BTN tạo nhám thông thường với chất xúc tác quang hóa TiO<sub>2</sub> với các hàm lượng là 10% và 20% theo khối lượng nhựa. Chất xúc tác quang hóa TiO<sub>2</sub> dạng bột được sử dụng trong thí nghiệm là sản phẩm thương mại TiO<sub>2</sub> Korea KA - 100 Anatase với xuất xứ từ Hàn Quốc có kích cỡ hạt từ 0,25 - 0,35, độ tinh khiết là 98,5% như theo công bố của nhà sản xuất. Các vật liệu sử dụng chế tạo hỗn hợp BTN tạo

nhám bao gồm cốt liệu có đường cong cấp phối thể hiện trong Hình 3.1, 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”.



Hình 3.1: Đường cong cấp phối của hỗn hợp BTN tạo nhám

#### 3.1.2. Chế tạo hỗn hợp bê tông xi măng hấp thụ khí thải

Hỗn hợp bê tông xi măng (BTXM) có khả năng hấp thụ khí thải làm lớp trên của mặt đường BTXM cũng đã được chế tạo tại Phòng Thí nghiệm Công trình - Trung tâm Khoa học Công nghệ GTVT bằng cách phối trộn hỗn hợp BTXM thông thường với chất xúc tác quang hóa TiO<sub>2</sub> với các hàm lượng là 10% và 20% theo khối lượng xi măng. Chất xúc tác quang hóa TiO<sub>2</sub> dạng bột được sử dụng trong thí nghiệm là sản phẩm thương mại TiO<sub>2</sub> Korea KA - 100 Anatase với xuất xứ từ Hàn Quốc có kích cỡ hạt từ 0,25 - 0,35, độ tinh khiết của mẫu là 98,5% như theo công bố của nhà sản xuất. Các vật liệu sử dụng chế tạo hỗn hợp BTXM bao gồm cốt liệu thô, cốt liệu nhỏ (cát), xi măng và nước đáp ứng theo Quyết định số 1951/QĐ-BGTVT “Ban hành Quy định tạm thời về kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường BTXM trong xây dựng công trình giao thông”.

Thành phần vật liệu cho 1 m<sup>3</sup> BTXM thông thường và BTXM hấp thụ khí thải được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 3.1. Thành phần vật liệu cho 1 m<sup>3</sup> BTXM

BTXM	Vật liệu	Xi măng (kg)	Đá dăm (kg)	Cát vàng (kg)	Nước (lít)	TiO <sub>2</sub> (kg)
BTXM thông thường (0% TiO <sub>2</sub> )		360	1091	793	160	0
BTXM 10% TiO <sub>2</sub>		360	1091	793	166	36
BTXM 20% TiO <sub>2</sub>		360	1091	793	172	72

#### 3.1.3. Các nhóm mẫu thí nghiệm BTN và BTXM

Có hai loại nhóm mẫu thí nghiệm được chế tạo cho từng loại hỗn hợp BTN và BTXM bao gồm:

- Các mẫu hình hộp chữ nhật có các hàm lượng TiO<sub>2</sub> là 0%, 10% và 20% (theo khối lượng chất kết dính) để phục vụ cho việc đánh giá khả năng hấp thụ khí thải. Riêng đối với BTXM bổ sung thêm 1 mẫu thí nghiệm có bột TiO<sub>2</sub> rắc phủ trên bề mặt mẫu chế bị bằng BTXM thông thường.

- Các mẫu hình trụ có các hàm lượng TiO<sub>2</sub> là 0%, 10% và 20% (theo khối lượng chất kết dính) để xác định một số tính chất cơ học của mặt đường BTN và BTXM.

Các nhóm mẫu thí nghiệm được chế bị thể hiện trong Hình 3.2 dưới đây.



Hình 3.2: Các nhóm mẫu thí nghiệm BTN và BTXM

### 3.2. Chế tạo mô hình thí nghiệm để đánh giá hiệu quả hấp thụ khí thải của mặt đường

Nhóm nghiên cứu đã đề xuất và chế tạo mô hình thí nghiệm phục vụ đánh giá khả năng hấp thụ khí thải bằng cách đặt các mẫu thí nghiệm mặt đường BTN và BTXM trong các bình thủy tinh kín khí có bố trí hai lỗ tròn nhỏ trên hai mặt bên của bình (có các nút bịt kín khí) để đưa ống bơm khí thải và đầu đo khí thải vào trong bình. Sau đó tiến hành bơm khí thải từ động cơ của xe máy vào bình, đem bình ra ngoài ánh nắng mặt trời. Các bước 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 3 dưới đây.



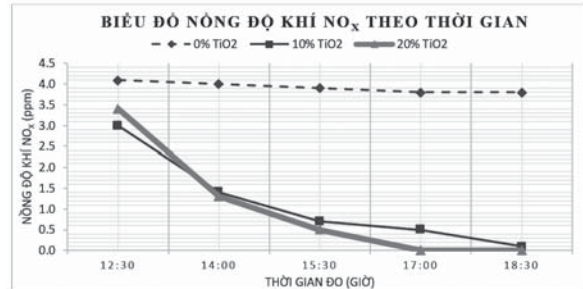
Hình 3.3: Mô hình thí nghiệm đánh giá khả năng hấp thụ khí thải của mặt đường

### 3.3. Thí nghiệm đánh giá khả năng hấp thụ khí thải của mặt đường BTN và BTXM

#### 3.3.1. Kết quả thí nghiệm đối với các mẫu BTN

##### 3.3.1.1. Đánh giá về khả năng hấp thụ và xử lý khí $NO_x$

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 trong biểu đồ sau:



Hình 3.4: Biểu đồ quan hệ giữa nồng độ khí  $NO_x$  và thời gian chiếu nắng của các mẫu BTN

Nhận xét về khả năng hấp thụ và xử lý khí  $NO_x$  của BTN:

- 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.

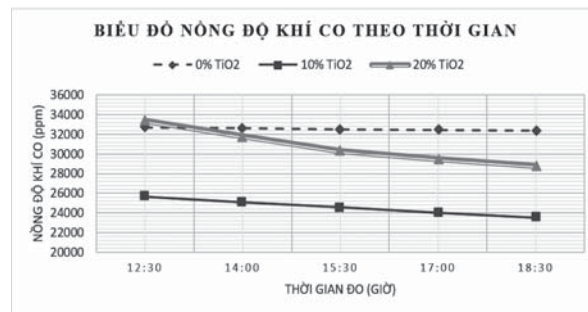
- Đối với mẫu BTN 10%  $TiO_2$ : Sau 1,5 và 3 giờ, nồng độ  $NO_x$  lần lượt giảm tương ứng là 53,3% và 76,7%.

- Đối với mẫu BTN 20%  $TiO_2$ : Sau 1,5 và 3 giờ, 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 giờ và mẫu BTN 10%  $TiO_2$  sau thời gian 6 giờ cho thấy khí  $NO_x$  đã bị xử lý hầu như hoàn toàn.

#### 3.3.1.2. Đánh giá về khả năng hấp thụ và xử lý khí CO

Kết quả thí nghiệm khả năng hấp thụ khí thải CO cho các mẫu BTN trên được thể hiện trong biểu đồ Hình 3.5 dưới đây:



Hình 3.5: Biểu đồ quan hệ giữa nồng độ khí CO và thời gian chiếu nắng của các mẫu BTN

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

- Đối với mẫu BTN 10%  $TiO_2$ : 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).

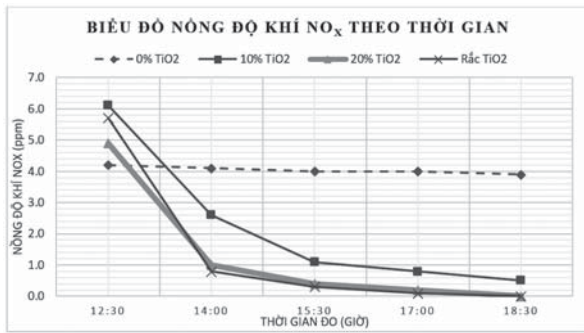
- Đối với mẫu BTN 20%  $TiO_2$ : Sau 1,5 và 6 tiếng, nồng độ CO lần lượt giảm tương ứng là 4,9% (tương ứng giảm 1621 ppm) và 13,8% (tương ứng giảm 4601 ppm).

#### 3.3.2. Kết quả thí nghiệm đối với các mẫu BTXM

##### 3.3.2.1. Đánh giá về khả năng hấp thụ và xử lý khí $NO_x$

Kết quả thí nghiệm khả năng hấp thụ khí thải  $NO_x$  cho 3 mẫu BTXM với các hàm lượng phụ gia xúc tác quang hóa  $TiO_2$  lần lượt là 0%, 10% và 20% và 1 mẫu BTXM có rắc  $TiO_2$  trên bề mặt được thể hiện trong Biểu đồ 3.6:





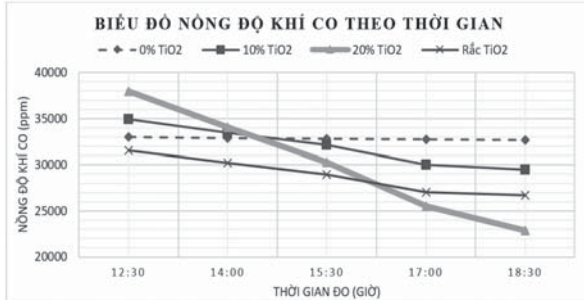
Hình 3.6: Biểu đồ quan hệ giữa nồng độ khí NO<sub>x</sub> và thời gian chiếu ánh nắng của các mẫu BTN

Nhận xét về khả năng hấp thụ và xử lý khí NO<sub>x</sub> của BTN:

- Đối với mẫu BTN 10% TiO<sub>2</sub>: Sau 1,5 và 3 giờ, nồng độ NO<sub>x</sub> lần lượt giảm tương ứng là 57,4% và 82%.
- Đối với mẫu BTN 20% TiO<sub>2</sub>: Sau 1,5 và 3 giờ, nồng độ NO<sub>x</sub> lần lượt giảm tương ứng là 79,6% và 91,8%.
- Đối với mẫu rắc TiO<sub>2</sub> trên bề mặt: Sau 1,5 và 3 giờ, nồng độ NO<sub>x</sub> lần lượt giảm tương ứng là 86% và 94,7%.
- Kết quả thí nghiệm đối với mẫu BTN 20% TiO<sub>2</sub> và mẫu rắc TiO<sub>2</sub> trên bề mặt cho thấy, sau thời gian 4,5 giờ cho thấy khí NO<sub>x</sub> đã bị xử lý hầu như hoàn toàn.

3.3.2.2. Đánh giá về khả năng hấp thụ và xử lý khí CO

Kết quả thí nghiệm đối với khí thải CO cho các mẫu BTN được thể hiện trong Hình 3.7:



Hình 3.7: Biểu đồ quan hệ giữa nồng độ khí CO và thời gian chiếu ánh nắng của các mẫu BTN

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

- Đối với mẫu BTN 10% TiO<sub>2</sub>: Sau 1,5 và 6 tiếng, nồng độ CO lần lượt giảm tương ứng là 4,2% (tương ứng giảm 1462 ppm) và 15,5% (tương ứng giảm 5424 ppm).
- Đối với mẫu BTN 20% TiO<sub>2</sub>: Sau 1,5 và 6 tiếng, nồng độ CO lần lượt giảm tương ứng là 10,4% (tương ứng giảm 3942 ppm) và 39,7% (tương ứng giảm 15075 ppm).
- Đối với mẫu rắc TiO<sub>2</sub> trên bề mặt: Sau 1,5 và 6 tiếng, nồng độ CO lần lượt giảm tương ứng là 4,3% (tương ứng giảm 1354 ppm) và 15,4% (tương ứng giảm 4858 ppm).

3.4. Thí nghiệm đánh giá một số chỉ tiêu cơ học của mặt đường hấp thụ khí thải

3.4.1. Đối với mặt đường BTN

3.4.1.1. Kết quả thí nghiệm độ ổn định Marshall của BTN

Kết quả thí nghiệm độ ổn định Marshall của các mẫu BTN (0%, 10%, 20% TiO<sub>2</sub>) tiến hành trong Phòng

Thí nghiệm Công trình - Trung tâm Khoa học Công nghệ GTVT như sau:

Bảng 3.2. Kết quả thí nghiệm độ ổn định Marshall cho 3 loại BTN (0%, 10%, 20% TiO<sub>2</sub>)

Mẫu BTN với hàm lượng TiO <sub>2</sub>	Độ ổn định Marshall (kN)	
	Giá trị trung bình của các mẫu thí nghiệm	Giá trị quy định theo TCVN 8819:2011
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 TiO<sub>2</sub> (mẫu thêm 10%, 20%) thì đặc tính của BTN về độ ổn định vẫn không thay đổi đáng kể so với mẫu BTN thông thường.

3.4.1.2. Kết quả thí nghiệm độ dẻo Marshall của BTN

Kết quả thí nghiệm độ dẻo Marshall của các mẫu BTN (0%, 10%, 20% TiO<sub>2</sub>) thể hiện trong bảng sau:

Bảng 3.3. Kết quả thí nghiệm độ dẻo Marshall cho 3 loại BTN (0%, 10%, 20% TiO<sub>2</sub>)

Mẫu BTN với hàm lượng TiO <sub>2</sub>	Độ dẻo Marshall (mm)		
	Giá trị thí nghiệm nhỏ nhất	Giá trị thí nghiệm lớn nhất	Giá trị quy định theo TCVN 8819:2011
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 TiO<sub>2</sub> đáp ứng theo tiêu chuẩn hiện hành.

3.4.2. Đối với mặt đường BTN

3.4.2.1. Thí nghiệm nén mẫu BTN

Các kết quả thí nghiệm nén các mẫu BTN (0%, 10% và 20% TiO<sub>2</sub>) trong phòng thí nghiệm theo Tiêu chuẩn TCVN 3118 - 1993 "Bê tông nặng - phương pháp xác định cường độ nén" được thể hiện trong bảng dưới đây.

Bảng 3.4. Kết quả thí nghiệm cường độ nén của BTN ở tuổi 7 ngày

Mẫu BTN	Cường độ nén trung bình của BTN (tuổi 7 ngày) (MPa)
BTN thông thường (0% TiO <sub>2</sub> )	19,32
BTN 10% TiO <sub>2</sub>	19,34
BTN 20% TiO <sub>2</sub>	19,90

Từ các kết quả thí nghiệm cho thấy, cường độ chịu nén của mẫu BTN có sử dụng phụ gia TiO<sub>2</sub> với hàm lượng 10% và 20% không bị giảm so với mẫu BTN thông thường (0% TiO<sub>2</sub>).

3.4.2.2. Thí nghiệm ép chẻ các mẫu BTN

Thí nghiệm ép chẻ các mẫu BTN (0%, 10% và 20% TiO<sub>2</sub>) được tiến hành trong phòng thí nghiệm theo Tiêu chuẩn TCVN 8862:2011 "Quy trình thí nghiệm xác định cường độ kéo khi ép chẻ của vật liệu hạt liên kết bằng các chất kết dính". Kết quả thí nghiệm cho thấy, cường độ chịu kéo của mẫu BTN sử dụng phụ gia 10% TiO<sub>2</sub> tương đương với mẫu BTN thông thường (0% TiO<sub>2</sub>). Đối với mẫu BTN sử dụng 20% TiO<sub>2</sub> thì cường độ chịu kéo có giảm nhưng mức độ giảm không đáng kể (chỉ giảm 5,5%).

#### 4. ĐỀ XUẤT ÁP DỤNG MẶT ĐƯỜNG HẤP THỤ KHÍ THẢI CHO VIỆT NAM

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 BTN và BTXM như đã đề xuất sẽ mở ra một cánh cửa mới cho việc giải quyết hiệu quả bài toán ô nhiễm môi trường tại các đô thị lớn nước ta.

Các đề xuất áp dụng mặt đường hấp thụ khí thải vào trong xây dựng mặt đường ô tô bao gồm:

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

- Làm lớp BTXM hấp thụ khí thải cho lớp mặt trên của mặt đường BTXM trong các thành phố lớn, các khu đô thị, các bến xe, tại các trạm thu phí, trên làn đường xe buýt nhanh BRT.

- Làm vỉa hè và bó vỉa hấp thụ khí thải cho các thành phố lớn, các khu đô thị đông dân cư và các khu vực thường xuyên ùn tắc hoặc có mật độ giao thông cao.

#### 5. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy loại mặt đường có sử dụng phụ gia là chất xúc tác quang hóa  $TiO_2$  có đủ khả năng xử lý hiệu quả các khí thải có hại cho sức khỏe con người do sự phát thải của động cơ phương tiện giao thông gây ra như khí  $NO_x$  và khí CO. Các khí thải này đã bị xử lý với nồng độ rất đáng kể khi có sử dụng loại mặt đường hấp thụ khí thải, đặc biệt khí  $NO_x$  đã được xử lý gần như hoàn toàn sau khoảng thời gian từ 3 đến 5 tiếng đồng hồ. Hơn nữa, loại mặt đường này cũng rất bền vững, thân thiện với môi trường và góp phần làm trong sạch bầu không khí cho các thành phố lớn của nước ta.

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 của nước ta nhằm góp phần xử lý ô nhiễm môi trường và nâng cao chất lượng không khí một cách hiệu quả và bền vững.

#### 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]. Fujishima, A., X.T. Zhang and D.A. Tryk (2008), *TiO<sub>2</sub> photocatalysis and related surface phenomena*, Surface Science Reports, 63(2008), pp.515-582.

[3]. Khataee A., Mansoori GA (2012), *Nanostructured Titanium Dioxide Materials: Properties, Preparation*

*and Applications*, World Scientific Publishing Co., Hackensack, NJ.

[4]. Joel K. Sikkema (2013), *Photocatalytic degradation of NO<sub>x</sub> by concrete pavement containing TiO<sub>2</sub>*, PhD Dissertation, Iowa State University, USA.

[5]. The National Aeronautics and Space Administration (NASA) (1967), *Reaction rates of carbon monoxide with hydroxyl radicals and oxygen atoms*, NASA Technical Note D-4162.

[6]. Carlos Yousse, Eric Puzenat, et al. (10/2013), *Photocatalytic Oxidation of CO in Presence of TiO<sub>2</sub>. Influence of Humidity and Oxygen on the Kinetic and the Mechanism*, Scientific Journal of Environment Pollution and Protection, vol.2, Issue 4, pp.64-73.

[7]. Elia Boonen and Anne Beeldens (2014), *Recent Photocatalytic Applications for Air Purification in Belgium*, Coatings 2014, 4, pp.553-573.

[8]. Bộ GTVT (2012), *Quyết định số 1951/QĐ-BGTVT "Ban hành Quy định tạm thời về kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường BTXM trong xây dựng công trình giao thông"*.

[9]. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8819:2011: *Mặt đường bê tông nhựa nóng - Yêu cầu thi công và nghiệm thu*.

[10]. *Các tiêu chuẩn và tài liệu khác có liên quan*.

**Ngày nhận bài: 05/8/2020**

**Ngày chấp nhận đăng: 06/9/2020**

**Người phản biện: GS. TS. Nguyễn Xuân Đào  
TS. Nguyễn Văn Nam**