

XÂY DỰNG LỚP MẶT BÊ TÔNG NHỰA TẠO NHÁM THOÁT NƯỚC CHO CÁC TUYẾN CAO TỐC PHÍA NAM - VIỆT NAM ỨNG VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

CONSTRUCTION OF PERMEABLE FRICTION COURSES FOR THE SOUTHERN VIETNAM EXPRESSWAY RESPONSIBILITY TO CLIMATE CHANGE

Nguyễn Phước Minh

Bộ môn Đường bộ-Đường sắt

Trường Đại học Giao thông vận tải - Phân hiệu Thành phố Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Nghiên cứu đặc tính khai thác của lớp bê tông nhựa (BTNTN TN) tạo nhám thoát nước là yếu tố đặc biệt cần quan tâm cho lớp mặt đường cao tốc tại Việt Nam nói chung và phía Nam nói riêng trong giai đoạn biến đổi khí hậu khắc nghiệt hiện nay. Việc nghiên cứu này nhằm tính toán cụ thể các thông số kỹ thuật cho lớp vật liệu như chiều dày lớp BTNTN TN, độ dốc ngang hợp lý tương ứng với tốc độ chạy xe cho phép nhằm giảm thiểu tối đa hiện tượng nước bề mặt, qua đó giảm thiểu hiện tượng trơn trượt của bánh xe trên mặt đường khi trời mưa lớn. Tất cả các giá trị này được xác định thông qua việc quan trắc hoặc dự báo lượng mưa hàng năm của khu vực cần tính toán, từ đó cho phép các nhà tư vấn thiết kế kết cấu cũng như giúp cho nhà quản lý hệ thống đường cao tốc nắm bắt được bản chất và nguyên lý của đặc tính khai thác lớp vật liệu BTNTN TN. Bài báo đề cập đến phương pháp tính thoát nước và yếu tố ảnh hưởng đến khả năng thoát nước bề mặt của lớp BTNTN TN. Từ kết quả này có thể lên kế hoạch công tác bảo trì định kỳ lớp mặt nhằm duy trì chất lượng phục vụ của lớp vật liệu mặt đường này.

Từ khóa: Bê tông nhựa rỗng, lớp nhám cấp phối hở, lớp nhám thoát nước.

Chỉ số phân loại: 2.4

Abstract: Researching the exploitation characteristics of Permeable Friction Courses (PFC) is a special factor to consider for the surface layer of expressways in Vietnam in general and the South in particular in the period of climate change. This study aims to calculate specific specifications for the material layer such as the thickness of the PFC, the appropriate horizontal slope corresponding to the allowed speed of driving to minimize hydroplaning phenomena, thereby minimizing the phenomenon of slippery wheel on the road surface when heavy rains. All of these values are determined by monitoring or forecasting the annual rainfall of the area to be calculated, thereby allowing the consultants to design the structure as well as help the road system manager the expressway captures the nature and principles of the properties of the exploitation of PFC. The article deals with the method of calculating drainage and factors affecting surface drainage ability of PFC. From this result, it is possible to schedule the regular maintenance of the surface layer to maintain the service quality of this pavement material.

Keywords: Porous asphalt, open-graded friction course, permeable friction courses.

Classification number: 2.4

1. Giới thiệu

Theo quy hoạch đường Cao tốc Bắc - Nam đã được Thủ tướng phê duyệt, đến năm 2020, định hướng đến 2030, Việt Nam sẽ có trên 6.400 km đường cao tốc, trong đó cao tốc Bắc - Nam được quy hoạch hai tuyến với tổng chiều dài khoảng 3.083 km gồm: Tuyến cao tốc Bắc - Nam phía Đông, tổng chiều dài 1.814 km; tuyến cao tốc Bắc - Nam phía Tây, tổng chiều dài là 1.269 km. Đường cao tốc Bắc - Nam (ký hiệu toàn tuyến là CT 01) là tên gọi thông dụng nhất của một tuyến

đường cao tốc Việt Nam nằm rất gần với Quốc lộ 1A huyết mạch, thông suốt giữa hai miền Nam và Bắc Việt Nam. Đường Cao tốc Bắc - Nam được Chính phủ yêu cầu gấp rút triển khai, nhằm đáp ứng năng lực vận tải lớn, tốc độ cao và an toàn, kết nối các trung tâm kinh tế từ Hà Nội đến Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) qua 20 tỉnh, thành phố.

Song song với kế hoạch xây dựng các tuyến cao tốc thì việc nghiên cứu các đặc tính làm việc của kết cấu mặt đường nói chung và lớp vật liệu mặt đường BTNTN TN cho các

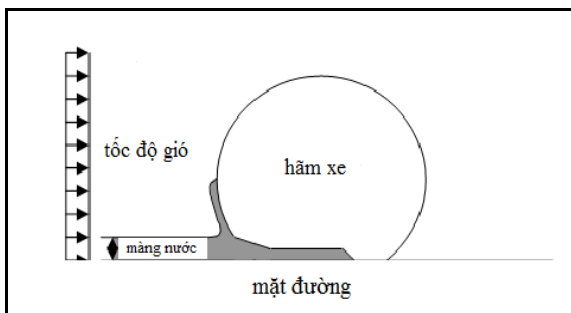
tuyến cao tốc nói riêng và phía Nam Việt Nam nói riêng đang là những vấn đề nóng cần được giải quyết ứng với biến đổi khí hậu nặng nề hiện nay, nhằm đảm bảo cho các phương tiện và người tham gia giao thông đi lại an toàn, giảm rủi ro có thể. Đặc tính thoát nước bề mặt là yếu tố đặc biệt cần được xem xét, đánh giá cụ thể với lớp mặt đường cao tốc đang khai thác hiện nay và cần có kết luận thấu đáo về nó.

2. Ảnh hưởng của hiệu ứng màng nước đến điều kiện chạy xe

Theo thống kê, tỉ lệ tai nạn giao thông do mặt đường bị trơn trượt hoặc do xuất hiện màng nước (hydroplaning) trên đường khi trời mưa ngày càng tăng, nhiều tai nạn giao thông khi trời mưa không thể chứng minh được do thời tiết, đường hay phương tiện đi lại; tuy nhiên quan hệ độ nhám và hiệu ứng màng nước cần xem xét kỹ để đánh giá điều kiện đi lại trên đường [1], [2], [3], [4], [5].



Hình 1. Hiện tượng bắn nước sau bánh xe khi mặt đường ẩm ướt.



Hình 2. Hình ảnh mô phỏng hiệu ứng màng nước khi xe chạy.

• Khái niệm hiệu ứng màng nước

Hiệu ứng màng nước (hydroplaning) [18] là sự ngăn cách giữa bánh xe và mặt đường hoặc khả năng gây trượt trên mặt đường bởi một lớp chất lỏng (hình 1, hình 2). Đánh giá ảnh hưởng bề mặt nhám và tương

tác giữa bánh xe với mặt đường với mục đích xem xét hiệu ứng của màng nước.

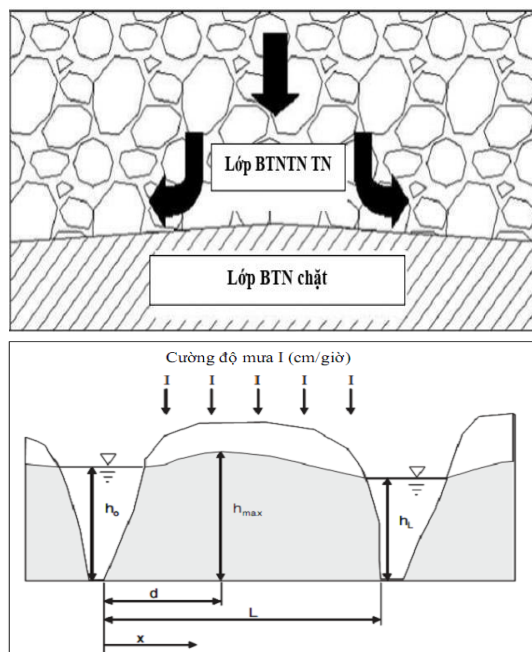
Lực bám bánh xe và mặt đường được xem xét khi mặt đường có độ nhám vĩ mô thấp, xe chạy tốc độ cao và có màng nước trên bề mặt. Độ nhám vĩ mô tạo các kênh thoát nước, vì vậy có thể làm giảm ảnh hưởng màng nước tiếp xúc giữa bánh xe và mặt đường. Với chiều dày màng nước mỏng và xe chạy tốc độ cao, độ nhám vĩ mô là cần thiết để duy trì tiếp xúc bánh xe và mặt đường [11], [12].

• Đặc điểm hiệu ứng màng nước

Hiệu ứng màng nước là hiện tượng màng nước xuất hiện trên mặt đường làm mất khả năng tiếp xúc và lực bám của bánh xe với mặt đường. Ở mặt đường ẩm ướt hay có nước, áp lực màng nước tăng khi tốc độ xe chạy tăng và đạt đến điểm giới hạn đó là bánh xe bị nâng và tách khỏi tiếp xúc với mặt đường [6], [7], [8], [9], [10].

3. Thiết kế chiều dày lớp BTNTN TN dựa vào khả năng thoát nước

Phương pháp xác định chiều dày hợp lý cho BTNTN TN dựa trên khả năng thoát nước của dòng chảy trên bề mặt và xem áo đường lớp BTNTN TN như là tầng ngậm nước vô hạn và bên dưới có một lớp không thấm nước BTN chặt (hình 1) [15], [16].



Hình 3. Bố trí chung chung kết cấu áo đường BTNTN TN và mô hình tính.

Phương pháp tính chiều dày lớp BTNTN TN dựa trên định luật Darcy cho dòng chảy một chiều trên một đơn vị chiều dài với tầng ngậm nước vô hạn theo sơ đồ hình 2.

Từ mô hình tính trên, ta có phương trình tính lượng nước thoát qua một tầng ngậm nước vô hạn như sau:

$$q = \frac{K}{2L}(h_0^2 - h_L^2) \quad (1)$$

Trong đó:

q : Lượng nước qua tầng ngậm nước;

K : Hệ số thấm nước của OGFC (m/ngày);

L : Chiều dài dòng chảy (m);

h_0 : Chiều cao mực nước tại đỉnh trên đoạn L ;

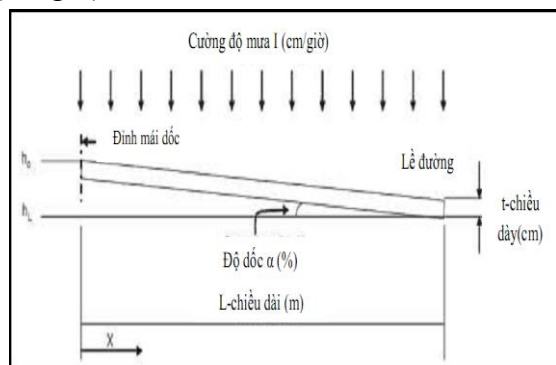
h_L : Chiều cao mực nước thấp trên đoạn L .

Sơ đồ hình 2 dùng để tính toán khả năng thoát nước qua lớp BTNTN TN theo một đơn vị chiều dài. Phương trình tính lượng nước thoát qua một đơn vị dài như sau:

$$q = \frac{K}{2L}(h_0^2 - h_L^2) + I(x - \frac{L}{2}) \quad (2)$$

Trong đó:

I : Cường độ mưa tích lũy trong năm (cm/giờ);



Hình 4. Sơ đồ tính chiều dày lớp BTNTN TN với tầng ngậm nước vô hạn.

Từ phương trình (2) có thể viết lại khi lượng nước thấm qua đoạn dốc α (%) với cường độ mưa là I , khi đó tại đỉnh $x = d$ ranh

giới không xuất hiện dòng chảy $q = 0$ như sau:

$$0 = \frac{K}{2L}(h_0^2 - h_L^2) + I(d - \frac{L}{2}) \quad (3)$$

Hình 3 mô tả phương pháp tính chiều dày lớp BTNTN TN trên một đơn vị chiều rộng L . Lớp BTNTN TN giả định là nằm trên lớp không thấm nước là BTN chặt. Có hai dòng chảy thông qua lớp, đầu dòng chảy h_0 sẽ bằng với chiều dài L , độ dốc ngang mặt α , chiều dày t của lớp BTNTN TN, dòng thủy lực thấp hơn h_2 bằng không, cường độ mưa I .

Để đơn giản tính toán chiều dày lớp BTNTN TN chọn $d = 1/3L$, nhằm tránh cột nước H_{max} xuất hiện trên bề mặt, đảm bảo giả thiết nước thoát hết qua bề mặt lớp BTNTN TN.

Công thức (3) viết lại như sau:

$$0 = \frac{K}{2L}(Lx\alpha + t)^2 - \frac{IL}{6} \quad (4)$$

Từ công thức (4) có thể tính chiều dày lớp BTNTN TN như sau:

$$t = \sqrt{\frac{IL^2}{3K}} - L\alpha \quad (5)$$

Thông số quan trọng khi tính toán chiều dày của lớp BTNTN TN là độ dốc ngang mặt α , chiều dài dòng chảy L , hệ số thấm K và cường độ mưa I . Đối với đường cao tốc hai làn xe kiến nghị lấy $L = 3,5m$, với đường cao tốc bốn làn xe chia làm hai hướng kiến nghị lấy $L = 7,0m$.

Bảng 1 cho biết dữ liệu cường độ mưa và đã được tính toán xử lý xác suất xuất hiện lượng mưa cao nhất của từng tỉnh theo từng trạm đo, số liệu thu được từ các trạm quan trắc của Đài khí tượng thủy văn khu vực Nam bộ. Từ bảng 1 và công thức (5) có thể lập quan hệ giữa các thông số để tính toán chiều dày lớp BTNTN TN của các tỉnh thành như bảng 2.

Bảng 1. Phân bố cường độ mưa tại các tỉnh Phía Nam.

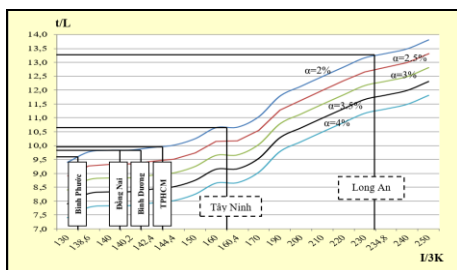
TT	Trạm	Tỉnh	Ngày	Lượng mưa	Thời gian kéo dài	Cường độ mưa cm/giờ	Hệ số thấm K(cm/sec)
1	Tây Ninh	Tây Ninh	22/08/2018	80,2	60 phút	8,02	0,43
2	Đồng Xoài	Bình Phước	04/07/2018	69,3	60 phút	6,93	
3	Biên Hòa	Đồng Nai	07/03/2019	71,2	60 phút	7,12	
4	Tân Sơn Hòa	TP.Hồ Chí Minh	31/05/2018	72,2	60 phút	7,22	
5	Sở Sao	Bình Dương	28/09/2018	70,1	60 phút	7,01	
6	Tân An	Long An	13/10/2018	117,4	60 phút	11,74	
7	Mộc Hóa	Long An	09/10/2018	73,0	60 phút	7,30	

Nguồn. Đài khí tượng thủy văn khu vực Nam Bộ cung cấp

Bảng 2. Quan hệ giữa cường độ mưa I và độ dốc ngang mặt đường (α).

I(m/ngày)	$\sqrt{\frac{I}{3K}}$	2		2,5		3,0		3,5		4,0	
		$\alpha=2\%$	t/L	$\alpha=2,5\%$	t/L	$\alpha=3,0\%$	t/L	$\alpha=3,5\%$	t/L	$\alpha=4,0\%$	t/L
130	11,4	2	9,4	2,5	8,9	3,0	8,4	3,5	7,9	4,0	7,4
138,6	11,8	2	9,8	2,5	9,3	3,0	8,8	3,5	8,3	4,0	7,8
140	11,8	2	9,8	2,5	9,3	3,0	8,8	3,5	8,3	4,0	7,8
140,2	11,8	2	9,8	2,5	9,3	3,0	8,8	3,5	8,3	4,0	7,8
142,4	11,9	2	9,9	2,5	9,4	3,0	8,9	3,5	8,4	4,0	7,9
144,4	12,0	2	10,0	2,5	9,5	3,0	9,0	3,5	8,5	4,0	8,0
150	12,2	2	10,2	2,5	9,7	3,0	9,2	3,5	8,7	4,0	8,2
160	12,6	2	10,6	2,5	10,1	3,0	9,6	3,5	9,1	4,0	8,6
160,4	12,7	2	10,7	2,5	10,2	3,0	9,7	3,5	9,2	4,0	8,7
170	13,0	2	11,0	2,5	10,5	3,0	10,0	3,5	9,5	4,0	9,0
190	13,8	2	11,8	2,5	11,3	3,0	10,8	3,5	10,3	4,0	9,8
200	14,1	2	12,1	2,5	11,6	3,0	11,1	3,5	10,6	4,0	10,1
210	14,5	2	12,5	2,5	12,0	3,0	11,5	3,5	11,0	4,0	10,5
220	14,8	2	12,8	2,5	12,3	3,0	11,8	3,5	11,3	4,0	10,8
230	15,2	2	13,2	2,5	12,7	3,0	12,2	3,5	11,7	4,0	11,2
234,8	15,3	2	13,3	2,5	12,8	3,0	12,3	3,5	11,8	4,0	11,3
240	15,5	2	13,5	2,5	13,0	3,0	12,5	3,5	12,0	4,0	11,5
250	15,8	2	13,8	2,5	13,3	3,0	12,8	3,5	12,3	4,0	11,8

Chọn thông số thiết kế đầu vào: hệ số thấm của hỗn hợp thiết kế BTNTN TN là $K = 120$ (m/ngày), chiều dài $L = 3,5$ m (chiều rộng làn xe) với đường có tốc độ ≥ 80 km/h, độ dốc ngang mặt $\alpha = 2\%$. Từ bảng tính 2 và giả thiết thông số đầu vào như trên có thể tính toán chiều dày lớp BTNTN TN theo phương pháp thấm cho các tỉnh Nam Bộ, chiều dày lớp BTNTN TN được làm tròn tùy thuộc vào lượng mưa của các khu vực. Hình 4 giả thiết độ dốc α thay đổi để tính toán các thông số K, I .

**Hình 5.** Thiết kế chiều dày BTNTN TN dựa trên thông số độ dốc ngang mặt đường.

Nhận xét:

▪ Từ các số liệu trên, cho thấy cường độ mưa, độ thấm, độ dốc ngang mặt và chiều rộng mặt đường có ảnh hưởng rất lớn đến việc tính toán chiều dày mặt đường BTNTN TN;

▪ Độ dốc ngang mặt rất quan trọng phục vụ cho công tác thiết kế chiều dày, thông thường giá trị này lấy 2,0%, chiều rộng mặt đường BTNTN TN cũng là một yếu tố, phần lớn sử dụng lớp mặt đường BTNTN TN cho bốn làn xe trên đường cao tốc và cần bố trí lớp BTNTN TN chông trên phần lề đường

từ 0,6m ÷ 2,0m nhằm làm cho tổng chiều dài dòng chảy tăng lên;

▪ Độ thấm sẽ bất lợi và giảm tính thấm qua lớp BTNTN TN bị tắc nghẽn là do các thành phần bụi bẩn trong quá trình xe chạy tạo nên, điều này sẽ dẫn đến việc gia tăng chiều dày, việc tăng chiều dày lớp BTNTN TN có thể không được thực hiện trong một vài trường hợp, điều này cho thấy độ rỗng dư có mối quan hệ với độ thấm ban đầu của BTNTN TN khi thiết kế, nhằm làm giảm thiểu tối đa do tắc nghẽn.

Bảng 3. Thiết kế chiều dày lớp BTNTN TN cho các tỉnh thành Nam Bộ.

Tỉnh	K(m/ngày)	I(cm/giờ)	t/L	L(m)	t(mm)	α (%)
Tây Ninh	120	8,02	10,7	3,50	37	2
Bình Phước	120	6,93	10,6	3,50	37	2
Đồng Nai	120	7,12	9,9	3,50	35	2
TP. Hồ Chí Minh	120	7,22	10,0	3,50	35	2
Bình Dương	120	7,01	9,8	3,50	34	2
Long An	120	11,74	13,3	3,50	47	2

4. Đề xuất giải pháp hiệu quả tăng độ nhám và thoát nước bằng công nghệ phun rửa cao áp

Trong suốt quá trình khai thác, mặt đường sẽ bị tắc nghẽn do bụi bẩn, mảnh vụn xuất hiện do mặt đường và vỏ bánh xe bị mài mòn. Mặt đường trở nên chặt hơn do tác động của tải trọng dẫn đến ảnh hưởng độ rỗng bề mặt, khả năng nhám bề mặt và thấm nước sẽ bị giảm. Tốc độ xe chạy yêu cầu càng cao thì yêu cầu làm sạch bề mặt càng nhiều.

Bảng 4. Kết quả kiểm tra nhám trước khi phun rửa cao áp.

Số thứ tự	Lý trình (Cọc)	Vị trí	Kết quả đo tại các điểm trước khi phun rửa mặt đường					Htb
			Đường kính máng cát tại các điểm đo (mm)				h _{tb1}	
			d ₁	d ₂	d ₃	d ₄		
1	Km37+550m	làn 80 km/h	160	165	160	160	1.22	
2	+550m	làn 80 km/h	140	135	140	137	1.67	
3	+550m	làn 80 km/h	135	140	135	135	1.72	
4	+550m	làn 80 km/h	140	140	135	140	1.65	
5	+550m	làn 80 km/h	165	165	170	165	1.15	
6	+550m	làn 80 km/h	170	175	175	170	1.07	
7	+650m	làn 80 km/h	170	165	170	170	1.12	
8	+650m	làn 80 km/h	175	170	170	175	1.07	
9	650m	làn 100 km/h	170	170	170	175	1.09	
10	+650m	làn 100 km/h	140	135	140	140	1.65	
11	+650m	làn 100 km/h	180	175	180	175	1.01	
12	+650m	làn 100 km/h	165	170	170	165	1.14	
13	+750m	làn 100 km/h	180	175	180	175	1.01	
14	+750m	làn 100 km/h	178	180	182	179	0.99	

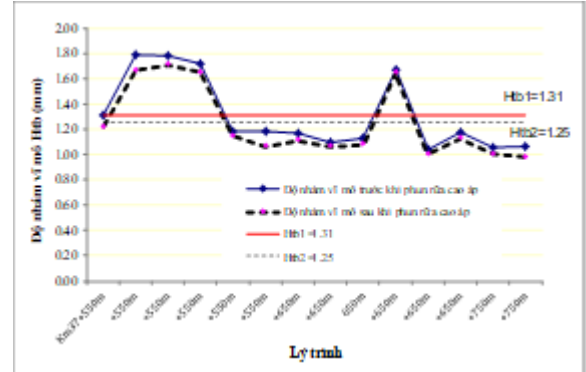
Số thứ tự	Lý trình (Cọc)	Vị trí	Kết quả đo tại các điểm sau khi phun rửa mặt đường					Htb
			Đường kính máng cát tại các điểm đo (mm)				h _{tb1}	
			d ₁	d ₂	d ₃	d ₄		
1	Km37+550m	làn 80 km/h	158	157	154	155	1.31	
2	+550m	làn 80 km/h	134	133	132	135	1.79	
3	+550m	làn 80 km/h	133	135	134	133	1.78	
4	+550m	làn 80 km/h	138	135	135	137	1.72	
5	+550m	làn 80 km/h	162	163	165	166	1.18	
6	+550m	làn 80 km/h	164	163	164	165	1.18	
7	+650m	làn 80 km/h	168	164	164	165	1.17	
8	+650m	làn 80 km/h	172	169	168	172	1.10	
9	650m	làn 100 km/h	170	167	167	168	1.13	
10	+650m	làn 100 km/h	135	136	141	140	1.67	
11	+650m	làn 100 km/h	178	175	174	172	1.04	
12	+650m	làn 100 km/h	165	166	164	164	1.17	
13	+750m	làn 100 km/h	172	175	175	174	1.05	
14	+750m	làn 100 km/h	168	170	176	179	1.06	



(a)



(b)

Hình 6. Tác giả kiểm tra độ nhám trước (a) và sau khi phun rửa áp lực cao làm sạch bề mặt (b).**Hình 7.** Kết quả giá trị độ nhám vĩ mô sau khi phun rửa cao áp.

Kết quả khảo sát độ nhám bằng phương pháp rắc cát và áp dụng phun rửa cao áp mặt đường cho giá trị độ nhám tăng lên là 5% (ΔH_{tb}).

5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu thông số kỹ thuật khai thác cho lớp vật liệu BTNTN TN mặt đường cao tốc nói chung và phía Nam nói riêng trong giai đoạn biến đổi khí hậu hiện nay là rất thiết thực. Bài báo đã làm sáng tỏ các nội dung liên quan đến vật liệu BTNTN TN như sau:

- Đã khái niệm hiệu ứng màng nước bề mặt khi trời mưa lớn, đây chính là lý do gây trơn trượt và gây mất an toàn giao thông khi xe chạy tốc độ cao;

- Dùng mô hình tính thủy văn để tính toán khả năng thoát nước bề mặt, qua đó xác định chiều dày lớp vật liệu nhám thoát nước ứng với cường độ mưa quan trắc hàng năm; từ đó có thể xác định chiều dày lớp BTNTN TN hợp lý cho từng khu vực;

- Thực nghiệm chỉ ra rằng, lớp BTNTN TN sẽ bị suy giảm khả năng khai thác về độ rỗng từ đó ảnh hưởng đến thoát nước bề mặt; do vậy cần phải sử dụng giải pháp công nghệ phun rửa cao áp nhằm cải thiện và duy trì đặc tính khai thác này của lớp BTNTN TN □

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Phước Minh (2011), *Nghiên cứu ứng dụng vật liệu bê tông nhựa cấp phối hở cho lớp tạo nhám mặt đường có tốc độ cao*, Tạp chí khoa học giao thông vận tải, (36).
- [2] Nguyễn Phước Minh (2013), *Nghiên cứu xác định thành phần vật liệu hợp lý bê tông nhựa lớp tạo nhám mặt đường cấp cao tại Việt Nam*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học GTVT, Hà Nội.
- [3] TS. Nguyễn Phước Minh (2015), *Bê tông nhựa rỗng làm lớp mặt cho các tuyến cao tốc và mặt đường ô tô cấp cao ở Việt Nam*, Tạp chí khoa học giao thông vận tải.
- [4] *Investigation of the use of open-graded friction courses in Wisconsin by Root Pavement Technology*, Inc, Richard E. Root, P.E, March 31, 2009.
- [5] *Evaluation of OGFC mixtures containing cellulose fibers*, by L. Allen Cooley, Jr. E. Ray Brown, Donald E. Watson, December 2000.
- [6] *Evaluation of Open – Graded friction course mixture*, by Samuel B. Cooper, Jr, P.E, Chris Abadie, P.E, Louay N. Mohammad, Ph.D, Louisiana Transportation Research Center, October 2004.
- [7] *Evaluation of Open – Graded and bonded friction course for Florida*, By Arvind Radhan, UNIVERSITY OF FLORIDA, 2004.
- [8] *Standard Practice for Open-Graded Friction Course (OGFC) Mix Design – D7064/D7064M-08*, ASTM International.
- [9] *Open Graded Friction Course Usage Guide*, California Department of Transportation, February 8, 2006.
- [10] *Georgia Department of Transportation's Progress in Open-Graded Friction Course Development*, Transportation Research Record 1616.
- [11] *Application of packing theory on grading design for porous asphalt mixtures*, Hardiman-School of Civil Engineering, University Sains Malaysia (USM), September 2004.
- [12] *Technical Guideline: The use of Modified Bituminous Binders in Road Construction*, Asphalt Academy, November 2007.
- [13] *Evaluation of Thick Open Graded and Bonded Friction Courses in Florida*, March 2006.
- [14] Huber, G. *Performance Survey on Open - Graded Friction Course Mixes*. Synthesis of Highway Practice 284. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2000.
- [15] *Construction and Maintenance Practices for Permeable Friction Courses*, L. Allen Cooley, Jr. Jimmy W. Brumfield, BURNS COOLEY DENNIS, INC, Ridgeland, MS Rajib B. Mallick, WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, Worcester, MA. Walaa S. Mogawer-UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS, North Dartmouth, MA Manfred Partl Lily Poulidakos-EMPA-Dübendorf, Switzerland, Gary Hicks-CALIFORNIA STATE UNIVERSITY, CHICO-Chico, CA.
- [16] *Evaluation of Open Graded friction Courses: Construction, maintenance and performance-South Carolina Department of Transportation-October 2012*.

Ngày nhận bài: 18/12/2019

Ngày chuyển phản biện: 23/12/2020

Ngày hoàn thành sửa bài: 13/1/2020

Ngày chấp nhận đăng: 20/1/2020