



EXPERIMENTAL RESEARCH ON MARSHALL PROPERTIES AND RUTTING RESISTANCE OF ASPHALT MIXTURE USING EPOXY ASPHALT IN VIETNAM

Tran Thi Cam Ha

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 16/12/2021

Revised: 04/02/2022

Accepted: 14/02/2022

Published online: 15/02/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.2.8>

* *Corresponding author*

Email: Tranhticamha@utc.edu.vn; Tel: +84912067633

Abstract. Asphalt concrete mixtures modified with epoxy asphalt (BTNE) have been researched and used in many developed countries around the world. The use of BTNE as the surface layer for heavy-duty pavements as well as a coating of steel bridge decks has given good results such as clearly overcoming some disadvantages of ordinary asphalt pavements. The fact that there have been many early failures of asphalt concrete pavements on major national highways in Vietnam, so that the study of improved materials is necessary. This article presents some results of the experimental research in laboratory on Marshall stability, Marshall flow, remaining stability and wheel tracking depth of asphalt mixture using epoxy asphalt (BE). These properties were compared with that of asphalt mixture using PMB-III with the same aggregate to evaluate the advantages of of the asphalt mixture modified with epoxy asphalt. The results of this study show that Marshall stability and rutting resistance of BTNE are superior to those of polymer asphalt concrete, so it is necessary to have further studies on BTNE to soon apply in asphalt pavements of high-class highways in Vietnam.

Keywords: bitumen-epoxy (epoxy asphalt) concrete, polymer-modified asphalt, Marshall stability, Marshall flow, remaining stability, rutting resistance.

© 2022 University of Transport and Communications



NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐẶC TÍNH MARSHALL VÀ KHẢ NĂNG KHÁNG LÚN VỆT BÁNH CỦA HỖN HỢP BÊ TÔNG NHỰA SỬ DỤNG CHẤT KẾT DÍNH BITUM-EPOXY Ở VIỆT NAM

Trần Thị Cẩm Hà

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 16/12/2021

Ngày nhận bài sửa: 04/02/2022

Ngày chấp nhận đăng: 14/02/2022

Ngày xuất bản Online: 15/02/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.2.8>

* Tác giả liên hệ

Email: Tranhticamha@utc.edu.vn; Tel: +84912067633

Tóm tắt. Bê tông nhựa sử dụng chất kết dính bitum-epoxy (BTNE) đã được nghiên cứu, sử dụng ở nhiều nước tiên tiến trên thế giới. Việc sử dụng BTNE làm tầng mặt cho các tuyến đường chịu tải trọng nặng, làm lớp phủ mặt cầu thép đã cho kết quả tốt với sự khắc phục được rất rõ một số nhược điểm của mặt đường bê tông nhựa thông thường. Thực tế khai thác mặt đường bê tông nhựa ở Việt Nam cho thấy đã có nhiều sự cố hư hỏng sớm trên các trục quốc lộ chính vì vậy việc nghiên cứu các vật liệu cải tiến là cần thiết. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm các chỉ tiêu độ ổn định, độ dẻo Marshall, độ ổn định còn lại và khả năng kháng lún vết bánh của bê tông nhựa sử dụng chất kết dính bitum-epoxy (BE). Các chỉ tiêu này được so sánh đối chứng với bê tông nhựa sử dụng nhựa polime III với cùng loại cốt liệu để đánh giá những ưu điểm của bê tông nhựa sử dụng chất kết dính bitum-epoxy. Kết quả nghiên cứu này cho thấy BTNE có độ ổn định Marshall, khả năng kháng lún vết bánh vượt trội so với bê tông nhựa polime và cần có các nghiên cứu tiếp theo về BTNE để sớm đưa loại vật liệu này vào sử dụng trong các kết cấu mặt đường cấp cao ở Việt Nam.

Từ khóa: bê tông nhựa bitum-epoxy, bê tông nhựa polime, độ ổn định Marshall, độ dẻo Marshall, độ ổn định còn lại, kháng lún vết bánh xe.

© 2022 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở Việt Nam hiện nay kết cấu áo đường mềm có tầng mặt bằng bê tông nhựa, dưới tác dụng của lượng giao thông ngày càng tăng, loại kết cấu áo đường này xuất hiện sớm các dạng

hư hỏng như lún vệt bánh xe, nứt mỏi dẫn đến phá hoại. Việc xây dựng các lớp kết cấu mặt đường BTN đảm bảo chất lượng cao, kéo dài tuổi thọ, chịu được tác động của xe chạy và các yếu tố môi trường là một nhiệm vụ quan trọng của chuyên ngành đường ô tô.

Trên thế giới đã có khá nhiều nghiên cứu về BE và BTNE, các nghiên cứu được thực hiện ở nhiều nước khác nhau, bao gồm cả các thí nghiệm trong phòng và thử nghiệm ngoài hiện trường. Các nghiên cứu đều cho thấy bê tông nhựa sử dụng chất kết dính bitum-epoxy có đặc tính kháng lún vệt bánh xe và kháng mỏi tuyệt vời [1, 2]. Chính vì thế BTNE đã và đang được sử dụng làm tầng mặt trên các tuyến đường ô tô chịu tải trọng nặng và bản mặt cầu thép trực hướng ở nhiều nước trên thế giới như Anh, Mỹ, Nhật bản, Ukraina, Trung Quốc [3]. Tuy nhiên, ở Việt Nam đây là loại vật liệu mới cần có những nghiên cứu để dần từng bước áp dụng. Epoxy do công ty TAIYU KENSETSU cung cấp với tên thương mại Taf-epoxy đã được kết hợp với bitum Petrolimex 60/70 với một số tỉ lệ khác nhau trong nghiên cứu thực nghiệm của một nhóm tác giả của Trường Đại học Giao thông Vận tải [4, 5, 6]. Kết quả nghiên cứu này cho thấy với hàm lượng epoxy từ 35% đến 50% thì bitum-epoxy (BE) thỏa mãn các chỉ tiêu kỹ thuật của bitum thông thường sử dụng trong xây dựng theo TCVN 7493:2005 và sau 7 ngày bảo dưỡng ở nhiệt độ phòng (25 °C) thì BE thỏa mãn các chỉ tiêu kỹ thuật của bitum polime theo 22TCN 319:2004. Đặc biệt, chỉ tiêu độ kim lún và nhiệt độ hóa mềm của bitum-epoxy vượt trội so với bitum 60/70 và với hàm lượng epoxy lên tới 50% thì hai chỉ tiêu này còn vượt trội so với PMB-III [5].

Để bước đầu đánh giá khả năng sử dụng loại bitum-epoxy này trong điều kiện Việt Nam, các chỉ tiêu đánh giá hỗn hợp BTNE trong nghiên cứu được đề xuất dựa trên các đặc tính của hỗn hợp BTN, các yêu cầu về hỗn hợp BTN polime theo 22 TCN 356-06 [7] gồm các chỉ tiêu sau: Độ ổn định, độ dẻo Marshall; Độ ổn định còn lại; Chiều sâu vệt lún bánh xe. Các thử nghiệm tương tự đối với BTN sử dụng bitum polime III (BTNP) cũng được thực hiện để đối chứng. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu ban đầu trong phòng, tập trung vào việc thí nghiệm xác định, phân tích đánh giá kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu trên.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

Thử nghiệm được tiến hành tại phòng thí nghiệm trọng điểm LasXD 1256 và phòng thí nghiệm Vilas 047 của Trường Đại học GTVT. Các thí nghiệm được tiến hành bao gồm và lần lượt theo trình tự sau:

- 1) Thiết kế thành phần hỗn hợp BTNE và BTNP theo phương pháp Marshall;
- 2) Thí nghiệm xác định độ ổn định, độ dẻo Marshall, độ ổn định còn lại, chiều sâu vệt lún bánh xe của BTNE và BTNP.

Với thiết kế thực nghiệm và phân tích thống kê bằng phần mềm Minitab 18 ở mức tin cậy 95%, mức ý nghĩa $\alpha=5\%$, độ mạnh Power=0,8, $\beta=0,2$, số mẫu thí nghiệm là 3 mẫu/tổ mẫu đảm bảo phát hiện sai khác trong phạm vi $\pm 1,4\sigma$. Các kết quả thí nghiệm sẽ được đánh giá loại bỏ số liệu ngoại lai (outlier) theo ASTM E178-2015, đánh giá độ chụm theo ASTM

D6927-2015. Tiêu chuẩn Grubbs được sử dụng để đánh giá và loại bỏ các số liệu ngoại lai. Phân tích phương sai ANOVA và phân tích hậu định phát hiện sai khác theo Tukey.

2.1. Lựa chọn vật liệu, thiết kế thành phần hỗn hợp BTNE và BTN đối chứng

2.1.1 Lựa chọn vật liệu

Chất kết dính là kết hợp của Taf - epoxy và bitum 60/70, được gọi là bitum-epoxy (BE). Kết quả nghiên cứu một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản của BE [5] cho thấy: Khi hàm lượng epoxy dưới 30%, nhiệt độ hóa mềm của BE ở tất cả các điều kiện bảo dưỡng đều thấp hơn 60 °C tức thấp hơn PMB-I; Với hàm lượng epoxy 30%, nếu bảo dưỡng ở nhiệt độ phòng 25 °C thì thời gian bảo dưỡng phải lên đến 168h lúc đó nhiệt độ hóa mềm mới đạt 60,25 °C tức mới chỉ tương đương với PMB-I; Với BE35 nếu được bảo dưỡng ở 25 °C và thời gian bảo dưỡng đạt 168h nhiệt độ hóa mềm của nó tương đương PMB-II (trên 70 °C); Với BE50 mẫu để ở 25 °C từ 2h đến 24h sau khi trộn nhiệt độ hóa mềm đã tương đương PMB-I, khi thời gian bảo dưỡng trên 24h đến 72h nhiệt độ hóa mềm tương đương PMB-II và khi thời gian bảo dưỡng đến 96h nhiệt độ hóa mềm của nó tương đương PMB-III, đặc biệt khi thời gian bảo dưỡng đạt 168h nhiệt độ hóa mềm của nó lên đến 120 °C - vượt trội so với PMB-III. Với những kết luận trên và kết quả tham khảo hàm lượng epoxy thường được sử dụng trong các nghiên cứu, ứng dụng trên thế giới [1, 2, 8], chỉ 02 loại BE với tỉ lệ thành phần 35% và 50% tính theo khối lượng BE là epoxy (BE35 và BE50) được sử dụng trong nghiên cứu này. Một số tính chất cơ lý cơ bản của BE35 và BE50 được thể hiện trong Bảng 1.

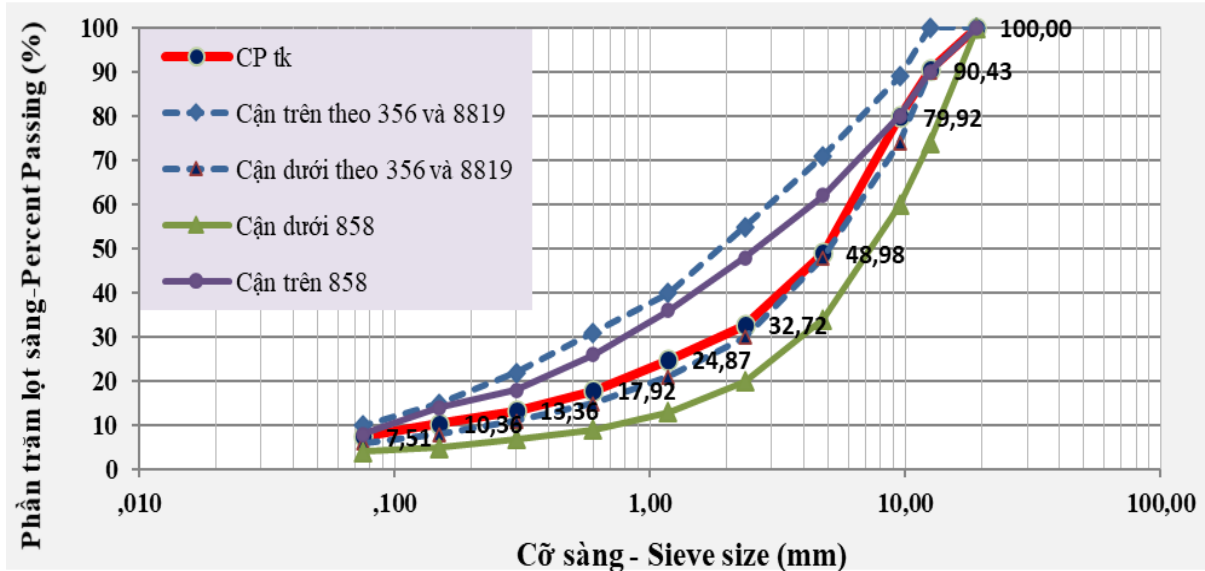
Hỗn hợp bê tông nhựa đối chứng sử dụng Bitum Polime 3 (PMB III) được cung cấp bởi Công ty TNHH nhựa đường Petrolimex [9]. Cốt liệu đá, cát được lấy tại mỏ đá Sunway, xã Phú Lâm, huyện Quốc Oai, Hà Nội. Bọt khoáng được cung cấp bởi Xí nghiệp tư nhân Hồng Lạc, Hải Dương [4, 9].

Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý của bitum 60/70 và BE35, BE50 [5].

Chỉ tiêu		Loại bitum		
		Bitum 60/70	BE35	BE50
Nhiệt độ hóa mềm	Bảo dưỡng 2h ở 25°C	48,8	54,75	63,2
	Bảo dưỡng 168h ở 25°C		71,35	117,7
Độ kim lún	Bảo dưỡng 2h ở 25°C	62	56,23	55,37
	Bảo dưỡng 168h ở 25°C		33,57	23,57
Điểm chớp cháy, (°C)		328	270	292
Độ dính bám với đá		Cấp 3	Cấp 4	Cấp 4
Lượng tổn thất khối lượng sau khi gia nhiệt 5h ở 163°C, (%)		0,35	0,288	0,298
Tỉ lệ độ kim lún sau gia nhiệt 5h ở 163°C so với ban đầu, (%)		80,73	78,94	77,86
Khối lượng riêng, (g/cm ³)		1,032	1,0336	1,0333
Độ nhớt ở 135°C (nhớt kế Brookfield), (Pa.s)		0,445	1,52	2,589
Độ đàn hồi ở 25°C, (%)			78,7	73,2
Độ kéo dài ở 25°C, (mm)		>1000		

2.1.2 Thiết kế thành phần hỗn hợp BTNE và BTNP

Hỗn hợp BTNC 12,5 sử dụng chất kết dính bitum-epoxy được chế tạo tương tự như BTNP và tuân thủ theo quy trình 22TCN356-06 [7]. Sử dụng cùng một tỷ lệ phối trộn của các nhóm cốt liệu cho cả 2 loại BTNE và BTNP với hàm lượng cốt liệu thô chiếm 51,02%, cốt liệu mịn chiếm 41,47% và bột khoáng là 7,51% cốt liệu. Chi tiết đường cong cấp phối của hỗn hợp sau khi phối trộn sử dụng trong nghiên cứu được thể hiện trong Hình 1. Thiết kế tối ưu hàm lượng nhựa theo TCVN8820-2011 [10] cho kết quả chính được thể hiện trong Bảng 2.



Hình 1. Đường cong cấp phối của hỗn hợp cốt liệu sau phối trộn.

Bảng 2. Hàm lượng chất kết dính, độ rỗng dư của BTN.

STT	Loại chất kết dính	Hàm lượng chất kết dính (%)	Độ rỗng dư V_a (%)
1	Bitum-epoxy, 35% epoxy	6	4,386
2	Bitum-epoxy, 50% epoxy	6	4,973
3	PMB III	5,2	4,816

2.2 Thí nghiệm độ ổn định, độ dẻo Marshall, độ ổn định còn lại của BTN

Bảng 3. Số lượng mẫu thí nghiệm Marshall.

STT	Chỉ tiêu	Loại BTN			Tổng số mẫu
		BTNE35	BTNE50	BTNP	
1	Các chỉ tiêu thể tích				
2	Độ ổn định và độ dẻo Marshall sau ngâm nước 60°C trong 1h	3	3	3	9
3	Độ ổn định và độ dẻo Marshall sau ngâm nước 60°C trong 24h	3	3	3	9

Thí nghiệm nén Marshall xác định độ ổn định và độ dẻo của các tổ mẫu trong 2 điều kiện thí nghiệm là ngâm mẫu ở 60 °C trong thời gian 1h và 24h. Trong nghiên cứu này thử nghiệm

được tiến hành theo tiêu chuẩn AASHTO T245-97 (2008) [11]. Số lượng thí nghiệm Marshall được thể hiện trong Bảng 3.

Độ ổn định còn lại (R) của mẫu BTN được tính theo công thức (1).

$$R = \frac{S_a}{S} \cdot 100 \quad (1)$$

Trong đó:

S - độ ổn định Marshall của mẫu BTN khi ngâm mẫu trong bể ổn nhiệt ở 60°C trong 1h, xác định theo AASHTO T245-97(2008) [11].

S_a - độ ổn định Marshall của mẫu BTN khi ngâm mẫu trong bể ổn nhiệt ở 60°C trong 24h, xác định theo AASHTO T245-97(2008) [11].



a. Máy nén Marshall cung lực 100kN



b. Mẫu sau nén Marshall

Hình 2. Thí nghiệm Marshall.

2.3 Thí nghiệm xác định khả năng kháng lún của BTN

Để đánh giá khả năng kháng lún của các loại hỗn hợp BTN, tiến hành thí nghiệm hằn lún vệt bánh xe theo phương pháp A của quyết định số 1617/QĐ-BGTVT [12]. Tuy nhiên để đánh giá ưu điểm kháng hằn lún của BTNE thử nghiệm được tiến hành với 80.000 lượt tác dụng tải.

Mẫu thí nghiệm có dạng tấm hình chữ nhật với kích thước 320 x 260 x 60 mm được chế tạo bằng phương pháp đầm lăn; mẫu thử được đầm nén đạt độ rỗng dư đạt $(7 \pm 2) \%$. Mẫu sau khi chế tạo được bảo dưỡng 7 ngày trong điều kiện nhiệt độ phòng (25°C). Thí nghiệm chiều sâu vệt lún bánh xe được thực hiện trong môi trường nước có nhiệt độ là 60°C. Tiến hành thí nghiệm hằn lún trên máy Wheel tracking tại phòng thí nghiệm Lasxd 1256 – Trường Đại học GTVT.



a. Thiết bị Wheel tracking

b. Mẫu BTN trước thí nghiệm

Hình 3. Thiết bị và mẫu thí nghiệm hằn lún vết bánh xe.

3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

3.1. Kết quả thí nghiệm độ ổn định, độ dẻo Marshall, độ ổn định còn lại của BTN

Phân tích độ chụm của kết quả thí nghiệm Marshall gồm độ ổn định và độ dẻo Marshall theo tiêu chuẩn ASTM D6927-15, cho thấy kết quả thí nghiệm đảm bảo độ chụm. Tổng hợp kết quả được thể hiện trong Bảng 4 và Hình 4, Hình 6, Hình 7.

Bảng 4. Kết quả xác định độ ổn định, độ dẻo Marshall và độ ổn định còn lại của BTN.

Loại BTN	Độ ổn định trung bình mẫu ngâm 60°C, 1 giờ	Độ dẻo trung bình mẫu ngâm 60°C, 1 giờ	Độ ổn định trung bình mẫu ngâm 60°C, 24 giờ	Độ dẻo trung bình mẫu ngâm 60°C, 24 giờ	Độ ổn định còn lại (%)	Độ ổn định còn lại min theo 22 TCN 356-06 (%)
BTNP	15,56	3,59	13,96	5,76	89,68	85
BTNE35	33,86	4,05	29,08	5,58	85,87	
BTNE50	51,72	3,89	46,33	5,53	89,57	

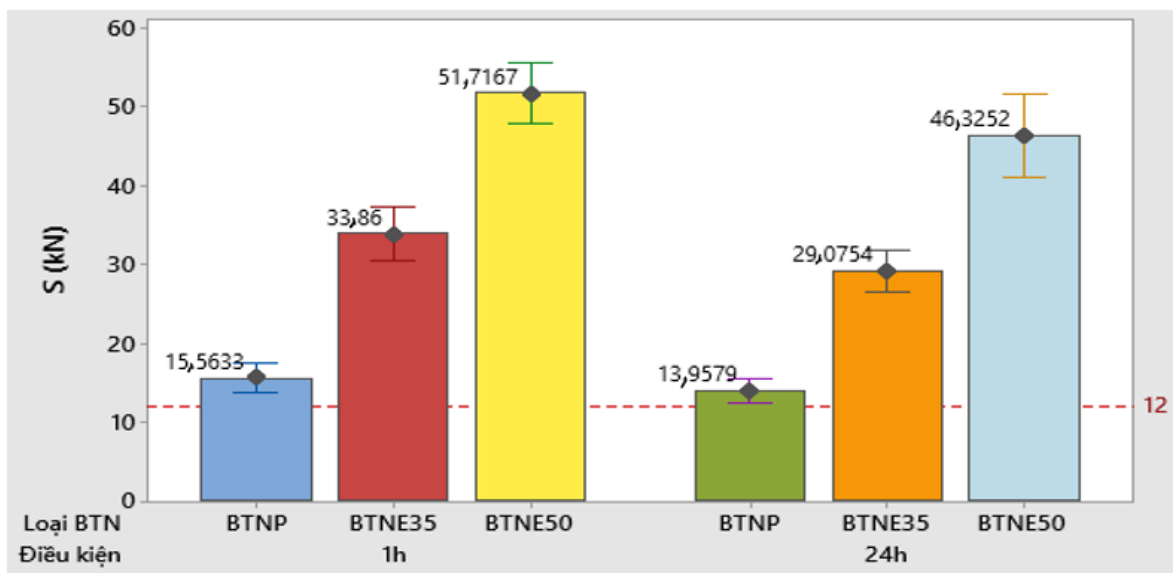
Thực hiện phân tích thống kê với các biến đầu vào 2 biến, số mẫu 3 mẫu/tổ

- Loại BTN: có 3 loại là BTNP; BTNE35; BTNE50
- Thời gian ngâm mẫu trong nước 60°C: có 2 mức là 1h; 24h

Hàm phân tích đầu ra là: Độ ổn định Marshall (S) và Độ dẻo Marshall (F)

Tổng số kết quả thí nghiệm $3 \times 2 \times 3 = 18$ kết quả.

Kết quả phân tích ANOVA trong Bảng 5 cho thấy: Các biến đều có hệ số p-value $\ll 0,05$; Lack-of-Fit $> 0,05$; Hệ số xác định điều chỉnh $R^2_{dc}=98,87\%$. Như vậy kết quả thực nghiệm các yếu tố đầu vào đều ảnh hưởng đến độ ổn định Marshall (S) có ý nghĩa thống kê ở mức tin cậy 95%.



Hình 4. Độ ổn định Marshall của BTN.

Bảng 5. Kết quả phân tích phương sai độ ổn định Marshall.

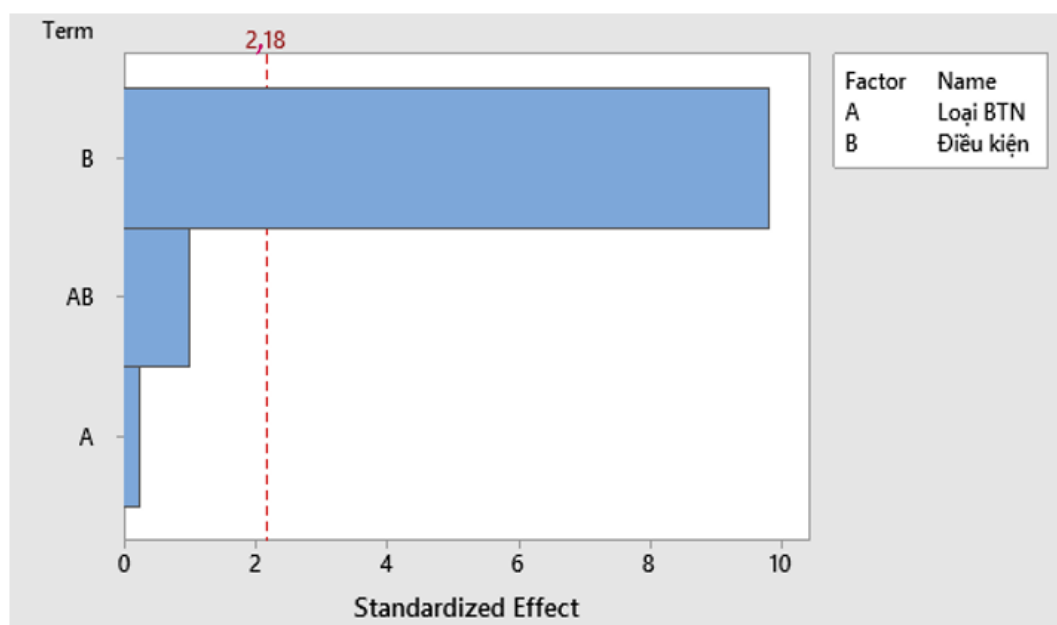
Nguồn	Bậc tự do (DF)	Tổng bình phương điều chỉnh (Adj SS)	Trung bình bình phương điều chỉnh (Adj MS)	Hệ số F (F-value)	Hệ số P (P-Value)
Mô hình	3	3591,42	1197,14	494,71	0,000
Tuyến tính	3	3591,42	1197,14	494,71	0,000
Loại BTN	2	3522,02	1761,01	727,73	0,000
Điều kiện	1	69,40	69,40	28,68	0,000
Sai số	14	33,88	2,42		
Thiếu phù hợp (Lack-of-Fit)	2	12,41	6,20	3,47	0,065
Sai số thuần	12	21,47	1,79		
Tổng	17	3625,30			
Kết quả					
	S	R² R-sq	R² R-sq(adj)	R²_{db} R-sq(pred)	
	1,55559	99,07%	98,87%	98,46%	

Biểu đồ Hình 4 cho thấy có sự khác biệt rõ rệt về độ ổn định Marshall của các hỗn hợp khi sử dụng 3 loại chất kết dính khác nhau. Với độ tin cậy 95%, sự sai khác này được chỉ ra là có ý nghĩa thống kê. Cụ thể, độ ổn định Marshall ở trạng thái ngâm 60°C trong 1h của hỗn hợp sử dụng chất kết dính BE50 (BTNE50) đạt tới giá trị trung bình là 51,72 kN, bằng 3,328 lần giá trị của hỗn hợp sử dụng chất kết dính PMB III (BTNP) đạt được (15,56 kN) và xấp xỉ bằng 1,53 lần giá trị của hỗn hợp sử dụng chất kết dính BE35 (BTNE35) đạt được (33,86 kN). Độ ổn định Marshall ở trạng thái ngâm 60°C trong 24h của hỗn hợp sử dụng chất kết dính BE50 đạt tới giá trị trung bình là 46,33 kN, bằng 3,319 lần giá trị của hỗn hợp sử dụng chất

kết dính PMB III đạt được là 13,96 kN và xấp xỉ bằng 1,59 lần giá trị của hỗn hợp sử dụng chất kết dính BE35 đạt được (29,08 kN) trong cùng trạng thái thử nghiệm. Giá trị trung bình độ ổn định Marshall của hỗn hợp BTNE35 đạt được bằng 2,18 và 2,08 lần giá trị của hỗn hợp BTNP đạt được tương ứng với 2 trạng thái ngâm 60°C trong 1h và ngâm 60°C trong 24h.

Bảng 6. Kết quả phân tích phương sai ANOVA độ dẻo Marshall.

Nguồn	Bậc tự do (DF)	Tổng bình phương điều chỉnh (Adj SS)	Trung bình bình phương điều chỉnh (Adj MS)	Hệ số F (F-value)	Hệ số P (P-Value)
Mô hình	5	14,6819	2,9364	19,89	0,000
Tuyên tính	3	14,3299	4,7766	32,36	0,000
Loại BTN	2	0,0616	0,0308	0,21	0,815
Điều kiện	1	14,2683	14,2683	96,66	0,000
Loại BTN*Điều kiện	2	0,3520	0,1760	1,19	0,337
Sai số	12	1,7713	0,1476		
Tổng	17	16,4532			
Kết quả					
	S	R² R-sq	R² R-sq(adj)	R²_{db} R-sq(pred)	
	0,384198	89 0,23%	84,75%	75,78%	

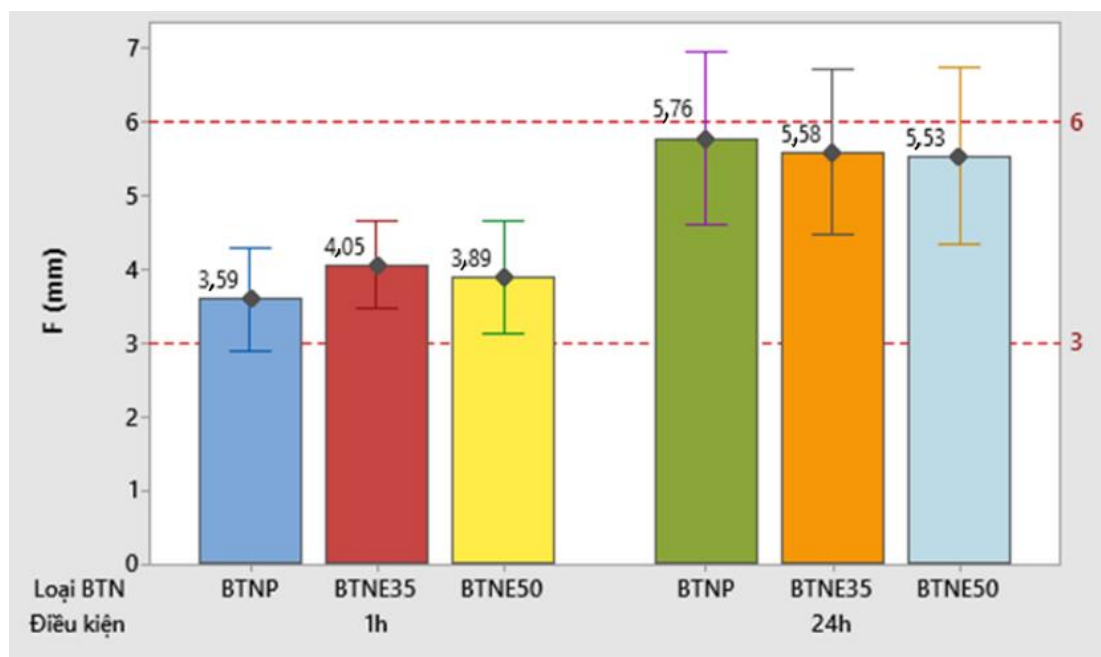


Hình 5. Biểu đồ Pareto các yếu tố ảnh hưởng đến độ dẻo Marshall (F).

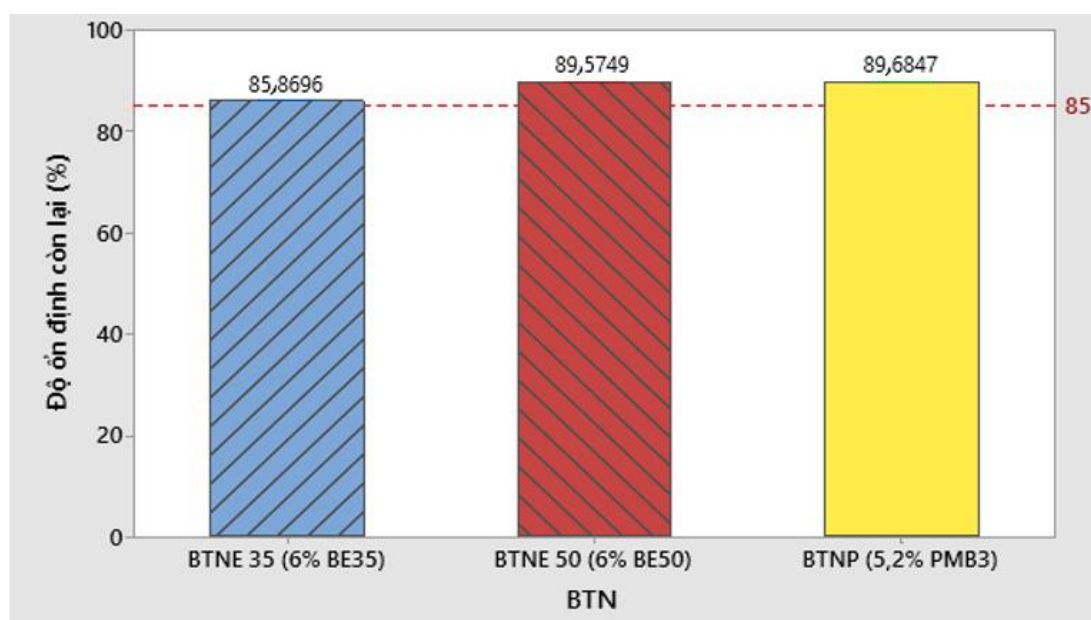
Kết quả phân tích ANOVA độ dẻo Marshall trong Bảng 6 cho thấy: Chỉ có biến điều kiện (thời gian ngâm mẫu) có hệ số p-value $\ll 0,05$; Biến loại BTN có hệ số p-value bằng 0,815 lớn $\gg 0,05$. Biểu đồ Pareto ở Hình 5, đường thẳng đứng chỉ cắt qua hàng điều kiện, thể hiện chỉ biến điều kiện có ảnh hưởng đến F có ý nghĩa thống kê. Như vậy có thể kết luận:

- Thời gian ngâm mẫu ảnh hưởng đến độ dẻo Marshall (F) có ý nghĩa thống kê;

- Loại BTN không ảnh hưởng đến F hay nói cách khác là BTNE có độ dẻo Marshall (F) tương tự như BTNP. Đây là ưu điểm của BTNE, độ ổn định Marshall cao còn độ dẻo vẫn trong giới hạn cho phép.



Hình 6. Độ dẻo Marshall của BTN.



Hình 7. Độ ổn định còn lại của BTN.

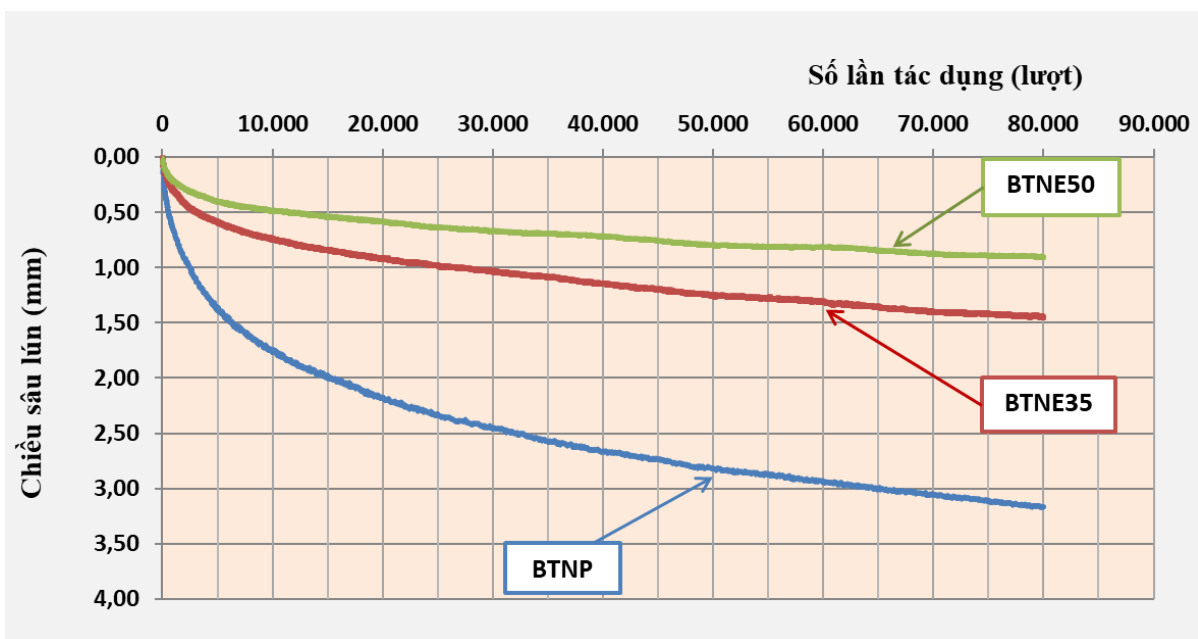
Biểu đồ Hình 6 cho thấy độ dẻo Marshall của các hỗn hợp đều thỏa mãn yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông nhựa polime được quy định trong tiêu chuẩn 22TCN356 -06 là nằm trong khoảng từ 3mm – 6mm. Ở trạng thái ngâm 60°C trong 1h, hỗn hợp BTNP có giá trị trung bình của độ dẻo là nhỏ nhất; ở trạng thái ngâm 60°C trong 24h, hỗn hợp BTNP có giá trị trung bình

của độ dẻo là lớn nhất trong 3 loại hỗn hợp nhưng với độ tin cậy 95% thì sự khác biệt này không có ý nghĩa thống kê.

Kết quả trong Bảng 4 và biểu đồ Hình 7 chỉ ra rằng các loại BTN trong nghiên cứu đều có độ ổn định còn lại trung bình lớn hơn 85%, thỏa mãn yêu cầu đối với hỗn hợp BTN polime [7]. Mặc dù hỗn hợp BTNE50 có độ ổn định Marshall cao gấp hơn 3 lần so với hỗn hợp BTNP nhưng độ ổn định còn lại của hai hỗn hợp này lại tương đương nhau. Hỗn hợp BTNE35 có độ ổn định Marshall cao gấp hơn 2 lần so với hỗn hợp BTNP nhưng độ ổn định còn lại của nó lại thấp hơn hỗn hợp BTNP 3,8%.

3.2. Kết quả thí nghiệm xác định khả năng kháng lún của BTN

Kết quả thí nghiệm xác định chiều sâu vết lún bánh xe sau 40.000 chu kỳ tác dụng tải thể hiện ở Hình 8.



Hình 8. Kết quả thí nghiệm chiều sâu vết lún bánh xe.

Biểu đồ Hình 8 cho thấy sau 20.000 chu kỳ và thậm chí là sau 40.000 chu kỳ tác dụng tải trọng thì chiều sâu vết lún của tất cả các mẫu BTN trong nghiên cứu đều nhỏ hơn rất nhiều so với tiêu chuẩn giới hạn quy định cho BTN polime (sau 40.000 chu kỳ tải, chiều sâu vết lún của BTNE50 và BTNE35 chỉ xấp xỉ bằng 10% và 15% giá trị tối đa cho phép (10mm) ở 20.000 chu kỳ) [7]. Các mẫu BTNE có chiều sâu vết lún bánh xe nhỏ hơn đáng kể so với các mẫu BTNP. Cụ thể là sau 40.000 chu kỳ tác dụng tải, chiều sâu lún của BTNE50 và BTNE35 chỉ xấp xỉ bằng 1/3 và 1/2 chiều sâu lún của BTNP. Chiều sâu vết lún của mẫu BTNE50 sau 40.000 chu kỳ tác dụng tải chỉ tương đương với chiều sâu vết lún của mẫu BTNP sau khoảng 1.400 chu kỳ và của BTNE35 sau 13.000 chu kỳ. Chiều sâu vết lún của mẫu BTNE35 sau 40.000 chu kỳ tác dụng tải chỉ tương đương với chiều sâu vết lún của mẫu BTNP sau khoảng 3.600 chu kỳ. Như vậy có thể thấy BTNE, đặc biệt là BTNE50 có khả năng kháng lún vết bánh xe rất cao.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Trên cơ sở các kết quả thí nghiệm được phân tích thống kê đảm bảo mức độ tin cậy 95%, các kết luận và kiến nghị được đưa ra:

- BTN sử dụng chất kết dính bitum-epoxy có độ ổn định Marshall vượt trội so với BTN sử dụng và bitum polime III, đặc biệt là BTN sử dụng bitum-epoxy chứa 50% epoxy. Độ ổn định còn lại của BTNE35 là thấp nhất, chỉ vừa đủ giá trị tối thiểu theo yêu cầu về BTN polime được quy định trong tiêu chuẩn 22 TCN356 -06.
- Bitum-epoxy với thành phần nhiệt rắn epoxy rõ ràng đã đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành tính rắn và cải thiện độ ổn định Marshall của BTNE. Thành phần bitum duy trì tính dẻo của hỗn hợp thể hiện qua độ chảy dẻo Marshall không khác nhiều so với BTNP.
- Ưu điểm rõ rệt của BTNE về khả năng kháng lún so với BTNP là thể hiện đặc điểm chất nhiệt rắn epoxy, với tính rắn và khả năng duy trì đàn hồi ở nhiệt độ cao. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với nhiều nghiên cứu trên thế giới và là thể mạnh rõ rệt của BE.
- Với những ưu điểm trên cần có các nghiên cứu tiếp theo về BTNE để sớm đưa loại vật liệu này vào sử dụng trong các kết cấu mặt đường cấp cao ở Việt Nam.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin chân thành cảm ơn các thí nghiệm viên phòng thí nghiệm trọng điểm LasXD 1256 và phòng thí nghiệm Vilas 047 – Trung tâm KHCN – Trường Đại học Giao thông Vận tải đã hỗ trợ trong quá trình thực hiện nghiên cứu thực nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. International Transport Forum (ITF), Long-Life Surfaces for Busy Roads, 1st edition, OECD Publishing, Paris, 2008. <https://doi.org/10.1787/9789282101209-en>
- [2]. Luo Sang, Wang Jianwei and Qian Zhendong, Research on the performance of locally developed epoxy asphalt mixes, Proceedings of the 26th Southern African Transport Conference, Document Transformation Technologies cc, South Africa, 736-744, 2007.
- [3]. Qing Lu, John Bors, Alternate uses of epoxy asphalt on bridge decks and roadways, Construction and Building Materials, 78 (2015) 18–25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.125>
- [4]. Q.T.Nguyen, T.C.H. Tran, Experimental Investigation of Fatigue Behavior for Polymer Modified Asphalt and Epoxy Asphalt Mixtures, Proceedings of the 3rd International Conference on Sustainability in Civil Engineering, 2021, Springer, Singapore, 161-166. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0053-1_20
- [5]. Trần Thị Cẩm Hà, Trần Thị Kim Đăng, Nghiên cứu một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản của Bitum-epoxy, Tạp chí Giao thông Vận tải, 5 (2017) 81-83.

- [6]. Trần Thị Cẩm Hà, Nguyễn Quang Tuấn, Trần Anh Tuấn, Hoàng Việt Hải, Ứng xử chịu cắt của lớp phủ bê tông nhựa và vật liệu dính bám Epoxy trên bản thép, Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, 66 (2018) 12-18.
- [7]. Bộ Giao thông Vận tải, 22 TCN 356 – 06 Quy trình công nghệ thi công và nghiệm thu mặt đường BTN sử dụng nhựa đường polime, 2006.
- [8]. TAIYU KENSETSU CO.,LTD, Material safety data sheet Consists of RESIN and HADENER, 2010.
- [9]. Trần Thị Cẩm Hà, Bùi Xuân Cây, Nghiên cứu thực nghiệm mô đun đàn hồi và cường độ chịu kéo uốn của bê tông nhựa sử dụng chất kết dính bitum-epoxy, Tạp chí Giao thông Vận tải, 5 (2018) 61-64.
- [10]. Bộ Giao thông Vận tải, TCVN 8820 – 2011 Hỗn hợp bê tông nhựa nóng - thiết kế theo phương pháp Marshall, 2011.
- [11]. AASHTO T245 – 2008 Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus, 2008.
- [12]. Bộ Giao thông Vận tải, Quyết định số 1617/QĐ-BGTVT về việc Ban hành Quy định kỹ thuật về phương pháp thử độ sâu vết hằn bánh xe của bê tông nhựa xác định bằng thiết bị Wheel tracking, 2014.