

ĐẶC TÍNH CƠ LÝ CỦA BÊ TÔNG NHỰA NÓNG SỬ DỤNG PHỤ GIA GÓC POLYETHYLENE TÁI CHẾ ZAG2

PERFORMANCE OF HOT MIX ASPHALT MODIFIED WITH RECYLED POLYETHYLENE ADDITIVE ZAG2

¹Võ Đại Tú, ²Phạm Minh Thắng, ³Nguyễn Thị Mỹ Tiên

^{1,3} Công ty Cổ phần Đầu tư Xây dựng BMT

² Công ty TNHH TM DV VT XDGT T&T

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu về phụ gia ZAG2 và các tác động của nó lên các đặc trưng cơ lý của hỗn hợp bê tông nhựa chặt 12,5 (BTNC 12,5). Sử dụng phương pháp trộn khô, phụ gia ZAG2 được thêm vào hỗn hợp theo các tỷ lệ 0,3%, 0,5%, 0,7%. Các kết quả được thực hiện tại phòng thí nghiệm cho thấy: Phụ gia ZAG2 sau khi được thêm vào hỗn hợp BTNC 12,5 làm tăng độ ổn định Marshall từ 10,51 kN lên đến 14,2 kN (tăng 35% so với mức hàm lượng phụ gia ZAG2 là 0,7%), cường độ ép chế tăng 0,98 MPa lên 1,71 MPa với hàm lượng phụ gia ZAG2 thêm vào là 0,3% (tăng 19% so với khi không thêm phụ gia ZAG2). Giá trị độ sâu vết hằn cứng được cải thiện đáng kể giảm 72% từ 4mm xuống còn 1,1 mm với hàm lượng phụ gia là 0,5%.

Từ khóa: Phụ gia ZAG2, polyethylene tái chế, bê tông nhựa nóng, tái chế plastic, vết hằn bánh xe.

Mã phân loại: 11.2

Abstract: This paper introduces the additive ZAG2 and its effects on the performance of mixed asphalt 12,5. By Using the dry mixing method, additive ZAG2 is added to the mixture at the rate of 0,3%, 0,5%, 0,7%. The results carried out in the laboratory showed that: ZAG2 additive, after being added to mix asphalt has increased the Marshall stability from 10.51 kN up to 14.2 kN (35% increase at the rate of 0,7%), the splitting strength has increased from 0.98 MPa up to 1.71 MPa at the rate of 0.3% (19% increase compared to when ZAG2 additive was not added). The ability of rutting resistance is significantly improved down by 72% from 4mm down to 1.1mm at the rate of 0.5%.

Keywords: Additive ZAG2, recycled polyethylene, hot asphalt concrete, recyclable plastic, wheel trace.

Classification code: 11.2

1. Giới thiệu

Bê tông nhựa nóng (BTNN) hiện đang được sử dụng rộng rãi ở nước ta. Chúng được ứng dụng làm kết cấu lớp mặt cho đường ô tô và đường trong thành phố. Ưu điểm của loại vật liệu này là giá thành không cao, công nghệ sản xuất và thi công đã được áp dụng phổ biến từ lâu. Tuy nhiên nhược điểm của loại vật liệu này là khi gặp nhiệt độ cao thường xuất hiện hiện tượng trượt, trôi, lún vết bánh xe do sự biến dạng của vật liệu gây nên. Để khắc phục được các nhược điểm còn tồn tại vẫn đảm bảo tiết kiệm được chi phí sản xuất, việc nghiên cứu một loại phụ gia để trộn vào hỗn hợp BTNN đang là hướng nghiên cứu khả quan. Nhiều loại phụ gia đã được nghiên cứu và ứng dụng thành công như bột cao su CRM [1], phụ gia PR PlastS [2], phụ gia SBS [3]... Ưu điểm những loại phụ gia này là cải thiện khả năng kháng lún vết hằn bánh xe, tăng khả năng chịu lực của kết cấu [4], [5], [6]. Tuy nhiên nhược điểm những loại phụ gia trên là không tận

dụng được nguồn tài nguyên sẵn có, đòi hỏi máy móc, công nghệ thi công chuyên biệt. Phụ gia ZAG2 được ra đời từ việc tái chế nguồn rác thải công nghiệp Polyethylene (PE) (ly nhựa, chai nhựa, túi nilon...). Được xem là một loại phụ gia thân thiện với môi trường, nếu được nghiên cứu thành công sẽ góp phần giải quyết được vấn đề rác thải công nghiệp, cải thiện chất lượng BTNN, đồng thời tiết kiệm được chi phí sản xuất so với những loại phụ gia đã được nghiên cứu trước đó.

2. Nghiên cứu thực nghiệm

2.1. Vật liệu thí nghiệm

Vật liệu được sử dụng cho nghiên cứu được lấy trực tiếp tại kho lưu trữ của phòng thí nghiệm thuộc công ty Cổ phần Đầu tư Xây dựng BMT. Chỉ tiêu cơ lý của từng loại vật liệu được thí nghiệm theo tiêu chuẩn hiện hành [7]. Phụ gia ZAG2 do công ty BMT sản xuất, có dạng hạt trụ tròn, màu đen được thí nghiệm chỉ tiêu cơ lý theo bảng 1.

Bảng 1. Các chỉ tiêu cơ lý của phụ gia ZAG2.

STT	Tính chất	Giá trị	Phương pháp
1	Màu sắc	Đen	Ngoại quan
2	Kích thước	Dài 2-4mm Đường kính 2,4–3,5mm	Đo thước
3	Nhiệt độ nóng chảy, °C	130 - 150	
4	Hàm lượng rắn còn lại sau khi nung, %	5 - 8	
5	Khối lượng riêng, g/cm ³	0,95 – 0,98	ASTM D792
6	Độ cháy MFR tại 230°C tải trọng 2,16kg/10min	12 - 20	ISO 11133
7	Nhiệt độ biến dạng HDT, °C	≥ 40 tại 1,82 MPA ≥ 50 tại 0,45 MPA	ISO 75

**Hình 1.** Phụ gia ZAG2.

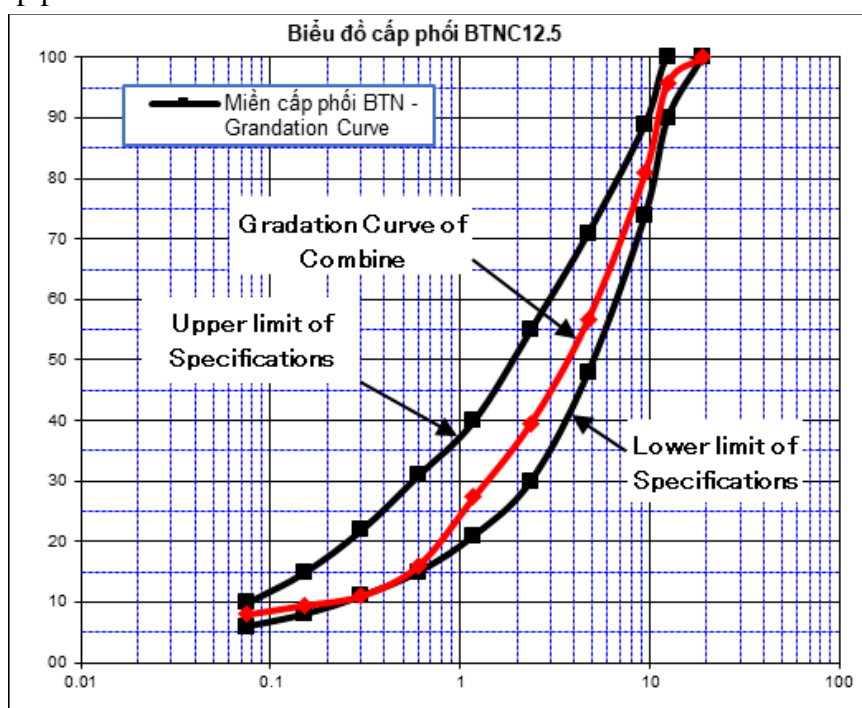
2.2. Lựa chọn hàm lượng nhựa cho thiết kế cấp phối (TKCP) của hỗn hợp

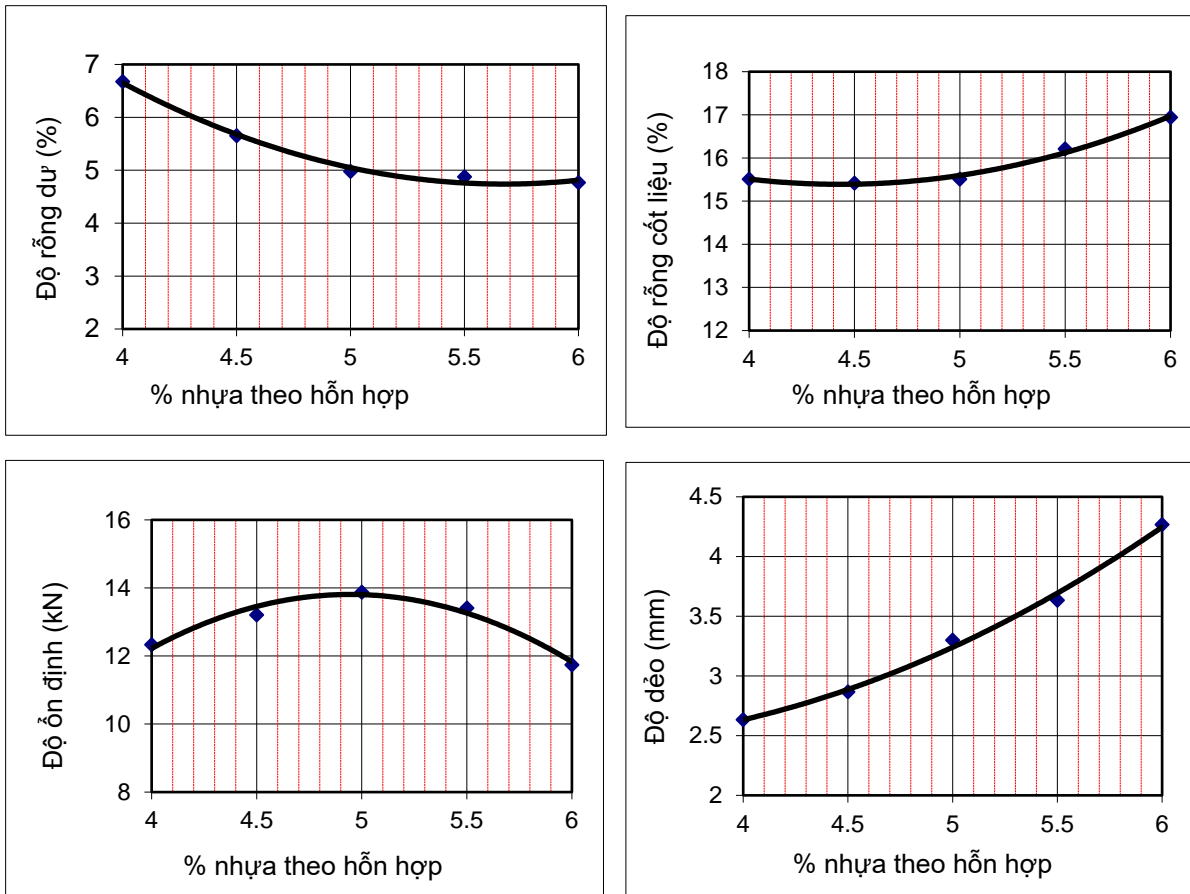
Cốt liệu đá sau khi được sàng ta chọn được đường cong cấp phối như hình 2.

Dựa trên các kết quả thí nghiệm ở hình 2, nhóm tác giả lựa chọn hàm lượng nhựa thiết kế cho hỗn hợp bê tông nhựa (BTN) theo bảng 2 là 5,2%.

Sau khi chọn được hàm lượng nhựa thiết kế, nhóm tác giả tiến hành trộn mẫu Marshall với tỷ lệ ZAG2 theo % hỗn hợp, lần lượt là:

- BTNC 12,5 có 0% ZAG2 (BTNC 12,5);
- BTNC 12,5 có 0,3% ZAG2 (BTNC 12,5 - 0,3);
- BTNC 12,5 có 0,5% ZAG2 (BTNC 12,5 - 0,5);
- BTNC 12,5 có 0,7% ZAG2 (BTNC 12,5 - 0,7).

**Hình 2.** Đường cong cấp phối.



Hình 3. Biểu đồ lựa chọn hàm lượng nhựa thiết kế.

Bảng 2. Các chỉ tiêu lựa chọn hàm lượng nhựa thiết kế.

	Yêu cầu	% nhựa	Tổng hợp
Độ nở dư:	3 - 6 (%)	: 4,3 - 6,0	4,3 - 5,7 %
Độ nở cốt liệu:	≥ 14 (%)	: 4,0 - 6,0	
Độ ổn định:	≥ 8 kN	: 4,0 - 6,0	
Độ dẽo:	2-4 (mm)	: 4,0 - 5,7	
Hàm lượng nhựa tối ưu		5,20 %	

2.3 Quá trình thí nghiệm

- Sau khi xác định được cấp phối cho BTNC 12,5 ta tiến hành đúc mẫu theo phương pháp Marshall, các bước được tiến hành theo trình tự:

+ Bước 1: Cân đá theo đúng tỷ lệ cấp phối (hình 3). Đá được lấy từ kho lưu trữ tại phòng thí nghiệm, đã được thí nghiệm kiểm tra cơ lý và sàng thành phần hạt theo đúng tiêu chuẩn hiện hành.

+ Bước 2: Đá sau khi cân được sấy đến nhiệt độ 165 - 170°C theo TCVN 8819:2011 [8]. Nhựa 60/70 được bỏ vào trống sấy đun cho nóng chảy.

+ Bước 3: Đá sau khi đạt tới nhiệt độ cần thiết được cho vào máy trộn chuyên dụng (hình 4) cùng với phụ gia ZAG2 trong 01 phút. Nhựa được cho vào sau khi đã nung chảy cùng với đá và phụ gia ZAG2 đã được trộn đều trước đó trong 01 phút. Sau đó tiếp tục đổ bột khoáng được cân theo cấp phối đã chọn, vào hỗn hợp BTN trộn tiếp 01 phút.

+ Bước 4: Mẫu trộn sau khi hoàn thành được chia phân làm 04 khay, khối lượng 1,2 kg/khay. Bỏ 04 khay hỗn hợp BTN vào trống sấy (hình 5) đến nhiệt độ 140 - 145°C, khuôn đầm mẫu Marshall được cho vào trống sấy chung với hỗn hợp BTN nhằm đảm bảo nhiệt độ cho mẫu BTN trong quá trình đầm tạo mẫu.

Phần hỗn hợp BTN còn dư được sấy khô và làm toi để xác định khối lượng thể tích của hỗn hợp.

+ Bước 5: Khay đựng hỗn hợp BTN sau khi đã đạt đến nhiệt độ 140 - 145⁰C, ta lấy mẫu ra khỏi trống sấy, đổ lần lượt từng khay hỗn hợp mẫu vào khuôn mẫu. San đều hỗn hợp trong khuôn, dùng chiếc bay nhỏ đầm nhẹ xung quanh khuôn mẫu. Sau đó bỏ vào máy đầm mẫu Marshall đầm 75 lần một mặt, sau đó trở mặt đầm tiếp 75 lần cho mặt tiếp theo.

+ Bước 6: Mẫu nén Marshall được để nguội đến nhiệt độ phòng, sau đó được kích ra tiến hành thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý theo TCVN 8819:2011 [8].



Hình 4. Đá sau khi được cân theo TKCP.



Hình 5. Máy trộn BTN.



Hình 6. Mẫu BTN được bỏ lại trống sấy



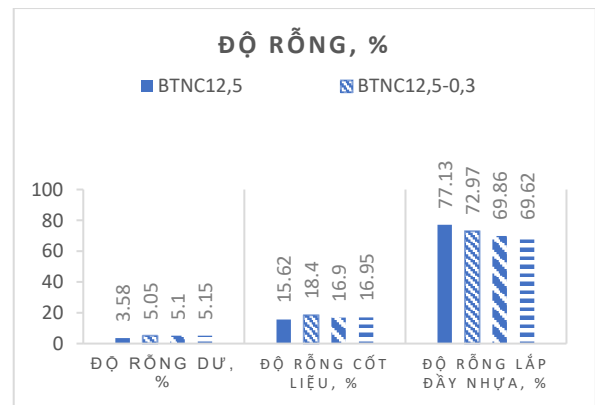
Hình 7. Mẫu BTN sau khi đầm.

2.4. Kết quả thí nghiệm

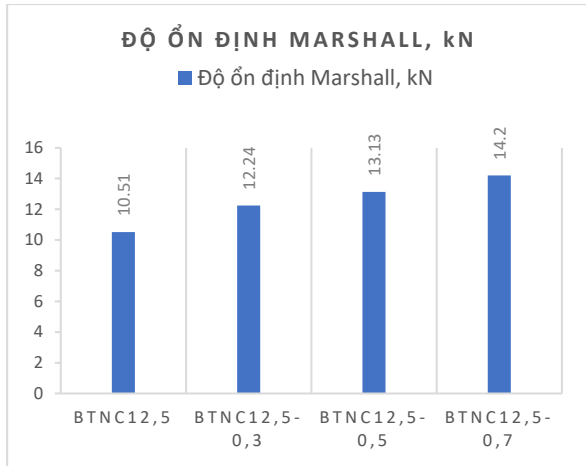
- Nhóm tác giả tiến hành các thí nghiệm cơ bản biểu thị tính chất của vật liệu như:

- + Thí nghiệm xác định độ rỗng;
- + Thí nghiệm xác định độ ổn định Marshall;
- + Thí nghiệm xác định chỉ số dẻo;
- + Thí nghiệm xác định cường độ ép chèn;
- + Thí nghiệm xác định khả năng kháng lún vệt hằn bánh xe (cho 02 TKCP BTNC 12,5 và BTNC 12,5-0,5)

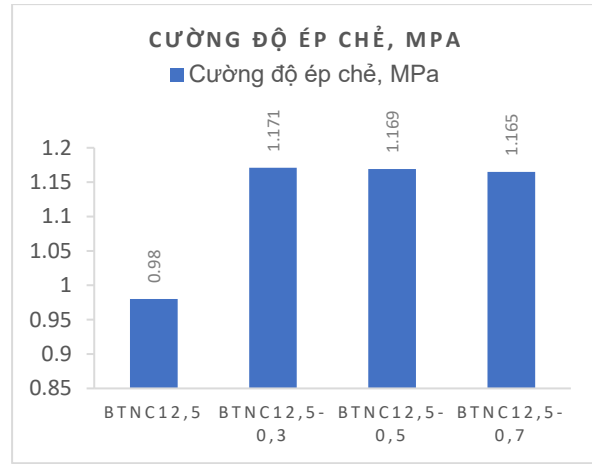
- Các kết quả thí nghiệm được tổng hợp lại thành các biểu đồ so sánh và được thể hiện trong các hình 8 đến hình 12.



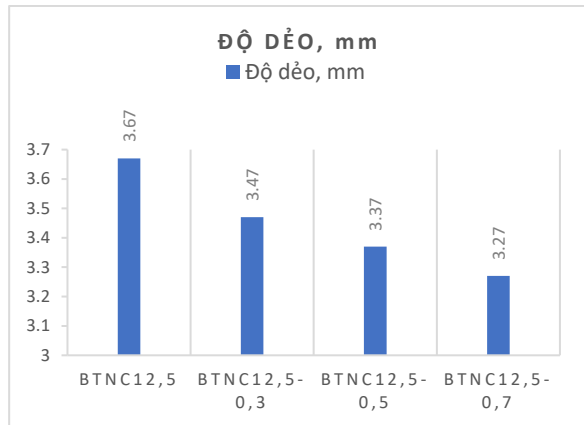
Hình 8. Biểu đồ độ rỗng dư, độ rỗng cốt liệu, độ rỗng lấp đầy.



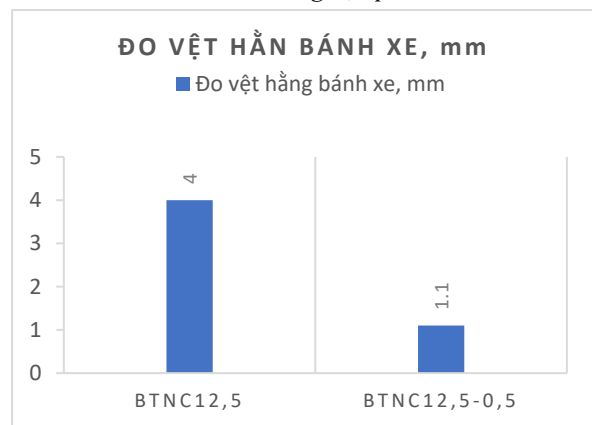
Hình 9. Biểu đồ độ ổn định Marshall.



Hình 11. Biểu đồ cường độ ép chẻ Marshall.



Hình 10. Biểu đồ độ dẻo Marshall.



Hình 12. Biểu đồ đo vết hằn bánh xe.

2.5. Đánh giá kết quả.

Tên hành lập bảng tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp BTN trước và sau khi thêm phụ gia ZAG2 như sau:

Bảng 4. Bảng tổng hợp so sánh các chỉ tiêu cơ lý của BTN.

Chỉ tiêu thí nghiệm	BTNC 12,5	BTNC 12,5-0,3 đến BTNC 12,5-0,7	Theo TCVN 8819-2011	Kết quả
Độ rỗng dư, %	3,58	5,05 - 5,15	3 ÷ 6	Tăng 43%
Độ rỗng cốt liệu, %	15,62	18,4 - 16,95	≥ 14	Tăng 8%
Độ rỗng lấp đầy nhựa, %	77,13	72,97 - 69,62	-	Giảm 10%
Độ ổn định Marshall, kN	10,51	12,24 - 14,2	≥ 8	Tăng 35%
Độ dẻo, mm	3,67	3,47 - 3,27	2 ÷ 4	Giảm 10%
Cường độ ép chẻ, Mpa	0,98	1,171 - 1,65		Tăng 19%
Độ sâu vết hằn bánh xe, mm	4	1,1		Giảm 72%

Theo kết quả tổng hợp ở bảng 4, nhóm tác giả có những nhận định sau:

- Giá trị độ rỗng dư biểu thị cho tỷ lệ khoảng không giữa các hạt cốt liệu trong hỗn hợp BTN. Giá trị này càng cao thì hỗn hợp BTN càng chứa nhiều khoảng không. Ta thấy rằng giá trị độ rỗng dư ở hỗn hợp BTNC 12,5-0,3 cao hơn đáng kể (5,05% > 3,58%) so với BTNC 12,5 và tăng dần ứng với BTNC 12,5-0,5 và BTNC 12,5-0,7. Mức giới hạn cho phép của giá trị này là từ 3 - 6% theo [8], với mức hàm lượng phụ gia ZAG2 0,7% thì giá trị này nằm ở mức 5,15% không vượt quá giá trị cho phép của hỗn hợp;

- Độ ổn định Marshall sau khi ngâm trong bể ổn nhiệt ở điều kiện nhiệt độ 60°C thể hiện khả năng chịu lực của mặt đường BTN khi bị nước thâm nhập trong khoảng thời gian 30 phút. Ta thấy ở đây độ ổn định của BTN tăng khi cho thêm phụ gia ZAG2, và tăng dần tỷ lệ với phụ gia thêm vào. Điều này được lý giải là do chất phụ gia ZAG2 có nhiệt độ nóng chảy cao hơn so với bitum, nên khả năng bền nhiệt của hỗn hợp BTN dưới tác dụng của môi trường cũng được cải thiện;

- Độ dẻo của BTNC biểu thị cho khả năng biến dạng của mặt đường dưới tác dụng của tải trọng bánh xe. Giá trị độ dẻo cần nằm trong giới hạn cho phép. Giá trị này càng cao thì sự êm thuận của mặt đường khi có lực tải trọng bánh xe tác dụng càng được cải thiện. Ở đây ta thấy giá trị độ dẻo giảm khi thêm phụ gia ZAG2, và giảm dần tỷ lệ với hàm lượng phụ gia thêm vào. Điều này là do ZAG2 có cấu trúc phân tử cứng hơn so với bitum nên khi cho vào hỗn hợp chỉ số này có chiều hướng giảm. Tuy nhiên nó vẫn nằm trong giới hạn cho phép của hỗn hợp theo [8];

- Cường độ ép chẻ biểu thị cho khả năng chịu lực của hỗn hợp BTN. Cường độ ép chẻ tăng đáng kể khi thêm phụ gia ZAG2 vào, tuy nhiên giá trị này lại không tăng tỷ lệ với hàm lượng phụ gia.

- Kết quả đo vết hằn bánh xe thể hiện chất lượng của lớp BTN dưới tác dụng của xe khi di chuyển trên mặt đường. Ở mẫu BTNC 12,5 thì giá trị này là 4 mm giảm xuống còn 1,1 mm ở mẫu BTNC 12,5-0,5. Điều này là do phụ gia ZAG2 có cấu tạo cứng hơn bitum, nhiệt độ

nóng chảy cũng cao hơn từ 130 - 150°C, hai yếu tố này làm cho hỗn hợp BTN chứa ZAG2 có khả năng chịu nhiệt tốt hơn, giảm khả năng bị bào mòn khi xe di chuyển.

3. Kết luận

- Sự cải thiện chất lượng của hỗn hợp BTN thể hiện ở các kết quả:

+ Độ ổn định Marshall tăng từ 10,51 kN lên đến 14,2 kN (tăng 35% với mức hàm lượng phụ gia ZAG2 0,7% theo hỗn hợp);

+ Cường độ ép chẻ tăng 0,98 MPa lên 1,71 MPa với hàm lượng phụ gia ZAG2 thêm vào là 0,3% (tăng 19% so với khi không thêm phụ gia ZAG2);

+ Khả năng kháng lún vết hằn bánh xe cũng được cải thiện đáng kể giảm 72% từ 4 mm xuống còn 1,1 mm với hàm lượng phụ gia là 0,5%.

- Với các kết quả thực nghiệm thu được, ta thấy rằng phụ gia ZAG2 có nguồn gốc Polyethylene làm cải thiện các nhược điểm còn tồn tại của hỗn hợp BTNC 12,5 thông thường.

- Tuy nhiên đây chỉ mới là bước đầu của quá trình nghiên cứu, cần thêm các thử nghiệm ngoài hiện trường để xác định rõ hơn sự ảnh hưởng của phụ gia này lên hỗn hợp BTN□

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Giao thông vận tải (2016), *Quyết định 1079/QĐ Quy định tạm thời về thiết kế, thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa sử dụng nhựa đường cao su hóa*;
- [2] Bộ Giao thông vận tải (2016), *Quyết định 2790/QĐ Quy định tạm thời về thiết kế, thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa có sử dụng phụ gia PR Plast S*;
- [3] Bộ Giao thông vận tải (2016), *Quyết định 3904/QĐ-BGTVT, Chỉ dẫn kỹ thuật tạm thời về thiết kế, thi công và nghiệm thu BTN chặt thông thường có sử dụng phụ gia SBS trộn với cốt liệu nóng tại trạm trộn*;
- [4] Võ Đại Tú (2014), *Bê tông nhựa cải tiến cao su - giải pháp đa năng*, tạp chí Giao thông vận tải;
- [5] TS Nguyễn Mạnh Tuấn, KS. Trần Ngọc Vũ (2018), *Ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ trộn đến độ ổn định Marshall của bê tông nhựa cao su theo phương pháp trộn khô*, tạp chí Giao thông vận tải;
- [6] Lã Văn Châm, Nguyễn Quang Phúc, Lương Xuân Chiếu (2015), *Nghiên cứu đề xuất công nghệ trộn trực tiếp phụ gia SBS tại trạm cải thiện khả năng*

chống hằn lún vết bánh xe của bê tông nhựa nóng ở Việt Nam, tạp chí Giao thông vận tải;

- [7] Bộ Khoa học và công nghệ (2011), *TCVN 8820:2011, Hỗn hợp bê tông nhựa nóng – Thiết kế theo phương pháp Marshall*;
- [8] Bộ khoa học và công nghệ (2011), *TCVN 8819:2011, Mặt đường Bê tông nhựa nóng – Yêu cầu thi công và nghiệm thu*;
- [9] Bộ Giao thông vận tải (2014), *Quyết định 1617/QĐ 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*;

- [10] TS Võ Đại Tú, Nguyễn Thị Mỹ Tiên, Trương Văn Quyết, Nguyễn Ngọc Lan (2021), *Ảnh hưởng hàm lượng phụ gia ZAG1 đến một số tính năng của bê tông ASPHALT*, tạp chí Giao thông vận tải, tập 72, số 3 (04/2021), 317-327.

Ngày nhận bài: 14/05/2021

Ngày chuyển phản biện: 17/05/2021

Ngày hoàn thành sửa bài: 07/06/2021

Ngày chấp nhận đăng: 14/06/2021