TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ CỦA BỘ XÂY DỰNG
JOURNAL OF CONSTRUCTION

**TẠP CHÍ XÂY DỰNG - eISSN 3030-4482**

# Ảnh hưởng của phụ gia Rw-Plast và SBS đến đặc tính kỹ thuật của bê tông nhựa rỗng mặt đường ô tô

Influence of Rw-Plast and SBS polymer modifiers on the engineering performance of porous asphalt mixtures used in highway surface courses

➢ **TS Nguyễn Phước Minh**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: minhnp_ph@utc.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO
Chuyên mục: Khoa học công nghệ
Ngày nhận bài: 08/5/2026
Ngày sửa bài: 22/5/2026
Ngày chấp nhận đăng: 10/6/2026
Ngày xuất bản Online: 20/7/2026
Tác giả liên hệ:
Email: minhnp_ph@utc.edu.vn

**TÓM TẮT**

Bê tông nhựa rỗng (BTNR) được sử dụng rộng rãi trong lớp mặt đường ô tô nhờ khả năng thoát nước vượt trội và giảm tiếng ồn hiệu quả. Tuy nhiên, loại vật liệu này thường gặp các vấn đề liên quan đến độ bền cơ học và khả năng chống biến dạng vĩnh cửu. Cấu trúc cấp phối hở với độ rỗng dư cao vốn làm giảm độ ổn định cơ học cũng như hiện tượng suy giảm độ rỗng so với bê tông nhựa cấp phối chặt [10]. Để khắc phục các hạn chế về đặc điểm này, việc sử dụng phụ gia Rw-Plast và SBS được xem là giải pháp quan trọng nhằm nâng cao đặc tính cơ học tổng thể. Nội dung thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của phụ gia Rw-Plast và SBS đến các tính năng kỹ thuật bao gồm: Độ ổn định Marshall, tổn thất mài mòn Cantabro và khả năng kháng hằn lún. Nghiên cứu này tập trung phân tích ảnh hưởng cụ thể của phụ gia polymer Rw-Plast và SBS đến tính năng kỹ thuật của BTNR, nhằm xác định hiệu quả của chúng trong việc sản xuất lớp mặt BTNR, qua đó duy trì tuổi thọ khai thác cũng như xây dựng cơ sở khoa học cho việc khai thác lớp vật liệu này, đảm bảo cân bằng giữa hiệu quả thoát nước và độ bền cơ học của lớp mặt đường ô tô trong điều kiện khí hậu nóng ẩm như ở Việt Nam.

**Từ khóa:** Bê tông nhựa rỗng; nhựa đường polymer; phụ gia Rw-Plast; phụ gia SBS; độ ổn định Marshall; độ hao mòn Cantabro; kháng hằn lún bánh xe.

**A B S T R A C T**

Porous asphalt (PA) mixtures have been widely used in surface courses of road pavements due to their superior drainage capacity and effective noise reduction. However, this type of material often faces challenges related to mechanical strength and resistance to permanent deformation. The open-graded structure with high air void content, while beneficial for permeability, inherently reduces mechanical stability and is more susceptible to void reduction compared to dense-graded asphalt mixtures. To address these limitations, the incorporation of polymer modifiers such as Rw-Plast and SBS has been considered a promising approach to enhance the overall mechanical performance of porous asphalt mixtures. This study experimentally evaluates the effects of Rw-Plast and SBS additives on key engineering properties, including: Marshall stability, Cantabro abrasion loss, and rutting resistance. The research focuses on analyzing the specific influence of Rw-Plast and SBS polymers on the performance characteristics of porous asphalt mixtures, aiming to determine their effectiveness in improving surface course performance. The findings contribute to extending service life and establishing a scientific basis for the application of porous asphalt, ensuring an optimal balance between surface functionality drainage capacity and mechanical durability under hot and humid climatic conditions such as those in Vietnam.

**Keywords:** Porous asphalt mixture; Polymer-modified asphalt; Rw-Plast modifier; Styrene-butadiene-styrene (SBS); Marshall stability; Cantabro abrasion loss; rutting resistance.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

BTNR là loại bê tông nhựa có cấu trúc rỗng hở với độ rỗng dư lớn nhằm tạo hệ thống lỗ rỗng liên thông cho phép nước mưa thoát nhanh khỏi bề mặt. Trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm tại Việt Nam, BTNR có tiềm năng ứng dụng cho cao tốc và đường đô thị. Tuy nhiên, do cấu trúc khung cốt liệu và hàm lượng nhựa thấp, BTNR dễ bị suy giảm độ rỗng, dẫn đến ảnh hưởng chức năng khai thác vốn có của nó khi chịu tác động nước và nhiệt độ cao. Việc sử dụng phụ gia cải tiến được xem là giải pháp hiệu quả nhằm cải thiện đặc tính cơ học và nâng cao độ bền cho lớp vật liệu. Phụ gia SBS là loại polymer được sử dụng phổ biến trên các tuyến cao tốc hiện nay tại Việt Nam nhờ khả năng dễ khai thác, sản xuất, vận chuyển. Phụ gia Rw-Plast là phụ gia polymer thế hệ mới có khả năng tăng cường tương tác hóa lý giữa nhựa và cốt liệu. Tuy nhiên, các nghiên cứu so sánh trực tiếp hai loại phụ gia này cho BTNR tại Việt Nam còn hạn chế. Mục tiêu nghiên cứu của bài báo này là: Đánh giá ảnh hưởng của phụ gia Rw-Plast và SBS đến các đặc tính kỹ thuật của BTNR.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu

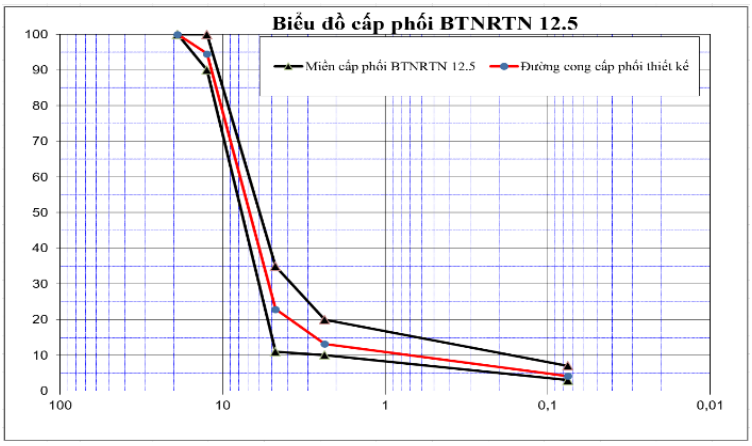
*- Cốt liệu lớn (đá dăm) và cốt liệu nhỏ (cát)*:

+ Chỉ tiêu cơ lý quy định của đá dăm, cát, bột khoáng theo TCVN 13567-1:2020;

+ Cốt liệu sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm đá: 10x16, 5x10 và cát nghiền có nguồn gốc từ mỏ đá Antraco, Tri Tôn, tỉnh An Giang (cũ). Bột khoáng lấy từ nguồn Hà Nam.

Bảng 1. Thành phần và đường cong cấp phối cốt liệu

| Cỡ hạt | Tỷ lệ phối trộn (%) | Lượng lọt sàng (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 19 | 12,5 | 4,75 | 2,36 | 0,075 |
| Đá 10x16 | 27 | 27,0 | 22,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| Đá 5x10 | 58 | 58,0 | 58,0 | 8,0 | 2,2 | 0,4 |
| Cát nghiền | 11 | 11,0 | 11,0 | 10,5 | 6,7 | 0,3 |
| Bột khoáng | 4 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 3,4 |
| Cấp phối hỗn hợp (%) | | 100,0 | 95,2 | 22,7 | 13,1 | 4,2 |
| TCVN13048:2020 | | 100 | 90 ÷ 100 | 11 ÷ 35 | 10 ÷ 20 | 3 ÷ 7 |




Hình 1. Biểu đồ đường cong cấp phối cốt liệu

- *Bitum*: Nguồn bitum được lấy từ trạm sản xuất bê tông nhựa BMT - Dĩ An, Bình Dương.

Hình 2. Hình ảnh cốt liệu và chất kết dính bitum để chế bị mẫu BTNR

*a)* *b)*

Hình 3. Phụ gia Rw-Plast (a) và SBS (b)

Bảng 2. Chỉ tiêu kỹ thuật của bitum thí nghiệm

| Chỉ tiêu | Đơn vị đo | Kết quả thí nghiệm | Yêu cầu TCVN 13567-1:2020 | Phương pháp thử |
|---|---|---|---|---|
| 1. Độ kim lún - 100g ở 25°C, 5 giây | 1/10mm | 63 | Min. 60<br>Max. 70 | TCVN 7495:2005 |
| 2. Chỉ số độ kim lún PI | | -0,95 | -1,5 ÷ 1 | TCVN 7495:2005 |
| 3. Nhiệt độ hóa mềm | $^0$C | 48,5 | Min. 46 | TCVN 7497:2005 |
| 4. Độ nhớt động lực học ở 60$^0$C | Pa.s | 286,38 | Min. 180 | TCVN 8818-5:2011 |
| 5. Độ kéo dài ở 25$^0$C – 5cm/phút | cm | >100 | Min. 100 | TCVN 7496:2005 |
| 6. Hàm lượng Paraphin | % | 1,48 | Max. 2.2 | TCVN 7503:2005 |
| 7. Điểm chớp cháy (cốc mở Cleveland) | $^0$C | 351 | Min. 232 | TCVN 7498:2005 |
| 8. Độ hòa tan trong Trichloethylene | % | 99,32 | Min. 99 | TCVN 7500:2005 |
| 9. Khối lượng riêng ở 25$^0$C | g/cm$^3$ | 1,035 | 1,0 – 1,05 | TCVN 7501:2005 |
| 10. Các chỉ tiêu thí nghiệm trên mẫu nhựa sau khi thí nghiệm TFOT : Chế bị mẫu theo TCVN11711 | | | | |
| 10.1. Tổn thất khối lượng | % | 0,02 | Max. 0.8 | TCVN11711 |
| 10.2 Tỷ lệ độ kim lún còn lại so với độ kim lún | % | 74,23 | Min. 54 | TCVN 7495 : 2005 |
| 10.3 Độ kéo dài ở 25$^0$C – 5cm/phút | Cm | >50 | Min. 50 | TCVN 7496 : 2005 |
| 11. Độ dính bám với đá | Cấp | Cấp 3 | Min. Cấp 3 | TCVN 7504 : 2005 |

*- Phụ gia:*

+ Rwplast là một phụ gia chất lượng cao gốc polyolefin, nhằm cải thiện chất lượng vật liệu BTN, đặc biệt là đặc tính kỹ thuật bề mặt của bê tông nhựa và khả năng kháng lún, đồng thời nâng cao khả năng kết dính và khả năng chống bong bật cốt liệu bề mặt, qua đó nâng cao tuổi thọ khai thác và làm giảm tối đa chi phí bảo trì mặt đường hàng năm. Hàm lượng phụ gia Rw-Plast sử dụng từ 0,3% đến 0,8%, thường lấy 0,5% theo tổng trọng lượng hỗn hợp bê tông nhựa theo kiến nghị của nhà sản xuất từ Roadway Solutions Group của Pháp. Rw-Plast dễ dàng sử dụng với quy trình sản xuất BTN, bằng cách trộn khô trực tiếp với cốt liệu đã sấy nóng đối với trạm trộn bê tông nhựa nóng theo chu kỳ hay trạm trộn liên tục.

+ SBS dạng hạt: SBS (Styrene-Butadiene-Styrene) là một polymer có cấu trúc mạch thẳng, dạng hạt màu trắng, được biết đến với khả năng cải thiện tính chất của nhựa đường. Nhờ cấu trúc đặc biệt, SBS có khả năng tương tác tốt hơn với nhựa đường, giúp tăng cường độ bền và độ ổn định của bê tông nhựa. Phụ gia SBS được sử dụng với hàm lượng thay đổi từ 4% đến 6%, thường lấy 5% theo khối lượng nhựa tối ưu của bê tông nhựa.

Có hai phương pháp chính để ứng dụng SBS vào sản xuất bê tông nhựa. Phương pháp đầu tiên là trộn trực tiếp SBS với nhựa đường trước khi kết hợp với cốt liệu, trong khi phương pháp thứ hai là trộn SBS vào hỗn hợp bê tông nhựa tại các trạm trộn. Tuy nhiên, phương pháp trộn trực tiếp SBS với nhựa đường thường mang lại hiệu quả kỹ thuật cao hơn, giúp tối ưu hóa tính chất của bê tông nhựa.

### 2.2. Trình tự thí nghiệm

Để chế bị các mẫu phục vụ nghiên cứu, cần xác định hàm lượng nhựa tối ưu cho mẫu BTNR, trình tự thực hiện các bước thí nghiệm sau:

- Thí nghiệm kiểm tra chất lượng vật liệu đầu vào phục vụ chế bị mẫu;
- Tính toán tỷ lệ phối trộn cốt liệu;
- Xác định hàm lượng nhựa tham khảo;
- Lựa chọn các hàm lượng nhựa thử nghiệm;
- Thí nghiệm độ chảy nhựa;
- Chế tạo mẫu BTNR theo phương pháp Marshall;
- Thí nghiệm độ hao mòn Cantabro;
- Xác định hàm lượng nhựa tối ưu;
- Chế tạo mẫu BTNR với hàm lượng nhựa tối ưu.

*2.2.1. Thí nghiệm xác định hàm lượng nhựa tối ưu*

*Xác định hàm lượng nhựa tối ưu theo lý thuyết:* $AC = K \times S$ (1)

Trong đó:

- AC là hàm lượng nhựa dự kiến, tính theo % tổng khối lượng cốt liệu, %;
- K là chiều dày màng nhựa thích hợp với BTNR (lấy 0,014 mm).
- S là tỷ diện bề mặt cốt liệu, được tính theo công thức sau:

$S=(2+0,02a+0,04b+0,08c+0,14d+0,3e+0,6f+1,6g)/48,74$

Trong đó: a là tỷ lệ phần trăm lọt sàng 4,75 mm, b là tỷ lệ phần trăm lọt sàng 2,36 mm, c là tỷ lệ phần trăm lọt sàng 1,18 mm, d là tỷ lệ phần trăm lọt sàng 0,6 mm, e là tỷ lệ phần trăm lọt sàng 0,3 mm, f là tỷ lệ phần trăm lọt sàng 0,15 mm, g là tỷ lệ phần trăm lọt sàng 0,075 mm (%).

Bảng 3. Hàm lượng nhựa tính toán theo thành phần hạt

| Cỡ hạt | Tỷ lệ phối trộn (%) | Lượng lọt sàng (%) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 19 | 12,5 | 4,75 | 2,36 | 1,18 | 0,6 | 0,3 | 0,15 | 0,075 |
| Đá 10x16 | 27 | 27,0 | 22,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Đá 5x10 | 58 | 58,0 | 58,0 | 8,0 | 2,2 | 1,3 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,4 |
| Cát nghiền | 11 | 11,0 | 11,0 | 10,5 | 6,7 | 4,0 | 2,4 | 1,3 | 0,6 | 0,3 |
| Bột khoáng | 4 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 3,9 | 3,4 |
| Cấp phối hỗn hợp (%) | | 100,0 | 95,2 | 22,7 | 13,1 | 9,4 | 7,4 | 6,1 | 5,1 | 4,2 |
| | | | | a | b | c | d | e | f | g |
| | | | | 0,02a | 0,04b | 0,08c | 0,14d | 0,3e | 0,6f | 1,6g |
| Tỷ diện bề mặt S | | | | 0,336 | | | | | | |
| Hàm lượng nhựa theo cốt liệu AC=14xS | | | | 4,70% | | | | | | |
| Hàm lượng nhựa theo hỗn hợp BTNR12.5 | | | | 4,50% | | | | | | |

Các giá trị c, d, e và f có thể được xác định bằng cách tra từ biểu đồ đường cong cấp phối hỗn hợp sau khi phối trộn hoặc trong quá trình sàng phân tích thành phần hạt cốt liệu sàng bổ sung thêm các cỡ sàng 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3 mm và 0,15 mm.

*Xác định hàm lượng nhựa tối ưu theo phương pháp thực nghiệm:*

- Đúc mẫu Marshall theo 5 tổ hợp với hàm lượng nhựa tăng giảm 0,5% quanh giá trị hàm lượng nhựa lý thuyết, mỗi tổ hợp 3 mẫu; xác định quan hệ độ bền Marshall-hàm lượng nhựa;

- Thí nghiệm các chỉ tiêu độ hao mòn Cantabro và độ chảy nhựa ứng với hàm lượng nhựa tăng giảm 0,5%; xác định độ chảy nhựa thông qua quan hệ độ hao mòn Cantabro và hàm lượng nhựa;

- Tính toán xác định hàm lượng nhựa tối ưu thực nghiệm.

*2.2.2. Thí nghiệm xác định các chỉ tiêu kỹ thuật của BTNR12.5*

- *Độ ổn định Marshall* (60$^o$C, 40 phút - TCVN 8860-1:2011): Mẫu BTN hình trụ có kích thước quy định, đường kính 101,6 mm, chiều cao 63,5 mm. Ngâm trong bể nước ổn nhiệt trong điều kiện xác định về nhiệt độ 60$^o$C, thời gian 40 phút và sau đó được nén đến phá hủy trên máy nén Marshall. Xác định giá trị lực nén lớn nhất và biến dạng mẫu ở cùng thời điểm để tính độ ổn định, độ dẻo Marshall.

Độ ổn định marshall của mẫu tính bằng kN, theo công thức: $S = K.P$ (2)

Trong đó: K là hệ số điều chỉnh; P là lực nén lớn nhất (kN); độ dẻo marshall của mẫu là giá trị biến dạng của viên mẫu (mm); độ ổn định, độ dẻo marshall của BTN là giá trị trung bình của tối thiểu 3 mẫu.

- Độ chảy nhựa (TCVN8860-6:2011): Trong thiết kế hỗn hợp BTNR BTNR12.5, chỉ tiêu độ chảy nhựa (draindown) phản ánh xu hướng tách và chảy của bitum khỏi khung cốt liệu dưới tác dụng nhiệt độ và trọng lực trong quá trình trộn - vận chuyển - rải. Chỉ tiêu này đặc biệt quan trọng đối với BTNR vì hỗn hợp có độ rỗng lớn và hàm lượng nhựa cao, làm tăng nguy cơ mất ổn định của lớp màng bitum

Chuẩn bị mẫu thử: Chuẩn bị 3 mẫu thử BTNR, mỗi mẫu khoảng 2 kg, sấy mẫu và đĩa đựng mẫu đến khối lượng không đổi, xác định khối lượng đĩa đựng mẫu chính xác tới 0,1 g (ký hiệu là A). Chuyển mẫu hỗn hợp đã sấy vào đĩa đựng mẫu. Đảm bảo nhiệt độ hỗn hợp BTNR khi cho vào đĩa không nhỏ hơn 25$^o$C so với nhiệt độ thử nghiệm. Xác định khối lượng đĩa đựng mẫu có chứa mẫu BTNRTN chính xác tới 0,1 g (ký hiệu là B), đặt đĩa chứa mẫu vào tủ sấy đã gia nhiệt tới nhiệt độ thử nghiệm, duy trì trong thời gian 60 phút, đưa mẫu ra khỏi lò sấy, lật ngược đĩa đựng mẫu để đổ mẫu ra. Cân xác định khối lượng đĩa kim loại có lượng vữa nhựa đường dính trên đĩa chính xác tới 0,1 g (ký hiệu là C).

Tính toán độ chảy nhựa: Độ chảy nhựa của mẫu BTNR (M), tính bằng phần trăm (%), chính xác tới 0,1%, theo công thức: $M = 100 \times (C-A)/(B-A)$ (3)

Trong đó: A là khối lượng của đĩa, tính bằng gam (g); B là khối lượng của đĩa và mẫu, tính bằng gam (g); C là khối lượng của đĩa và vữa nhựa đính trên đĩa, tính bằng gam (g).

- *Độ hao mòn Cantabro* (TCVN11415-2016): Độ hao mòn Cantabro là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá độ bền khung và khả năng kháng bong bật cốt liệu của BTNR. Thí nghiệm Cantabro mô phỏng tác động mài mòn và va đập của bi sắt lên mẫu vật liệu, qua đó phản ánh mức độ liên kết giữa cốt liệu và lớp màng bitum trong cấu trúc rỗng của hỗn hợp. Thí nghiệm được thực hiện trong thùng quay Los Angeles. Khối lượng mẫu đầm Marshall (đầm 2 mặt với số chày là 50 chày/1 mặt) là chỉ tiêu cho phép đánh giá độ bền của mẫu BTNR thiết kế.

Trình tự thử nghiệm như sau: Đúc các tổ mẫu Marshall (mỗi tổ 3 mẫu, nhiệt độ trộn là 155$^o$C, đầm mẫu là 145$^o$C) theo hàm lượng nhựa khảo sát để tìm hàm lượng nhựa tối ưu thiết kế, cân mỗi tổ mẫu xác định khối lượng ban đầu $G_A$ (g), đặt các mẫu vào thùng quay Los Angeles, không bi sắt, cho thùng quay quay với tốc độ 30 - 33 vòng phút, quay 300 vòng thì dừng, lấy các mẫu ra cân xác định khối lượng sau khi quay $G_B$ (g).

Tính toán độ mài mòn Cantabro theo công thức: $CL = [(G_A - G_B)/G_A] \times 100$ (%) (4)

Hình 4. Mẫu trước và sau thí nghiệm Cantabro

## 3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ NHẬN XÉT

### 3.1. Độ bền Marshall

Từ kết quả xác định khi sử dụng phụ gia Rw-Plast và SBS cho BTNR12.5, có thể kết luận các vấn đề sau:

- Kết quả thí nghiệm xác định độ bền Marshall cho tổ mẫu sử dụng phụ gia Rw-Plast và SBS đều đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN13048:2024 cho BTNR;

- Polymer RW-Plast giúp cải thiện đáng kể độ ổn định Marshall của BTNR12.5 so với SBS.

- Độ ổn định Marshall của hỗn hợp RW-Plast tăng nhẹ từ 6,57 kN đến 6,74 kN.

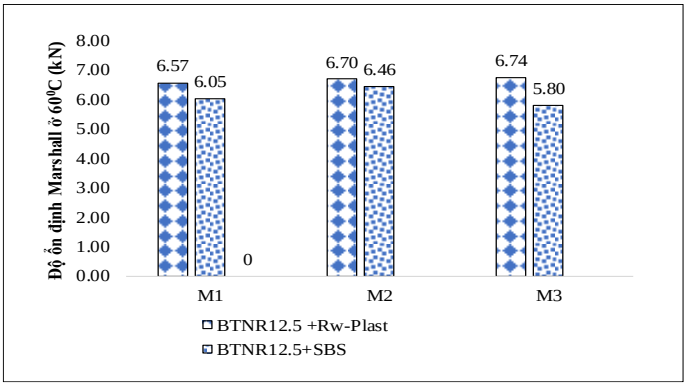
- Hỗn hợp SBS đạt giá trị tối ưu tại tổ mẫu M2 (6,46 kN) nhưng giảm ở tổ mẫu M3 (5,80 kN), cho thấy độ nhạy cao với hàm lượng polymer của SBS, lý do độ nhớt của bitum tăng, hàm lượng nhựa bao bọc cốt liệu quá mức, gây ra độ ổn định cơ học khung cốt liệu của BTNR giảm xuống;

- RW-Plast cho giá trị độ bền Marshall cao hơn từ 3,7% đến 16,2% so với SBS.

- Điều này chứng minh phụ gia RW-Plast hiệu quả tốt hơn trong việc cải thiện độ ổn định cơ học và khả năng kháng biến dạng của BTNR.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm Marshall và tỉ lệ chênh lệch của mẫu thí nghiệm

| stt | Độ ổn định Marshall ở 60$^0$C (kN) | | | Chênh lệch | Tỉ lệ chênh lệch (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| | BTNR12.5 +Rw-Plast | BTNR12.5+SBS | Yêu cầu theo TCVN 13048:2020 | | |
| M1 | 6,57 | 6,05 | ≥ 3,5 | 0,52 | 8,60% |
| M2 | 6,70 | 6,46 | | 0,24 | 3,72% |
| M3 | 6,74 | 5,80 | | 0,94 | 16,21% |




Hình 5. Kết quả thí nghiệm xác định độ bền Marshall

### 3.2. Độ dẻo Marshall

Từ Bảng 5 và Hình 5, kết quả thí nghiệm độ dẻo Marshall có thể rút ra các vấn đề sau:

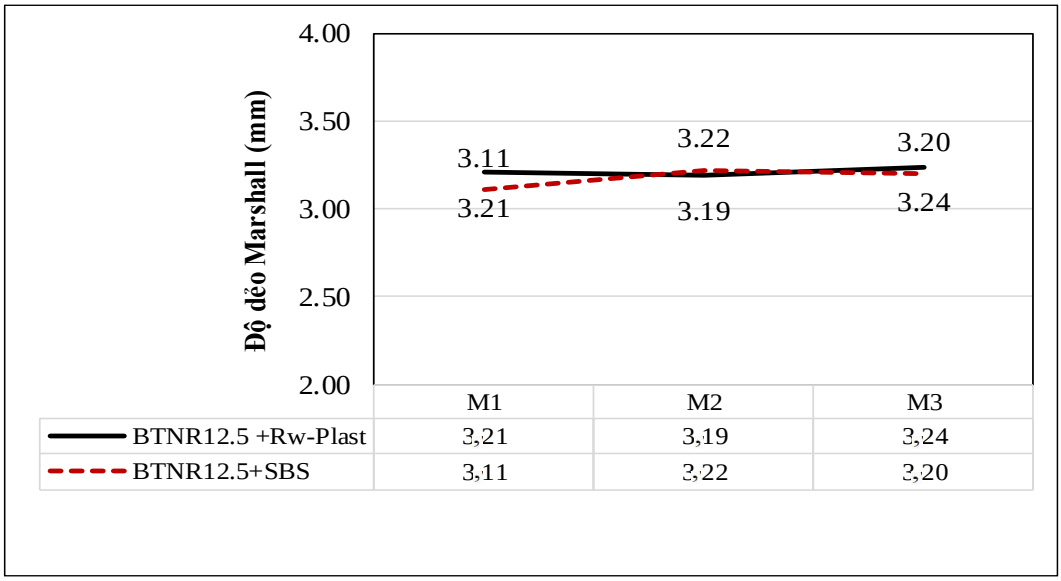
- Độ dẻo Marshall của BTNR12.5 dao động 3,11 - 3,24 mm, nằm trong khoảng phù hợp theo TCVN13048:2024 đối với hỗn hợp BTNR.

- Hỗn hợp sử dụng RW-Plast có xu hướng tăng nhẹ độ dẻo (1,13%) so với SBS, Rw-Plast cho xu hướng tăng nhẹ khả năng biến dạng dẻo, trong khi SBS thiên về tăng tính đàn hồi và độ ổn định cấu trúc.

- Điều này cho thấy Rw-Plast có thể được xem là một giải pháp thay thế khả thi cho SBS trong thiết kế BTNR thoát nước, đặc biệt khi xét thêm các yếu tố ứng dụng và khả năng thi công.

Bảng 5. Kết quả độ dẻo Marshall cho BTNR12.5

| stt | Độ dẻo Marshall ở 60$^0$C (mm) | | Chênh lệch | Tỉ lệ chênh lệch (%) |
|---|---|---|---|---|
| | BTNR12.5 +Rw-Plast | BTNR12.5+SBS | | |
| M1 | 3,21 | 3,11 | 0,10 | 3,22% |
| M2 | 3,19 | 3,22 | -0,03 | -0,93% |
| M3 | 3,24 | 3,20 | 0,04 | 1,25% |




Hình 6. Biểu đồ độ dẻo Marshall cho BTNR

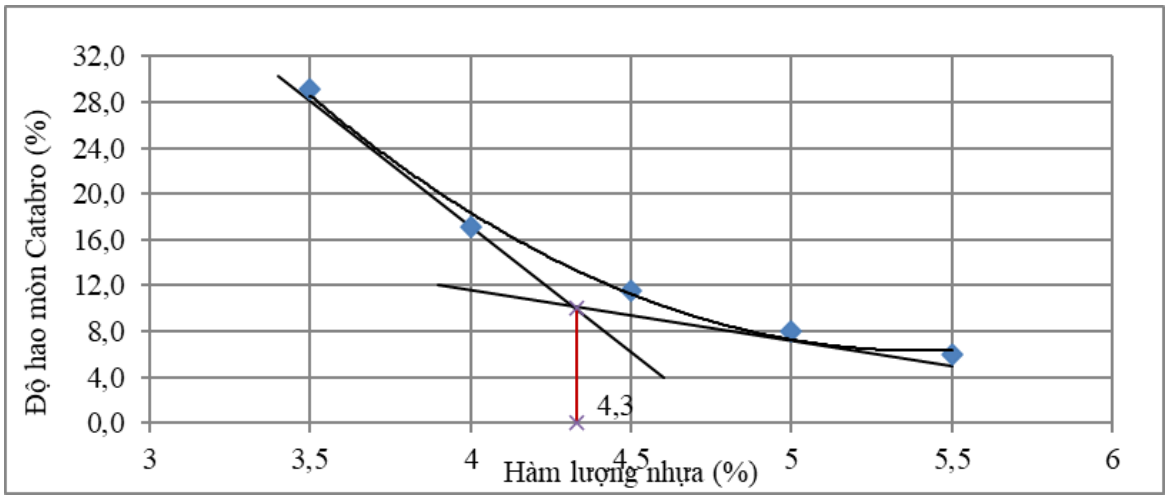
### 3.3. Độ chảy nhựa

*Nhận xét:* Từ Bảng 6 và biểu đồ Hình 6 có thể phân tích quan hệ độ chảy nhựa - hàm lượng nhựa và độ hao mòn Cantabro-hàm lượng nhựa của BTNR như sau:

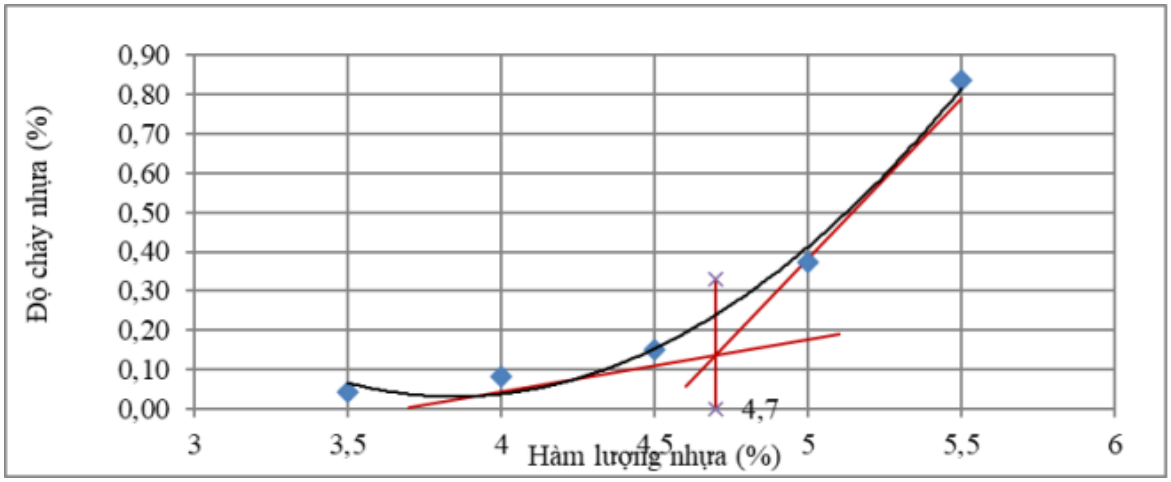
- Hàm lượng nhựa tối ưu:

Bảng 6. Kết quả thí nghiệm Cantabro và độ chảy nhựa của BTNR12.5

| Hàm lượng nhựa (%) | Độ hao mòn Cantabro (%) | Độ chảy nhựa (%) | TCVN 13048:2020, Độ chảy nhựa (%) |
|---|---|---|---|
| 3,5 | 29,1 | 0,05 | ≤ 0,3 |
| 4,0 | 17,1 | 0,08 | |
| 4,5 | 11,6 | 0,15 | |
| 5,0 | 8,1 | 0,37 | |
| 5,5 | 6,0 | 0,83 | |




Hình 7. Biểu đồ quan hệ giữa hàm lượng nhựa và độ hao mòn Cantabro




Hình 8. Biểu đồ quan hệ giữa hàm lượng nhựa và độ chảy nhựa

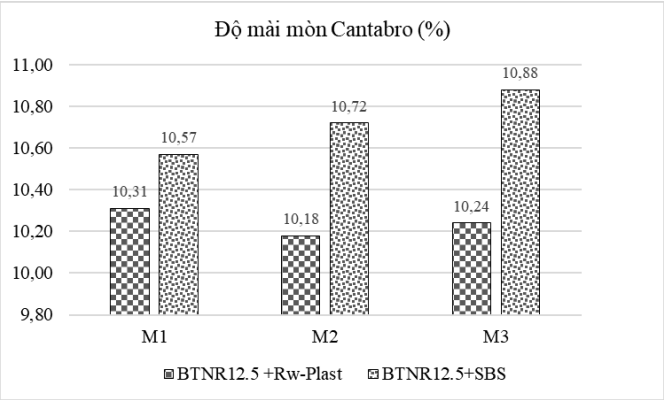
Giai đoạn 1 - Hàm lượng nhựa thấp (3,5 - 4,0%): Độ chảy nhựa rất nhỏ (0,05 - 0,08%), chứng tỏ lượng bitum chủ yếu bị hấp phụ vào bề mặt cốt liệu và lấp đầy các khe rỗng, lớp màng bitum còn mỏng, lực liên kết giữa các hạt cốt liệu chưa tối ưu, dẫn đến độ hao mòn Cantabro còn lớn.

Giai đoạn 2 - Hàm lượng nhựa trung bình (4,0 - 4,5%): Độ chảy nhựa tăng nhẹ (0,08 - 0,15%), cho thấy lớp màng bitum bắt đầu phát triển đầy đủ quanh khung cốt liệu nhưng vẫn được giữ ổn định nhờ lực mao dẫn và ma sát trong hệ lỗ rỗng, độ hao mòn Cantabro giảm mạnh (từ 17,1% xuống 11,6%), chứng tỏ liên kết cốt liệu - bitum được cải thiện rõ rệt.

Giai đoạn 3 - Hàm lượng nhựa cao (≥5,0%): Độ chảy nhựa tăng nhanh từ 0,37% lên 0,83%, thể hiện sự mất ổn định của lớp màng bitum trong hệ lỗ rỗng mở của BTNR, bitum dư sẽ tách khỏi hỗn hợp và chảy xuống dưới trong điều kiện nhiệt độ cao. Mặc dù độ hao mòn Cantabro tiếp tục giảm nhưng sự gia tăng mạnh của draindown cho thấy nguy cơ phân tầng nhựa và giảm độ bền lâu dài của mặt đường. Từ yêu cầu kỹ thuật của BTNR12.5 theo TCVN13048:2024, chọn khoảng hàm lượng nhựa hợp lý đối với BTNR12.5 nằm xấp xỉ 4,3 - 4,7%, hàm lượng nhựa tối ưu là 4,5%.

### 3.4. Độ hao mòn Cantabro

Từ kết quả độ hao mòn Cantabro (Hình 8), có thể rút ra các nhận xét và phân tích về giá trị độ bền Cantabro như sau:




Hình 9. Kết quả độ mài mòn Cantabro của BTNR12.5 sử dụng phụ gia Rw-Plast và SBS

- Độ hao mòn Cantabro của BTNR12.5 nằm trong khoảng 10,18- 10,88% (theo TCVN13048:2024, độ mài mòn Cantabro≤ 20%), cho thấy hỗn hợp đạt yêu cầu kỹ thuật;

- Hỗn hợp sử dụng RW-Plast có Cantabro thấp hơn khoảng 4 - 6% so với SBS, có khả năng kháng bong bật cốt liệu tốt hơn với BTN12.5 sử dụng phụ gia SBS;

- Sự cải thiện này liên quan đến khả năng tăng bám dính và tính linh hoạt hơn của phụ gia Rw-Plast so với SBS cho BTNR12.5;

- Cả hai loại phụ gia đều đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với BTNR, tuy nhiên RW-Plast thể hiện tiềm năng cao hơn trong việc nâng cao độ bền mài mòn bề mặt hoặc hạn chế sự suy giảm khả năng bong bật trong khai thác.

## 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc sử dụng phụ gia có ảnh hưởng rõ rệt đến các đặc tính cơ học và độ bền khai thác của hỗn hợp BTNR BTNR12.5. Các chỉ tiêu được phân tích bao gồm: Độ bền Marshall, độ dẻo Marshall, độ hao mòn Cantabro và quan hệ giữa hàm lượng nhựa và độ chảy nhựa.

- Với độ bền Marshall, kết quả thí nghiệm mẫu BTNR12.5 sử dụng phụ gia đều đạt giá trị ổn định tương đối cao, chứng tỏ khung cốt liệu của hỗn hợp được hình thành tốt và có khả năng chịu tải nén ở nhiệt độ thí nghiệm. So sánh giữa hai loại phụ gia cho thấy hỗn hợp sử dụng RW-Plast có xu hướng đạt độ bền Marshall tương đương hoặc cao hơn so với hỗn hợp sử dụng SBS.

- Với độ dẻo Marshall, giá trị đo được của mẫu BTNR12.5 dao động trong khoảng 3,11 - 3,24 mm, phản ánh khả năng biến dạng dẻo phù hợp của hỗn hợp khi chịu tải trọng nén. Sự sai khác giữa hai loại phụ gia là không lớn cho BTNR.

- Với độ hao mòn Cantabro, kết quả thí nghiệm mẫu BTNR12.5 sử dụng RW-Plast có giá trị trung bình khoảng 10,24%, trong khi hỗn hợp sử dụng SBS đạt khoảng 10,72%. Như vậy, hỗn hợp RW-Plast có mức hao mòn thấp hơn khoảng 4 - 6%, thể hiện khả năng kháng bong bật cốt liệu tốt hơn và góp phần nâng cao độ bền khai thác.

Tổng hợp các kết quả thí nghiệm cho thấy hỗn hợp BTNR12.5 sử dụng phụ gia RW-Plast không chỉ đáp ứng tốt các yêu cầu về độ bền Marshall và khả năng biến dạng dẻo, mà còn cải thiện khả năng kháng rời rạc và ổn định cấu trúc của hỗn hợp.

## 5. KIẾN NGHỊ

Để hoàn thiện cơ sở khoa học và mở rộng khả năng ứng dụng vật liệu BTNR12.5 khi sử dụng phụ gia Rw-Plast và SBS, nghiên cứu đề xuất một số hướng nghiên cứu tiếp theo như sau: Cần tiến hành thêm các thí nghiệm nâng cao như thí nghiệm hằn lún bánh xe, mô-đun đàn hồi động và thí nghiệm mỏi, nhằm đánh giá toàn diện khả năng chịu tải

và độ bền lâu dài của hỗn hợp. Nghiên cứu bổ sung các chỉ tiêu chức năng của BTNR như độ rỗng dư, khả năng thoát nước và khả năng giảm ồn mặt đường, nhằm đánh giá đầy đủ hiệu quả khai thác của lớp mặt BTNR, thực hiện thử nghiệm hiện trường hoặc mô phỏng khai thác dài hạn để đánh giá sự suy giảm độ bền Marshall và khả năng kháng nứt của vật liệu trong điều kiện giao thông thực tế. Khuyến nghị xem xét ứng dụng phụ gia Rw-Plast trong thiết kế và thi công lớp mặt BTNR cho các tuyến đường có lưu lượng giao thông lớn, nhằm nâng cao độ bền khai thác và kéo dài tuổi thọ công trình.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] TCVN13567:1:2022. Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng - Thi công và nghiệm thu, Phần 1: Bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường thông thường.

[2] TCVN13048:2024. Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa rỗng thoát nước - Thi công và nghiệm thu.

[3] TCVN11193:2011. Nhựa đường Polime - Yêu cầu kỹ thuật.

[4] TCVN8820:2011. Hỗn hợp bê tông nhựa nóng - Thiết kế theo phương pháp Marshall.

[5] TCVN13567-5: 2024. Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng - Thi công và nghiệm thu, phần 5 - Bê tông nhựa sử dụng nhựa đường thông thường có thêm phụ gia SBS theo phương pháp trộn khô tại trạm trộn.

[6] TCVN11415:2016. Bê tông nhựa - Phương pháp xác định độ hao mòn Cantabro.

[7] TCVN13567-2:2022. Hỗn hợp bê tông nhựa - Phương pháp thử - Phần 2: Xác định độ chảy nhựa (Draindown).

[8] Viện Khoa học và Công nghệ GTVT. Nghiên cứu công nghệ BTNR thoát nước cho đường ô tô. Báo cáo đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, 2020.

[9] Cẩm nang bitum Shell trong xây dựng công trình giao thông. Shell Bitum UK xuất bản, NXB. Giao thông vận tải, 1990.

[10] Nguyễn Phước Minh. 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 TSKT, Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, 2013.

[11] McDaniel, R. and A. Shah. Asphalt Additives to Control Rutting and Cracking. Publication FHWA/IN/JTRP-2002/29, Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana.

[12] Terrel, Ronald L. and Jon A. Epps, Using Additives and Modifiers in Hot Mix Asphalt (Part A), National Asphalt Pavement Association, Lanham, MD, Report No. QIP 114A, 1989.