



EVALUATION OF CRACKING RESISTANCE OF STONE MATRIX ASPHALT WITH COPOLYMER STYRENCE-BUTADIENE-STYRENCE

Nguyen Ngoc Lan^{1*}, La Van Cham¹, Nguyen Tien Viet²,
Kim Youngik³, Nguyen Kim Son⁴

¹University of Transport and Communications, No. 3, Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

²Airports Corporation of Vietnam, Binh Tan Street, Ho Chi Minh City, Vietnam

³Hansoo Road Industry Co., Ltd, Daejeon, Korea

⁴SIC Trading Construction Investment Joint Stock Company, Binh Thanh Street, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 14/12/2022

Revised: 26/12/2022

Accepted: 31/12/2022

Published online: 15/02/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.2.2>

* *Corresponding author*

Email: nguyenngoclan@utc.edu.vn; Tel: +84902119278

Abstract. Stone Matrix Asphalt Mixture (SMA) is a high-performance asphalt mixture used for the pavement structures with a heavy vehicle load, or the airport pavements. Because SMA has a stone-on-stone structure and the mixture is often made with additives, leading to increasing the rutting resistance. There are many types of additives used in SMA with different prosperities of short-term and long-term performance. This paper presents experimental results to evaluate the cracking resistance of SMA using original styrene-butadiene-styrene (SBS) additive, commercially called Rubber Modified Compound (RMC). The graded asphalt (DGA) and SMA using PMB III bitumen were compared with the SMA. The crack resistance properties are assessed by the fracture failure energy (G_f), the post-peak slope ($|m_{75}|$), and the cracking resistance index (Cracking Tolerance Index - CT_{Index}) of the indirect tensile asphalt cracking test. Experimental results show that the SMA using RMC additive has higher crack resistance than DGA but lower than that of SMA using PMB III.

Keywords: Stone Matrix Asphalt, Copolymer Styrene-Butadiene-Styrene, Rubber Modified Compound, Cracking resistance, Cracking Tolerance Index

© 2023 University of Transport and Communications



ĐÁNH GIÁ ĐẶC TÍNH KHÁNG NÚT CỦA STONE MATRIX ASPHALT SỬ DỤNG PHỤ GIA GỐC COPOLYMER STYRENE-BUTADIENE-STYRENE

Nguyễn Ngọc Lan^{1*}, Lê Văn Chăm¹, Nguyễn Tiến Việt²,
Kim Youngik³, Nguyễn Kim Sơn⁴

¹Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Tổng Công ty Cảng hàng không Việt Nam, Tân Bình, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

³Hansoo Road Industry Co., Ltd, Daejeon, Hàn Quốc

⁴Công ty cổ phần đầu tư xây dựng thương mại SIC, Bình Thạnh, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 14/12/2022

Ngày nhận bài sửa: 26/12/2022

Ngày chấp nhận đăng: 31/12/2022

Ngày xuất bản Online: 15/02/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.2.2>

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenngoclan@utc.edu.vn; Tel: +84902119278

Tóm tắt. Hỗn hợp Stone Matrix Asphalt (SMA) là một loại bê tông asphalt tính năng cao được sử dụng cho những kết cấu mặt đường thường xuyên chịu tải trọng xe nặng hay mặt đường sân bay. Do SMA có cấu trúc tiếp xúc đá chèn đá và thành phần thường sử dụng phụ gia ổn định nên sức kháng hằn lún vệt bánh xe của hỗn hợp tăng lên. Có nhiều loại phụ gia được sử dụng cho hỗn hợp SMA và theo nhiều cách khác nhau, mỗi loại phụ gia sẽ có các tính năng ngắn hạn cũng như tính năng dài hạn khác nhau. Bài báo này đưa ra kết quả thực nghiệm đánh giá đặc tính kháng nứt của hỗn hợp SMA sử dụng phụ gia gốc copolymer styrene-butadiene-styrene (SBS) có tên thương mại là Rubber Modified Compound (RMC). Hai hỗn hợp đối chứng so sánh với hỗn hợp SMA sử dụng phụ gia RMC là hỗn hợp bê tông asphalt chặt và hỗn hợp SMA đều sử dụng bitum PMB III. Đặc tính kháng nứt được đánh giá bởi năng lượng phá hủy nứt (G_f), độ dốc đường cong quan hệ lực-chuyển vị sau phá hủy ($|m_{75}|$), chỉ số kháng nứt (Cracking Tolerance Index - CT_{Index}) của thí nghiệm kéo gián tiếp. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, hỗn hợp SMA sử dụng phụ gia RMC có đặc tính kháng nứt cao hơn so với hỗn hợp bê tông asphalt chặt, nhưng thấp hơn so với hỗn hợp SMA sử dụng bitum PMB III.

Từ khóa: Stone Matrix Asphalt (SMA), Copolymer Styrene-Butadiene-Styrene (SBS), Rubber Modified Compound (RMC), Sức kháng nứt, Chỉ số kháng nứt (CT_{Index}).

© 2023 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Stone Maxtric Asphalt (SMA) là một hỗn hợp asphalt tính năng cao có cấp phối gián đoạn được ứng dụng phổ biến ở châu Âu vào những năm 1980 [1]. SMA được đặc trưng bởi đặc tính kháng hằn lún vệt bánh xe cao hơn so với hỗn hợp asphalt truyền thống, nên hỗn hợp này ngày càng được sử dụng nhiều cho kết cấu mặt đường sân bay ở Đức, Hà Lan, Trung Quốc và Australia [1-3]. So với hỗn hợp bê tông asphalt chặt (Dense Graded Asphalt - DGA), SMA có khả năng kháng hằn lún và kháng mỏi tốt hơn do hỗn hợp có cấu trúc đá chèn đá và hàm lượng chất kết dính bitum sử dụng cao hơn [1, 4, 5].

Để tăng tính ổn định cho hỗn hợp SMA, các phụ gia polymer thường được sử dụng như phụ gia gốc cao su tự nhiên, phụ gia gốc copolymer styrene-butadiene-styrene (SBS) hay phụ gia gốc styrene-butadiene rubber (SBR) [6-9]. Các loại phụ gia này đã thể hiện được những ưu điểm của hỗn hợp asphalt đối với các tính năng ngắn hạn, tuy nhiên các tính năng dài hạn trong đó có tính năng kháng nứt cũng cần được đánh giá để đảm bảo độ bền và tuổi thọ cho hỗn hợp. Những nghiên cứu gần đây ở Việt Nam đã chứng tỏ SMA có khả năng kháng hằn lún vệt bánh xe tốt hơn so với các loại bê tông nhựa thông thường. Tuy nhiên nghiên cứu đặc tính kháng nứt của SMA vẫn chưa có nhiều tác giả quan tâm. Nghiên cứu được thực hiện bởi tác giả Lê Thanh Hải và các cộng sự (2020) đã cho thấy, hỗn hợp SMA sử dụng phụ gia gốc SBS có chỉ số kháng nứt cao hơn trung bình 129,4 % so với hỗn hợp DGA [10]. Một nghiên cứu khác được thực hiện bởi Celaleddin E. Sengul và các cộng sự (2013) về đánh giá tính năng của SMA sử dụng phụ gia SBS cho thấy cường độ chịu kéo cao hơn và độ lún vệt hằn bánh xe thấp hơn so với hỗn hợp đối chứng [11]. Độ cứng và tính ổn định nhiệt của hỗn hợp SMA đã được cải thiện bởi các loại phụ gia khác nhau, tuy nhiên mức độ hiệu quả lâu dài theo thời gian cần được đánh giá. Nghiên cứu được thực hiện Bangwei Wu và các cộng sự (2021) với hỗn hợp SMA-13 sử dụng các loại sợi khác nhau cho thấy rằng, tính ổn định ở nhiệt độ cao của hỗn hợp SMA-13 sử dụng sợi khoáng tăng lên khi tăng mức độ hoá già, trong khi tính ổn định ở nhiệt độ cao giảm đi với hỗn hợp SMA sử dụng sợi lignin [12]. Kết quả phân tích quang phổ còn cho thấy, hỗn hợp sử dụng phụ gia SBS bị phân huỷ trong hỗn hợp sử dụng sợi lignin cao hơn so với hỗn hợp sử dụng sợi khoáng. Wu Shujuan và các cộng sự (2020) [13] đã tiến hành nghiên cứu đánh giá tính năng dài hạn và quá trình đóng và tan băng ảnh hưởng đến tính năng hỗn hợp SMA cho thấy, độ ổn định động của hỗn hợp tăng lên sau khi hoá già ngắn hạn. Tỷ lệ biến dạng kéo và độ bền kéo của hỗn hợp bê tông nhựa chống đóng băng giảm sau quá trình lão hóa lâu dài và ngâm trong nước. Ngoài ra, tỷ lệ hòa tan muối tăng lên khi hàm lượng phụ gia chống đóng băng tăng và hàm lượng nhựa đường giảm. Yongming Gu và các cộng sự (2022) đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước hạt lớn nhất danh định, loại phụ gia đến đặc tính kháng nứt của hỗn hợp SMA, kết quả cho thấy rằng, hỗn hợp SMA-5 có sức kháng nứt cao hơn so với hỗn hợp SMA-10 và SMA-13, hỗn hợp sử dụng phụ gia gốc SBS có sức kháng nứt cao hơn so với hỗn hợp sử dụng phụ gia cao su lão hóa [14]. Như vậy có thể thấy rằng, hỗn hợp SMA sử dụng các phụ gia khác nhau, thì khả năng kháng nứt của hỗn hợp cũng khác nhau. Trong nghiên cứu ở đây, một loại phụ gia nhiệt dẻo gốc SBS dạng hạt có tên thương mại là Rubber Modified Compound (RMC) đã được lựa chọn để đánh giá tính năng kháng nứt của SMA. Tính năng kháng nứt của hỗn hợp SMA được đánh giá bởi các thông số như: năng lượng phá hủy nứt (G_f), độ dốc đường cong quan hệ lực-chuyển vị sau phá hủy ($|m_{75}|$), chỉ số kháng nứt (Cracking Tolerance Index - CT_{Index}) của thí nghiệm kéo gián tiếp. Kết quả thí nghiệm và tính toán các thông số trên của SMA sử dụng phụ gia RMC được so sánh đánh giá với hỗn hợp DGA và SMA sử dụng bitum PMB III.

2. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu chế tạo

Hỗn hợp cốt liệu. Cốt liệu thô và cốt liệu mịn có nguồn gốc ở mỏ đá Antraco, tỉnh An Giang đây là loại cốt liệu gốc đá mắc ma trung tính. Các chỉ tiêu kỹ thuật của loại cốt liệu này đều đáp ứng tiêu chuẩn TCVN 13567-2.

Bitum. Bitum nguyên gốc 60/70 được sử dụng cùng với phụ gia RMC cho hỗn hợp SMA, các chỉ tiêu kỹ thuật của loại bitum này đều đáp ứng theo quy định của TCVN 13567-1. Bitum cải tiến PMB III sử dụng cho hỗn hợp DGA và SMA có các chỉ tiêu đáp ứng theo TCVN 11193:2021

Chất ổn định – sợi cellulose. Chất ổn định được sử dụng trong nghiên cứu là sợi cellulose (loại sợi hữu cơ) do Công ty JRS, Cộng hòa Liên Bang Đức cung cấp (xem Hình 1).



Hình 1. Chất ổn định - sợi cellulose - Đức.

Đây là loại sợi đã được thương mại hóa và có các chỉ tiêu kỹ thuật thỏa mãn theo tiêu chuẩn của UFGS-32 12 15.16 như ở Bảng 1 [15].

Bảng 1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của sợi Arbrocel.

STT	Tên chỉ tiêu	Kết quả
1	Độ pH	6±1
2	Đường kính trung bình	45 μm
3	Chiều dài sợi trung bình	1100 μm
4	Hàm lượng cellulose	85±5%

Phụ gia Rubber Modified Compound (RMC). Phụ gia Rubber Modified Compound (RMC) là loại phụ gia nhiệt dẻo gốc SBS được cung cấp bởi Công ty TNHH Đường bộ Hansoo (Hàn Quốc). Đây là phụ gia dạng hạt có kích thước hạt bằng 1,5 mm. Hình 2 và Bảng 2 thể hiện màu sắc, hình dạng hạt phụ gia RMC và các chỉ tiêu kỹ thuật.



Hình 2. Phụ gia RMC.

Bảng 2. Các chỉ tiêu kỹ thuật của phụ gia RMC.

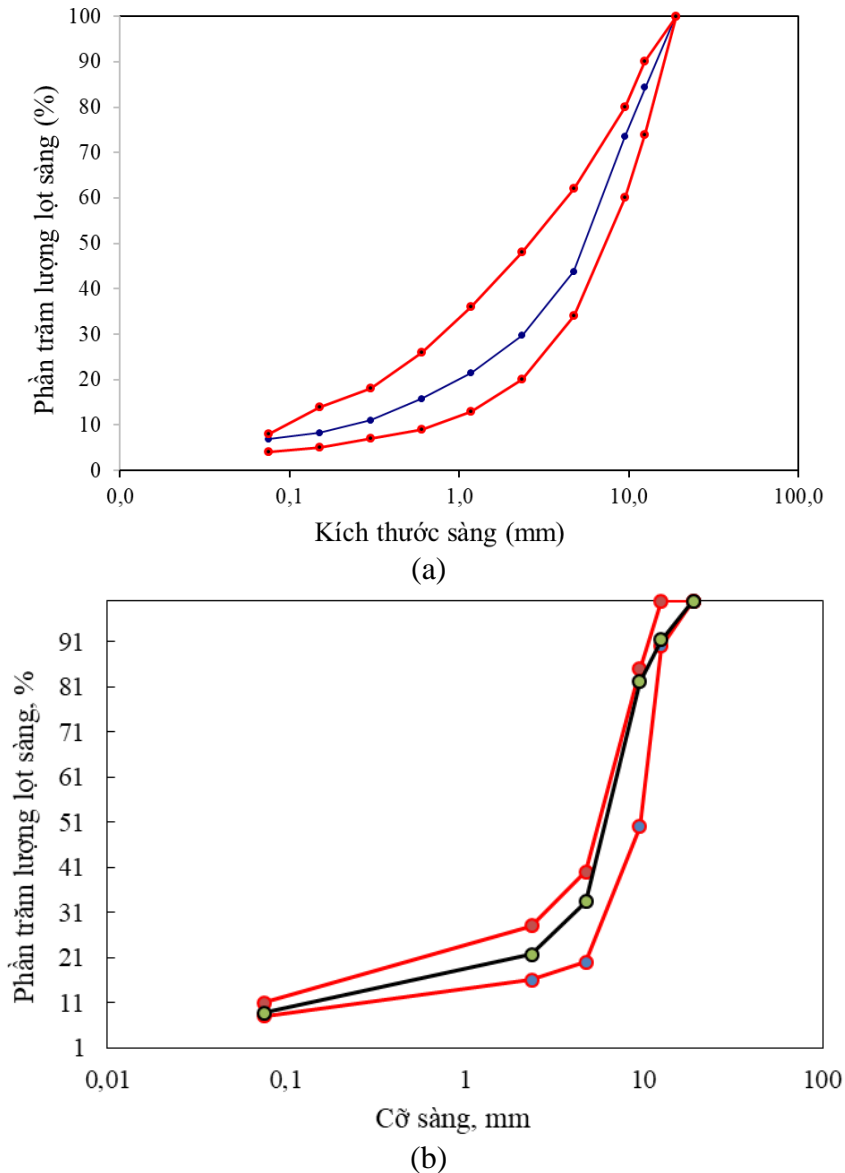
<i>STT</i>	<i>Tên chỉ tiêu, đơn vị</i>	<i>Giá trị</i>	<i>Tiêu chuẩn thí nghiệm</i>
1	Điểm nhiệt độ kết tinh, °C	≈ 100	DIN-ISO 2207
2	Điểm nhiệt độ hóa mềm, °C	150-160	ASTM D 3954
3	Điểm chớp cháy, °C	285	-
4	Tỷ trọng ở 25°C	950	DIN 51 757

2.2 Thành phần hỗn hợp

Trên cơ sở nguồn cốt liệu Hotbin được lấy ở trạm trộn thuộc Công ty CPXD Vạn Phát thuộc Huyện Tam Bình, Tỉnh Vĩnh Long bao gồm: Đá 10x16 (Bin 1), Đá 5x10 (Bin 2), Đá 0x5 (Bin 3) và Bột đá, nghiên cứu tiến hành thiết kế thành phần hỗn hợp DGA theo TCVN 13567-2: 2022 và SMA theo hướng dẫn của UFGS-32 12 15.16. Hình 3 và Bảng 3 tương ứng thể hiện đường cong thành phần hạt và các chỉ tiêu thí nghiệm của hỗn hợp DGA và SMA.

Bảng 3. Các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp DGA và SMA.

<i>Chỉ tiêu</i>	<i>Các hỗn hợp</i>		
	<i>DGA_PMB III</i>	<i>SMA_PMB III</i>	<i>SMA_RMC</i>
Hàm lượng bitum, %	4,9	6,2	6,1
Hàm lượng sợi cellulose, %	-	-	0,3
Hàm lượng phụ gia RMC, %	-	-	0,6
Độ ổn định Marshall, kN	15,34	14,73	12,11
Độ dẻo Marshall, mm	3,78	3,49	3,16
Độ rỗng dư (Va), %	3,51	3,69	3,71
Độ rỗng hỗn hợp cốt liệu (VMA), %	13,8	17,72	17,2
Độ nảy âm (TSR), %	95	95	93
VCA _{Mix}	-	40,93	40,87
VCA _{DRC}	-	45,03	45,03
Độ chảy bitum, %	0,00	0,00	0,00



Hình 3. Thành phần hạt của các hỗn hợp: (a) – thành phần hạt của hỗn hợp DGA, (b) – thành phần hạt của hỗn hợp SMA.

2.3. Chuẩn bị mẫu thí nghiệm

Theo khuyến cáo của nhà sản xuất, phụ gia RMC được trộn vào hỗn hợp ở 180°C sau khi đã trộn hỗn hợp cốt liệu với bitum. Hỗn hợp SMA sau khi trộn được hóa già ngắn hạn 4 giờ ở 170°C trước khi đầm trên thiết bị đầm xoay để đạt được độ rỗng dư bằng $7 \pm 0,5\%$. Các mẫu thí nghiệm được chế tạo theo tiêu chuẩn ASTM D8225-2019 có đường kính bằng 150 ± 2 mm, chiều cao bằng 62 ± 1 mm [16], số lượng mẫu tối thiểu cho một tổ mẫu theo quy định của tiêu chuẩn thí nghiệm là 3 mẫu, tổng số mẫu chế bị là 09 mẫu. Hình 4 thể hiện quá trình hoá già hỗn hợp asphalt rời trong tủ sấy và đầm mẫu bằng thiết bị đầm xoay.



(a)



(b)

Hình 4. Chế tạo hỗn hợp SMA: (a) Hóa già hỗn hợp SMA trong tủ sấy;
(b) Đầm nén hỗn hợp SMA bằng thiết bị đầm xoay.

Các mẫu được bảo dưỡng 25°C trong tủ bảo ôn tối thiểu 2 giờ trước khi thí nghiệm xác định chỉ số CT_{Index} .

2.4. Tiến hành thí nghiệm

Các mẫu thử được bảo ôn tối thiểu 3 giờ ở 25°C trước khi thí nghiệm, sau đó tiến hành thí nghiệm nén ép chế trên máy nén Marshall với tốc độ tăng tải là 50 mm/phút cùng với phần mềm chuyên dụng để thu được dữ liệu lực và chuyển vị như ở Hình 5a. Chỉ số kháng nứt CT_{Index} được tính toán từ đường cong quan hệ giữa lực-chuyển vị theo các công thức sau:

$$CT_{index} = \frac{t}{62} \times \frac{G_f}{|m_{75}|} \times \left(\frac{l_{75}}{D} \right) \quad (1)$$

trong đó:

G_f - năng lượng phá hủy (J/mm^2);

$$G_f = \frac{W_f}{D \times t} \times 10^6 \quad (2)$$

W_f - công phá hủy (J);

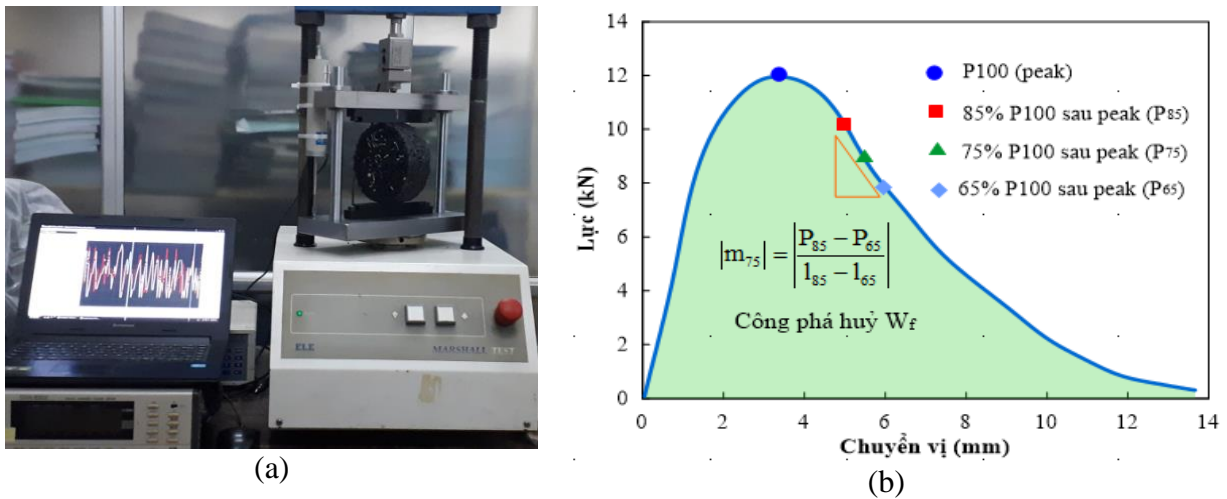
D - đường kính mẫu thí nghiệm (mm);

t - chiều dày mẫu thí nghiệm (mm);

l_{75} - chuyển vị ứng với lực nén bằng 75% lực nén lớn nhất (mm);

$|m_{75}|$ - giá trị tuyệt đối của độ dốc đường cong lực-chuyển vị nằm sau giá trị lực nén lớn nhất (kN/mm) được xác định theo công thức (3). Giá trị P_{85} và P_{65} được xác định như ở Hình 5b.

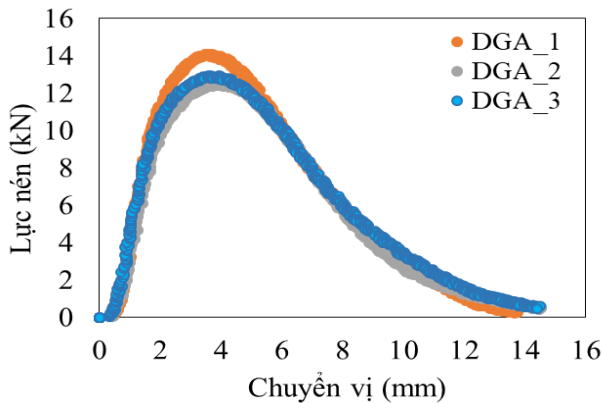
$$|m_{75}| = \left| \frac{P_{85} - P_{65}}{l_{85} - l_{65}} \right| \quad (3)$$



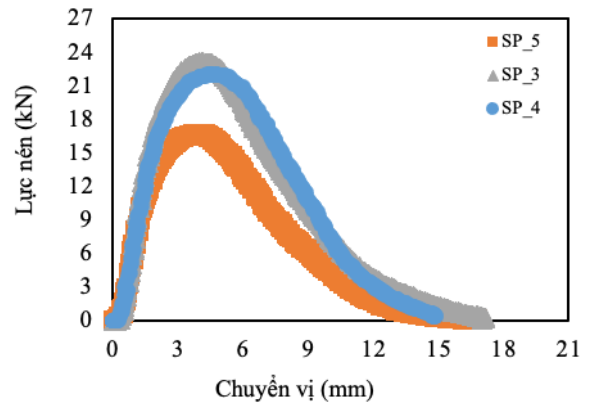
Hình 5. Thí nghiệm sức kháng nứt xác định chỉ số CT_{Index} (a) Quá trình thí nghiệm; (b) Đường cong lực-chuyển vị.

2.5. Kết quả thí nghiệm và thảo luận

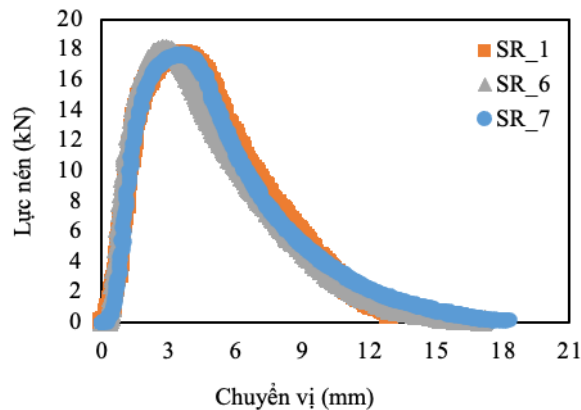
Kết quả thí nghiệm kéo gián tiếp (IDEAL-CT) của các mẫu thử được thể hiện bằng đường cong lực-chuyển vị sau khi được xử lý thống kê theo tiêu chuẩn ASTM C670 như ở Hình 6, Hình 7 và Hình 8.



Hình 6. Đường cong lực - chuyển vị của mẫu DGA sử dụng bitum PMB III.



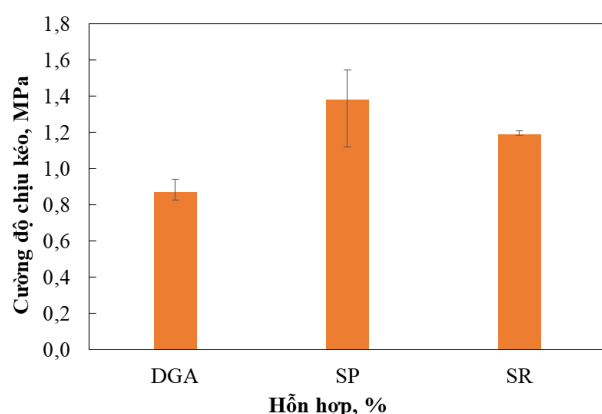
Hình 7. Đường cong lực – chuyển vị của mẫu SMA sử dụng bitum PMB III.



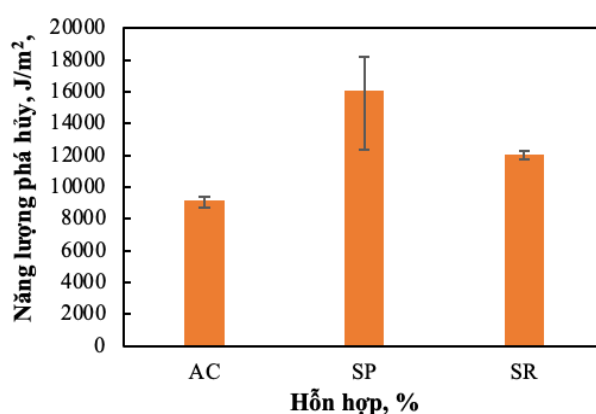
Hình 8. Đường cong lực - chuyển vị của mẫu SMA sử dụng phụ gia RMC.

Kết quả thể hiện ở Hình 6, Hình 7 và Hình 8 cho thấy rằng, sự thay đổi dạng của các đường cong lực-chuyển vị của các hỗn hợp là khác nhau rõ rệt, so với hỗn hợp DGA, giá trị lực lớn nhất (peak load- P_{100}) của các hỗn hợp SMA tăng lên đáng kể. Kết quả này thể hiện độ cứng của hỗn hợp SMA cao hơn so với hỗn hợp DGA.

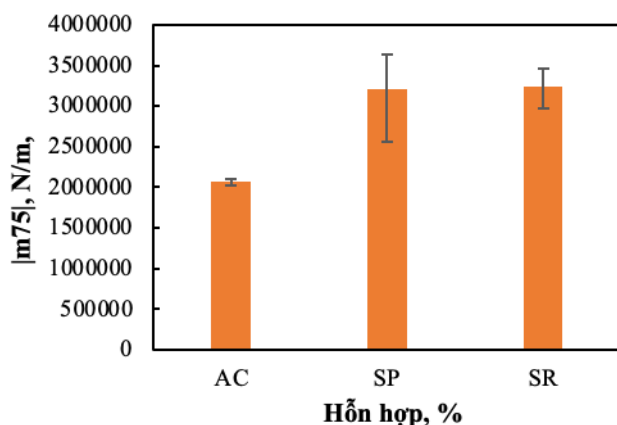
Từ đường cong quan hệ lực – chuyển vị có được, các giá trị lực lớn nhất (peak load – P_{100}), năng lượng phá hủy nứt G_f , giá trị tuyệt đối của độ dốc sau giá trị lực lớn nhất (post-peak slope – độ dốc sau peak, $|m_{75}|$) và chỉ số kháng nứt CT_{Index} đã được xác định theo các công thức 1, 2, 3. Kết quả này được thể hiện như ở Hình 9, Hình 10, Hình 11 và Hình 12 với khoảng tin cậy CI bằng 95%.



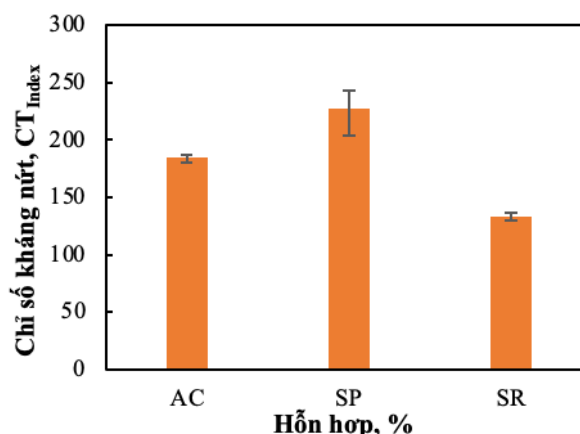
Hình 9. Cường độ chịu kéo của các hỗn hợp.



Hình 10. Năng lượng phá hủy (G_f) của các hỗn hợp.



Hình 11. Giá trị $|m_{75}|$ của các hỗn hợp.



Hình 12. Giá trị CT_{Index} của các hỗn hợp.

Kết quả cho thấy rằng, cường độ chịu kéo và năng lượng phá hủy nứt của các hỗn hợp SMA cao hơn so với hỗn hợp bê tông asphalt chặt mặc dù hỗn hợp SMA có hàm lượng bitum cao hơn so với hỗn hợp DGA, kết quả này có được là do hỗn hợp SMA có sử dụng sợi cellulose phân tán trong hỗn hợp nên có thể đã cải thiện được độ cứng và độ dai cho hỗn hợp. Giá trị tuyệt đối của độ dốc sau giá trị lực nén lớn nhất ($|m_{75}|$) thể hiện tốc độ lan truyền vết nứt, $|m_{75}|$ cao có thể sẽ dẫn đến tốc độ lan truyền vết nứt sẽ nhanh. Kết quả ở đây cho thấy rằng, $|m_{75}|$ của hỗn hợp SMA cao hơn trung bình 55,69 % so với hỗn hợp DGA.

Bảng 4. Đánh giá độ chụm kết quả thí nghiệm CT_{Index} .

<i>Loại hỗn hợp</i>	<i>Chuyển vị l_{75}, mm</i>	<i>Độ dốc sau peak m_{75}, N/m.</i>	<i>Năng lượng phá hủy G_f, Joules/m²</i>	<i>Công phá hủy W_f, Joules</i>	<i>Cường độ chịu kéo, MPa</i>	<i>Chỉ số kháng nứt, CT_{Index}</i>
SMA_PMB III_1	6,2	2565827,9	12352,6	118028950,7	1,120	203,30
SMA_PMB III_2	6,6	3442447,0	18162,1	173538436,7	1,546	237,9
SMA_PMB III_3	7,3	3630749,6	17680,8	168939628,5	1,474	242,6
[1] Trung bình	6,7	3213008,2	16065,1	153502338,7	1,380	227,9
[2] Khoảng chênh lệch $R_{max-min}$						39,28
[3] Độ lệch chuẩn cho phép, 1s						13,5
[4] Giá trị độ lệch cho phép: 3,3x1s						44,55
Đánh giá: So sánh [2] và [4]						Đạt
SMA_RMC-1	5,6	3453722,1	12137,9	115977446,3	1,184	134,07
SMA_RMC-2	4,8	2963860,5	11728,2	112063051,9	1,207	129,3
SMA_RMC-3	5,4	3306526,4	12236,4	116918775,2	1,182	136,5
[1] Trung bình	5,2	3241369,7	12034,2	114986424,5	1,191	133,3
[2] Khoảng chênh lệch $R_{max-min}$						7,21
[3] Độ lệch chuẩn cho phép, 1s						13,5
[4] Giá trị độ lệch cho phép: 3,3x1s						44,55
Đánh giá: So sánh [2] và [4]						Đạt
DGA_PMB III-1	5,8	2089391,4	9407,0	89884273,9	0,939	179,78
DGA_PMB III-2	6,2	2019120,3	8715,7	84454722,3	0,824	186,0
DGA_PMB III-3	6,1	2099061,5	9234,2	89479611,5	0,851	187,1
[1] Trung bình	6,1	2069191,1	9119,0	87939535,9	0,871	184,3
[2] Khoảng chênh lệch $R_{max-min}$						7,30
[3] Độ lệch chuẩn cho phép, 1s						13,5
[4] Giá trị độ lệch cho phép: 3,3x1s						44,55
Đánh giá: So sánh [2] và [4]						Đạt

Chỉ số kháng nứt CT_{Index} được tính toán dựa vào cả G_f và $|m_{75}|$ nên đây là thông số thể hiện rõ nhất đặc tính kháng nứt của hỗn hợp asphalt. Một hỗn hợp mặc dù có G_f cao hơn nhưng $|m_{75}|$ lớn cũng có thể dẫn đến chỉ số CT_{Index} thấp và ngược lại.

Dựa trên kết quả thí nghiệm và tính toán giá trị CT_{Index} của các tổ mẫu, độ chụm của các mẫu thí nghiệm riêng lẻ được tính toán theo tiêu chuẩn ASTM C670 [17], kết quả được thể hiện như ở Bảng 4.

Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, giá trị CT_{Index} của hỗn hợp SMA sử dụng bitum PMB III cao hơn so với hỗn hợp DGA sử dụng bitum PMB III và hỗn hợp SMA sử dụng phụ gia RMC. Kết quả này là do hỗn hợp SMA sử dụng bitum polymer PMB III đã cải thiện không những độ cứng mà còn cải thiện cả biến dạng cho hỗn hợp, ngoài ra cũng do hỗn hợp SMA sử dụng hàm lượng bitum cao hơn so với hỗn hợp DGA.

So với hỗn hợp SMA và DGA sử dụng bitum PMB III, hỗn hợp SMA sử dụng phụ gia RMC có chỉ số CT_{Index} thấp hơn. Tuy nhiên, nếu so sánh giá trị CT_{Index} tối thiểu là 120 theo khuyến cáo của Bang Missouri (Mỹ) [18], thì hỗn hợp SMA sử dụng phụ gia RMC vẫn có giá trị CT_{Index} vẫn cao hơn 11 %.

3. KẾT LUẬN

Dựa trên các kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá đặc tính kháng nứt của hỗn hợp DGA và SMA sử dụng phụ gia RMC và bitum PMB III, có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Hỗn hợp SMA có cường độ chịu kéo và năng lượng phá huỷ cao hơn so với hỗn hợp DGA, so với hỗn hợp SMA sử dụng phụ gia RMC thì hỗn hợp sử dụng bitum polymer PMB III có cường độ chịu kéo và năng lượng phá huỷ cao hơn 15,9 %.
- Giá trị tuyệt đối của độ dốc sau giá trị lực nén lớn nhất ($|m_{75}|$) của hỗn hợp SMA cao hơn trung bình 55,69 % so với hỗn hợp DGA.
- Chỉ số kháng nứt CT_{Index} của hỗn hợp SMA sử dụng bitum polymer PMB III cao hơn so với hỗn hợp DGA sử dụng bitum polymer PMB III và SMA sử dụng phụ gia RMC.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. K. Blazejowski, Stone mastic asphalt theory and practice, Florida: CRC Press, 2011
- [2]. C. Campbell, The use of stone mastic asphalt on aircraft pavements. Submitted in fulfillment of the requirements for SEN713 Research/Professional Practice Projects, 1999, School of Engineering and Technology, Geelong, Victoria: Deakin University.
- [3]. E.R. Brown, J.E. Haddock, C. Crawford, C. S. Hughes, T.A. Lynn, L.A. Cooley, Designing Stone Matrix Asphalt Mixtures - Volume I - Literature Review, NCHRP 9-8, 1998, National Center for Asphalt Technology, Auburn University, Alabama, US.
- [4]. J. Rebbechi, S. Maccarrone, A. Ky, Evaluation of stone mastic asphalt performance, Paper presented at the 10th AAPA International Flexible Pavements Conference, 1997, Perth, Western Australia.
- [5]. EAPA, Heavy duty surfaces the arguments for SMA, European Asphalt Pavement Association - Rue du Commerce 77, 1040 Brussels, Belgium, 2018, EAPA
- [6]. A.H.A. Ibrahim, Effects of long-term aging on asphalt mixes containing SBS and PP-polymer,

International Journal of Pavement Research and Technology, 14 (2020) 153–160.
<https://doi.org/10.1007/S42947-020-0089-X>

[7]. S. Tapkin, Optimal polypropylene fiber amount determination by using gyratory compaction, static creep and Marshall stability and flow analyses, Construction and Building Materials, 44 (2013) 399–410. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2013.02.060>

[8]. F. Cheriet, K. Soudani, S. Haddadi, Influence of Natural Rubber on Creep Behavior of Bituminous Concrete, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 195 (2015) 2769–2776.
<https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2015.06.391>

[9]. M.T. Rahman, A. Mohajerani, F. Giustozzi, Possible Recycling of Cigarette Butts as Fiber. Modifier in Bitumen for Asphalt Concrete, Materials, 13 (2020). <https://doi.org/10.3390/MA13030734>

[10]. L. T. Hải, N. H. Long, N. N. Lân, Nghiên cứu đánh giá chỉ số kháng nứt Cracking Tolerance Index (CTIndex) của hỗn hợp Stone Mastic Asphalt (SMA) thi công theo công nghệ âm, Tạp chí GTVT, 12 (2019) 53-58.

[11]. C. E. Sengul, S. Oruc, E. Iskender, A. Aksoy, Evaluation of SBS modified stone mastic asphalt pavement performance, Construction and Building Materials, 41 (2013) 777–783.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.065>

[12]. B. Wu, X. Wu, P. Xiao, Chuangchuang Chen, Ji Xia and Keke Lou, Evaluation of the Long-Term Performances of SMA-13 Containing Different Fibers, Appl. Sci, 11 (2021) 5145.
<https://doi.org/10.3390/app11115145>

[13]. W. Shujuan, Z. Mulian, L. Qing, L. Yifeng, Z. Wen. Analysis of Long-Term Performance and Snowmelt Capacity of Anti-Freezing Asphalt Pavement, Advances in Civil Engineering Materials, ASTM, 9 (2020). <https://doi.org/10.1520/acem20200026>

[14]. Yongming Gu, Can Ding, Junan Shen, Wei Wang, Low Temperature Crack Resistance of Stone Mastic Asphalt Affected by Its Nominal Maximum Size and Asphalt Binders, Appl. Sci, 12 (2022) 7444. <https://doi.org/10.3390/app12157444>

[15]. UFGS-32 12 15.16, Stone Matrix Asphalt (SMA) For Airfield Paving, USACE / NAVFAC / AFCEC / NASA, 2019.

[16]. ASTM D 8225 : Standard Test Method for Determination of Cracking Tolerance Index of Asphalt Mixture Using the Indirect Tensile Cracking Test at Intermediate Temperature. <https://www.bsbedge.com/productdetails/ASTM/ASTM102711/d8225>, Truy cập ngày 28 tháng 2 năm 2021

[17]. ASTM C670: Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials.

[18]. Y. Fan, West. R, Balanced Mix Design Resource Guide. IS 143, National Asphalt Pavement Association, 2021.