

Ảnh hưởng của loại bitum và hàm lượng nước đến các tính chất của bitum bọt

■ **TS. NGUYỄN NGỌC LÂN^(*); TS. LÊ MINH CƯỜNG**

Trường Đại học Giao thông vận tải

■ **TS. NGUYỄN VĂN TƯƠI**

Trường Cao đẳng Giao thông vận tải Trung ương V

Email: ^(*)nguyennngoclan@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Bitum bọt được tạo thành từ quá trình bơm một lượng nhỏ nước và không khí vào bitum nóng chảy. Do vậy, tính chất của bitum bọt sẽ phụ thuộc vào tính chất của bitum tạo bọt và hàm lượng nước. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá một số tính chất của bitum bọt sử dụng bitum quánh mác 60/70 và bitum biến tính polymer mác PMB III với các hàm lượng nước lần lượt là 1,0%, 2,0% và 3,0%. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy rằng, mặc dù bitum 60/70 có mức độ tạo bọt cao hơn so với bitum PMB III nhưng độ ổn định của bọt kém hơn. Thông qua đánh giá các tính chất của bitum bọt, các hàm lượng nước hợp lý lần lượt 2,2% và 1,8% tương ứng với bitum 60/70 và PMB III.

TỪ KHÓA: Bi tum bọt, hệ số giãn nở tối đa, chu kỳ bán rã, hệ số bọt, tốc độ xẹp, kích thước bong bóng và chỉ số diện tích bề mặt.

ABSTRACT: Foam bitumen is produced by injecting small amounts of water and air into hot bitumen. Therefore, the properties of foamed bitumen will depend on the properties of bitumen and water content. This article presents the results of experimental research evaluating some properties of foam bitumen using bitumen grade 60/70 and polymer modified bitumen PMB III with different water contents of 1,0 %, 2,0% and 3,0%. The research results show that, although bitumen 60/70 has a higher foaming level than bitumen PMB III, the foam stability is poorer. Through evaluating the properties of foam bitumen, suitable water contents of 2,2% and 1,8% correspond to bitumen 60/70 and PMB III.

KEYWORDS: Foam bitumen, maximum expansion ratio, half life, foamability index, rate of collapse, bubble size distribution, surface area index.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự gia tăng cơ sở hạ tầng đường bộ ở các nước và những tác động đến môi trường đòi hỏi cần có sự quan

tâm đến phát triển mặt đường bền vững, đặc biệt là các giải pháp công nghệ trong quá trình thi công. Trong số các giải pháp phải kể đến đó là công nghệ thi công hỗn hợp bê tông asphalt nguội. Hỗn hợp bê tông asphalt nguội sử dụng bitum bọt là giải pháp công nghệ xây dựng mặt đường bền vững đang dành được sự quan tâm nhiều ở các nước. Công nghệ này đã được triển khai ứng dụng thành công ở nhiều nước. Bitum bọt là hỗn hợp được tạo thành bởi không khí, nước (1 - 2%) và bitum nóng chảy ở nhiệt độ 150 - 160°C [1]. Độ ổn định của bitum bọt đã đem đến những lợi thế đáng kể cho vật liệu này. Việc sử dụng các hỗn hợp bê tông asphalt tái chế nguội kết hợp với bitum bọt sẽ làm giảm nhu cầu sử dụng năng lượng, giảm thiểu chất thải, giảm tiêu thụ nhiên liệu và giảm phát thải khí nhà kính. Do vậy, công nghệ này đã làm giảm đáng kể chi phí xây dựng [2]. Các ưu điểm về mặt kỹ thuật của hỗn hợp bê tông asphalt sử dụng bitum bọt bao gồm khả năng sử dụng được với nhiều loại cốt liệu khác nhau [3], hỗn hợp mềm dẻo hơn khi so sánh với hỗn hợp chỉ được gia cố bằng xi măng. Khi so sánh với hỗn hợp sử dụng nhũ tương thì bitum bọt giúp tăng cường độ nhanh hơn, từ đó tạo điều kiện thuận lợi cho việc thông xe sớm hơn [4].

Các tính chất cơ học của hỗn hợp bê tông asphalt tái chế sử dụng bitum bọt phụ thuộc vào tính chất lưu biến của chất kết dính bitum bọt trong quá trình sản xuất, thi công và khai thác. Cho đến nay, các đặc tính của bitum bọt và ảnh hưởng của chúng đến tính chất hỗn hợp vẫn chưa được phân tích kỹ càng. Trong chế tạo hỗn hợp, cần phải chọn loại bọt tốt nhất trước khi trộn với vật liệu cốt liệu. Điều này có thể đạt được bằng cách nghiên cứu các tính chất tạo bọt của bitum. Các nghiên cứu [5, 6] đã báo cáo rằng, quá trình tạo bọt sẽ hạn chế sự lão hóa của chất kết dính và hỗn hợp. Ngược lại, nghiên cứu của [7] chỉ ra rằng độ nhớt của chất kết dính tạo bọt gần bằng chất kết dính sau khi được lão hóa ngắn hạn Rolling Thin-Film Oven (RTFO). Điều này cần phải có những nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần các loại chất kết dính và tính lưu biến của chất kết dính đến đặc tính tạo bọt. Kết quả nghiên cứu này sẽ cung cấp những giải pháp để cải thiện tính năng của hỗn hợp sử dụng bitum bọt.

Bài báo này đưa ra kết quả nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của loại bitum đến các tính chất của bitum bọt như hệ số giãn nở tối đa, chu kỳ bán rã, hệ số bọt và tốc

độ xẹp, kích thước bong bóng và chỉ số diện tích bề mặt của bitum bọt. Hai loại bitum được nghiên cứu là loại mác 60/70 và loại bitum biến tính polymer PMB III.

2. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

2.1. Thành phần hỗn hợp bitum bọt

- Bitum: Bitum được sử dụng là loại bitum quánh mác 60/70 và bitum biến tính polymer PMB III được cung cấp bởi Công ty TNHH Nhựa đường Petrolimex. Các chỉ tiêu kỹ thuật của loại bitum này đều thỏa mãn theo TCVN 13567- 1 và 2 : 2022.

- Nước: Nước sử dụng để tạo bitum bọt là nước sạch, các chỉ tiêu thỏa mãn theo TCVN 4506.

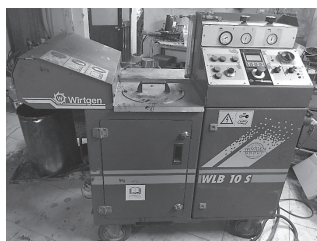
2.2. Quá trình tạo bọt

Loại bitum được sử dụng tạo bọt là bitum quánh mác 60/70 và bitum cải tiến polymer PMB-III. Các tỷ lệ nước được sử dụng theo khuyến cáo của nhà sản xuất và tổng hợp từ các nghiên cứu trước đây. Trong phạm vi nghiên cứu ở đây, các tỷ lệ nước được lựa chọn lần lượt là 1%, 2% và 3% theo khối lượng bitum. Trên cơ sở loại bitum tạo bọt, các tỷ lệ nước sử dụng và số lượng mẫu tối thiểu thí nghiệm các chỉ tiêu nghiên cứu đưa ra tổng số lượng mẫu thí nghiệm như ở Bảng 2.1.

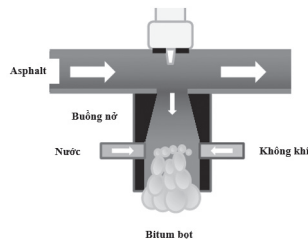
Bảng 2.1. Quy hoạch số lượng mẫu thí nghiệm

Chỉ tiêu	Số lượng mẫu thí nghiệm ứng với các chỉ tiêu, loại bitum và tỷ lệ nước						Tổng số mẫu
	Bitum 60/70			Bitum PMB-III			
	1%	2%	3%	1%	2%	3%	
Hệ số giãn nở tối đa ($E_{\max}$)	2	2	2	2	2	2	12
Chu kỳ bán rã (HL)	2	2	2	2	2	2	12
Tốc độ xẹp (k)	2	2	2	2	2	2	12
Kích thước bong bóng và chỉ số diện tích bề mặt (SAI)	2	2	2	2	2	2	12

Thiết bị tạo bọt trong phòng được sử dụng là loại Wirtgen WLB 10S, Hình 2.1 thể hiện thiết bị thí nghiệm tạo được sử dụng cho nghiên cứu.



a) - Thiết bị tạo bọt



b) - Nguyên lý tạo bọt

Hình 2.1: Thiết bị tạo bọt Wirtgen WLB 10S

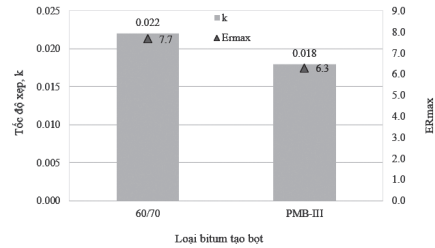
Máy tạo bọt Wirtgen được thiết kế để điều chỉnh lượng chất kết dính và nước được thông qua đồng hồ đo lưu lượng. Chất kết dính được làm nóng đến 150°C với bitum 60/70, 160°C với bitum PMB III và được lưu thông bên trong thiết bị. Sau đó, chất kết dính được tạo bọt bằng cách kết hợp một lượng nước cụ thể, khí nén và chất kết dính được làm nóng bên trong buồng giãn nở. Trong quá trình này, nước được thêm vào và sẽ bốc hơi làm cho chất kết dính nổi bọt trong buồng giãn nở. Áp suất nước và không khí được bơm vào buồng giãn nở vào

khoảng 72 psi (500 kPa). Thiết bị có thể tạo khoảng 200 gram chất kết dính trong 2s do áp suất nước và không khí được bơm vào với áp lực cao.

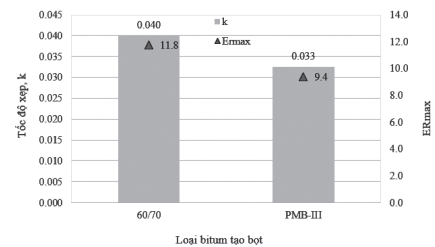
2.3. Kết quả thí nghiệm và phân tích đánh giá một số yếu tố ảnh hưởng đến các tính chất của bitum bọt

2.3.1. Ảnh hưởng của loại chất kết dính bitum đến các thông số của bitum bọt

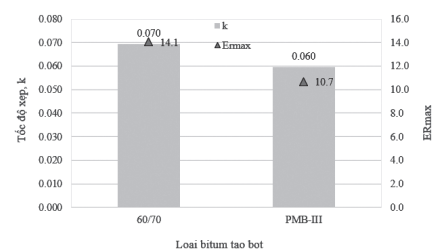
Ảnh hưởng của loại chất kết dính bitum đến hệ số giãn nở tối đa (ER_{max}) và tốc độ xẹp (k) tương ứng với các tỷ lệ nước bằng 1%, 2% và 3% được thể hiện ở Hình 2.2, Hình 2.3 và Hình 2.4.



Hình 2.2: Sự thay đổi giá trị ER_{max} và k của các loại bitum bọt khác nhau với tỷ lệ nước bằng 1,0%



Hình 2.3: Sự thay đổi giá trị ER_{max} và k của các loại bitum bọt khác nhau với tỷ lệ nước bằng 2,0%

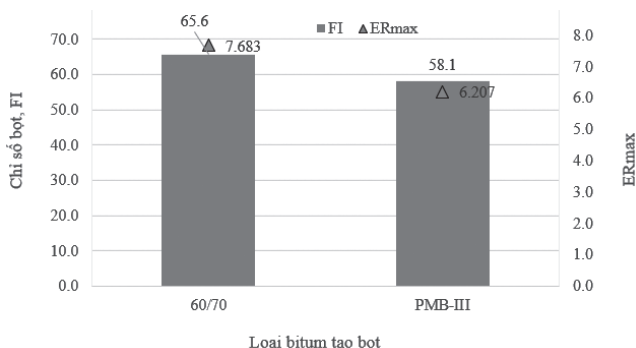


Hình 2.4: Sự thay đổi giá trị ER_{max} và k của các loại bitum bọt khác nhau với tỷ lệ nước bằng 3,0%

Khi so sánh giá trị k và ER_{max} của hai loại bitum tạo bọt 60/70 và PMB III, kết quả thí nghiệm thể hiện ở Hình 2.2, Hình 2.3 và Hình 2.4 cho thấy các giá trị ER_{max} thay đổi từ 7,7 xuống 6,3 và từ 14,1 xuống 10,7 với hàm lượng nước tương ứng là 1,0% và 3,0%. Các giá trị k thay đổi từ 0,022 xuống 0,018 và từ 0,07 xuống 0,06 với hàm lượng nước tương ứng là 1,0% và 3,0%. Kết quả thí nghiệm này cho thấy bitum 60/70 đều cho ER_{max} và giá trị k cao hơn so với bitum PMB III ở các tỷ lệ nước từ 1,0% đến 3,0%, kết quả này có thể do phụ gia polymer và độ nhớt của bitum PMB III đã ảnh hưởng đến quá trình giãn nở tạo bọt của bitum bọt.

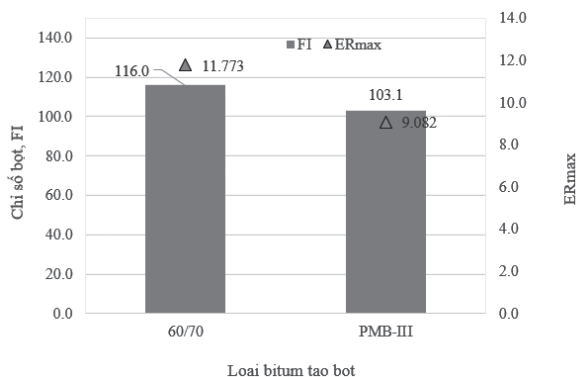
Với cả hai loại chất kết dính tạo bọt bitum 60/70 và PMB III, sự gia tăng hàm lượng nước đều dẫn đến tăng tỷ lệ giãn nở và giảm độ ổn định của bọt (tăng giá trị k). Hình 2.5, Hình 2.6 và Hình 2.7 thể hiện sự thay đổi ER_{max} và chỉ số bọt

(Foamability Index-FI) của các loại bitum bọt ở thời điểm 60s sau khi tạo bọt ứng với các tỷ lệ nước khác nhau 1,0%, 2,0% và 3,0%. Kết quả cho thấy rằng, lý tưởng nhất là các chất kết dính có giá trị ER_{max} cao và FI cao, vì điều này cho thấy rằng chất kết dính có độ giãn nở ban đầu tốt nhưng cũng ổn định sau khi tạo bọt. Ngoài ra, rõ ràng hàm lượng nước cao hơn tạo ra bitum bọt có giá trị FI tương đương hoặc lớn hơn trong hầu hết các trường hợp.

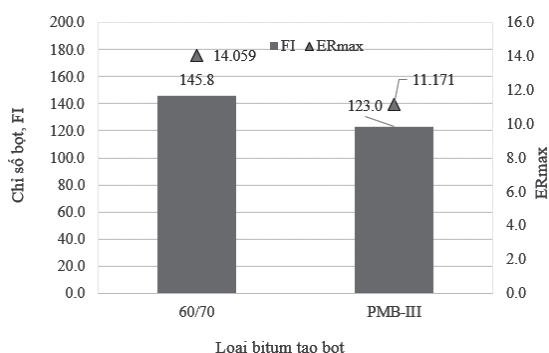


Hình 2.5: Tương quan giữa ER_{max} , FI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nặng 1,0%

Có thể kết luận rằng tương quan giữa ER_{max} và k hoặc ER_{max} và FI có thể mô tả ứng xử tạo bọt của chất kết dính và có thể được sử dụng để xếp hạng chất kết dính liên quan đến độ giãn nở ban đầu và độ ổn định của bọt.

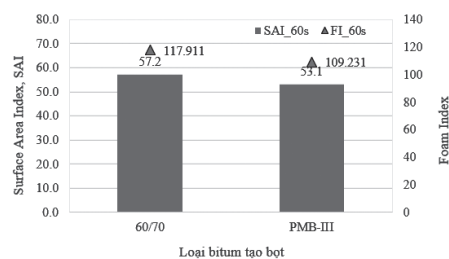


Hình 2.6: Tương quan giữa ER_{max} , FI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nặng 2,0%

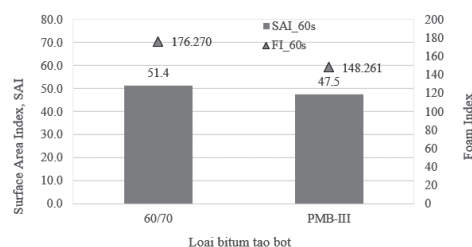


Hình 2.7: Tương quan giữa ER_{max} , FI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nặng 3,0%

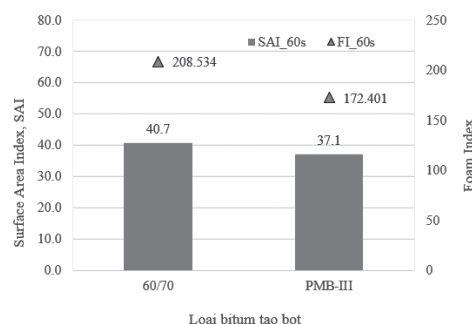
Chỉ số diện tích bề mặt (SAI) tại thời điểm 60s của hai chất kết dính được tạo bọt trong máy tạo bọt Wirtgen được thể hiện như ở Hình 2.8, Hình 2.9 và Hình 2.10 cùng với các giá trị FI ở 60s.



Hình 2.8: Tương quan giữa FI với SAI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nặng 1,0%



Hình 2.9: Tương quan giữa FI với SAI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nặng 2,0%

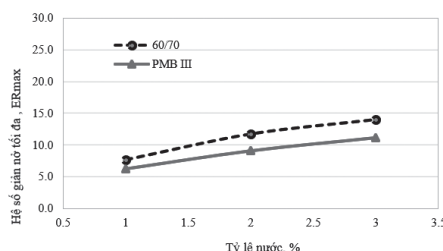


Hình 2.10: Tương quan giữa FI với SAI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nặng 3,0%

SAI còn có thể được coi là thông số để đánh giá chất lượng và thời gian ổn định của bọt. Các bong bóng nhỏ hơn, tồn tại lâu hơn và phân phối tốt hơn trong mẫu chất kết dính có bọt, giá trị SAI sẽ càng lớn. Nói chung, đối với bất kỳ chất kết dính nào, giá trị SAI ở 60s ứng với hàm lượng nước 1,0% đều lớn hơn so với giá trị SAI của bitum bọt ứng với hàm lượng nước bằng 3,0%.

2.3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng nước đến các thông số của bitum bọt

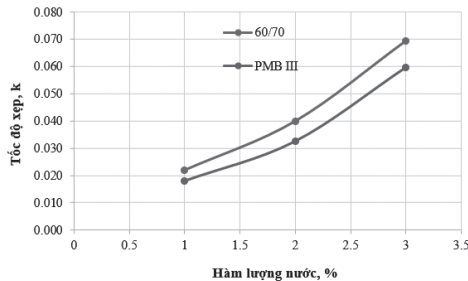
Ảnh hưởng của hàm lượng nước và loại bitum đến ER_{max} được thể hiện như ở Hình 2.11.



Hình 2.11: Ảnh hưởng của hàm lượng nước và loại bitum đến ER_{max}

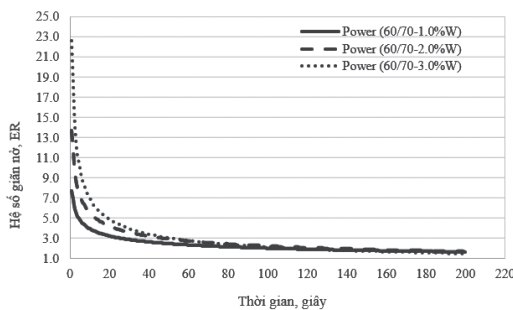
Kết quả thí nghiệm thể hiện ở Hình 2.11 cho thấy, giá trị ER_{max} của bitum bọt tăng lên khi tăng hàm lượng nước sử dụng tạo bọt và mối quan hệ này là tuyến tính. Ảnh hưởng

của hàm lượng nước đến tốc độ xẹp của bitum bọt ứng với hai loại bitum 60/70 và PMB III được thể hiện như ở Hình 2.12. Đây là thông số ảnh hưởng đến tính công tác của hỗn hợp bê tông asphalt tái chế ẩm. Tốc độ xẹp cao điều đó chỉ ra rằng bitum bọt có độ ổn định thấp.

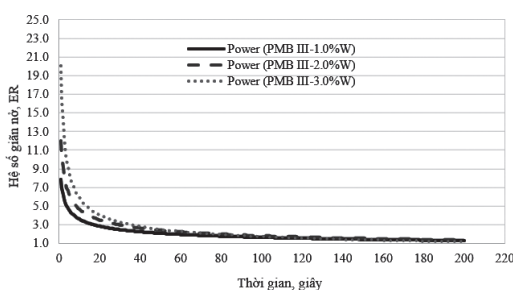


Hình 2.12: Ảnh hưởng của hàm lượng và loại bitum đến giá trị k

Kết quả thí nghiệm ở Hình 2.12 cho thấy, nhìn chung tốc độ xẹp của bitum bọt tăng lên khi tăng hàm lượng nước sử dụng tạo bọt. Nói cách khác, đối với một chất kết dính nhất định, hàm lượng nước cao hơn dẫn đến độ ổn định thấp hơn và ngược lại. Tính chất này phù hợp với giả thuyết là hàm lượng nước cao hơn thường dẫn đến kích thước giọt lớn hơn và bong bóng lớn hơn, do đó có tốc độ di chuyển lên bề mặt cao hơn (ở nhiệt độ/độ nhớt nhất định) và xẹp nhanh hơn, còn lượng nước thấp hơn tạo ra bong bóng nhỏ hơn mất nhiều thời gian hơn lên bề mặt và xẹp chậm hơn. Một kết quả đáng chú ý bởi sự kết hợp của hai hiệu ứng này là chất kết dính được tạo bọt có hàm lượng nước cao hơn sẽ bắt đầu với ER_{max} cao hơn so với chất kết dính được tạo bọt có hàm lượng nước thấp hơn. Tuy nhiên, theo thời gian, chất kết dính được tạo bọt với hàm lượng nước thấp hơn sẽ có xu hướng ổn định hơn và giữ được sự giãn nở lâu hơn. Hiệu ứng này được minh họa ở Hình 2.13 và Hình 2.14.



Hình 2.13: Sự thay đổi hệ số ER theo thời gian của bitum bọt ứng với các tỷ lệ nước khác nhau (bitum 60/70)



Hình 2.14: Sự thay đổi hệ số ER theo thời gian của bitum bọt ứng với các tỷ lệ nước khác nhau (bitum PMB III)

Ngoài ra, quá trình xẹp của bitum bọt gần như xảy ra tức thời cho thấy rằng, chu kỳ bán rã của bitum bọt có thể không liên quan trong quá trình chế tạo hỗn hợp asphalt ở trạm trộn nóng, quan trọng là trạng thái của bitum bọt sau khi tiếp xúc với áp suất khí quyển (ví dụ như trong thùng trộn) trong vài phút, trong đó chất kết dính được trộn với cốt liệu.

3. KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá tính chất của bitum bọt sử dụng hai loại bitum tạo bọt khác nhau là loại 60/70 và PMB III, các hàm lượng nước thay đổi từ 1% đến 3%. Một số kết luận sau được đưa ra:

- Loại bitum và hàm lượng nước đều ảnh hưởng đến tính chất của bitum bọt;
- Bitum PMB III có tốc độ xẹp (k), hệ số giãn nở tối đa (ER_{max}), chỉ số bọt (FI) thấp hơn so với bitum 60/70;
- Không có sự chênh lệch đáng kể chỉ số diện tích bề mặt bitum bọt (SAI) của hai loại bitum 60/70 và bitum PMB III.
- Khi hàm lượng nước tăng lên thì ER_{max} và k tăng lên.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Wirtgen, F (2004), *Cold Recycling Manual*, Wirtgen GmbH: Windhagen, Germany.
- [2]. Morton, B S, Visser, A T & Horak, E (12-16, September, 2004), *Foamed tar stabilization: State of the art review an pavement performance incorporating new accelerated pavement testing method*, Proceedings, 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, Sun City, South Africa.
- [3]. Morton, B S, Visser, A T & Horak, E (15-19, July, 2002), *The application of foamed tar technology to labour intensive construction of low volume roads*, Proceedings, 21st Southern African Transport Conference, Pretoria.
- [4]. Jenkins, K J & Van de Ven, M F C (16-20, July, 2001), *Guidelines for the mix design and performance prediction of foamed bitumen mixes*. Proceedings, 20th Southern African Transport Conference, Pretoria, Session 1A:7, pp.1-12.
- [5]. Xiao, F, Newton, D, Putman, B, Punith, V S & Amirkhanian, S N (2013), *A long-term ultraviolet aging procedure on foamed WMA mixtures*, Materials and Structures, 46(12): 1987-2001.
- [6]. Martinez-Arguelles, G, Giustozzi, F, Crispino, M & Flintsch, G W (2017), *Investigating physical and rheological properties of foamed bitumen*, Construction and Building Materials, 72, 423-433.
- [7]. Nivedya, M K, Roja, K L, Veeraragavan, A & Krishnan, J M. (9-12, June, 2013), *Rheological investigations on foamed bitumen*, Proceedings, Airfield and Highway Pavements Conference, Sustainable and Efficient Pavements, ASCE, Los Angeles, CA, pp.967-976.

Ngày nhận bài: 29/3/2024

Ngày nhận bài sửa: 12/4/2024

Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2024