

# Tổng quan đánh giá khả năng sử dụng xỉ thép và phụ gia xơ dừa để chế tạo hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA)

■ ThS. NCS. VÕ HỒNG LÂM<sup>(\*)</sup>; PGS. TS. LÊ VĂN PHÚC; PGS. TS. LÊ VĂN BÁCH

Trường Đại học Giao thông vận tải

Email: <sup>(\*)</sup>lamvh\_ph@utc.edu.vn

**TÓM TẮT:** Hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA) là vật liệu có khả năng chống biến dạng dư tốt, cho độ nhám cao và phù hợp điều kiện khắc nghiệt về khí hậu cả nóng và lạnh, rất thích hợp cho các mặt đường ô tô mật độ giao thông lớn và các mặt đường thường xuyên chịu tải trọng nặng. Tuy nhiên, giá thành SMA cao hơn các hỗn hợp đá nhựa khác. Để đảm bảo hiệu quả kinh tế - kỹ thuật, góp phần bảo vệ môi trường thì vấn đề sử dụng các vật liệu nhân tạo, tái tạo để thay thế một phần vật liệu khoáng tự nhiên trở thành giải pháp tối ưu. Nội dung bài báo trình bày tổng quan đánh giá sử dụng xỉ thép và phụ gia xơ dừa để chế tạo SMA đáp ứng vấn đề trên.

**TỪ KHÓA:** Hỗn hợp đá vữa nhựa, xỉ thép, phụ gia xơ dừa.

**ABSTRACT:** Stone mastic asphalt (SMA) is a material that has good resistance to permanent deformation, high roughness and is suitable for harsh climatic conditions, both hot and cold, very suitable for road surfaces with high traffic density and road surfaces subjected to heavy loads. However, the price of SMA is higher than other hot mixed asphalt. To ensure economic and technical efficiency and contribute to environmental protection, using artificial and renewable materials to partially replace natural mineral materials becomes the optimal solution. The content of the article presents a review overview the possibility of using steel slag and coconut fiber additives to manufacture SMA to solve the above problems.

**KEYWORDS:** Stone mastic asphalt - Stone Matrix Asphalt, steel slag, coconut fiber additives.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA - Stone Mastic Asphalt hay Stone Matrix Asphalt) là một hỗn hợp nhựa trộn nóng, rải nóng có thành phần cấp phối gián đoạn, nhiều cốt liệu thô tạo ra một cấu trúc đá chèn đá (giữa các hạt có lực ma sát lớn) được chèn đầy lỗ rỗng cốt liệu bằng vữa nhựa (cốt liệu

mịn, bột khoáng, phụ gia ổn định và nhựa đường; với nhiều nhựa và nhiều bột khoáng). Với một cấu trúc hình thành cường độ như vậy, SMA có khả năng chống lún vệt bánh xe, chống thấm nước, chống nứt phản ánh và cả khả năng chống ồn cao, trong khi mặt lớp SMA lại có độ nhám cao, tuy nhiên giá thành cao hơn các hỗn hợp đá nhựa khác [1].

Xỉ thép là một phế liệu phát sinh trong quá trình tinh chế kim loại, đúc và hợp kim hóa kim loại. Ở nước ta, lượng xỉ thải ra theo ước tính mỗi năm từ các nhà máy luyện thép trên cả nước lên đến 1 - 1,5 triệu tấn. Các bãi chất thải rắn này chiếm chỗ trên diện tích đất rất lớn và dẫn đến tác động môi trường nghiêm trọng. Xỉ thép có tính chất cơ học rất tốt do cấu trúc tinh thể đặc biệt, được so sánh tương tự hoặc tốt hơn so với cấu trúc của đá tự nhiên. Hiện nay, một số nghiên cứu đã sử dụng xỉ thép để chế tạo bê tông nhựa (BTN), kết quả bước đầu cho thấy rằng BTN xỉ thép có một số tính chất cơ học cho kết quả tương tự hoặc tốt hơn so với BTN thông thường [5, 6, 7]. Mặt khác, xơ dừa là phế phẩm nông nghiệp khá phổ biến ở các vùng miền Tây Nam bộ (chiếm 75%) và các tỉnh Nam Trung bộ nước ta (chiếm 25%). Đến nay đã có một số nghiên cứu trong và ngoài nước sử dụng xơ dừa làm phụ gia chế tạo hỗn hợp nhựa trộn nóng [3, 4, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Vì vậy, nếu sử dụng xỉ thép kết hợp với xơ dừa thay thế phụ gia cellulose đang sử dụng trong SMA sẽ có thể giảm giá thành chế tạo SMA ở Việt Nam và hạn chế khai thác tài nguyên thiên nhiên, bảo vệ môi trường.

## 2. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG SỬ DỤNG XỈ THÉP ĐỂ CHẾ TẠO SMA

Hiện nay, ngành công nghiệp xây dựng của nước ta đang phát triển rất nhanh, nhu cầu sử dụng các loại vật liệu xây dựng ngày càng lớn, cả về số lượng và chất lượng. Nguồn vật liệu cung cấp cho ngành Xây dựng nói chung và trong xây dựng đường ô tô nói riêng đang ngày càng khan hiếm. Ở khu vực phía Nam, các vật liệu đá, cát dùng trong xây dựng đường ô tô chủ yếu được khai thác tại các tỉnh Đồng Nai, Bình Dương, Bà Rịa - Vũng Tàu... Tuy nhiên, do yêu cầu bảo vệ tài nguyên và môi trường nên khối lượng và khả năng khai thác của các loại vật liệu này đang bị hạn chế. Các mỏ đá đã được khai thác từ khá lâu và hầu hết thời gian được phép khai thác còn khá ngắn. Vì vậy, để đảm bảo nguồn vật liệu cho xây dựng, xu hướng sử dụng các vật liệu nhân tạo, tái tạo để thay thế một phần vật liệu khoáng tự nhiên trở thành giải pháp tối

ưu. Xi thép là vật liệu rất triển vọng được dùng để thay thế các loại vật liệu có nguồn gốc tự nhiên.

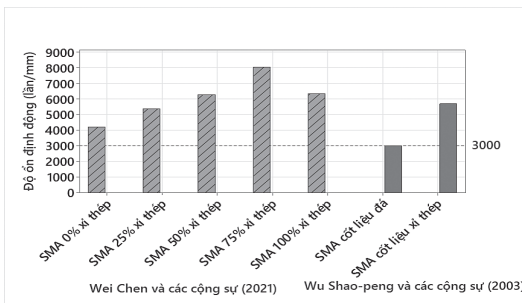


**Hình 2.1: Đống cốt liệu xi thép**

Trên thế giới và trong nước cũng đã có các nghiên cứu sử dụng xi thép làm cốt liệu trong SMA:

- Nghiên cứu của Wu Shao-peng và các cộng sự (2003), trên cơ sở các thí nghiệm đánh giá cường độ và khả năng kháng trượt của SMA sử dụng xi thép. Kết quả thực nghiệm cho thấy độ ổn định động là 5.699 lần/mm, lớn gấp đôi so với SMA sử dụng cốt liệu thông thường (khoảng 3.000 lần/mm), cả độ ổn định còn lại và tỷ lệ cường độ tách đồng đều lớn hơn 80%; hệ số ma sát và chiều sâu cấu trúc lún lượt là 67,1% và 0,7 mm. Những kết quả này cho thấy xi thép SMA vượt trội hơn so với BTN thông thường [8].

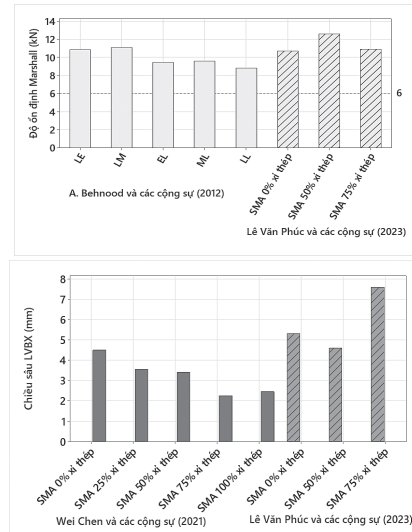
- Trong nghiên cứu về hàm lượng xi thép tối ưu của SMA-13 của Wei Chen và các cộng sự (2021) [11], kết quả cho thấy, so với hàm lượng xi thép 0%, độ ổn định động của SMA-13 trộn với hàm lượng xi thép 25%, 50%, 75% và 100% tăng lần lượt 27,33%, 48,5%, 90,48% và 50,00%. Khi hàm lượng xi thép là 75%, độ sâu vết hằn lún bánh xe đều đạt giá trị tối thiểu lần lượt là 1,19 mm và 2,25 mm. Điều này chứng tỏ, việc kết hợp xi thép có thể cải thiện độ ổn định nhiệt độ cao của SMA-13, sự cải thiện tốt nhất đạt được khi hàm lượng xi thép là 75%. Tuy nhiên, hàm lượng xi thép tăng lên có thể dẫn đến giảm khả năng chống nứt ở nhiệt độ thấp của hỗn hợp.



**Hình 2.2: Kết quả thí nghiệm độ ổn định động của SMA sử dụng xi thép từ các nghiên cứu trên thế giới**

- Theo Shaopeng Wu và các cộng sự (2007), khi so sánh với SMA cốt liệu đá dăm, đặc tính ổn định nhiệt và khả năng chống nứt của SMA sử dụng xi thép làm cốt liệu cải thiện đáng kể [9].

- Nghiên cứu A. Behnood và các cộng sự (2012) về tính khả thi của việc sử dụng cốt liệu xi thép trong SMA, kết quả cho thấy rằng việc sử dụng xi thép làm cốt liệu thô có thể tăng cường độ ổn định Marshall, mô-đun đàn hồi, cường độ chịu kéo, tăng khả năng chống lại sự phá hủy của độ ẩm và chống biến dạng của SMA [10].



**Hình 2.3: Kết quả thí nghiệm độ ổn định Marshall và chiều sâu LVBX của SMA sử dụng xi thép từ các nghiên cứu**

- Trên cơ sở các thí nghiệm trong phòng để đánh giá khả năng sử dụng xi thép khu vực Bà Rịa - Vũng Tàu để chế tạo SMA, Lê Văn Phúc và các cộng sự nghiên cứu đã đánh giá các chỉ tiêu kỹ thuật yêu cầu của SMA 12.5 về độ chảy nhựa, tổn thất Cantabro, độ ổn định Marshall, độ ổn định còn lại và hằn lún vết bánh xe theo TCCS 36:2021/TCĐBVN. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng có thể sử dụng 50% xi thép để thay thế cốt liệu trong việc chế tạo SMA 12.5 làm mặt đường ô tô [2].

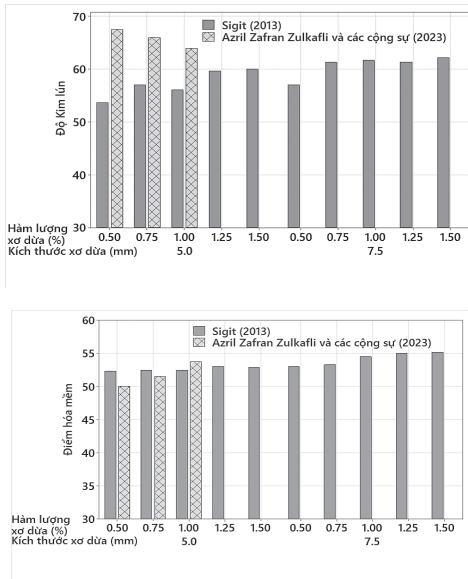
### 3. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG SỬ DỤNG PHỤ GIA XƠ DỪA TRONG SMA

Xơ dừa là phần của vỏ trái dừa được xé ra, tách sợi. Sợi xơ dừa được sản xuất từ xơ dừa thông qua máy đánh tơi hay còn gọi là máy đập để lấy phần sợi. Sau khi tách thành các sợi nhỏ có thể dễ dàng phối trộn trực tiếp với cốt liệu và nhựa đường. Hiện nay trên thế giới và trong nước cũng đã có nhiều nghiên cứu sử dụng phụ gia xơ dừa trong SMA cũng như trong BTN.



**Hình 3.1: Sợi xơ dừa**

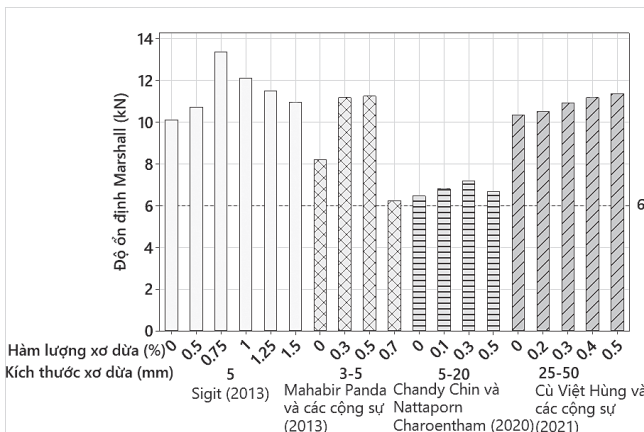
- Sigit (2013) đã nghiên cứu ảnh hưởng của xơ dừa ngắn đến đặc tính lưu biến của nhựa đường và độ ổn định Marshall, độ nhạy ẩm và chiều sâu vết lún bánh xe của BTN [12], xơ dừa được cắt thành các chiều dài 5 mm, 7,5 mm, 10 mm, 12,5 mm và được thêm vào nhựa đường loại 60/70 ở các mức (0,5, 0,75, 1, 1,25 và 1,5%). Các thử nghiệm cho thấy việc bổ sung xơ dừa ngắn làm giảm độ kim lún của nhựa đường và độ dẻo nhưng làm tăng điểm hóa mềm. Ngoài ra, mẫu được chế tạo bằng nhựa đường có hàm lượng xơ dừa 0,75% (sợi dài 5 mm) cho kết quả tốt hơn so với sử dụng nhựa đường nguyên chất.



**Hình 3.2: Quan hệ giữa chiều dài sợi xơ dừa và độ kim lún, điểm hóa mềm của nhựa đường từ các nghiên cứu trên thế giới**

- Nghiên cứu việc bổ sung 0,5%, 0,75% và 1% xơ dừa vào nhựa đường để xác định ảnh hưởng lên hỗn hợp BTN của Azril Zafran Zulkafli và các cộng sự (2023) [13]. Kết quả cho thấy hàm lượng xơ dừa càng tăng sẽ cải thiện tính chất vật lý của nhựa đường và tăng tuổi thọ của BTN.

- Trong nghiên cứu tận dụng xơ dừa (sợi dài 3 - 5 mm) trong SMA [14], kết quả nghiên cứu cho thấy, khi hàm lượng chất xơ tăng lên, giá trị ổn định của hỗn hợp với chất kết dính bất kỳ sẽ tăng ứng với hàm lượng chất xơ lên tới 0,5% và sau đó giảm xuống. Điều này là do thực tế ở tỷ lệ sợi đồng nhất cao hơn, việc trộn các sợi rất khó khăn dẫn đến sự kết tụ của các sợi. Nghiên cứu cũng cho thấy rằng đối với tất cả các loại chất kết dính, hỗn hợp có hàm lượng chất xơ 0,7% nằm ngoài tiêu chí quy định về độ rỗng dư và do đó việc sử dụng 0,7% chất xơ trong hỗn hợp với bất kỳ chất kết dính nào đều không được xem xét và chỉ cần bổ sung thêm ít nhất 0,3% xơ dừa mang lại sự cải thiện đáng kể về tính chất kỹ thuật của SMA.



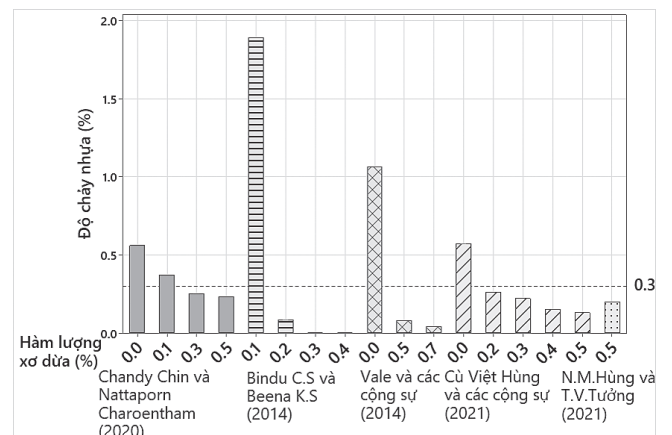
**Hình 3.3: Sự thay đổi độ ổn định Marshall tương ứng với hàm lượng và chiều dài sợi xơ dừa từ các nghiên cứu**

- Nghiên cứu sơ bộ về ảnh hưởng của các chất phụ gia như xơ dừa, sisal, sợi chuối (sợi tự nhiên), nhựa phế thải (chất

thải) và polypropylene (polymer) đến đặc tính chống chảy nhựa của SMA. Kết quả cho thấy hàm lượng chất xơ tối ưu là 0,3% trọng lượng của hỗn hợp đối với tất cả các loại chất xơ, bất kể loại chất xơ nào. Do tính chất hấp thụ của chất xơ nên phụ gia ổn định chất xơ được cho là có hiệu quả hơn trong việc đặc tính chống chảy nhựa của SMA. Phụ gia xơ dừa là tốt nhất trong số các loại xơ được nghiên cứu [15].

- Một nghiên cứu về ứng xử của sợi tự nhiên (sợi dừa và sợi cellulose) trong SMA bằng hai phương pháp thiết kế khác nhau (Marshall và Superpave) [16]. Nghiên cứu này sử dụng hàm lượng phụ gia sợi xơ dừa từ 0,5 - 0,7%, phụ gia sợi cellulose 0,3 - 0,5%. Kết quả kiểm tra về độ chảy nhựa cho thấy rõ ràng rằng sợi xơ dừa có thể được sử dụng trong SMA để thay thế cho sợi cellulose để ngăn chặn chảy nhựa đường trong quá trình sản xuất, vận chuyển. Đối với hai phương pháp thiết kế, SMA sử dụng phụ gia xơ dừa có độ bền mỏi kém hơn hỗn hợp có sợi cellulose và không có chất xơ.

- Nghiên cứu thực nghiệm SMA sử dụng xơ dừa của Chandy Chin và Nattaporn Charoentham (2020) [17], SMA được trộn với sợi xơ dừa với ba chiều dài khác nhau (5 - 20, 20 - 40 và 40 - 60 mm) và hàm lượng tương ứng (0,1, 0,3 và 0,5% theo khối lượng). Các đặc tính của hỗn hợp bao gồm độ ổn định Marshall, độ thoát nước, cường độ chịu kéo gián tiếp và tỷ lệ độ bền kéo được thực hiện trên SMA hạt 12,5 mm. Kết quả thực nghiệm cho thấy, hỗn hợp SMA chứa 0,3% xơ dừa dài 5 - 20 mm mang lại đặc tính tối ưu dựa trên thông số kỹ thuật của SMA và có các đặc tính tốt hơn so với các hỗn hợp khác.



**Hình 3.4: Kết quả thí nghiệm độ chảy nhựa trong SMA sử dụng phụ gia xơ dừa từ các nghiên cứu**

Mặt khác, ở trong nước hiện nay đã có một số nghiên cứu về SMA sử dụng xơ dừa làm phụ gia:

- Nghiên cứu thực nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của SMA sử dụng phụ gia xơ dừa ở Việt Nam [3]. Kết quả cho thấy các chỉ tiêu cơ học của SMA sử dụng phụ gia xơ dừa với hàm lượng từ 0,2 - 0,5% (tính theo khối lượng hỗn hợp) đều được cải thiện so với SMA không có phụ gia. Sử dụng phụ gia xơ dừa có khả năng cải thiện độ chảy nhựa của hỗn hợp. Kết quả thí nghiệm cũng bước đầu cho thấy khả năng ứng dụng xơ dừa làm phụ gia trong SMA ở Việt Nam.

- Nghiên cứu thực nghiệm Stone Mastic Asphalt hạt 16 mm (SMA 16) của TS. Nguyễn Mạnh Hùng; KS. Trần Văn Tường [4] với nhựa PMB và sợi xơ dừa hàm lượng 0,5%. Kết

quả nghiên cứu về cường độ SMA 16 ở  $t^0 = 15, 30, 45$  và  $60^\circ\text{C}$  đã khẳng định lại các tính chất nổi bật của loại vật liệu này. Đó là khả năng kháng lún, chống hằn vệt bánh xe, chống trơn trượt (độ nhám ban đầu đạt  $H_{tb} = 1,07$  mm).

#### 4. KẾT LUẬN

Trong lĩnh vực xây dựng công trình giao thông ở nước ta, vấn đề sử dụng xi thép và xơ dừa còn hạn chế, hiện chỉ dừng ở mức độ nghiên cứu/đánh giá. BTN là loại vật liệu xây dựng được sử dụng rộng rãi trong xây dựng mặt đường ô tô. Hiện nay, rất nhiều tuyến đường BTN ở nước ta sau một thời gian ngắn đưa vào khai thác sử dụng đã xuất hiện những hiện tượng phổ biến như: Xô dòn, nứt trượt lớp mặt BTN, hằn lún vệt bánh xe, rạn nứt bong bật, gây hư hỏng nghiêm trọng mặt đường làm mất ATGT. Để khắc phục hạn chế các loại hư hỏng trên cần sử dụng BTN có mô-đun đàn hồi và cường độ chịu nén cao, ít bị ảnh hưởng bởi nước, bằng cách tăng cường cốt liệu khác có cường độ, độ dính bám cao. Trong đó, SMA là vật liệu có khả năng chống biến dạng dư tốt, cho độ nhám cao và phù hợp điều kiện khắc nghiệt về khí hậu cả nóng và lạnh. SMA giàu nhựa đường hơn các loại BTN đã làm tăng độ bền và kéo dài tuổi thọ vật liệu, rất thích hợp cho các mặt đường ô tô mật độ giao thông lớn và các mặt đường thường xuyên chịu tải trọng nặng.

Xi thép có tính chất cơ học rất tốt do cấu trúc tinh thể đặc biệt, tương tự hoặc tốt hơn so với cấu trúc của đá tự nhiên. Đồng thời, xơ dừa là từ tự nhiên, là nguồn vật liệu tái tạo sẵn có với trữ lượng lớn tại khu vực phía Nam và thân thiện với môi trường. Tuy các nghiên cứu nêu trên mới chỉ được thực hiện ở trong phòng thí nghiệm, nhưng đã bước đầu cho thấy được khả năng sử dụng xi thép và phụ gia xơ dừa trong lĩnh vực xây dựng công trình giao thông là rất lớn. Chính vì vậy, vấn đề sử dụng xi thép và sợi xơ dừa trong vật liệu SMA mang tính khả thi cao, nhằm tăng tuổi thọ của mặt đường và góp phần bảo vệ môi trường.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Bộ GTVT (2021), TCCS36:2021/TCĐBVN, *Lớp mặt đường bằng hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA) - Thi công và nghiệm thu*, Hà Nội.
- [2]. Lê Văn Phúc; Võ Hồng Lâm; Phan Đức, Đỗ Như Khang (2023), *Nghiên cứu khả năng sử dụng xi thép khu vực Bà Rịa - Vũng Tàu để chế tạo hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA)*, Tạp chí Khoa học công nghệ GTVT, tập 12, số 4.
- [3]. Cù Việt Hùng, Nguyễn Quang Phúc, Lương Xuân Chiểu, Trần Danh Hợi (2021), *Nghiên cứu thực nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp đá - vữa nhựa (SMA) sử dụng phụ gia xơ dừa ở Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số tháng 3.
- [4]. Nguyễn Mạnh Hùng, Trần Văn Tường (2021), *Nghiên cứu thực nghiệm Stone Mastic Asphalt hạt 16 mm (SMA16) với nhựa PMB và sợi xơ dừa*, Tạp chí GTVT, số tháng 3.
- [5]. D. H. Shen, C. M. Wu, J. C. Du (2009), *Laboratory investigation of basic oxygen furnace slag for substitution of aggregate in porous asphalt mixture*, Constr. Buil. Mater. 23 (1), 453-461.
- [6]. I. Liapis, S. Likoydis (2012), *Use of electric arc furnace*

*slag in thin skid-resistant surfacing*, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 48, 907-918.

[7]. I. M. Asi, H. Y. Qasrawi, F. I. Shalabi (2007), *Use of steel slag aggregate in asphalt concrete mixes*, Can. J. Civ. Eng. 34 (8), 902-911.

[8]. Wu Shao-peng, Yang Wen-feng, Xue Yong-jie & Lin Zhen-hua (2003), *Design and preparation of steel slag SMA*, Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed, vol.18, pp.86-88.

[9]. Shaopeng Wu, Yongjie Xue, Qunshan Ye, Yongchun Chen (July 2007), *Utilization of steel slag as aggregates for stone mastic asphalt (SMA) mixtures*, Building and Environment, vol.42, Issue 7, pp.2580-2585.

[10]. A. Behnood, M. Ameri (October, 2012), *Experimental investigation of stone matrix asphalt mixtures containing steel slag*, Scientia Iranica, vol.19, Issue 5, pp.1214-1219.

[11]. Wei Chen, Jincheng Wei, Xizhong Xu, Xiaomeng Zhang, Wenyang Han, Xiangpeng Yan, Guiling Hu and Zizhao Lu (2021), *Study on the Optimum Steel Slag Content of SMA-13 Asphalt Mixes Based on Road Performance*, Coatings, 11, 1436.

[12]. Sigit Pranowo Hadiwardoyo (2013), *Evaluation of the addition of short coconut fibers on the characteristics of asphalt mixtures*, Civil and Environmental Research, ISSN 2224-5790 (Paper), ISSN 2225-0514 (Online), vol.3, no.4.

[13]. Azril Zafran Zulkafli, Khairul Nizam Mohd Yunus, Nurul Hidayah Mohd, Kamaruddin and H.F. Suhandri (2023), *Performance of coconut fiber as bitumen modifier in asphalt mixture influence to fatigue resistance*, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1205, 012064, doi:10.1088/1755-1315/1205/1/012064.

[14]. Mahabir Panda, Arpita Suchismita and Jyoti Prakash Giri (2013), *Utilization of Ripe Coconut Fiber in Stone Matrix Asphalt Mixes*, International Journal of Transportation Science and Technology, vol.2, no.4, pp.289-302.

[15]. Bindu C.S & Beena K.S (2014), *Influence of additives on the drain down characteristics of Stone Matrix asphalt mixtures*, International Journal of Research in Engineering and Technology vol.3, no.7, 83-88, doi:10.15623/ijret.2014.0307014.

[16]. Vale, A. C. D., Casagrande, M. D. T., & Soares, J. B. (2014), *Behavior of natural fiber in stone matrix asphalt mixtures using two design methods*, Journal of Materials in Civil Engineering, 26(3), 457-465.

[17]. Chandy Chin and Nattaporn Charoentham (2020), *Laboratory investigation of stone mastic asphalt mixtures containing coconut fiber*, Engineering and Applied Science Research 2021;48(2):131-136, doi: 10.14456/easr.2021.1.

Ngày nhận bài: 14/02/2024

Ngày nhận bài sửa: 01/3/2024

Ngày chấp nhận đăng: 01/4/2024