

Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng sử dụng xơ dừa thay thế cellulose làm phụ gia để chế tạo hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA)

Laboratory study on the possibility of utilizing coconut fiber as an alternative to cellulose additive for the Stone Mastic Asphalt (SMA)

Võ Hồng Lâm, Lê Văn Phúc*, Lê Văn Bách

Phân hiệu tại Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải

*Tác giả liên hệ: phuclv_ph@utc.edu.vn

Ngày nhận bài: 30/6/2024 ; Ngày chấp nhận đăng: 15/7/2024

Tóm tắt:

Hiện nay, việc nghiên cứu sử dụng vật liệu dạng sợi thiên nhiên thay thế các loại phụ gia truyền thống trong việc chế tạo bê tông nhựa (BTN) nhằm giảm thiểu tác động môi trường và hạ giá thành công trình đang được quan tâm trên thế giới. Do vậy, việc nghiên cứu các giải pháp tận dụng nguồn vật liệu địa phương như sợi xơ dừa để thay thế phụ gia cellulose trong việc chế tạo hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA) là hết sức cần thiết. Bài báo đã bước đầu đánh giá khả năng sử dụng sợi xơ dừa để thay thế phụ gia cellulose nhằm giảm sự chảy nhựa và tăng cường cấu trúc vĩ mô của SMA. Trên cơ sở các thí nghiệm trong phòng, nghiên cứu đã đánh giá các chỉ tiêu kỹ thuật yêu cầu của SMA 16 về độ chảy nhựa, tổn thất Cantabro, độ ổn định Marshall, độ ổn định còn lại và hằn lún vệt bánh xe theo tiêu chuẩn TCCS 36:2021/TCĐBVN. Kết quả nghiên cứu cho thấy có thể sử dụng sợi xơ dừa để thay thế phụ gia cellulose trong việc chế tạo SMA 16 làm mặt đường ô tô.

Từ khóa: SMA 16; Xơ dừa; Cellulose; Độ ổn định marshall; Hằn lún vệt bánh xe.

Abstract:

In recent years, natural fiber as alternative traditional additives have been increasingly utilized in asphalt concrete (AC) mixtures to reduce environmental pollution, decrease construction costs. Therefore, it is very necessary to study solutions of utilizing local materials as coconut fiber to replace the cellulose additive for the stone mastic asphalt (SMA). This paper evaluated initially the possibility of using coconut fiber to replace cellulose additives to prevent draindown and enhance the macroscopic structure of SMA. Based on the laboratory experiments, the study evaluated the required technical parameters of SMA 16 in terms of draindown characteristic, Cantabro abrasion loss, Marshall stability, Marshall stability ratio, and rutting according to TCCS 36:2021/TCĐBVN. Test results indicated the possibility of using coconut fiber to replace the cellulose additive for SMA in pavement construction.

Keywords: SMA 16; Coconut fibre; Cellulose; Marshall stability; Rutting.

1. Giới thiệu

Hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA - Stone Mastic Asphalt) được phát triển ở Đức vào giữa những năm 1960, nó đã lan rộng khắp châu Âu và trên toàn thế giới vào những năm 1980 và 1990. Ban

đầu, hỗn hợp này được đặt tên là Mastimac vì gồm Masti rút gọn của từ Mastixasphalt và Mac rút gọn của từ Macadam. Năm 1984, Quy chuẩn kỹ thuật “ZTV bit-StB 1984” của Đức đối với hỗn hợp này được ban hành [1]. Thành phần của

SMA bao gồm một lượng lớn các cốt liệu thô gắn kết với nhau tạo nên một bộ khung cốt liệu đá chèn đá nhằm chống lại sự biến dạng lâu dài [2]. Bộ khung đá được lấp kín bằng vữa nhựa đường - bột khoáng, có thêm các sợi hữu cơ để tạo độ ổn định cho nhựa đường, ngăn sự chảy tách của nhựa đường trong thời gian vận chuyển và thi công. Cấu tạo điển hình của SMA bao gồm khoảng 70 - 80% cốt liệu thô, 8 - 12% bột khoáng, 6 - 7% vật liệu dính kết và 0.3 - 0.5% phụ gia hoặc các sợi [2]. Do hàm lượng nhựa trong SMA lớn, để giảm sự chảy nhựa thường sử dụng phụ gia cellulose. Tuy nhiên, việc sử dụng các loại sợi thiên nhiên để thay thế các phụ gia truyền thống đang được quan tâm trong những năm gần đây. Hiện nay tại Việt Nam, xơ dừa đang được sử dụng rộng rãi trong các ngành thủ công mỹ nghệ hoặc trong ngành xây dựng. Sợi xơ dừa được sản xuất từ xơ dừa thông qua máy đánh toi 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.

Trên thế giới, đã có một số nghiên cứu xơ dừa trong chế tạo SMA [3], [4], [5]. Một nghiên cứu đã sử dụng hàm lượng phụ gia sợi xơ dừa từ 0.5% đến 0.7%, phụ gia sợi cellulose 0.3 - 0.5% [3]. Kết quả thí nghiệm bước đầu về độ chảy nhựa cho thấy, sợi xơ dừa có thể được sử dụng trong SMA để thay thế cho sợi cellulose nhằm ngăn chặn chảy nhựa đường trong quá trình sản xuất và vận chuyển [3]. Ngoài ra, SMA sử dụng phụ gia xơ dừa có độ bền mỏi kém hơn hỗn hợp có sợi cellulose và không có chất xơ. Một nghiên cứu khác ở [4] cho kết luận rằng, SMA chứa 0.3% sợi xơ dừa có chiều dài 5 - 20 mm với các đặc tính kỹ thuật tốt hơn so với các hỗn hợp khác. Trong nghiên cứu sử dụng xơ dừa (chiều dài sợi từ 3 mm đến 5mm) để chế tạo SMA [5], kết quả cho thấy, khi hàm lượng xơ dừa tăng lên, giá trị ổn định của SMA tăng tương ứng với hàm lượng sợi xơ dừa lên tới 0.5% và giảm xuống khi tăng hàm lượng sợi xơ dừa.

Tại Việt Nam, đã có một số nghiên cứu sử dụng xơ dừa để chế tạo SMA. Hùng và cộng sự

[6] đã đánh giá một số chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA) sử dụng phụ gia xơ dừa ở Việt Nam. Kết quả cho thấy các chỉ tiêu cơ học của SMA sử dụng phụ gia xơ dừa với hàm lượng từ 0.2% đến 0.5% (tính theo khối lượng hỗn hợp) đều được cải thiện so với SMA không có phụ gia xơ dừa. Sử dụng phụ gia xơ dừa có khả năng cải thiện độ chảy nhựa của hỗn hợp.

Với kết quả thí nghiệm trong phòng, các chỉ tiêu cơ lý của SMA sử dụng phụ gia xơ dừa bước đầu cho thấy khả năng ứng dụng xơ dừa làm phụ gia trong SMA ở Việt Nam. Hùng và cộng sự [7] đã nghiên cứu đánh giá SMA 16 với hàm lượng sợi xơ dừa 0.5%. Từ kết quả nghiên cứu thiết kế, thí nghiệm cường độ SMA 16 ở nhiệt độ 15⁰C, 30⁰C, 45⁰C và 60⁰C đã khẳng định có thể sử dụng xơ dừa để chế tạo SMA 16. Tuy nhiên, nhóm nghiên cứu chưa thực hiện đánh giá so sánh phụ gia cellulose và xơ dừa để chế tạo SMA. Đồng thời, cần có nhiều nghiên cứu khác sử dụng sợi xơ dừa để thay thế phụ gia cellulose làm phụ gia để chế tạo SMA tại Việt Nam.

Do vậy, thông qua các thí nghiệm trong phòng như độ chảy nhựa, tổn thất Cantabro, độ ổn định Marshall, độ ổn định còn lại và hần lún vệt bánh xe theo TCCS 36:2021/TCĐBVN [8], nghiên cứu đã tiến hành phân tích và đánh giá khả năng sử dụng sợi xơ dừa thay thế phụ gia cellulose để chế tạo SMA tại Việt Nam.

2. Thiết kế cấp phối hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA 16)

Theo các nghiên cứu [5] và [7], khi sử dụng 0.5% sợi xơ dừa để chế tạo SMA cho một số chỉ tiêu cơ lý là tốt nhất. Do vậy, trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu với 0.5% sợi xơ dừa thay thế 0.5% phụ gia cellulose để so sánh đánh giá một số chỉ tiêu cơ lý của SMA 16. Đường cong thiết kế cấp phối SMA 16 trong nghiên cứu này được thể hiện tại Hình 2.

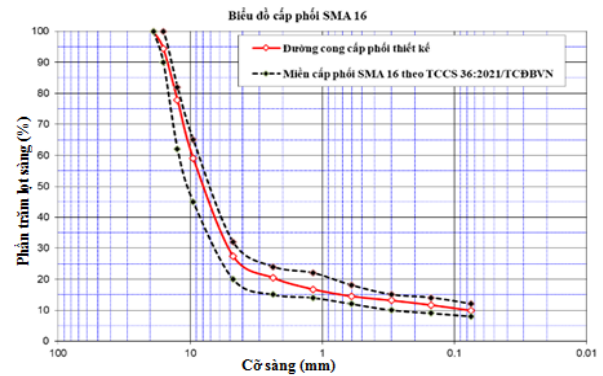
Nhằm xác định hàm lượng nhựa tối ưu theo TCCS 36:2021/TCĐBVN [8], cần tiến hành lựa chọn 03 hàm lượng nhựa xung quanh hàm lượng nhựa tối ưu dự đoán, mỗi hàm lượng nhựa cách

nhau từ 0.2% đến 0.4%. Do vậy, trong nghiên cứu này thí nghiệm các chỉ tiêu của 03 tổ mẫu hỗn hợp ứng với 03 hàm lượng nhựa 5.9%; 6.2%; 6.5% và phụ gia cellulose cùng sợi xơ dừa



Hình 1. Sợi xơ dừa được cắt với kích thước 3 - 5 mm.

sử dụng là 0.5% (theo hỗn hợp). Kết quả thí nghiệm các đặc trưng thể tích, độ chảy nhựa, tổn thất Cantabro và các hàm lượng nhựa trên được trình bày tại Bảng 1.



Hình 2. Đường cong thiết kế cấp phối SMA 16.

Bảng 1. Tổng hợp các kết quả thí nghiệm cấp phối SMA 16.

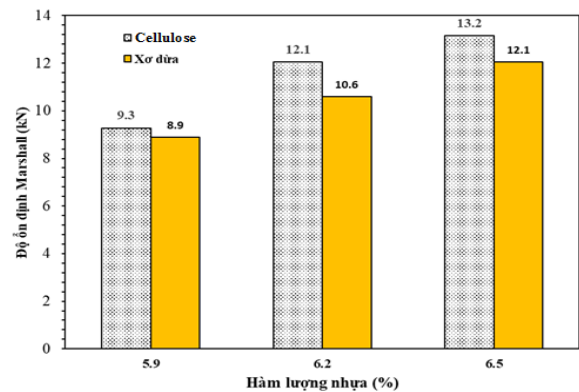
Loại sợi	Hàm lượng nhựa theo hỗn hợp (%)	Độ rỗng dư (%)	Độ rỗng lấp đầy (%)	Độ rỗng cốt liệu (%)	Độ chảy nhựa (%)	Tổn thất Cantabro (%)
Cellulose	5.9	4.8	73.7	18.1	0.19	11.5
	6.2	3.4	80.6	17.6	0.24	9.6
	6.5	2.0	88.1	17.0	0.29	6.9
Xơ dừa	5.9	4.9	73.6	18.4	0.26	13.8
	6.2	3.6	80.1	18.0	0.28	11.5
	6.5	2.7	84.9	17.9	0.35	10.4
Yêu cầu kỹ thuật		3÷4	75÷85	≥17.0	≤0.3	≤15.0

Từ kết quả thí nghiệm tổng hợp trong Bảng 1 cho thấy, SMA sử dụng 0.5% cellulose với hàm lượng nhựa tăng từ 5.9% lên 6.5%, độ rỗng dư ở 5.9% và độ rỗng lấp đầy ở 6.5% không thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật theo TCCS 36:2021/TCĐBVN [8]. SMA sử dụng 0.5% sợi xơ dừa cùng hàm lượng nhựa 6.5% thì chỉ tiêu độ chảy nhựa không thỏa mãn yêu cầu theo TCCS 36:2021/TCĐBVN [8]. Do vậy, có thể chọn hàm lượng nhựa thiết kế khi đánh giá chỉ tiêu cơ bản các đặc trưng thể tích cho cấp phối SMA 16 là 6.2%.

3. Thí nghiệm xác định độ ổn định Marshall và độ ổn định Marshall còn lại

Trương tự, tiến hành thí nghiệm các chỉ tiêu của 03 tổ mẫu hỗn hợp ứng với 03 hàm lượng nhựa

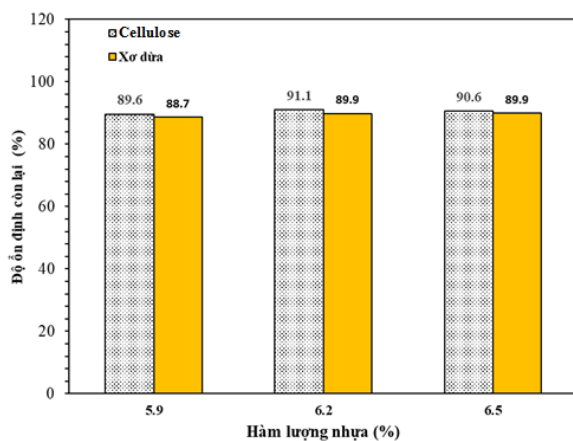
5.9%; 6.2%; 6.5% cho SMA sử dụng 0.5% phụ gia cellulose và 0.5% sợi xơ dừa (theo hỗn hợp). Kết quả thí nghiệm ổn định Marshall được thể hiện tại Hình 3.



Hình 3. Độ ổn định Marshall với các hàm lượng nhựa khác nhau của SMA sử dụng sợi xơ dừa và cellulose.

Từ kết quả phân tích thí nghiệm ở Hình 3 cho thấy, sử dụng 0.5% sợi xơ dừa thay thế 0.5% cellulose để chế tạo SMA 16, có độ ổn định Marshall thỏa mãn chỉ tiêu kỹ thuật yêu cầu theo TCCS36:2021/TCĐBVN (≥ 6.0 kN) [8]. Ngoài ra, giá trị độ ổn định Marshall của SMA khi sử dụng phụ gia cellulose cao hơn khoảng 4.3%, 12.0% và 8.2% so với SMA sử dụng sợi xơ dừa.

Để đánh giá ảnh hưởng cường độ của SMA trong môi trường nước, tiến hành xác định độ ổn định còn lại theo TCVN8860-12-2011 [9]. Độ ổn định còn lại là tỷ số độ ổn định Marshall trung bình của tổ hợp gồm 06 mẫu ngâm tại bể ổn nhiệt ở 60°C trong 24 giờ và tổ hợp 06 mẫu ngâm ở bể ổn nhiệt 60°C trong 40 phút. Kết quả thí nghiệm độ ổn định còn lại được thể hiện ở Hình 4.



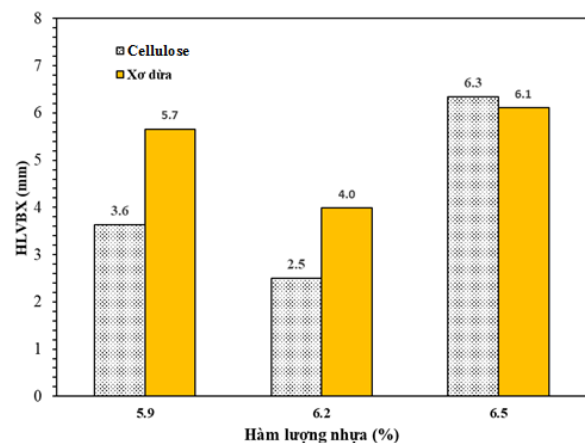
Hình 4. Độ ổn định còn lại với các hàm lượng nhựa khác nhau của SMA sử dụng xơ dừa và cellulose.

Từ kết quả phân tích ở Hình 4 cho thấy, độ ổn định còn lại thỏa mãn chỉ tiêu kỹ thuật yêu cầu theo TCCS36:2021/TCĐBVN ($MSR \geq 80\%$) [8]. Ngoài ra, độ ổn định còn lại của SMA 16 sử dụng 0.5% sợi xơ dừa làm phụ gia hầu như tương đương với SMA 16 sử dụng 0.5% phụ gia cellulose.

4. Thí nghiệm hằn lún vết bánh xe của hỗn hợp đá vữa nhựa 16

Mẫu thí nghiệm hằn lún vết bánh xe là mẫu dạng tấm, sử dụng khuôn thép có kích thước 320 x 260 x 50 mm. Mẫu được bảo dưỡng ở nhiệt độ phòng, sau đó tháo khuôn và bảo dưỡng ở nhiệt

độ phòng trong vòng ít nhất 16 giờ, tiếp đến, tiến hành thí nghiệm hằn lún vết bánh xe. Mẫu được lắp vào máy và cài đặt máy chạy theo phương pháp A ở nhiệt độ 50°C trong môi trường nước (ấm ướt) theo Quyết định 1617/QĐ-BGTVT [10]. Máy gia nhiệt lên đến 50°C và ổn định nhiệt trong vòng 15 phút, sau đó, tự động thí nghiệm. Sau 40.000 chu kỳ máy tự động dừng lại, ghi nhận và thu thập số liệu. Phân tích kết quả thí nghiệm chiều sâu hằn lún vết bánh xe ở 40.000 lượt tải được trình bày tại Hình 5.



Hình 5. Chiều sâu hằn lún vết bánh xe với các hàm lượng nhựa khác nhau của SMA sử dụng xơ dừa và Cellulose.

Kết quả phân tích ở Hình 5 cho thấy khi thay thế 0.5% cellulose bằng 0.5% xơ dừa để chế tạo SMA 16, khả năng kháng hằn lún vết bánh xe thỏa mãn chỉ tiêu kỹ thuật yêu cầu của BTN sử dụng nhựa polymer ($RD \leq 12.5$ mm ở 40.000 lượt tải). Cụ thể, chiều sâu hằn lún của SMA 16 sử dụng 0.5% sợi xơ dừa tăng hơn so với SMA 16 sử dụng 0.5% phụ gia cellulose. Đồng thời, hàm lượng nhựa ở 6.2% cho giá trị chiều sâu hằn lún vết bánh xe là thấp nhất. Như vậy, có thể kết luận rằng, chọn hàm lượng nhựa thiết kế là 6.2% để chế tạo SMA 16 trong cả hai trường hợp sử dụng phụ gia xơ dừa và phụ gia cellulose. Mặt khác, SMA sử dụng được sợi tự nhiên là sợi xơ dừa thay thế phụ gia cellulose phải nhập khẩu là cần thiết. Đây là phụ gia không thể thiếu trong thành phần thiết kế hỗn hợp SMA. Dùng sợi xơ dừa đã mang tính ứng dụng cao và khẳng định điều

kiện khả thi để triển khai SMA 16 ở khu vực phía Nam, Việt Nam.

5. Kết luận

Trong nghiên cứu này, trên cơ sở kết quả thí nghiệm trong phòng, bước đầu cho thấy có thể sử dụng sợi xơ dừa thay thế phụ gia cellulose trong việc chế tạo SMA 16 làm mặt đường ô tô. Ngoài ra, nghiên cứu tìm ra được hàm lượng nhựa thiết kế là 6.2% để chế tạo SMA 16 trong cả hai trường hợp sử dụng phụ gia xơ dừa và phụ gia cellulose. Tuy khả năng kháng hằn lún vệt bánh xe của SMA 16 sử dụng sợi xơ dừa thấp so với sử dụng phụ gia cellulose nhưng các chỉ tiêu về yêu cầu kỹ thuật của SMA 16 sử dụng sợi xơ dừa đều thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật theo TCCS36:2021/TCĐBVN. Đồng thời, xét về vấn đề tận dụng các phế phẩm nông nghiệp để giảm thiểu tác hại đến môi trường và bước đầu tận dụng vật liệu địa phương để giảm giá thành công trình thì nghiên cứu hết sức cần thiết, bởi việc sử dụng được sợi tự nhiên là sợi xơ dừa thay thế sợi cellulose phải nhập khẩu. Dùng sợi xơ dừa từ vật liệu địa phương mang tính ứng dụng cao và khẳng định điều kiện khả thi để triển khai SMA 16 tại khu vực phía Nam. Do vậy, từ nghiên cứu kết luận rằng, có thể sử dụng 0.5% sợi xơ dừa thay thế phụ gia cellulose để chế tạo SMA 16 làm mặt đường ô tô.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2024-PHII_CT-003.

Tài liệu tham khảo

- [1] R. Hainin, W. F. Reshi, and H. Niroumand, "The importance of stone mastic asphalt in construction," *Electron. J. Geotech. Eng.*, vol. 17, pp. 49-74, 2012. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/42915051.pdf>
- [2] N. L. N. K. Kumar and A. Ravitheja, "Characteristics of stone matrix asphalt by using natural fibers as additives," *materialtoday: Proceedings*, vol. 19, part 2, pp. 397-402, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.07.624.
- [3] C. do Vale, Casagrande, M. D. T. Casagrande, and J. B. Soares, "Behavior of natural fiber in stone matrix asphalt mixtures using two design methods," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 26, no. 3, pp. 457-465, doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000815.
- [4] Chin and N. Charoentham, "Laboratory investigation of stone mastic asphalt mixtures containing coconut fiber," *Engineering and Applied Science Research*, vol. 48, no. 2, pp. 131-136, 2021, doi: 10.14456/easr.2021.15.
- [5] M. Panda, A. Suchismita, and J. P. Giri, "Utilization of ripe coconut fiber in stone matrix asphalt mixes," *International Journal of Transportation Science and Technology*, vol. 2, no. 4, pp. 289 - 302, 2013, doi: 10.1260/2046-0430.2.4.289.
- [6] C. V. Hùng, N. Q. Phúc, L. X. Chiêu, và T. D. Hợi, "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," *TC GTVT*, số tháng 3/2021, 2021.
- [7] N. M. Hùng và T. V. Tường, "Nghiên cứu thực nghiệm Stone Mastic Asphalt hạt 16 mm (SMA16) với nhựa PMB và sợi xơ dừa," *TC GTVT*, số tháng 3/2021, 2021.
- [8] *Lớp mặt đường bằng hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA) - Thi công và nghiệm thu*, TCCS 36:2021/TCĐBVN, Bộ Giao thông vận tải, Hà Nội, Việt Nam, 2021.
- [9] *Bê tông nhựa- Phương pháp thử nghiệm- Xác định độ ổn định còn lại của bê tông nhựa*, TCVN 8860-12:2011, Hà Nội, Việt Nam, 2011.
- [10] Bộ Giao thông vận tải, *Quyết định Ban hành Quy định kỹ thuật về phương pháp thử độ sâu vệt hằn bánh xe của bê tông nhựa xác định bằng thiết bị Wheel Tracking*, số 1617/QĐ-BGTVT, 2014.