

PHÂN TÍCH VI QUAN SỰ PHÂN BỐ VÀ TÁC DỤNG CỦA SỢI TRONG HỖN HỢP SMA

Đặng Văn Thanh¹, Cheng Pei Feng²

¹TS. Trường Đại học Lâm nghiệp, Việt Nam

²GS. Trường Đại học Lâm nghiệp Đông Bắc, Trung Quốc

TÓM TẮT

SMA (Stone Matrix Asphalt) là loại mặt đường bê tông át phan kiểu mới đang được nghiên cứu và ứng dụng. Đây là một loại vật liệu hỗn hợp, tính năng của nó và tính chất của nguyên, vật liệu tạo thành có quan hệ rất mật thiết. Với mục đích nghiên cứu cơ lý tác dụng và sự phân bố của sợi trong hỗn hợp SMA, từ đó xác định hàm lượng sợi hợp lý; nghiên cứu sử dụng ba loại sợi là sợi hữu cơ, sợi khoáng và sợi tổng hợp với các hàm lượng sợi khác nhau, sử dụng máy chụp hình vi quan điện tử, tiến hành phân tích kết cấu vi quan hỗn hợp SMA. Kết quả chỉ rõ sự dính kết giữa nhựa đường và ba loại sợi đều rất tốt, sợi có tác dụng nâng cao khả năng chịu tải của hỗn hợp, ngăn ngừa sự hình thành và phát triển vết nứt; khi hàm lượng sợi đạt đến giá trị tối ưu, trong hỗn hợp sợi hình thành kết cấu mạng không gian có tác dụng rất tốt cho việc cải thiện tính năng của hỗn hợp.

Từ khóa: *Hàm lượng sợi, phân tích vi quan: SMA, sợi, tính phân tán của sợi*

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hỗn hợp SMA là một loại vật liệu phức hợp, có kết cấu phức tạp, không đồng chất; nguyên vật liệu và kết cấu tổ thành có quan hệ mật thiết với tính năng của hỗn hợp. SMA ngoài việc dựa vào kết cấu khung xương của hàm lượng lớn cốt liệu lớn, điều đặc biệt là trong thành phần còn có sợi phụ gia và nhựa đường cải tính. Để ứng dụng hợp lý hỗn hợp SMA, ngoài việc nghiên cứu các chỉ tiêu tính năng của hỗn hợp, việc nghiên cứu các đặc điểm về cấu tạo và kết cấu vi quan của nó là rất cần thiết, mà từ trước đến nay vẫn còn rất ít các báo cáo kết quả nghiên cứu về lĩnh vực này.

Tác giả sử dụng máy chụp hình vi quan điện tử (kính điện tử), phân tích tác dụng của sợi, ảnh hưởng của sự phân bố và hàm lượng sợi đến các tính năng của SMA.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

- Đối tượng nghiên cứu được lựa chọn là hỗn hợp SMA-16.

- Tỷ lệ cấp phối của vật liệu khoáng sử dụng cho hỗn hợp được ghi ở bảng 01. Cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ là loại được nghiền từ đá huyền vũ, có khối lượng thể tích là 2.84g/cm³; đường kính danh định lớn nhất của cốt liệu là 16mm.

Bảng 01. Cấp phối vật liệu khoáng của SMA-16

Lỗ sàng (mm)	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
Lọt sàng (%)	100	95.1	81.9	53.7	25.3	18.4	16.2	14.0	12.1	10.8	9.4
Cho phép (%)	100	90-100	65-85	45-65	20-32	15-24	14-22	12-18	10-15	9-14	8-12

- Bột khoáng sử dụng bột đá vôi, có khối lượng thể tích là 2.78g/cm³, tỷ lệ lượng lọt qua sàng 0.75mm là 87.7%.

- Sợi sử dụng ba loại là: sợi hữu cơ, sợi

khoáng và sợi tổng hợp; hình ảnh về các loại sợi và một số chỉ tiêu kỹ thuật được thể hiện ở hình 01 và bảng 02.

- Chất kết dính sử dụng nhựa đường cải tính SBS-90, với các chỉ tiêu kỹ thuật thể hiện ở bảng 03.



a) Sợi hữu cơ

b) Sợi khoáng

c) Sợi tổng hợp

Hình 01. Hình ảnh về ba loại sợi sử dụng

Bảng 02. Một số chỉ tiêu kỹ thuật của ba loại sợi sử dụng

Chi tiêu	Màu sắc	Độ dài (mm)	Đường kính (µm)	Tỉ trọng (g/m ³)	Độ hút nước (%)	Cường độ chịu kéo (MPa)	Độ pH
Sợi hữu cơ	Sẫm	< 5	46	1.6	12-15	-	7.5±1
Sợi khoáng	Đen	6	15	2.463	< 0.1	3000-4840	-
Sợi tổng hợp	Trắng	6	14~50	1.36	2	> 500	-

Bảng 03. Một số chỉ tiêu kỹ thuật của nhựa đường cải tính SBS-90

Chi tiêu	Giá trị thực	Giá trị yêu cầu
Độ lún kim ở 25°C (cm)	6.7	≤6
Độ dẫn dài, 5cm/min, 5°C(cm)	95.2	≤30
Nhiệt độ hóa mềm (°C)	76.5	≤55
Nhiệt độ chảy (%)	101	≤99
Nhiệt độ bốc cháy (°C)	298	≤230
Khối lượng riêng (g/cm ³)	1.05	-

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu vi quan thường dùng các phương pháp: sử dụng máy chụp hình vi quan điện tử (kính điện tử), phân tích quang phổ hồng ngoại, phân tích trọng lượng...; trong đó phương pháp dùng kính điện tử được sử dụng khá phổ biến, với kỹ thuật hình ảnh có độ phân

giải cao phương pháp này đã chiếm ưu thế hơn hẳn các phương pháp khác. Chính vì vậy, tác giả chọn phương pháp dùng kính điện tử để nghiên cứu vi quan hỗn hợp SMA. Loại thiết bị được sử dụng là kính điện tử có nhãn hiệu “QUANTA200” có bề ngoài như hình 02.

Tham khảo các kết quả nghiên cứu trước về sử dụng 3 loại sợi này trong hỗn hợp SMA, đối với mỗi loại sợi, sử dụng lượng dùng nhựa tối ưu để chế tạo các mẫu thí nghiệm Marshall và làm thí nghiệm phá hoại nứt trong điều kiện kết băng và tan băng (Freeze-thaw splitting test) của các loại hỗn hợp với các hàm lượng sợi khác nhau. Để thấy được rõ hơn tác dụng của sợi khi hỗn hợp SMA chịu ngoại lực, lấy mẫu từ bề mặt bị phá hoại của các mẫu thí nghiệm nứt do đông cứng và tan rã để tiến hành làm thí nghiệm chụp hình vi quan. Mỗi loại hỗn hợp SMA được chọn và chế tác ít nhất 3 mẫu với kích thước mẫu: chiều dài \times chiều rộng \times chiều cao vào khoảng 3cm \times 3cm \times 2cm, sau đó được đưa vào máy mạ vàng trước

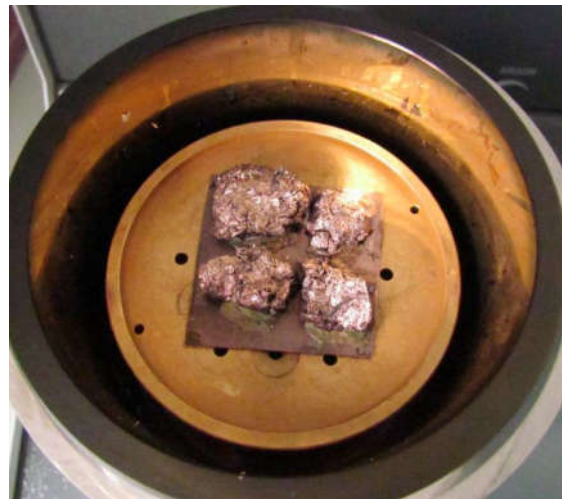
khi làm thí nghiệm chụp hình. Mẫu thí nghiệm trước và sau khi mạ vàng được thể hiện ở hình 03 và hình 04.



Hình 02. Kính hiển vi điện tử (QUANTA200)



Hình 03. Mẫu trước khi mạ vàng



Hình 04. Mẫu sau khi mạ vàng

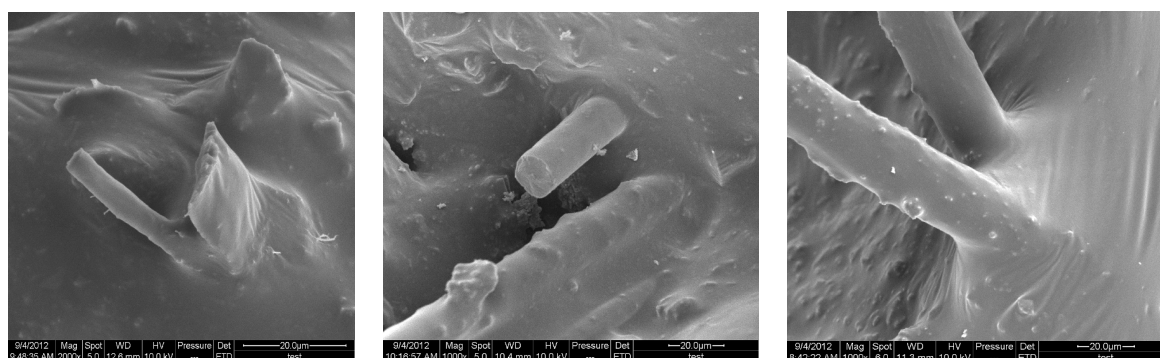
Mẫu thí nghiệm mạ vàng xong được đưa vào chụp hình bằng kính điện tử. Cần phải lựa chọn vị trí chụp hình sao cho: có thể quan sát rõ ràng tình trạng phân bố của sợi trên mặt ngoài mẫu bị nứt; từng bước phóng đại vị trí sợi bị kéo đứt; sự liên kết giữa sợi và hỗn hợp. Đối với các mẫu có hàm lượng sợi tương đối lớn, cần chụp hình ảnh phóng to để thể hiện rõ hiện tượng vón kết và sự sắp xếp của sợi trong

hỗn hợp. Ngoài ra cần phóng đại vị trí sợi bắc ngang qua các lỗ rỗng, để từ đó thấy được vai trò của sợi trong việc liên kết, giữ ổn định chống nứt.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Liên kết giữa nhựa đường cải tính và sợi

Tình trạng liên kết giữa 3 loại sợi và nhựa đường cải tính trong hỗn hợp SMA được thể hiện ở hình 05.



a) SMA sợi hữu cơ

b) SMA sợi khoáng

a) SMA sợi tổng hợp

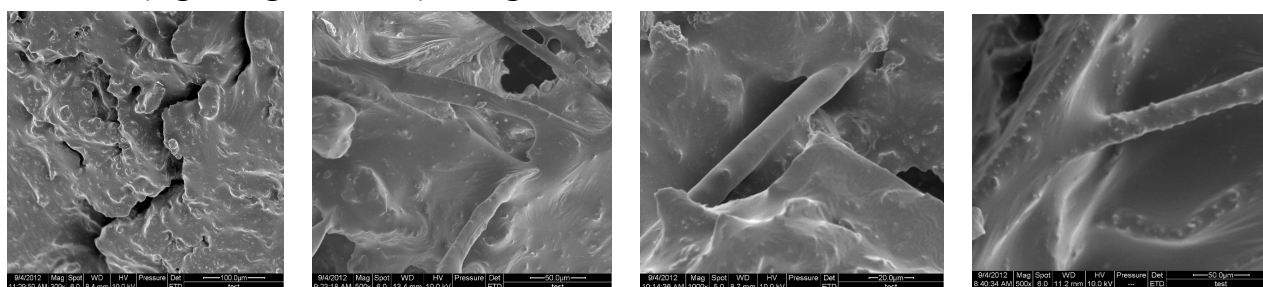
Hình 05. Tình trạng liên kết giữa sợi và nhựa đường cải tính

Thông qua các hình ảnh thu được chỉ rõ, sự liên kết giữa các loại sợi và nhựa đường cải tính rất tốt. Từ hình 05 cho thấy, từ phần góc đến khắp bề mặt sợi đều được bao bọc bởi nhựa đường, thể hiện sự hấp thụ nhựa đường của các loại sợi đều rất tốt, đây không chỉ là liên kết cơ giới mà còn có dạng liên kết hóa học, do đó sự tham gia của sợi làm cho các tính năng của hỗn hợp được cải thiện.

Nhìn bằng mắt thường, bề mặt của sợi có vẻ bằng phẳng và trơn chu, nhưng khi xem ảnh vi quan phóng to ta thấy, bề mặt sợi lồi lõm

không bằng phẳng. Từ hình 05 có thể thấy, nhựa đường đã được lấp đầy trong các chỗ lõm trên bề mặt của sợi, tạo nên mối liên kết chặt chẽ hơn; chính điều này đã làm tăng diện tích tiếp xúc giữa bề mặt sợi và nhựa đường. Do có sự liên kết và thẩm thấu giữa sợi và nhựa đường, làm cho cường độ dính kết trên mặt tiếp xúc lớn hơn cường độ dính kết của bản thân nhựa đường cải tính. Cường độ dính kết tăng cao làm cho các tính năng của hỗn hợp SMA dùng sợi và nhựa đường cải tính cũng được cải thiện.

3.2. Tác dụng chống nứt của sợi trong SMA



a) Hỗn hợp không sợi

b) SMA sợi hữu cơ

b) SMA sợi khoáng

b) SMA sợi tổng hợp

Hình 06. Tác dụng chống nứt của sợi trong SMA

Vi quan trên bề mặt bị phá hoại nứt của các loại SMA dùng ba loại sợi và không dùng sợi được thể hiện ở các hình 06. Từ hình 06a có thể thấy, trên mặt ngoài mẫu bị phá hoại nứt của hỗn hợp không dùng sợi có rất nhiều vết nứt, đồng thời vẫn tồn tại nhiều chỗ bị tách lớp, liên kết giữa các lớp kém. Từ hình 06b – d có

thể thấy, các loại sợi đều được phân bố dọc ngang đan chéo trong hỗn hợp SMA, hình thành kết cấu mạng không gian. Kiểu kết cấu mạng không gian này không chỉ có tác dụng truyền lực, mà còn có tác dụng ngăn cản sự trơn trượt giữa các hạt, liên kết tổng thể hỗn hợp, cản trở và làm chậm sự hình thành và phát triển vết nứt.

Từ hình 06 còn cho thấy, sợi phân bố đan chéo trong các lỗ rỗng nhỏ, mà sợi lại có khả năng chịu kéo tương đối lớn, do đó có tác dụng ngăn cản sự mở rộng của các vết nứt và lỗ rỗng; đây cũng chính là một sự bù đắp cho những hạn chế của nội bộ cốt liệu trong hỗn hợp, nâng cao khả năng chống nứt của hỗn hợp. Đồng thời, trên bề mặt mẫu bị phá hoại nứt ta thấy chiều dài các loại sợi đều lớn hơn bề rộng của các vết nứt, lỗ rỗng; sợi đảm bảo tính chịu kéo và dính kết rất tốt với nhựa đường, do đó có tác dụng rõ rệt trong việc phân bố đồng đều ứng suất trong nội bộ, nâng cao cường độ chịu kéo và chống nứt cho hỗn hợp. Khi hỗn hợp SMA chịu tải trọng và các tác động khác, các loại sợi phân bố trong hỗn hợp sẽ có tác dụng cản trở sự xuất hiện và phát triển của vết nứt, tương tự như tác dụng của cốt thép trong bê

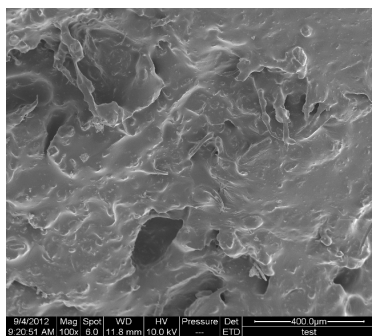
tông xi măng.

3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi đến tính năng của hỗn hợp SMA

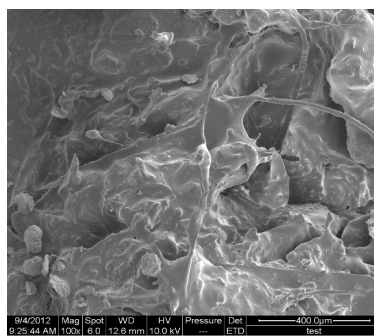
Bảng 04. Hàm lượng sợi của ba loại SMA

Loại SMA	Hàm lượng sợi (%)
SMA – 16 sợi hữu cơ	0.26; 0.31; 0.38
SMA – 16 sợi khoáng	0.30; 0.40; 0.50
SMA – 16 sợi tổng hợp	0.15; 0.25; 0.35

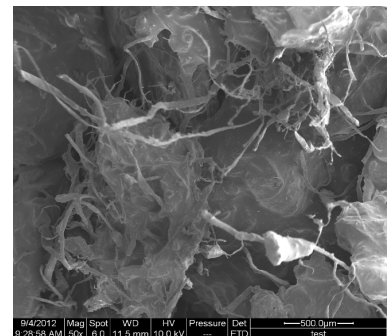
Để phân tích tình trạng phân bố của ba loại sợi trong nội bộ hỗn hợp với các hàm lượng sợi khác nhau, lấy hàm lượng sợi tối ưu tương ứng với ba loại hỗn hợp SMA làm trung tâm, sau đó lấy thêm hai giá trị lớn hơn và nhỏ hơn giá trị tối ưu để làm thí nghiệm. Hàm lượng sợi nghiên cứu là tỉ lệ phần trăm giữa trọng lượng sợi và vật liệu khoáng (cốt liệu và bộ khoáng). Cụ thể về việc lựa chọn hàm lượng sợi tương ứng với các loại hỗn hợp SMA được ghi ở bảng 04.



a) SMA sợi hữu cơ 0.26%

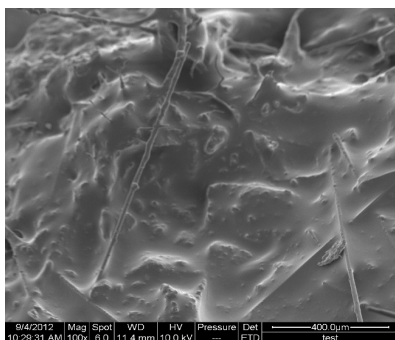


b) SMA sợi hữu cơ 0.31%

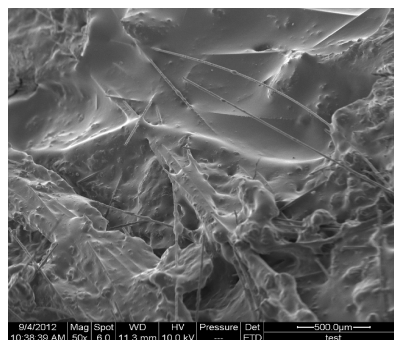


c) SMA sợi hữu cơ 0.38%

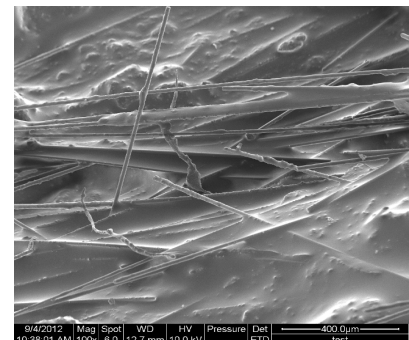
Hình 07. Phân bố của sợi hữu cơ với các hàm lượng khác nhau



a) SMA sợi khoáng 0.3%

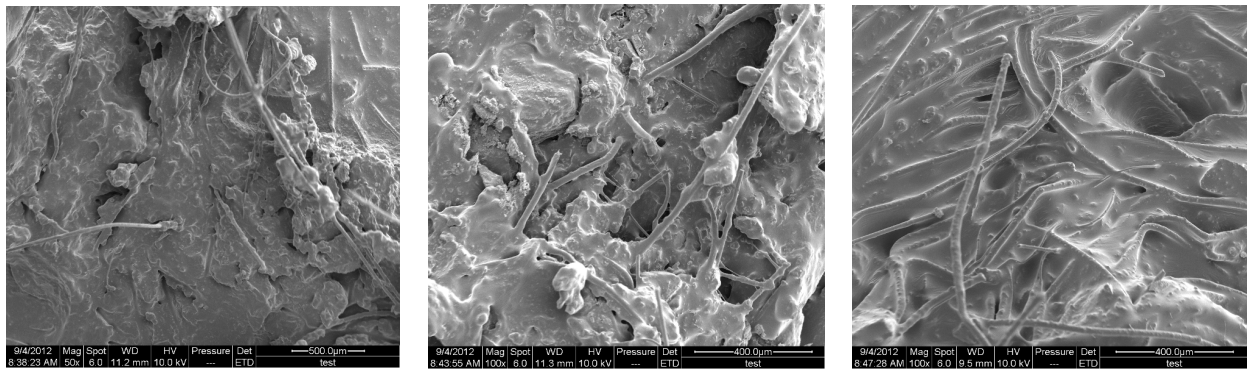


b) SMA sợi khoáng 0.4%



c) SMA sợi khoáng 0.5%

Hình 08. Phân bố của sợi khoáng với các hàm lượng khác nhau



a) SMA sợi tổng hợp 0.15%

b) SMA sợi tổng hợp 0.25%

c) SMA sợi tổng hợp 0.35%

Hình 09. Phân bố của sợi tổng hợp với các hàm lượng khác nhau

Từ các hình 7-9a có thể thấy, khi hàm lượng sợi nhỏ, trong hỗn hợp sợi được phân bố đều, nhưng do lượng sợi nhỏ nên chưa đủ để hình thành kết cấu mạng lưới không gian, sự liên kết giữa sợi với sợi kém. Khi hàm lượng sợi tối ưu, trong hỗn hợp sợi được phân bố đều (các hình 7-9b), sợi được đan chéo ngang dọc, hình thành kết cấu mạng không gian, giữa các sợi được điền đầy hồ chất kết dính được tạo thành từ bột khoáng và nhựa đường cải tính. Mạng không gian sợi không chỉ có tác dụng phân tán hay tiêu giảm tải trọng, mà còn có thể khác phục hiện tượng trượt trơn giữa các hạt, liên kết hỗn hợp thành một thể thống nhất, làm chậm tốc độ phát triển của vết nứt. Khi hàm lượng sợi tương đối lớn (các hình 7-9c), trong

hỗn hợp sợi phân bố không đồng đều, sự kết bó tròn đồng rất rõ rệt, sự liên kết giữa sợi với nhựa đường, bột khoáng và cốt liệu trong hỗn hợp kém hơn; vẫn còn thấy nhiều sợi ở trạng thái rời rạc, do đó không phát huy được tác dụng của sợi.

Kết quả thí nghiệm xác định cường độ chống nứt của các mẫu thí nghiệm được chế tạo từ ba loại sợi trong điều kiện kết băng và tan băng được ghi ở bảng 05. Trong đó: TSR là tỉ số (tính bằng %) giữa cường độ chịu kéo chống nứt của mẫu đã qua và chưa qua kết băng – tan băng; R_{T1} là cường độ chịu kéo chống nứt của mẫu đã qua kết băng – tan băng; R_{T2} là cường độ chịu kéo chống nứt của mẫu đã qua kết băng – tan băng.

Bảng 05. Kết quả thí nghiệm nứt khi kết băng – tan băng

Loại SMA	Hàm lượng sợi (%)	R_{T1} (MPa)	R_{T2} (MPa)	TSR (%)	Ghi chú
SMA – 16 sợi hữu cơ	0.26	0.582	0.500	85.94	Hàm lượng sợi nhỏ
	0.31	0.627	0.542	86.47	Hàm lượng tối ưu
	0.38	0.551	0.468	84.97	Hàm lượng sợi lớn
SMA – 16 sợi khoáng	0.30	0.624	0.537	86.00	Hàm lượng sợi nhỏ
	0.40	0.651	0.568	87.22	Hàm lượng tối ưu
	0.50	0.617	0.536	86.80	Hàm lượng sợi lớn
SMA – 16 sợi tổng hợp	0.15	0.592	0.497	83.95	Hàm lượng sợi nhỏ
	0.25	0.660	0.557	84.51	Hàm lượng tối ưu
	0.35	0.601	0.506	84.18	Hàm lượng sợi lớn

Từ kết quả ở bảng 5 có thể thấy, với các loại sợi, ảnh hưởng của hàm lượng sợi đến hỗn hợp SMA rất rõ ràng: khi hàm lượng sợi tối ưu, tính năng của hỗn hợp SMA là tốt nhất; khi hàm lượng sợi nhỏ quá hoặc lớn quá đều không thể phát huy hoàn toàn tác dụng của sợi. Kết quả thí nghiệm này rất phù hợp với kết quả phân tích vi quan.

IV. KẾT LUẬN

Sử dụng kính điện tử, chụp hình và phân tích vi quan các mẫu hỗn hợp bị phá hoại nứt khi không dùng và dùng ba loại sợi khác nhau, đã thu được các kết quả sau:

1) Sự dính kết giữa các loại sợi và nhựa đường cải tính đều rất tốt, đây là yếu tố đảm bảo và nâng cao khả năng chống chịu và điều hòa biến dạng của hỗn hợp SMA.

2) Trong hỗn hợp SMA cả ba loại sợi đều có khả năng đan chéo dọc ngang, hình thành kết cấu mạng không gian, tăng cường sự liên kết trong nội bộ hỗn hợp, nâng cao khả năng chống chịu ngoại lực và làm chậm tốc độ phát triển vết nứt.

3) Khi hàm lượng sợi chưa vượt quá giá trị

tối ưu, sự phân bố của sợi trong hỗn hợp tương đối đều và có thể phát huy hết tác dụng, làm cải thiện rất rõ rệt tính năng của hỗn hợp. Khi hàm lượng sợi quá lớn, sợi sẽ phân bố không đều và dễ dàng dẫn đến hiện tượng kết bó, tác dụng của sợi sẽ không được phát huy hết, dẫn đến lãng phí và ảnh hưởng xấu đến tính năng của hỗn hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Anderson D.A (1999). *Superpave Binder Tests and Specification*. In Workshop Briefing, Performance Related Properties for Bituminous Binders, 5: 23-31.
2. Askeri Karakus (2011). "Investigating on possible use of Diyarbakir basalt waste in Stone Mastic Asphalt". *Construction and Building Materials*: 1-6.
3. Bahia HU et al (1998). *Classification of Asphalt Binders into Simple and Complex Binders*. AAPT, 57: 41-64.
4. Dang Van Thanh et al (2011). "Analysis of High Temperature Stability and Water Stability of SMA Mixture using Orthogonal Experiments". *International Journal of Civil and Structural Engineering*, 2: 626-638.
5. Dang Van Thanh, Cheng Pei Feng (2013). "Study on influence factors of high temperature and water stability of Stone Matrix Asphalt". *Advanced Materials Research Vols. 602-604*: 1014-1020.

MICRO-OBSERVATION ANALYSIS ON THE DISTRIBUTION AND EFFECTS OF FIBERS IN SMA MIXTURE

Dang Van Thanh, Cheng Pei Feng

SUMMARY

SMA (Stone Matrix Asphalt) is the new technology of asphalt concrete pavement which is already researched and applied. This is a composite material whose forming material's features and properties has a closed relationship. In order to determine a reasonable fiber content, the distribution and physico-mechanical properties of the fiber in SMA mixture is estimated in which three type of fiber including lignin, basalt and polyester fiber under different contents are investigated with the supports of scanning electron microscope. As the result, micro-observation analysis of SMA mixture is analyzed. The research results show that there is a good adhesive condition between asphalt and three above fiber that offers a great supporting capacity and prevents from being cracked. When the fiber content reaching an optimal value, fiber in SMA mixture is formed to a spacial grid structure. This results in a better performance in the mixture properties.

Keywords: *Fiber, fiber dispersity, fiber content, micro - observation analysis, scanning electron microscope, SMA*

Người phản biện: PGS.TS. Lê Văn Thái

Ngày nhận bài: 20/01/2014

Ngày phản biện: 20/01/2014

Ngày quyết định đăng: 07/3/2014