



NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO MASTIC BITUM DÙNG CHÈN KHE CO Dãn CHO KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG

Nguyễn Ngọc Lâm¹, Phạm Hữu Hanh²

Tóm tắt: Hiện nay, đầu tư cho ngành giao thông với những con đường chất lượng cao là một trong những nhiệm vụ hàng đầu để phát triển cơ sở hạ tầng. Bên cạnh các đường giao thông bằng bê tông asphalt, thì mặt đường bê tông xi măng cũng được sử dụng rộng rãi. Trong thi công mặt đường bê tông xi măng, người ta cần phải tạo các khe co dãn nhiệt, đồng thời sử dụng vật liệu hợp lý chèn vào các khe co dãn này. Để đáp ứng nhiệm vụ đó, nhóm nghiên cứu đã chế tạo thành công và nghiên cứu các tính chất của mastic bitum từ nguyên vật liệu sẵn có ở Việt Nam như bitum, bột khoáng cacbonat, polimer ethylene vinyl acetate (EVA) và cao su phế thải dùng làm vật liệu chèn khe co dãn cho các mặt đường bê tông xi măng.

Từ khóa: Mastic bitum; vật liệu chèn khe; bitum cải tiến; độ lún côn; độ đàn hồi.

Summary: Currently, the development of traffic systems with high-quality roads is one of the most important issues in developing infrastructure. Besides the asphalt pavement, the concrete pavement has also been widely used. In concrete pavement construction technology, thermal expansion joints, contraction joints and sealant material for these joints are required. This research has studied on mix design and properties of bituminous mastic that plays a role as a joint sealant for concrete pavements from available materials in Vietnam such as bitumen, calcium carbonate powder, ethylene-vinyl acetate polymers (EVA) and rubber waste.

Keywords: Bituminous mastic; joint sealant; polymer-modified bitumen; cone penetration; resilience.

Nhận ngày 11/02/2016, chỉnh sửa ngày 23/02/2016, chấp nhận đăng 15/3/2016



1. Mở đầu

Nước ta đang trong quá trình công nghiệp hóa và hiện đại hóa do đó việc đầu tư cho ngành giao thông với những con đường chất lượng cao là một trong những nhiệm vụ hàng đầu để phát triển cơ sở hạ tầng. Bên cạnh các đường giao thông bằng bê tông asphalt thì mặt đường bê tông xi măng (BTXM) cũng được áp dụng rộng rãi. Tuy nhiên, mặt đường BTXM cũng còn một số hạn chế, thường gặp là mất ổn định thể tích do dãn nở nhiệt, dẫn đến làm nứt mặt đường. Vì thế để xây dựng mặt đường BTXM một cách hợp lý và có tuổi thọ cao cần phải tạo các khe co dãn nhiệt, đồng thời sử dụng vật liệu hợp lý chèn vào các khe co dãn này. Mastic bitum là một trong những loại vật liệu chèn khe hợp lý sử dụng cho các khe co dãn mặt đường bê tông xi măng. Mastic bitum là vật liệu được chế tạo từ một hỗn hợp hợp lý của bitum, bột khoáng và các loại phụ gia cần thiết khác. Sau khi nhào trộn đồng đều và thi công vào khe co dãn, nó có khả năng dính bám tốt với bề mặt khe, đàn hồi và đủ sức chịu kéo, chịu cắt, ổn định đối với tác dụng ẩm nhiệt, lâu lão hóa, ngăn chặn nước, bụi, cát, đá cũng như các chất có hại khác xâm nhập vào khe.

Bitum là chất kết dính chính trong mastic bitum. Để đáp ứng cả về lưu lượng và tải trọng giao thông trong các môi trường khí hậu khác nhau và để chống lại các nguyên nhân gây ra khuyết tật như nứt, hư hỏng, thì vấn đề trọng tâm là cải thiện chất lượng bitum trong các hỗn hợp mastic. Để cải thiện các đặc tính bitum, các phụ gia khác nhau đã được nghiên cứu như phụ gia khoáng, phụ gia polymer [1,2]. Hiện nay, các polymer thường được sử dụng cho bitum cải tiến là styrene-butadiene-styrene (SBS), tiếp theo là các

¹ TS, Khoa Vật liệu Xây dựng. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: lamnn@nuce.edu.vn.

² PGS.TS, Khoa Vật liệu Xây dựng. Trường Đại học Xây dựng.

polyme khác như styrene butadiene rubber (SBR), ethylene vinyl acetate (EVA) và polyethylene [3]. Nhựa EVA cũng là một loại polyme nhiệt dẻo biến tính bitum thông qua sự hình thành mạng lưới không gian ba chiều cứng và dẻo dai để chống lại sự biến dạng. Polyme EVA được xem là chất biến tính tốt do cải thiện khả năng chống lại biến dạng, nứt do nhiệt [4,5] và đóng góp vào việc tăng khả năng liên kết giữa bitum với cốt liệu trong các hỗn hợp mastic bitum trộn nóng [6].

Các phụ gia khoáng đóng vai trò kếp trong hỗn hợp mastic bitum, đó là chức năng lấp đầy và tạo ra các điểm tiếp xúc, điểm liên kết khi trộn với bitum, từ đó cải thiện tính chất cơ học của hỗn hợp, giúp cho mastic chống lại biến dạng ở nhiệt độ cao và kháng nứt ở nhiệt độ thấp [7, 8, 9, 10] do có sự tương tác vật lý-hóa học giữa các chất độn và nhựa đường trong mastic. Các kết quả nghiên cứu của Cardone [11] cho thấy phụ gia khoáng và cả bitum cải tiến ngoài ảnh hưởng đến đặc trưng lưu biến còn làm tăng cường tính chất đàn hồi của mastic bitum. Bột cao su cũng là một loại phụ gia được sử dụng nhiều để biến tính bitum trong mastic. Becker và cộng sự [12] cho rằng tính chất hệ bitum cao su bị ảnh hưởng bởi hàm lượng bột cao su. Khi bột cao su được trộn vào bitum ở nhiệt độ cao để tạo thành bitum biến tính (trộn ướt), hai loại vật liệu sẽ tương tác với nhau, một số nhóm thành phần chất thơm trong bitum sẽ xâm nhập vào bột cao su làm cho hạt cao su trương nở, làm giảm không gian tự do của các hạt cao su trong hệ bitum [13,14]. Nhờ vào phản ứng lý-hóa này mà có sự thay đổi quan trọng trong độ nhớt, tính chất vật lý cũng như tính lưu biến của hệ bitum cao su [15], từ đó dẫn đến làm tăng khả năng chống lại các vết hằn lún trên mặt đường [16]. Nhìn chung khi hàm lượng bột cao su tăng lên thì làm tăng độ nhớt, độ đàn hồi, làm tăng nhiệt độ hóa mềm và làm giảm độ kim lún.

Ở Việt Nam, các đề tài nghiên cứu về mastic chèn khe vẫn còn hạn chế vì việc nghiên cứu mastic chèn khe còn chưa đầy đủ và toàn diện. Loại vật liệu này đã được sử dụng rộng rãi cho mặt đường bê tông xi măng sân bay như Nội Bài, Tân Sơn Nhất, Cam Ranh... nhưng các sản phẩm trên hầu hết được nhập từ nước ngoài. Một số sản phẩm mastic chèn khe đã được các đơn vị trong nước sản xuất như IMASEAL-RB do liên hiệp khoa học sản xuất quang-hóa-điện tử (IMAG), sản phẩm này đã được sử dụng cho công trình đường Hồ Chí Minh; sản phẩm ADCC-I và ADCC-II của công ty thiết kế và tư vấn xây dựng công trình hàng không ADCC... Ngoài ra một số đơn vị thi công cũng tự chế tạo mastic chèn khe, tuy nhiên chất lượng sản phẩm chưa được nghiên cứu đầy đủ trong điều kiện của khí hậu Việt Nam.

Do đó, việc nghiên cứu mastic chèn khe hoặc cải thiện một số tính chất của nó từ các nguyên liệu trong nước và điều kiện thực tế sản xuất, đặc điểm công nghệ có ý nghĩa rất to lớn và cần thiết.



2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1 Bitum (BT)

Để chế tạo mastic bitum, đề tài sử dụng bitum SINGAPORE 60/70 của hãng SHELL. Các tính chất của bitum được nêu trong Bảng 1:

Bảng 1. Tính chất của bitum Shell-Singapore

Chỉ tiêu chính	Độ kim lún (100g-5s-25°C, 1/10mm)	Độ kéo dài ở 25°C (cm)	Điểm hóa mềm (°C)	Điểm chớp cháy (°C)
Phương pháp thí nghiệm	TCVN 7495:2005	TCVN 7496:2005	TCVN 7497:2005	TCVN 7498:2005
Kết quả thí nghiệm	68	100	54	256

Từ các kết quả cho thấy bitum đề tài lựa chọn thỏa mãn TCVN 7493:2005.

2.2 Bột khoáng (BKC)

Bột khoáng được sử dụng trong đề tài là bột cacbonat canxi; có khối lượng riêng : 2,65 g/cm³; Khối lượng thể tích: 760 kg/m³ (phương pháp thí nghiệm theo 22 TCN 58-84). Thành phần hạt của bột khoáng cacbonat canxi được thể hiện trong Bảng 2:

Bảng 2. Thành phần hạt của bột khoáng cacbonat canxi (xác định theo 22-TCN 63-90)

Kích thước sàng (mm)	Lượng sót tích lũy (%)	Lượng lọt sàng (%)
0,14	0	100
0,071	1,8	98,2

Kết quả nghiên cứu cho thấy: bột khoáng cacbonat canxi có độ mịn cao, vì vậy đảm bảo khả năng phân tán đều trong mastic bitum.

2.3 Bột cao su đã lưu hóa (BCS)

Bột cao su đã lưu hóa (bột cao su) sử dụng biến tính bitum được chuẩn bị từ lớp ô tô phế thải (lớp đã sử dụng). Bề mặt hạt cao su đã lưu hóa trước khi đưa vào bitum được hoạt hóa bằng dung môi xylen và dung môi này sẽ bay hơi khi trộn nóng bột cao su với bitum ở 140 đến 160°C. Pha kết dính của các loại lớp ô tô được chế tạo có các thành phần chính thể hiện trong Bảng 3:

Bảng 3. Thành phần của bột cao su đã lưu hóa

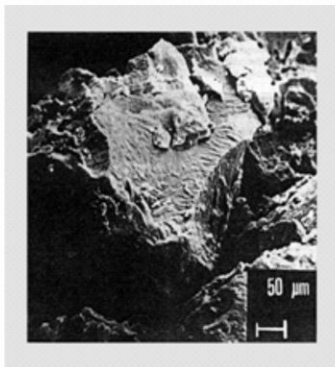
Cao su thiên nhiên hoặc cao su isopren	Ôxit kẽm dạng bột mịn	Chất phòng lão D (Phenyl-β-naphtylamin)	Chất xúc tiến DM (dibenzothiazyl disunfit)	Chất làm trơn: stearic axit	Chất độn: bột than mịn	Chất lưu hóa: Lưu huỳnh
100,0	5,0	1,5-2,0	1,0-1,5	1,0	50-70	1,5 – 3,0

Ghi chú: các số liệu ghi trong bảng là hàm lượng của các chất (ôxit kẽm, chất phòng lão, chất xúc tiến, chất làm trơn, chất độn và chất lưu hóa) tính theo % khối lượng so với hàm lượng cao su thiên nhiên (100%)

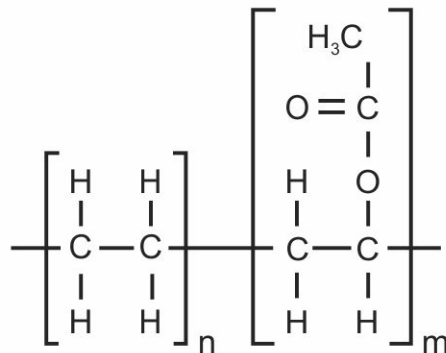
Như vậy, trong lớp ô tô ngoài thành phần chủ yếu là cao su, các chất phòng lão, chất xúc tiến, chất làm trơn trộn lẫn đều có khả năng tăng cường hoặc tương tác hóa - lý với các thành phần và nhóm chức của bitum. Kích thước hạt bột cao su đảm bảo 100% lọt sàng 0,3mm và 95% lọt sàng 0,071mm, bề mặt hạt cao su được thể hiện ở Hình 1:

2.4 Polyme Etylen Vinyl Acetate (EVA)

Nhựa trùng hợp EVA là polyme nhiệt dẻo với cấu trúc ngẫu nhiên được sản xuất do sự trùng hợp polyme của etylen và axetat vinyl (Hình 2). EVA có tính chất giống như các loại Polyme nhiệt dẻo khác là mềm ở nhiệt độ cao và cứng ở nhiệt độ thấp [2], làm tăng độ ổn định nhiệt của bitum, loại phụ gia này có mặt phổ biến trên thị trường Việt Nam.



Hình 1. Bề mặt hạt cao su đã lưu hóa



Hình 2. Cấu trúc của Ethylene-vinyl acetate

2.5 Phương pháp nghiên cứu tính chất mastic bitum

Phương pháp thí nghiệm và yêu cầu kỹ thuật của mastic bitum dùng chèn khe đường bê tông xi măng được thể hiện trong Bảng 4:

Bảng 4. Phương pháp thí nghiệm và yêu cầu kỹ thuật của mastic bitum

Stt	Tên chỉ tiêu	Phương pháp thí nghiệm	Yêu cầu kỹ thuật ASTM D 6690 - 12
1	Độ kim lún hình côn (150g, 25°C, 5s) - (1/10mm)	ASTM D 5329 - 09	40-90
2	Độ đàn hồi	ASTM D 5329 - 09	Tối thiểu 60%
3	Khả năng dính bám với bê tông	ASTM D 5329 - 09	Không bong tách khỏi bê tông
4	Độ chảy ở 60°C	ASTM D 5329 - 09	Tối đa 5mm

Trong bài báo này, để tìm cấp phối tối ưu của mastic bitum dùng chèn khe đường bê tông xi măng, nhóm nghiên cứu lựa chọn hai tính chất chủ yếu của mastic bitum là chỉ tiêu độ kim lún hình côn và độ đàn hồi.



3. Kết quả và bàn luận

3.1 Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng bột cao su đến tính chất của bitum

Bột cao su cho vào bitum được đun nóng ở nhiệt độ từ 140-160°C và được trộn đều trong bitum trong khoảng 15 phút. Hàm lượng bột cao su thay đổi với tỷ lệ 0%; 5%; 10%; 15%, 18% và 20% so với khối lượng bitum. Sau đó bitum cao su được xác định các tính chất theo các tiêu chuẩn. Kết quả thí nghiệm được giới thiệu ở Bảng 5:

Bảng 5. Ảnh hưởng của hàm lượng bột cao su đến tính chất của bitum

Stt	Tỷ lệ $\frac{BCS}{BT}$ (%)	Nhiệt độ hóa mềm (°C)	Độ kim lún hình côn (150g, 25°C, 5s) (1/10mm)	Độ đàn hồi (%)
1	0	54	60	11
2	5	59	55	38
3	10	62	49	52
4	15	76	45	61
5	18	78	42	68
6	20	81	34	65

Từ kết quả thí nghiệm có thể đưa ra các nhận xét sau: Do kết quả lưu hóa nên cao su giảm bớt tính dẻo và trở nên đàn hồi, chính vì vậy mà bitum cao su sẽ có độ quán tính cao hơn so với bitum nên dẫn đến độ kim lún sẽ giảm xuống, độ cứng của hệ tăng lên và khả năng đàn hồi của bitum cao su cũng tăng lên. Từ đó có thể dự đoán khả năng liên kết giữa bitum cao su với bề mặt cốt liệu khoáng tăng, nên khả năng chịu lực của vật liệu dùng bitum cao su cao hơn khi dùng bitum thường. Nhiệt độ hóa mềm của bitum có bột cao su tăng lên theo sự tăng của lượng bột cao su. Khi hàm lượng bột cao su trong bitum cao su tăng, độ kim lún giảm. Như vậy, với sự tăng hàm lượng bột cao su độ dẻo của bitum giảm và độ quán tính tăng lên, hay bột cao su sẽ làm tăng khả năng chịu nhiệt nhưng có thể giảm độ dẻo do khi lượng bột cao su quá cao làm ảnh hưởng đến cấu trúc của bitum cao su. Điều này có thể được giải thích như sau: bình thường mạch cao su izopren chưa lưu hóa là mạch hydro các bon có khả năng tan (tương hợp hoàn toàn) trong bitum. Song bột cao su izopren đã lưu hóa do có liên kết ngang của lưu huỳnh [-S-S-] giữa các mạch phân tử cao su nên nó không tan hoàn toàn trong bitum mà trở nên tương hợp có giới hạn. Phần mạch izopren giữa các liên kết ngang có khả năng hấp phụ dầu trong bitum và trương lên. Như vậy hạt cao su đã lưu hóa khi ở trong bitum những phần bị trương lên có khả năng tương hợp lớn hơn với bitum và phần có liên kết-S-S-tạo nên khung cứng ít bị trương hơn. Kết quả tương tác này tạo nên sự tương hợp có giới hạn giữa pha tăng cường-hạt cao su đã lưu hóa với pha bitum. Hạt cao su hút dầu trương lên đã làm giảm dầu phân bố trong toàn hệ dẫn đến làm tăng nhiệt độ hóa mềm, tăng khả năng đàn hồi và giảm độ kim lún của hệ bitum-bột cao su. Cơ chế tăng cường này của bột cao su izopren đã lưu hóa trong bitum cũng phản ánh khi hàm lượng bột cao su thấp so với bitum ít làm thay đổi tính năng của hệ bitum-bột cao su đã lưu hóa. Ngoài ra, theo các kết quả nghiên cứu của TS Phạm Hữu Hanh [17] cho thấy bitum có bột cao su có độ bền lão hóa nhiệt tốt hơn so với bitum đối chứng và bitum có chứa bột cao su đã lưu hóa tạo ra sự tương hợp cần thiết giữa bitum và bột cao su làm tăng độ bền lão hóa nhiệt có mặt không khí, cũng như lão hóa ánh sáng từ ngoại so với bitum đối chứng. Độ bền lão hóa của bitum có bột cao su đã lưu hóa có thể giải thích do bột cao su hấp phụ thành phần dầu và trương lên trong bitum [13,14,17] nên làm tăng độ nhớt của hệ bitum-bột cao su so với bitum ban đầu. Chính sự tương hợp giữa bitum với bột cao su đã làm giảm sự bay hơi của thành phần dầu so với bitum đối chứng ở 163±1°C. Sự bảo toàn thành phần dầu của mẫu bitum có bột cao su đã góp phần làm tăng độ bền lão hóa nhiệt, đồng thời làm tăng nhiệt độ hóa mềm và giảm độ kim lún ít hơn so với mẫu không chứa bột cao su.

3.2 Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng EVA đến tính chất của bitum

Hiện nay Polyme nhiệt dẻo EVA được sử dụng rất phổ biến để cải thiện tính chất của bitum. Đối với bitum 60/70, hàm lượng EVA được sử dụng từ 3-7% [2], các kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng EVA đến các đặc tính của bitum thể hiện ở Bảng 6:

Bảng 6. Ảnh hưởng của hàm lượng EVA đến tính chất bitum

Stt	Tỷ lệ $\frac{EVA}{BT}$ (%)	Nhiệt độ hóa mềm (°C)	Độ kim lún hình côn (150g, 25°C, 5s) (1/10mm)	Độ đàn hồi (%)
1	0	54	60	11
2	5	61	48	20
3	7	71	43	28

Kết quả nghiên cứu cho thấy: Khi tăng hàm lượng EVA thì nhiệt độ hóa mềm của chất kết dính tăng dần còn độ kim lún giảm dần. Nguyên nhân là do ngoài hiện tượng khuếch tán vật lý của bitum vào polyme và ngược lại thì trong hỗn hợp bitum-EVA còn xuất hiện các tương tác hóa học. Tương tác hóa học xảy ra do tồn tại các nhóm chức có trong thành phần của bitum và polime. Các hợp chất mới được hình thành làm tăng thành phần "rắn", thay đổi tỷ lệ pha và hình thành cấu trúc mạng lưới không gian mới trong hỗn hợp, do vậy mà nhiệt độ hóa mềm và độ đàn hồi của bitum-polyme EVA tăng lên còn độ kim lún sẽ giảm xuống.

3.3 Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng bột khoáng cacbonat đến tính chất của bitum

Đề tài đã khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng bột khoáng cacbonat đến tính chất của bitum với hàm lượng bột khoáng so với bitum dao động từ 0 - 30%. Kết quả nghiên cứu được thể hiện qua Bảng 7:

Bảng 7. Ảnh hưởng của hàm lượng bột khoáng cacbonat đến tính chất bitum

Stt	Tỷ lệ $\frac{BKC}{BT}$ (%)	Nhiệt độ hóa mềm (°C)	Độ kim lún hình côn (150g, 25°C, 5s) (1/10mm)	Độ đàn hồi (%)
1	0	54	60	11
2	5	55.5	55	13
3	10	57	53	15
4	15	58	52	16
5	20	59	50	18
6	25	64	48	14
7	30	67	43	9

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy: Khi hàm lượng bột khoáng trong bitum tăng dần thì độ kim lún của bitum sẽ giảm dần, nhiệt độ hóa mềm tăng dần. Điều này có thể được giải thích là do giữa bitum và bột khoáng cacbonat có tương tác vật lý cũng như hóa học. Đặc biệt tương tác hóa học đưa đến việc tạo ra trên mặt ranh giới bột khoáng - bitum các hợp chất hóa học mới. Bột khoáng cacbonat tác dụng với bitum có chứa các nhóm hoạt tính bề mặt anion (như napten, axit atphanen...) sẽ xảy ra phản ứng hóa học tạo thành muối canxi.



Chính quá trình tương tác hóa học giữa bột khoáng và bitum tạo ra hợp chất muối mới có tác dụng cứng hóa hệ thống do vậy mà độ kim lún của bitum sẽ giảm xuống, nhiệt độ hóa mềm tăng.

Cũng theo kết quả nghiên cứu độ đàn hồi của bitum có chứa bột khoáng tăng dần khi hàm lượng bột khoáng cacbonat tăng nhưng mức độ không đáng kể.

Tuy nhiên, có thể thấy mức độ ảnh hưởng đến độ kim lún và độ đàn hồi của bột khoáng đến bitum không lớn bằng ảnh hưởng của bột cao su.

3.4 Nghiên cứu lựa chọn thành phần hợp lý của mastic bitum

Việc thiết kế thành phần của mastic rất phức tạp do có chứa nhiều loại vật liệu. Vì vậy, để lựa chọn hợp lý thành phần cấp phối vật liệu trám kín nói chung và chèn khe co giãn nói riêng, đề tài sử dụng phương pháp toán quy hoạch thực nghiệm nhằm tìm ra mối quan hệ giữa các nhân tố ảnh hưởng đến tính chất chủ yếu của mastic bitum, sau đó căn cứ vào phương trình hàm hồi quy để tìm cấp phối mastic bitum tối ưu.

Mastic bitum có chất lượng tốt là loại mastic có tính ổn định nhiệt, khả năng đàn hồi cao, khả năng dính bám, chịu kéo, chịu cắt tốt và luôn lấp đầy khe co giãn. Các tính chất trên được thể hiện thông qua một số chỉ tiêu cơ bản của mastic bitum như độ kim lún hình côn nhỏ, độ đàn hồi cao (tiêu chuẩn ASTM D 6690-12 về vật liệu chèn khe đỡ nóng, yêu cầu: độ kim lún hình côn (ĐKL): < 9mm; độ đàn hồi (ĐĐH): ≥ 60%). Như vậy, để

chế tạo được loại mastic bitum đúng như mong muốn, vấn đề đặt ra là phải lựa chọn lượng dùng nguyên vật liệu chế tạo phù hợp. Căn cứ vào các kết quả thí nghiệm thăm dò trong quá trình nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng bột cao su, hàm lượng bột khoáng cacbonat và hàm lượng polyme đến tính chất của bitum cũng như tham khảo ý kiến các chuyên gia, đề tài lập ra kế hoạch thực nghiệm nhằm khảo sát ảnh hưởng của từng nhân tố ảnh hưởng đến các tính chất cơ lý của mastic bitum. Kế hoạch thực nghiệm như sau:

- Gọi X_1 là biến mã hóa biểu thị tỷ lệ bột cao su so với lượng dùng bitum trong mastic bitum ($\frac{BCS}{BT}$); và

X_2 là biến mã hóa biểu thị tỷ lệ bột khoáng cacbonat so với lượng dùng bitum trong mastic bitum ($\frac{BKC}{BT}$);

- Mặt khác, theo tài liệu tham khảo [18] cũng như khuyến cáo của Hãng SHELL [2], hàm lượng phụ gia Etylen Vinyl axetat EVA phù hợp với điều kiện khí hậu nóng ẩm ở Việt Nam là khoảng 5% so với lượng dùng bitum. Do vậy, đề tài lựa chọn tỷ lệ EVA/Bitum $\frac{EVA}{BT} = 0,05$.

Hàm mục tiêu (Y) mà đề tài cần nghiên cứu là: Độ kim lún hình côn của mastic bitum (Y_1); và độ đàn hồi của mastic bitum (Y_2).

Như vậy, đề tài cần tìm tỷ lệ lượng dùng của bột cao su và bột khoáng tối ưu so với lượng dùng bitum có trong mastic chèn khe.

Phương trình hồi quy tuyến tính của quy hoạch thực nghiệm có dạng như sau:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 \quad (2)$$

trong đó: $b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{11}, b_{22}$ là các hệ số hồi quy; X_1, X_2 là các biến mã hóa tương ứng với tỷ lệ $\frac{BCS}{BT}$ và $\frac{BKC}{BT}$.

Bảng mã hóa các biến trong quy hoạch thực nghiệm, lượng dùng vật liệu cho các kế hoạch thực nghiệm và kết quả thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 8 và Bảng 9:

Bảng 8. Bảng mã hóa các biến trong quy hoạch thực nghiệm

Nhân tố ảnh hưởng	Mã hóa	Điểm sao -1.414	Mức dưới -1	Gốc 0	Mức trên +1	Điểm sao +1.414
Tỷ lệ $\frac{BCS}{BT}$	X_1	0.11	0.12	0.15	0.18	0.19
Tỷ lệ $\frac{BKC}{BT}$	X_2	0.13	0.15	0.2	0.25	0.27

Bảng 9. Lượng dùng vật liệu thành phần trong quy hoạch thực nghiệm và kết quả thí nghiệm độ kim lún hình côn và độ đàn hồi của mastic bitum

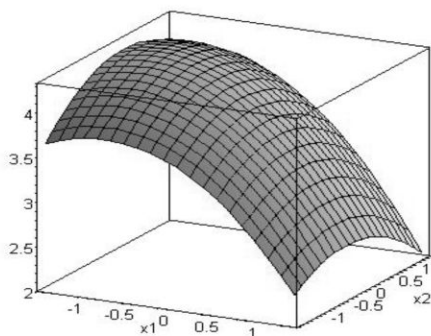
Cấp phối	Mã hóa		Tỷ lệ lượng dùng vật liệu trong mastic bitum				Tỷ lệ thành phần vật liệu trong mastic bitum (%)				Hàm mục tiêu	
	X_1	X_2					EVA	BCS	BKC	BT	Độ lún côn, mm	Độ đàn hồi %
1	+1	+1	0.05	0.18	0.25	1	3.4	12.2	16.9	67.6	2.8	52.33
2	+1	-1	0.05	0.18	0.15	1	3.6	13.0	10.9	72.5	3.2	53
3	-1	+1	0.05	0.12	0.25	1	3.5	8.5	17.6	70.4	4.1	51.67
4	-1	-1	0.05	0.12	0.15	1	3.8	9.1	11.4	75.8	4.1	56.33
5	+1.414	0	0.05	0.19	0.2	1	3.5	13.2	13.9	69.4	2.5	51.33
6	-1.414	0	0.05	0.11	0.2	1	3.7	8.1	14.7	73.5	4.2	53.67
7	0	+1.414	0.05	0.15	0.27	1	3.4	10.2	18.4	68.0	3.8	57.33
8	0	-1.414	0.05	0.15	0.13	1	3.8	11.3	9.8	75.2	3.4	62.67
9	0	0	0.05	0.15	0.2	1	3.6	10.7	14.3	71.4	4.0	60.0
10	0	0	0.05	0.15	0.2	1	3.6	10.7	14.3	71.4	3.9	60.67
11	0	0	0.05	0.15	0.2	1	3.6	10.7	14.3	71.4	4.0	61.33
12	0	0	0.05	0.15	0.2	1	3.6	10.7	14.3	71.4	4.0	61.67
13	0	0	0.05	0.15	0.2	1	3.6	10.7	14.3	71.4	4.1	62.33

Trên cơ sở các số liệu trong bảng ma trận thực nghiệm (Bảng 9), sử dụng chương trình Maple 16.0 và loại bỏ các hệ số không có ý nghĩa, ta tìm được các mô hình Y_1 , Y_2 :

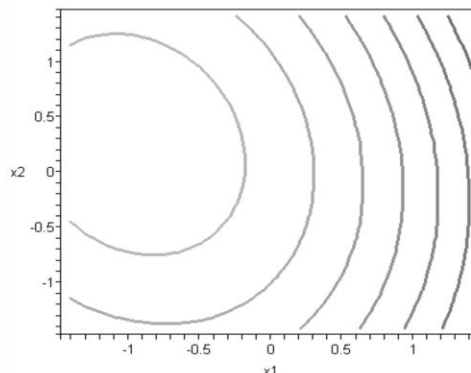
$$Y_1 = \text{ĐKL} = 4.007 - 0.578X_1 - 0.317X_1^2 - 0.190X_2^2 \quad (3)$$

$$Y_2 = \text{ĐĐH} = 61.200 - 1.6103X_2 - 5.0804X_1^2 - 1.330X_2^2 \quad (4)$$

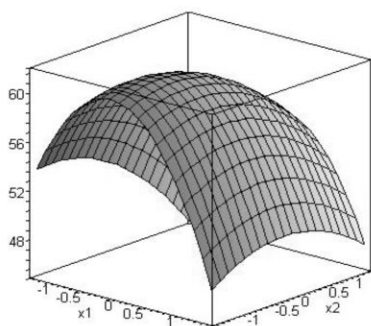
Biểu đồ biểu diễn ảnh hưởng của hàm lượng bột cao su và bột khoáng cacbonat đến độ kim lún hình côn và độ đàn hồi của mastic bitum được thể hiện trên các Hình 3, 4, 5, 6:



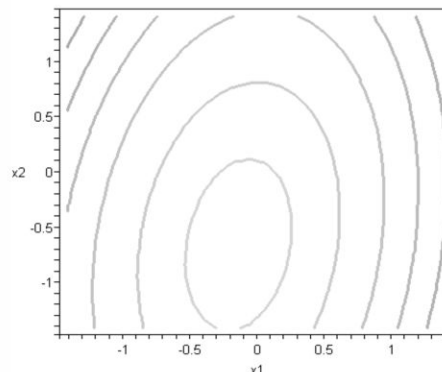
Hình 3. Biểu đồ biểu diễn mối quan hệ giữa hàm lượng BCS và BKC đến độ kim lún hình côn của mastic bitum



Hình 4. Đường đồng mức biểu diễn mối quan hệ giữa hàm lượng BCS và BKC đến độ kim lún hình côn của mastic bitum



Hình 5. Biểu đồ biểu diễn mối quan hệ giữa hàm lượng BCS và BKC đến độ đàn hồi của mastic bitum



Hình 6. Đường đồng mức biểu diễn mối quan hệ giữa hàm lượng BCS và BKC đến độ đàn hồi của mastic bitum

Qua các kết quả nghiên cứu, cho thấy:

Hệ số X_1 (tỷ lệ $\frac{BCS}{BT}$) và Hệ số X_2 (tỷ lệ $\frac{BKC}{BT}$) đều dấu trừ (-) nghĩa là càng tăng hàm lượng bột cao su trong bitum và hàm lượng bột khoáng thì độ kim lún (Y_1) giảm. Đây là nhân tố có ảnh hưởng lớn nhất đến độ kim lún hình côn của mastic bitum. Ảnh hưởng của bột khoáng cacbonat không lớn bằng ảnh hưởng của bột cao su (hệ số $b_{22} < b_{11}$).

Các kết quả nghiên cứu và biểu đồ trên Hình 3, Hình 6 cho thấy: khi hàm lượng bột cao su X_1 (tỷ lệ $\frac{BCS}{BT}$) và bột khoáng cacbonat X_2 (tỷ lệ $\frac{BKC}{BT}$) tăng lên thì độ đàn hồi của mastic bitum tăng dần, tuy nhiên khi hàm lượng bột cao su tăng đến một giới hạn nhất định thì độ đàn hồi bắt đầu giảm do số liên kết giữa bitum và bột cao su cũng như bitum và bột khoáng cacbonat tăng lên đáng kể, các hợp chất hóa học tạo thành ngày càng nhiều làm cho hệ mastic trở nên cứng rắn, tính quán tính tăng cao, độ dẻo giảm và khả năng đàn hồi cũng giảm. Cũng qua phương trình hàm hồi quy ta thấy ảnh hưởng của bột cao su đến độ đàn hồi của mastic bitum lớn hơn sự ảnh hưởng của bột khoáng cacbonat rất nhiều (hệ số $b_{11} > b_{22}$) do khả năng đàn hồi vốn có của bitum cũng như khả năng trương nở của bột cao su trong bitum.

Qua kết quả tìm nghiệm chung của các phương trình hồi quy, nhóm nghiên cứu tìm được cấp phối mastic bitum tối ưu được thể hiện trong Bảng 10:

Bảng 10. Cấp phối mastic bitum tối ưu

Phần trăm khối lượng nguyên vật liệu (%)			
Phụ gia EVA	Bột cao su	Bột khoáng cacbonat	Bitum
3.6	10.7	14.3	71.4

3.5 Nghiên cứu tính chất mastic bitum

Trong phần nghiên cứu các tính chất kỹ thuật của mastic bitum, nhóm nghiên cứu tiến hành thí nghiệm trên cơ sở cấp phối tối ưu như trong Bảng 10. Để đảm bảo khe luôn luôn được bịt kín trong điều kiện khe lúc mở rộng, lúc co hẹp (co giãn của tấm do thay đổi nhiệt độ), mastic chèn khe phải đạt được các yêu cầu cơ bản sau: không thấm nước, dính bám tốt với các mép tấm, đàn hồi và đủ sức chịu kéo, chịu cắt; ổn định đối với tác dụng ẩm nhiệt, lâu lão hóa; và luôn lấp đầy khe để sỏi đá, tạp chất không lọt vào khe cản trở sự dẫn nở của tấm.

Một số tính chất kỹ thuật của mastic bitum mà đề tài nghiên cứu được thể hiện ở Bảng 11:

Bảng 11. Tính chất kỹ thuật của mastic bitum

Stt	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Yêu cầu kỹ thuật	
					Min	Max
1	Độ kim lún, 150g, 5s, 25°C	ASTM D 5329 - 09	0.1mm	41	-	90
2	Độ chảy ở 60°C	ASTM D 5329 - 09	mm	3.7	-	5
3	Độ đàn hồi	ASTM D 5329 - 09	%	61.5	60	-
4	Nhiệt độ thi công	-	°C	160-180	-	-
5	Nhiệt độ hóa mềm	ASTM D 5329 - 09	°C	82	-	-
6	Khả năng dính bám	ASTM D 5329 - 09	-	Không nứt tách khỏi bề mặt bê tông	Không nứt tách	

Từ các kết quả nghiên cứu cho thấy: các tính chất của mastic bitum đều thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật đối với vật liệu đổ nóng dùng chèn khe co giãn mặt đường bê tông xi măng nói chung. Qua nghiên cứu cho thấy khả năng dính bám của mastic bitum vào bề mặt bê tông rất tốt, khả năng đàn hồi cao, nhiệt độ hóa mềm cao, điều này đảm bảo khả năng làm việc ổn định của mastic bitum trong quá trình sử dụng.



4. Kết luận

- Báo cáo đã tìm được cấp phối tối ưu để chế tạo mastic bitum dùng chèn khe co giãn mặt đường bê tông xi măng từ nguyên vật liệu sẵn có ở Việt Nam: Bitum 60/70 (71,4%) bột cao su (10,7%), phụ gia EVA (3,6%), bột khoáng cacbonat 14,3%.

- Việc sử dụng bột cao su trong chế tạo mastic bitum sẽ mang lại hiệu quả to lớn về kinh tế - kỹ thuật, góp phần đa dạng hóa sản phẩm, nâng cao cơ tính và độ bền cho vật liệu chèn khe và cải thiện môi trường do bột cao su được chế tạo từ các lốp ô tô phế thải.

- Kiến nghị cần nghiên cứu khả năng bền dầu, độ bền lão hóa của mastic bitum.

Tài liệu tham khảo

1. Sacsson, U. and Xiaohu Lu (1999), "Characterization of bitumens modified with SEBS, EVA and EBA polymers", *Journal of Materials Science*, 34(15): p. 3737-3745.
2. Hunter, Robert N., Read, John, Whiteoak, David (2003), *The SHELL bitumen handbook-fifth edition*, ICE Publishing-London.
3. G.D Alrey (2004), "Styrene butadiene styrene polymer medication of road bitumens", *Journal of Materials Science*, 99(3): p. 951-959.

4. Mahabir, P. and Mazumdar, M. (1999), "Engineering properties of EVA modified bitumen binder for paving mixes", *Journal of Materials in Civil Engineering*, 11(2): p. 131-137.
5. Gonzales, O., M.E. Muñoz, A. Santamaría, M. García-Morales, F.J. Navarro, P. Partal (2004) "Rheology and stability of bitumen/EVA blends", *European Polymer Journal*, 40(10): p. 2365-2372.
6. Burak Sengoz and Giray Isikyakar (2007), "Evaluation of the properties and microstructure of SBS and EVA polymer modified bitumen", *Construction and Building Materials*, 22(9): p. 1897-1905.
7. G.D. Airey, M.C. Liao, N.H. Thom (2006), "Fatigue behaviour of bitumen-filler mastics", *10th International Conference on Asphalt Pavements*, Quebec-Canada, p. 485-495.
8. Ahmed F. Faheem and Hussain U. Bahia (2010), "Modelling of asphalt mastic in terms of filler-bitumen interaction", *Road Materials and Pavement Design*, 11(1): p. 281-303.
9. Wojciech Grabowski and Jaroslaw Wilanowicz (2008), "The structure of mineral fillers and their stiffening properties in filler-bitumen mastics", *Materials and Structures*, 41(4): p. 793-804.
10. H. Wang, I. Al-Qadi, A. Faheem, H. Bahia, S.H. Yang, G. Reinke (2011), "Effect of mineral filler characteristics on asphalt mastic and mixture rutting potential", *Journal of the Transportation Research Board*, vol 2208: p. 33-39.
11. F. Cardone, G. Ferrotti, and F. Canestrari (2015), "Influence of mineral fillers on the rheological response of polymer-modified bitumens and mastics", *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 2(6): p. 373-381.
12. Becker Y, Maryro P. Mendez, and Yarjaira Rodriguez (2001), "Polymer modified asphalt", *Vision Tecnologica*, 9(1): p. 39-50.
13. Bahia, Hussain U. and D. Robert (1994), "Effect of crumb rubber modifiers (CRM) on performance-related properties of asphalt binders", *Association of Asphalt Paving Technologists*, vol 63: p. 414-438.
14. Michael A. Heitzman, P.E. (1992), "State of the Practice-Design and Construction of Asphalt Paving Materials with Crumb Rubber Modifier", *FHWA-SA-92-022, Federal Highway Administration*, Washington DC.
15. Airey G.D, Rahman M.M, Collop A.C (2003), "Absorption of Bitumen into Crumb Rubber Using the Basket Drainage Method", *International Journal of Pavement Engineering*, 4(2): P.105-119.
16. Huang Y., Bird R.N, Heidrich O (2007), "A review of the use of recycled solid waste materials in asphalt pavements", *Conservation and Recycling*, 52(1): p. 58-73.
17. Phạm Hữu Hanh (2001), *Nghiên cứu chế tạo bê tông asphalt phù hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới ở Việt Nam*, Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng.
18. Phạm Duy Hữu (2005), *Vật liệu Xây dựng mới*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải.