

Phân tích ưu điểm và đánh giá một số chỉ tiêu của nhũ tương nhựa đường thấm bám khi xây dựng mặt đường bê tông nhựa ở Việt Nam

■ TS. ĐỖ VƯƠNG VINH; PGS. TS. NGUYỄN QUANG PHÚC^(*)

Trường Đại học Giao thông vận tải

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

TÓM TẮT: Sử dụng nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP (emulsified asphalt prime) để thay thế nhựa đường lỏng và nhũ tương thông thường làm lớp thấm bám trong kết cấu mặt đường bê tông nhựa (BTN) đang là xu hướng trên thế giới vì lý do môi trường, an toàn và cải thiện chất lượng lớp thấm bám. Tuy nhiên, ở Việt Nam, việc sử dụng nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP làm lớp thấm bám còn ít. Bài báo phân tích những ưu điểm của nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP so với nhựa đường lỏng khi sử dụng làm lớp thấm bám và một số kết quả thực nghiệm về tính chất và khả năng thấm của nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP.

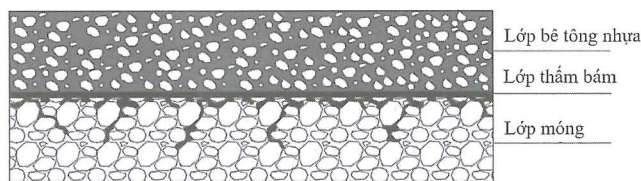
TỪ KHÓA: Mặt đường bê tông nhựa, lớp thấm bám, nhũ tương nhựa đường, nhũ tương nhựa đường thấm bám, nhựa đường lỏng.

ABSTRACT: Using emulsified asphalt prime (EAP) to replace cutback asphalt and conventional asphalt emulsion for prime coat in the asphalt concrete pavement structure is the trend around the world because of environmental and safety reasons and improving penetration quality. However, in Vietnam, the use of EAP for prime coat layer is still uncommon. This article presents advantages of EAP compared to cutback asphalt when used for prime coat, along with experimental results on the properties and penetration ability of the EAP

KEYWORDS: Asphalt concrete pavement, prime coat; asphalt emulsion, emulsified asphalt prime, cutback asphalt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mặt đường BTN là loại mặt đường phổ biến ở Việt Nam do có nhiều ưu điểm. Kết cấu mặt đường BTN ở Việt Nam hiện nay thường có lớp móng trên bằng lớp vật liệu cấp phối đá dăm (CPĐĐ) hoặc CPĐĐ gia cố xi măng. Theo quy định, trước khi thi công lớp BTN cần phải phun hoặc tưới lớp nhựa thấm bám bằng vật liệu gốc bitum lên trên lớp móng này.



Hình 1.1: Lớp thấm bám trong kết cấu mặt đường BTN [8]

Lớp thấm bám có chức năng tăng độ dính bám giữa lớp móng với lớp BTN bên trên; bịt kín các lỗ rỗng trên bề mặt lớp móng, do đó giảm sự di chuyển của hơi ẩm và sự hấp phụ bitum của lớp móng với lớp BTN phía trên; chống thấm cho lớp móng; tăng cường cường độ của phần trên của lớp móng do bitum dính kết các hạt cốt liệu mịn phía trên; bảo vệ tạm thời lớp móng chống lại các tác động bất lợi của thời tiết và giao thông ở mức độ nhẹ trước khi xây dựng lớp trên [7].

Trên thế giới trước kia chủ yếu sử dụng nhựa lỏng đồng đặc vừa MC-30, MC-70 để làm lớp vật liệu thấm bám. Gần đây, do nhận thức rõ hơn về ô nhiễm môi trường và an toàn liên quan đến sử dụng nhựa lỏng MC-30, MC-70 nên việc nghiên cứu, sử dụng nhũ tương nhựa đường làm lớp thấm bám được khuyến khích và trở nên phổ biến [7].

Ở New Zealand (NZ), năm 2014, Cục Đường bộ NZ đã nghiên cứu sử dụng nhũ tương nhựa đường thay thế toàn bộ nhựa đường lỏng. Năm 2020, Bộ Giao thông NZ đã chấp thuận sử dụng nhũ tương nhựa đường thay thế nhựa đường lỏng. Ở Úc đã nghiên cứu và lên kế hoạch thay thế nhựa đường lỏng từ năm 2021. Ở Nam Phi, từ những năm 2000 đã cấm sử dụng nhựa đường lỏng trên tuyến đường dài hơn 20.000 km [2]. Tại Hoa Kỳ, trong tiêu chuẩn kỹ thuật về xây dựng thi công đường bộ và cầu của liên bang FP-14 [10], Mục 411 Vật liệu thấm bám, chỉ cho phép sử dụng nhũ tương nhựa đường làm lớp thấm bám. Từ năm 2014, Cục Đường bộ Thái Lan đã ban hành tiêu chuẩn nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP - Yêu cầu kỹ thuật [2].

Nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP là loại nhũ tương được thiết kế đặc biệt để sử dụng làm lớp thấm bám của kết cấu mặt đường. Chúng có khả năng thấm nhập vào lớp móng tốt hơn so với nhũ tương nhựa đường thông thường. Theo các nghiên cứu trên thế giới, nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP có khả năng thấm xuống bề mặt của lớp thấm bám tương đương với nhựa lỏng MC-70, nhưng thời gian phân tách nhanh hơn nhựa lỏng, không cần phải gia nhiệt nên thân thiện với môi trường và an toàn trong

vận chuyển, thi công. Việc sử dụng nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP giúp rút ngắn thời gian thi công, đáp ứng yêu cầu khi phải thông xe nhanh, giảm chi phí và bảo vệ môi trường.

Ở Việt Nam, hiện nay đã ban hành tiêu chuẩn về nhũ tương nhựa đường thấm bám, TCCS 27:2019/TCĐBVN - Nhũ tương nhựa đường axit thấm bám - Yêu cầu kỹ thuật, thi công và nghiệm thu [3]. Đồng thời, trong TCVN 13567:2022 [1] cũng cho phép sử dụng nhũ tương nhựa đường axit thấm bám EAP làm lớp thấm bám. Tuy nhiên, trong thực tế vẫn chủ yếu sử dụng nhựa lỏng MC-70 hoặc MC-30 để làm lớp thấm bám trong kết cấu mặt đường BTN, việc sử dụng nhũ tương nhựa đường thấm bám còn ít.

Do vậy, việc nghiên cứu sử dụng nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP thay thế nhựa lỏng làm lớp thấm bám ở Việt Nam là cần thiết và phù hợp với xu hướng sử dụng vật liệu thân thiện với môi trường. Việc thay thế này góp phần giảm phát thải carbon trong quá trình xây dựng hạ tầng giao thông cũng như việc thực hiện cam kết giảm phát thải ròng về 0 vào năm 2050 của Chính phủ Việt Nam.

2. ƯU ĐIỂM CỦA NHŨ TƯƠNG NHỰA ĐƯỜNG THẤM BẨM

Khi đánh giá về ưu điểm của việc sử dụng nhũ tương nhựa đường làm lớp thấm bám thay thế nhựa đường lỏng thì các khía cạnh thường được xem xét gồm: Chất lượng thấm bám, ảnh hưởng đến môi trường, an toàn và sức khỏe, kinh tế và thuận lợi trong thi công.

* Về chất lượng:

Theo các nghiên cứu trên thế giới, nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP có khả năng thấm bám đạt yêu cầu và tương đương với nhựa lỏng.

Trong nghiên cứu [7], Mantilla và Button đã đánh giá độ sâu thấm nhập của các vật liệu thấm bám khác nhau, trong đó có hai loại nhựa lỏng MC-30, 2 loại nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP và một số loại nhũ tương nhựa đường thông thường. Kết quả cho thấy hai loại nhựa lỏng MC-30 có khả năng thấm sâu nhất, hai loại nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP đều đáp ứng độ sâu thấm nhập tối thiểu 5 mm. Nhũ tương nhựa đường thông thường không thấm vào hầu hết các nền được đầm chặt, việc pha loãng nhũ tương nhựa đường thông thường với nước giúp tăng khả năng thấm nhập nhưng vẫn không đạt chiều sâu yêu cầu.

Dinakis, J. và cộng sự [4] đã đánh giá khả năng thấm bám của nhũ tương thấm bám EAP (loại được sử dụng thành công với nhiều loại móng ở khu vực đô thị Melbourne, Australia) và hai loại nhựa lỏng là SP2, SP3. Kết quả thí nghiệm trong phòng (Bảng 2.1) cho thấy nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP có chiều sâu thấm tương đương nhựa lỏng SP3, nhũ tương axit hỗn hợp CAM (Cationic mixing grade emulsion) có chiều sâu thấm nhỏ nhất và nhỏ hơn khá nhiều chiều sâu thấm của hai loại vật liệu trên. Thí nghiệm với điều kiện khác nhau của lớp móng cũng cho thấy về cơ bản chiều sâu thấm của nhũ tương thấm bám EAP tương đương nhựa lỏng SP3. Kết quả khảo sát chiều sâu thấm tại hiện trường ở 12 vị trí cho thấy nhũ tương thấm bám EAP có khả năng thấm tương đương nhựa

lỏng SP2 và đạt trung bình khoảng 8 mm. Về khả năng bám, kết quả thí nghiệm trong phòng cho thấy cường độ dính bám giữa lớp mặt BTN bên trên và lớp móng đá gia cố 3% xi măng tươi thấm bằng nhũ tương thấm bám EAP cao hơn đáng kể so với khi tươi thấm bằng nhựa lỏng SP3.

Bảng 2.1. Chiều sâu thấm của các loại vật liệu khác nhau theo nghiên cứu [4]

Loại vật liệu tươi thấm bám	Chiều sâu thấm (mm)
Nhũ tương thấm bám EAP	12
Nhựa lỏng SP3	11
Nhũ tương CAM	2

* Về môi trường:

Sử dụng nhũ tương nhựa đường nhựa đường thay thế nhựa đường lỏng làm lớp thấm bám có lợi cho môi trường hơn vì nhũ tương có ít dung môi gốc dầu mỏ hơn và khi thi công không cần gia nhiệt.

Slaughter, G. trong nghiên cứu [9] đã so sánh ảnh hưởng về môi trường khi sử dụng nhựa đường lỏng và nhũ tương nhựa đường, kết quả nghiên cứu cho thấy: (i) Lượng phát thải khí nhà kính từ việc sử dụng nhựa lỏng cao hơn đáng kể so với nhũ tương nhựa đường do lượng lớn nhiên liệu hóa thạch cần sử dụng để gia nhiệt nhựa lỏng và do sự bay hơi của dầu hỏa từ nhựa lỏng khi tươi thấm bám; (ii) Lượng khí thải tăng lên khi vận chuyển nhũ tương nhựa đường là không đáng kể so với lượng phát thải khí sản xuất và gia nhiệt để thi công nhựa lỏng; (iii) Thay thế nhựa đường lỏng bằng nhũ tương nhựa đường sẽ làm giảm khoảng gần 2/3 lượng CO₂ được tạo ra từ quá trình thi công lớp chipseal; (iv) Việc thay thế nhựa lỏng bằng nhũ tương cũng làm giảm lượng phát thải các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC) vào khí quyển.

Thông tin nghiên cứu [11] cho thấy sử dụng nhựa lỏng nóng tạo ra lượng khí nhà kính gấp đôi so với dùng nhũ tương nhựa đường trong vòng đời của lớp chipseal. Chỉ riêng một năm, việc sử dụng nhũ tương nhựa đường cung cấp bởi một công ty ở New Zealand đã có tác động tích cực đến lượng khí thải carbon tương tự như trồng 675.000 cây xanh.

* Về an toàn và sức khỏe:

Khi thi công nhựa đường lỏng cần phải gia nhiệt, với MC-70 là 70 ± 10°C, dung môi trong nhựa lỏng có điểm chớp cháy thấp, thường dưới 75°C, điều này làm tăng nguy cơ cháy nổ khi vận chuyển, sử dụng. Trong quá trình phun tươi nhựa lỏng, dung môi có trong nhựa lỏng thường là dầu hỏa phát tán trong không khí ảnh hưởng đến môi trường, sức khỏe của công nhân, người tham gia giao thông và cư dân trong khu vực dự án.

Nghiên cứu của Dinakis, J. và cộng sự [4] chỉ ra rằng, sau 15 tháng thi công, vị trí tươi thấm bằng nhựa lỏng có nồng độ dầu hỏa (dung môi) là 1.200 ppm, trong khi vị trí tươi thấm bằng nhũ tương thì không phát hiện hợp chất này. Mức nồng độ này tương đương với hàm lượng dung môi còn sót lại trong chất kết dính vượt quá 5% so với nồng độ ban đầu ở vào khoảng 50%.

* Về kinh tế và thuận lợi trong khi thi công:

Về giá thành, nhựa lỏng MC thường đắt hơn nhũ tương do giá thành dung môi cao hơn dung dịch nước có chất

nhũ hóa. Đồng thời, chi phí thi công nhựa lỏng thường cao hơn so với thi công nhũ tương do nhựa lỏng phải gia nhiệt đến nhiệt độ tươi.

Trong tài liệu [5] đã trích dẫn kết luận nghiên cứu của Gray (1982) rằng sử dụng nhũ tương nhựa đường thay cho nhựa đường lỏng làm lớp thấm bám đã tiết kiệm đáng kể chi phí nhưng vẫn mang lại hiệu quả tốt. Hơn nữa, nhũ tương nhựa đường thân thiện với môi trường hơn nhựa đường lỏng.

Khi thi công nhựa đường lỏng cần phải gia nhiệt, việc gia nhiệt trong thời gian dài làm bay hơi dầu KO (dung môi) khiến nhựa lỏng đặc hơn, ảnh hưởng đến chất lượng và khó tưới đều, đúng liều lượng. Trong khi đó, dùng nhũ tương không cần phải gia nhiệt có thể tưới khi bề mặt cốt liệu ẩm, có thể tưới dặm bổ sung bằng dụng cụ đơn giản.

Thêm vào đó, thời gian cho phép thi công lớp BTN sau khi tưới thấm bám của nhũ tương ngắn hơn so với khi dùng nhựa lỏng. TCVN 13567-1:2022 quy định thời gian từ lúc tưới thấm bám bằng nhựa lỏng đến khi rải lớp BTN tối thiểu sau 24h trong khi thời gian này đối với nhũ tương tối thiểu là 12h.

Tuy nhiên, khi sử dụng nhũ tương làm vật liệu tưới thấm bám cần chú ý vấn đề nhũ tương bị phân tách trong quá trình vận chuyển và bề mặt lớp móng trước khi tưới thấm phải được vệ sinh sạch bụi bẩn để đảm bảo hiệu quả thấm bám.

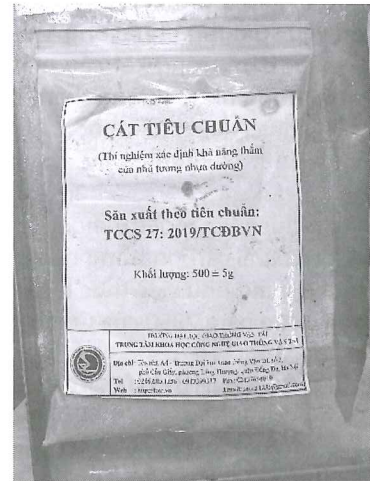
3. ĐÁNH GIÁ MỘT SỐ CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA NHỮ TƯƠNG THẤM BẨM

Ở Việt Nam, các chỉ tiêu kỹ thuật của nhũ tương nhựa đường axit thấm bám được quy định trong TCCS 27:2019/TCĐBVN. Các chỉ tiêu này cơ bản giống với nhũ tương thông thường nhằm đánh giá về mặt ổn định, tính lưu biến, thời gian phân tách và bổ sung thêm chỉ tiêu đánh giá khả năng thấm trên vật liệu cát chuẩn.

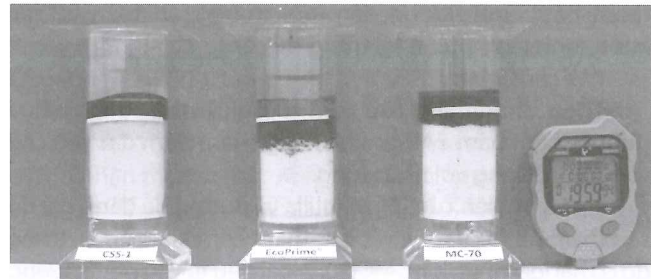
Nhóm nghiên cứu đã tiến hành thí nghiệm đánh giá khả năng đáp ứng tiêu chuẩn kỹ thuật làm lớp thấm bám của nhũ tương nhựa đường thấm bám EcoPrime® (một loại nhũ tương nhựa đường axit thấm bám do Công ty Cung ứng nhựa đường ADCo phát triển và cung cấp) và so sánh khả năng thấm trên vật liệu cát chuẩn của loại nhũ tương này với hai loại vật liệu thường được sử dụng để tưới thấm bám ở Việt Nam là nhựa lỏng MC-70 và nhũ tương CSS-1.

Thí nghiệm được thực hiện tại phòng thí nghiệm LAS-XD 1256 thuộc Trung tâm Khoa học Công nghệ GTVT (Trường Đại học GTVT).

Thí nghiệm khả năng thấm nhằm xác định thời gian thấm và chiều sâu thấm trên vật liệu cát chuẩn được thực hiện theo chỉ dẫn tại Phụ lục A Tiêu chuẩn TCCS 27-2019/TCĐBVN. Thí nghiệm được thực hiện với mẫu cát chuẩn do Trung tâm Khoa học Công nghệ GTVT (Trường Đại học GTVT) nghiên cứu sản xuất.



Cát tiêu chuẩn



Thí nghiệm xác định khả năng thấm

Hình 3.1: Hình ảnh công tác thí nghiệm khả năng thấm

Kết quả thí nghiệm cho thấy nhũ tương nhựa đường thấm bám EcoPrime thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của TCCS 27:2019/TCĐBVN (Bảng 3.1), nhựa lỏng MC-70 đáp ứng yêu cầu kỹ thuật TCVN 8818-1:2011 và nhũ tương nhựa đường CSS-1 đáp ứng yêu cầu của TCVN 8817-1:2011.

Bảng 3.1. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu kỹ thuật của nhũ tương nhựa đường EcoPrime

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Tiêu chuẩn thí nghiệm	Yêu cầu kỹ thuật TCCS 27:2019/TCĐBVN	Kết quả thí nghiệm
I Thí nghiệm trên mẫu nhũ tương					
1	Độ nhớt Saybol - Furol ở 25°C	giây	TCVN 8817-2:2011	15 ÷ 100	20
2	Độ ổn định lưu trữ 24h	%	TCVN 8817-3:2011	≤ 2	0,46
3	Lượng hạt quá cỡ, thử nghiệm sàng	%	TCVN 8817-4:2011	≤ 0,1	0,02
4	Điện tích hạt	-	TCVN 8817-5:2011	dương	dương
5	Hàm lượng dầu	%	TCVN 8817-9:2011	5 ÷ 12	8,3
6	Hàm lượng nhựa	%	TCVN 8817-9:2011	≥ 50	51,71

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Tiêu chuẩn thí nghiệm	Yêu cầu kỹ thuật TCCS 27:2019/TCĐBVN	Kết quả thí nghiệm
7	Thí nghiệm khả năng thấm của nhũ tương		Phụ lục A - TCCS 27:2019/TCĐBVN		
7.1	Thời gian thấm vào vật liệu tiêu chuẩn	phút		≤ 20	8
7.2	Chiều sâu thấm vào vật liệu tiêu chuẩn	mm		≥ 8	17
II Thí nghiệm trên mẫu nhựa đường thu được sau chưng cất					
8	Lượng hòa tan trong Trichloroethylene	%	TCVN 7500:2005	≥ 97,5	99,69

Thời gian thấm và chiều sâu thấm của các loại vật liệu tưới thấm bám trên vật liệu cát chuẩn được thể hiện trong *Bảng 3.2*.

Bảng 3.2. Khả năng thấm của vật liệu tưới thấm bám thí nghiệm với mẫu cát chuẩn

Loại vật liệu tưới thấm bám	Thời gian thấm vào vật liệu tiêu chuẩn (phút)	Chiều sâu thấm vào vật liệu tiêu chuẩn (mm)	Ghi chú
Nhũ tương EcoPrime	8	17	
Nhựa lỏng MC-70	150	12	
Nhũ tương CSS-1	*	1	Gần như không thấm - kể cả sau 2 ngày
Yêu cầu theo TCCS 27:2019/TCĐBVN	≤20	≥ 8	

Từ kết quả thí nghiệm ở *Bảng 3.2* có thể thấy nhũ tương EcoPrime có thời gian thấm vào vật liệu tiêu chuẩn nhanh nhất, chiều sâu thấm vào vật liệu tiêu chuẩn lớn nhất; nhũ tương CSS-1 có chiều sâu thấm vào vật liệu tiêu chuẩn nhỏ nhất và gần như không thấm kể cả sau 2 ngày; nhựa lỏng MC-70 có chiều sâu thấm lớn thứ hai, nhưng thời gian thấm lớn hơn so với quy định. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng thí nghiệm khả năng thấm không phản ánh kết quả thực tế ngoài công trường về thời gian thấm và thời gian khô (thông thường đối với MC-70 cần 24 - 72h để thấm và khô hoàn toàn).

Nhũ tương nhựa đường thấm bám EcoPrime đã được chấp thuận và sử dụng làm lớp thấm bám cho Dự án cải tạo nâng cấp QL26 đoạn qua tỉnh Khánh Hòa. Ở dự án này, lớp thấm bằng nhũ tương EcoPrime được tưới với liều lượng 1,0 kg/m² trên lớp móng CPĐĐ. Sau khi nhũ tương phân tách xong tiến hành rải lớp BTNC 19 lên trên. Một số hình ảnh về hiện trường thi công lớp thấm bám bằng nhũ tương EcoPrime trên QL26 đoạn qua thị xã Ninh Hòa, tỉnh Khánh Hòa được thể hiện trên *Hình 3.2*.



Bề mặt nhũ tương EcoPrime khô sau khi tưới 8 tiếng trong điều kiện ban đêm, nhiệt độ môi trường 23°C



Bề mặt sau khi tưới



Thông xe sau 5h tưới thấm bám



Khoan mẫu kiểm tra dính bám: Lớp BTNC 19 dính bám tốt với lớp móng CPĐĐ

Hình 3.2: Một số hình ảnh hiện trường thi công lớp thấm bám bằng nhũ tương EcoPrime trên QL26 đoạn qua tỉnh Khánh Hòa

Kết quả theo dõi hiện trường thi công cho thấy nhũ tương EcoPrime phân tách xong sau 8h tưới trong điều kiện ban đêm, nhiệt độ khoảng 23°C, sau 5h tưới thấm xe tải có thể đi qua mà bề mặt không bị bong, lớp BTNC 19 dính bám tốt với lớp móng CPĐĐ.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Sử dụng nhũ tương nhựa đường thay thế cho nhựa đường lỏng làm lớp thấm bám trong kết cấu mặt đường BTN là xu hướng trên thế giới nhằm giảm ảnh hưởng đến môi trường và tăng mức độ an toàn khi thi công. Nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP là loại nhũ tương đặc biệt được chế tạo để chuyên sử dụng làm lớp thấm bám. Các nghiên cứu trên thế giới cho thấy nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP có chiều sâu thấm, khả năng dính bám tương đương với nhựa đường lỏng.

Nhũ tương nhựa đường thấm bám EcoPrime do Công ty ADCo phát triển và cung cấp, đáp ứng chỉ tiêu kỹ thuật của TCCS 27:2019/TCĐBVN làm lớp thấm bám cho kết cấu mặt đường, có thời gian thấm nhanh hơn, chiều sâu thấm lớn hơn so với nhựa lỏng MC-70 và nhũ tương CSS-1 khi thí nghiệm khả năng thấm trên vật liệu tiêu chuẩn.

Kết quả thi công tại hiện trường QL26 đoạn qua tỉnh Khánh Hòa cho thấy nhũ tương nhựa đường EcoPrime phân tách xong sau 8h tưới trên lớp móng CPĐĐ trong điều

kiện ban đêm, nhiệt độ khoảng 23°C, sau 5h tưới xe tải có thể đi qua mà không bị bong lớp thấm bám, lớp BTNC 19 dính bám tốt với lớp móng CPĐĐ.

Tiếp tục tiến hành nghiên cứu trong phòng cũng như hiện trường nhằm đánh giá khả năng thấm bám của một số loại nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP trên những lớp móng điển hình ở Việt Nam; sớm ban hành ban hành tiêu chuẩn Việt Nam về nhũ tương nhựa đường thấm bám trên cơ sở TCCS 27:2019/TCĐBVN nhằm tạo điều kiện để nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP được sử dụng phổ biến hơn, góp phần giảm phát thải carbon trong quá trình xây dựng hạ tầng giao thông ở Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-CT-006.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2022), *TCVN 13567: 2022 - Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng - Thi công và nghiệm thu.*
- [2]. TIPCO Asphalt (2023), *Báo cáo giới thiệu về nhũ tương nhựa đường thấm bám.*
- [3]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2019), *TCCS 27:2019/TCĐBVN - Nhũ tương nhựa đường axit thấm bám - Yêu cầu kỹ thuật, thi công và nghiệm thu.*
- [4]. DINAKIS, J., CUTTLER, J., & Maccarrone, S. (2000), *Emulsion priming of road bases, in world of asphalt pavements, international conference, 1st, 2000, Sydney, New South Wales, Australia.*
- [5]. Freeman, T. J., Button, J. W., & Estakhri, C. K. (2010), *Effective prime coats for compacted pavement bases (No. FHWA/TX-10/0-5635-1).*
- [6]. Ishai, I., & Livneh, M. (1984), *Functional and structural role of prime coat in asphalt pavement structures, In Association of Asphalt Paving Technologists Proceedings, vol.53.*
- [7]. Mantilla, C. A., & Button, J. W. (1994), *Prime coat methods and materials to replace cutback asphalt, Research Report TTI 0-1334, Texas Transportation Institute, Texas A & M University.*
- [8]. Ouyang, J., Sun, Y., & Zarei, S. (2020), *Fabrication of solvent-free asphalt emulsion prime with high penetrative ability, Construction and Building Materials, 230, 117020.*
- [9]. Slaughter, G. (November, 2004), *Environmental comparison of cutback bitumen and bitumen emulsions for sealing roads, In towards sustainable land transport conference, Wellington, New Zealand.*
- [10]. United states Department of Transportation (2014), *Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects FP-14.*
- [11]. <https://www.roadscience.co.nz/news/bitumen-emulsion-and-carbon-emissions>.

Ngày nhận bài: 19/3/2024

Ngày nhận bài sửa: 02/4/2024

Ngày chấp nhận đăng: 24/4/2024