

ĐÁNH GIÁ TỔNG QUAN KHẢ NĂNG SỬ DỤNG PHỤ GIA TĂNG DÍNH BÁM ĐÁ NHỰA TRONG HỖN HỢP BÊ TÔNG NHỰA TẠI VIỆT NAM

KS. NGUYỄN THANH LÊN
PGS.TS. NGUYỄN QUANG PHÚC
PGS.TS. LÊ VĂN PHÚC (*)

Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*) phuclv_ph@utc.edu.vn

Phản biện: TS. Trần Hữu bằng
TS. Trần Thị Trúc Liễu

TÓM TẮT:

Bê tông nhựa (BTN) là loại vật liệu làm mặt đường được sử dụng rộng rãi tại Việt Nam. Tuy nhiên, trong điều kiện chịu tác động đồng thời của tải trọng giao thông lớn và khí hậu nhiệt đới ẩm, mặt đường BTN thường xuất hiện các dạng hư hỏng sớm như nứt, bong tróc, hằn lún và rỗ mặt, làm suy giảm khả năng khai thác và tuổi thọ công trình. Do vậy, nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước đã chỉ ra rằng việc bổ sung phụ gia tăng dính bám đá - nhựa là giải pháp hiệu quả nhằm nâng cao khả năng chống hư hỏng và kéo dài tuổi thọ kết cấu mặt đường, qua đó góp phần giảm chi phí bảo trì mặt đường. Bài viết này trình bày tổng quan các kết quả nghiên cứu và ứng dụng phụ gia tăng dính bám trong bê tông nhựa, đồng thời đề xuất định hướng lựa chọn và áp dụng phù hợp với điều kiện vật liệu, khí hậu và khai thác tại Việt Nam.

Từ khóa: Bê tông nhựa; phụ gia tăng dính bám; khả năng kháng ẩm; Wetfix BE; Tough Fix; Tough Fix Hyper.

ABSTRACT:

Asphalt concrete (AC) is a widely used pavement material in Vietnam. However, considering the combined effects of heavy traffic loading and a tropical humid climate, AC pavements frequently experience premature distresses such as cracking, stripping, rutting, and surface ravelling, which significantly reduce their serviceability and service life. Therefore, numerous domestic and international studies have demonstrated that the use of aggregate-asphalt adhesion additives is an effective solution to improve resistance to pavement distresses and extend the service life of pavement structures, thereby contributing to reduced maintenance costs. This paper presents an overview of research findings and applications of adhesion additives in asphalt concrete, and proposes directions for their selection and application in accordance with the material conditions, climate, and service conditions in Vietnam.

Keywords: Asphalt concrete; adhesion additives; moisture resistance; Wetfix BE; Tough Fix; Tough Fix Hyper.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các nghiên cứu về phụ gia tăng cường dính bám đá nhựa trong bê tông nhựa xuất phát từ nhu cầu giải quyết hai vấn đề chính của các mặt đường mềm trong quá trình khai thác: sự tách lớp giữa nhựa và cốt liệu dưới tác động của nước và tải trọng giao thông, và sự suy giảm tính bền ẩm khi đối mặt với điều kiện môi trường nhiệt ẩm bất lợi. Khi đó việc liên kết giữa nhựa đường và cốt liệu có vai trò quyết định đến độ bền, khả năng chống hư hỏng do ẩm, và tuổi thọ khai thác của mặt đường bê tông nhựa. Khi nước xâm nhập vào cấu trúc vật liệu, nó làm giảm tương tác

giữa nhựa và bề mặt cốt liệu, dẫn đến hiện tượng bong tách màng nhựa khỏi đá và các dạng hư hỏng như bong tróc, rỗ mặt, ổ gà, và hằn lún. Các nhà nghiên cứu trên thế giới đã chứng minh rằng bổ sung phụ gia tăng dính bám vào hỗn hợp nhựa là một biện pháp kỹ thuật hiệu quả để điều chỉnh năng lượng bề mặt, tăng khả năng liên kết bền giữa nhựa đường và cốt liệu, hạn chế sự thâm nhập của nước [1].

Tại Việt Nam, trong những năm gần đây, hệ thống kết cấu mặt đường bê tông nhựa (BTN) thường xuyên đối mặt với tình trạng xuống cấp nhanh chóng sau thời gian ngắn

khai thác. Các dạng hư hỏng phổ biến bao gồm nứt mỗi dạng mạng lưới, hằn lún vệt bánh xe, bong tróc bề mặt và hiện tượng ổ gà. Nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ tải trọng giao thông lớn, tác động của nhiệt độ và độ ẩm, cũng như sự suy giảm liên kết giữa nhựa đường và cốt liệu đá trong quá trình khai thác. Trong đó, hiện tượng bong tách nhựa đá (stripping) được xem là một trong những cơ chế phá hoại quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến độ bền và tuổi thọ của mặt đường BTN. Để khắc phục vấn đề này, việc sử dụng phụ gia tăng cường dính bám được xem là một giải pháp hiệu quả, đã được

nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi ở một số công trình giao thông lớn như cao tốc Nội Bài - Lào Cai, Cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi, Pháp Vân - Cầu Giẽ - Ninh Bình, Quốc lộ 1A, Quốc lộ 19. Các loại phụ gia điển hình bao gồm phụ gia hóa học dạng lỏng như Wetfix BE, Tough Fix, Tough Fix Hyper. Mặc dù đã thực hiện thử nghiệm sử dụng phụ gia chống bong tách với kết quả bước đầu khả quan, song các nghiên cứu chuyên sâu về cơ chế phá hoại cơ học, liều lượng tối ưu và tiêu chuẩn để đánh giá hiệu quả kinh tế và kỹ thuật của các loại phụ gia khác nhau vẫn còn hạn chế. Đồng thời, hệ thống tiêu chuẩn đánh giá hiện hành liên quan đến nhựa đường và BTN [2, 3, 4, 5] hiện nay chưa đề cập các hướng dẫn chi tiết cho việc lựa chọn phương pháp thí nghiệm và kiểm chứng hiệu quả sử dụng của các loại phụ gia dính bám trong điều kiện khí hậu vật liệu đặc thù của Việt Nam.

Do đó, việc nghiên cứu tổng quan, phân tích và đánh giá hiệu quả sử dụng của các loại phụ gia tăng cường dính bám cho BTN là hết sức cần thiết. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần làm rõ cơ sở khoa học của việc sử dụng phụ gia trong thiết kế, thi công và bảo trì mặt đường BTN, đồng thời hỗ trợ việc hoàn thiện các tiêu chuẩn kỹ thuật, hướng tới mục tiêu nâng cao độ bền, giảm chi phí bảo dưỡng và phát triển hạ tầng giao thông bền vững.

2. ĐÁNH GIÁ TỔNG QUAN SỬ DỤNG PHỤ GIA TĂNG CƯỜNG DÍNH BÂM ĐÁ NHỰA TRONG BTN TRÊN THẾ GIỚI

Các phụ gia tăng dính bám chủ yếu được nghiên cứu ở nhiều nước, bao gồm các chất gốc hữu cơ tổng hợp như amine, amide, chất hoạt động bề mặt và các hợp chất silane, cũng như một số phụ gia mới từ vật liệu tự nhiên. Những phụ gia này hoạt động chủ yếu theo hai cơ chế: (1) giảm năng lượng bề mặt cốt liệu và nhựa, giúp nhựa

đường ướt đều bề mặt khoáng đầy đủ hơn và (2) tạo liên kết hóa học hoặc liên kết vật lý mạnh hơn giữa các pha, từ đó làm giảm sự phá vỡ liên kết bởi nước [1]. Trong đó, phụ gia gốc amine và amide là nhóm phổ biến nhất được sử dụng rộng rãi trong ngành đường bộ. Các hợp chất này có phần phân cực dễ tương tác với bề mặt khoáng, trong khi phần không phân cực của phân tử thuận tương thích với bitumen, tạo ra cầu nối giữa hỗn hợp hai pha. Nhiều nghiên cứu thí nghiệm đã chỉ ra rằng việc bổ sung phụ gia amine vào bitumen giúp tăng đáng kể độ bền kéo gián tiếp của hỗn hợp bê tông nhựa sau điều kiện ngâm ẩm, và giảm mức độ stripping so với hỗn hợp không phụ gia. Một số nghiên cứu lớn ở châu Âu và Bắc Mỹ chỉ ra rằng phụ gia gốc amine làm giảm đáng kể tốc độ mất liên kết nhựa-cốt liệu trong các quy trình thí nghiệm ẩm ở nhiệt độ cao, qua đó cải thiện độ bền ẩm của hỗn hợp BTN [1]. Ngoài nhóm amine, phụ gia gốc silane cũng được nghiên cứu nhiều do khả năng tạo liên kết hóa học bền giữa bề mặt khoáng và nhựa đường. Hợp chất silane phản ứng với nhóm hydroxyl trên bề mặt đá để tạo ra các liên kết Si-O-Si, trong khi phần hữu cơ của silane tương tác với nhựa đường. Điều này dẫn đến một kết cấu liên kết mạnh hơn, giúp làm giảm tính nhạy cảm với nước và nâng cao độ bền ẩm của hỗn hợp BTN, đặc biệt đối với các cốt liệu có tính tro về mặt hóa học như cốt liệu bazan hay limestone đã qua xử lý bề mặt [1]. Bên cạnh đó, các nhà nghiên

cứu cũng triển khai đánh giá hiệu quả của các phụ gia gốc hữu cơ và nhân tạo khác với mục đích tối ưu hóa tính chất dính bám, độ làm việc của hỗn hợp BTN và giảm chi phí. Nghiên cứu tổng quan về các phụ gia này cho thấy các hợp chất như polymer, chất hoạt động bề mặt phức hợp có thể làm tăng khả năng ẩm ướt của nhựa đường lên cốt liệu và giữ màng nhựa bám tốt hơn khi đối mặt với điều kiện nóng ẩm hoặc tải trọng nặng [1].

- Hoa Kỳ là nước tiên phong trong sử dụng phụ gia chống bong tách trong mặt đường BTN. Theo khảo sát của Aschenbrener [6] chỉ ra rằng có 50% các bang dùng phụ gia lỏng và 26% dùng vôi hydrat. Nghiên cứu cho thấy rằng việc bổ sung 1,0% vôi hydrat trong hỗn hợp BTN giúp giảm 70-90% hiện tượng tróc lớp, tăng chỉ số TSR từ 0,68 lên 0,87. Đồng thời, theo kết quả điều tra của hiệp hội Vôi tại Hoa Kỳ [7] thể hiện trong Bảng 1 cho thấy việc bổ sung vôi hydrat trong hỗn hợp bê tông nhựa (BTN) giúp tăng tuổi thọ mặt đường trung bình từ 2-5 năm, tương đương mức cải thiện 20-30% tuổi thọ so với BTN thông thường không sử dụng phụ gia.

Ngoài ra, Hoa Kỳ cũng sử dụng các phụ gia lỏng gốc polyamine được dùng với hàm lượng 0,2-0,7% khối lượng nhựa đường, cải thiện khả năng chống bong tách trong điều kiện ẩm ướt và khí hậu khắc nghiệt [8]. Bảng 2 tổng hợp đánh giá hiệu quả sử dụng phụ gia hóa học dạng lỏng tại Hoa Kỳ.

Bảng 1. Đánh giá tuổi thọ trung bình của BTN khi sử dụng vôi hydrat [7].

Loại đường	Tuổi thọ không dùng vôi (năm)	Tuổi thọ khi dùng vôi (năm)	Tăng (%)
Đường giao thông đô thị	10-12	13-15	25-30%
Đường liên bang	15-18	18-22	20-25%
Đường nông thôn, nội hạt	8-10	10-13	25-30%
Trung bình toàn quốc	≈ 12	≈ 15	20-30%

Tại Châu Âu, vôi hydrat được sử dụng làm phụ gia chống bong tách trong bê tông nhựa (BTN) từ cuối thập niên 1970 và phổ biến trong giai đoạn 1980-1990. Dù quy mô ứng dụng nhỏ hơn Hoa Kỳ nhưng hiệu quả mang lại của phụ gia này đã được nhiều quốc gia tại Châu Âu ghi nhận rõ rệt. Tại Pháp, việc bổ sung khoảng 1,0% vôi hydrat giúp tăng 20-25% độ bền trong BTN, đặc biệt trong điều kiện ẩm ướt hoặc khi sử dụng cốt liệu có độ dính bám thấp. Tại Hà Lan sử dụng vôi hydrat trong BTN rỗng thoát nước (BTNRTN) để nâng cao khả năng kháng ẩm và chống oxy hóa, mang lại hiệu quả ổn định trên các tuyến quốc lộ chịu tải trọng lớn. Nhiều nước như Áo, Thụy Sĩ, Đan Mạch và Anh đã tích hợp vôi hydrat vào tiêu chuẩn kỹ thuật hoặc khuyến cáo sử dụng trong các dự án giao thông trọng điểm. Xu hướng này phản ánh nhận thức chung của Châu Âu về hiệu quả kinh tế - kỹ thuật và bền vững môi trường khi ứng dụng vôi hydrat trong kết cấu mặt đường BTN [9].

Bên cạnh phụ gia khoáng như vôi hydrat, tại các nước châu Âu cũng sử dụng phụ gia hóa học dạng lỏng (liquid chemical additives) để tăng cường độ dính bám giữa nhựa đường và cốt liệu, đặc biệt trong điều kiện thời tiết ẩm ướt, lạnh hoặc khi sử dụng cốt liệu có tính axit. Một trong những sản phẩm điển hình được sử dụng phổ biến tại Châu Âu là Wetfix Be. Kết quả tổng hợp sử dụng phụ gia WetfixBe ở một số nước Châu Âu được tổng hợp trong bảng 4.

Tại nhiều nước Châu Á, việc kiểm soát hiện tượng bong tách đá nhựa trong hỗn hợp BTN là một yếu tố quan trọng để đảm bảo độ bền mặt đường đối với điều kiện khí hậu nóng ẩm. Các phụ gia chống bong tách như vôi

Bảng 2. Bảng tổng hợp phụ gia hoá học dạng lỏng polyamine [8]

Tên sản phẩm	Loại	Tỷ lệ sử dụng (% khối lượng nhựa)	Đánh giá hiệu quả
DERBO-401	Polyamine lỏng	0,2 - 0,4%	Hiệu quả tốt với hỗn hợp BTN nóng giúp cải thiện độ bám dính đá nhựa trong điều kiện ẩm ướt.
WETBOND-SP	Polyamine lỏng	0,3 - 0,5%	Hiệu quả cao và dễ sử dụng; tăng cường độ bám dính giữa nhựa và cốt liệu.
WETBOND-E	Polyamine lỏng	0,5 - 0,7%	Hiệu quả kinh tế, phù hợp với dự án quy mô lớn; cải thiện khả năng chống bong tách.
WETBOND-SP+	Polyamine kết hợp Nano-Silicon	0,08 - 0,15%	Hiệu quả sử dụng với liều lượng thấp; tăng cường độ bền và chống lão hóa trong BTN.
DERBO-101-P5	Dạng rắn (flakes)	0,1 - 0,2%	Hiệu quả với cốt liệu đá vôi; dễ bảo quản và vận chuyển.

Bảng 3. Mức độ áp dụng và hiệu quả sử dụng vôi hydrat tại châu Âu [9]

Quốc gia	Trạng thái áp dụng	Ứng dụng chính	Tăng tuổi thọ tầng ước tính
Pháp	Rộng rãi	BTN chịu tải lớn	20-25%
Áo	Ổn định trong nhiều năm	Đường cao tốc, đường miền núi	20-25%
Đan Mạch	Ổn định từ giữa 1980s	Các tuyến BTN cấp cao	20-25%
Thụy Sĩ	Tích hợp trong tiêu chuẩn quốc gia	Đường xuyên núi, đường có độ ẩm cao	20-25%
Hà Lan	Áp dụng cho BTNRTN	BTN thoát nước	≈ 20%
Anh (UK)	Thử nghiệm mở rộng	Đường cao tốc, chống trượt lớp do mưa lớn	Đang đánh giá
Đức, Tây Ban Nha	Có áp dụng cục bộ hoặc dự án thí điểm	Tuyến có cốt liệu khó dính bám	Đang đánh giá

Bảng 4. Bảng tổng hợp sử dụng phụ gia WetfixBe tại Châu Âu [10]

Quốc gia	Ứng dụng WetfixBE	Hiệu quả
Thụy Điển	Rộng rãi trên hệ thống đường quốc gia	Chống trượt trong điều kiện tuyết và ẩm ướt
Na Uy	Sử dụng kết hợp với cốt liệu bazan	Tăng độ dính bám trong vùng có sương giá
Phần Lan	Áp dụng cho hỗn hợp Bê tông nhựa nóng và bê tông nhựa ấm	Giảm độ nhạy ẩm, hỗ trợ thi công nhiệt độ thấp
Hà Lan	Kết hợp dùng trong bê tông nhựa rỗng thoát nước	Tăng bám dính, giảm chi phí
Đức và Bỉ	Sử dụng khi không có điều kiện trộn vôi hydrat	Linh hoạt, tiện lợi cho nhà máy nhỏ

hydrat và phụ gia chống bong tách dạng lỏng được sử dụng rộng rãi để tăng khả năng dính bám giữa nhựa và cốt liệu, từ đó nâng cao khả năng chống hư hỏng do nhiệt ẩm ướt. Nghiên cứu thực nghiệm cho thấy việc thêm vôi hydrat vào hỗn hợp BTN nóng giúp cải thiện khả năng kháng ẩm và tăng cường độ bền so với hỗn hợp không dùng phụ gia [11]. Ngoài ra nhóm tác giả Sarkar và Elseifi [12] đã kiểm tra hiệu quả việc của sử dụng nhiều loại phụ gia, bao gồm hydrated lime và phụ gia chống bong tách lỏng khác nhau, cho thấy cả hai nhóm đều có khả năng nâng cao chỉ số độ bền kéo gián tiếp (TSR) và giảm thiểu thiệt hại do nước gây ra trong BTN. Một nghiên cứu khác cho thấy các phụ gia chống bong tách có thể cải thiện đáng kể sự kết dính hóa học và tăng khả năng dính bám giữa nhựa đường và cốt liệu, dẫn đến giảm năng lượng tự do khi tiếp xúc với nước và tăng thành phần phân cực trên bề mặt bitum, từ đó cải thiện khả năng chống độ ẩm [13]. Tại Trung Quốc, các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành cho phép sử dụng vôi hydrat, xi măng và các phụ gia hóa học chống bong tách khi độ dính bám đá nhựa không đạt yêu cầu. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng đối với cốt liệu granite, vốn phổ biến tại Trung Quốc, việc sử dụng phụ gia tăng dính bám giúp nâng cao rõ rệt độ bền kháng ẩm, cải thiện khả năng chống hằn lún và kéo dài tuổi thọ mặt đường [14]. Tại Ấn Độ, phụ gia tăng dính bám gốc amine đã được đưa vào tiêu chuẩn kỹ thuật của Bộ Giao thông Đường bộ và Cao tốc (MoRTH) từ đầu những năm 2000. Việc áp dụng phụ gia này được chứng minh là đặc biệt hiệu quả trong điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa, góp phần cải thiện đáng kể khả năng kháng ẩm và độ bền của BTN [15]. Tại Hàn Quốc, cả phụ gia chống bong tách dạng lỏng và vôi hydrat đều được ứng dụng trong thực tế xây dựng

mặt đường mềm. Các nghiên cứu cũng cho thấy những phụ gia này không chỉ cải thiện lực bám dính giữa nhựa và cốt liệu mà còn làm giảm mức độ hư hỏng do nước, từ đó nâng cao hiệu suất khai thác và giảm chi phí bảo trì công trình giao thông [16]. Tóm lại, các nghiên cứu chứng minh rằng việc lựa chọn và áp dụng phụ gia chống bong tách phù hợp giúp tăng kháng ẩm và độ ổn định của bê tông nhựa trong các hệ thống đường bộ, điều này đặc biệt quan trọng đối với các khu vực khí hậu nhiệt đới và gió mùa như Đông Nam Á, Ấn Độ, Trung Quốc hay Hàn Quốc [11, 12, 13, 14, 15, 16].

3. ĐÁNH GIÁ TỔNG QUAN SỬ DỤNG PHỤ GIA TĂNG CƯỜNG DÍNH BÂM ĐÁ NHỰA TRONG BTN TẠI VIỆT NAM

Trên cơ sở kết quả thí nghiệm trong phòng nhiều nghiên cứu cho thấy việc sử dụng các loại phụ gia tăng cường dính bám trong BTN cho một số hiệu quả nhất định. Nhóm tác giả Nguyễn Thị Bích Thủy và cộng sự [17, 18] đã sử dụng axit béo và amin hoặc Oligoamid để tăng cường dính bám đá nhựa, tăng chất lượng mặt đường BTN đáng kể. Tuy nhiên, phụ gia này chưa được thử nghiệm thực tế trên quy mô lớn nên chưa có dữ liệu đánh giá độ bền và hiệu quả kinh tế. Phụ gia Toughfix được sử dụng với hàm lượng từ 0.1% đến 0.2% có tác dụng tốt, không làm tăng độ kim lún, tăng được nhiệt độ hóa mềm so với nhựa gốc và tăng cấp độ dính bám đá nhựa từ 1-2 cấp [19]. Phụ gia Toughfix giúp cải thiện các đặc tính cơ lý của BTN như độ ổn định và chỉ số dẻo Marshall, khả năng kháng lún, độ bền kéo gián tiếp cả ở trạng thái khô và ướt [19]. Nhóm tác giả Vũ Ngọc Phương và cộng sự đã bước đầu nghiên cứu đánh giá bước đầu sử dụng phụ gia tăng khả năng dính bám đá nhựa cải thiện chất lượng bê tông

nhựa ở Việt Nam [20]. Kết quả nghiên cứu cho thấy sáu loại phụ gia tăng dính bám đều có hiệu quả đáng kể trong BTN. Hiệu quả của 6 phụ gia tăng dính bám xếp theo thứ tự từ cao xuống thấp là: 1) Vôi hydrat; 2) Xi măng; 3) Wetfix Be; 4) Zycotherm; 5) ToughFix; 6) Tough Fix Hyper.

Trên cơ sở thí điểm sử dụng phụ gia tăng dính bám tại một số dự án đường bộ trong nước cũng cải thiện đáng kể khả năng dính bám đá nhựa cũng như một số đặc tính cơ học của BTN, cụ thể:

- Thử nghiệm trong Dự án Đường Hồ Chí Minh (2005-2007) tại các đoạn có cốt liệu granite và đá vôi, phụ gia Kaloamine giúp cải thiện độ bám dính nhựa-đá, song thiếu dữ liệu theo dõi định lượng sau thi công nên chưa có kết luận rõ ràng về hiệu quả dài hạn.

- Áp dụng phụ gia Wetfix BE trong các dự án cao tốc Nội Bài - Lào Cai và đường ven biển Ninh Thuận - Bình Thuận, với liều lượng 0,3% khối lượng nhựa. Kết quả thí nghiệm cho thấy chỉ số dính bám tăng từ khoảng 60% lên trên 90%, giảm rõ rệt hiện tượng bong tróc và chảy nhựa trong điều kiện nhiệt ẩm.

- Áp dụng phụ gia Tough Fix cho dự án tại QL1A (Bình Định) và QL5B (Hà Nội - Hải Phòng) với hàm lượng 0,3-0,4%, giúp tăng chỉ số TSR lên khoảng 20-30%, đạt mức 87-91%, cải thiện độ bền kháng ẩm và kháng bong tróc lớp mặt BTN.

- Áp dụng phụ gia Tough Fix Hyper (TFH) trong cao tốc Trung Lương - Mỹ Thuận (2021-2022) cho kết quả TSR lớn hơn 88%, tăng khoảng 20% so với BTN không phụ gia, điều này chứng minh khả năng tăng kháng ẩm của loại phụ gia này trong điều kiện ẩm ướt. Bảng 5 tổng hợp đánh giá phụ gia TFH cho một số dự đường bộ.

Bảng 5. Một số dự án sử dụng phụ gia TFH

Dự án	Mục đích sử dụng TFH	Cốt liệu	Tỷ lệ trộn	Đánh giá kết quả thực tế
Cao tốc Pháp Vân - Cầu Giẽ - Ninh Bình (đường cao tốc từ Hà Nội tới Ninh Bình, khoảng 29 km mở rộng 6 làn) (2018)	Tăng độ dính bám đá nhựa (đá vôi địa phương dễ gây bong tróc), chống bong tróc và hư hỏng sớm do ẩm; đồng thời phục vụ thi công lớp phủ bê tông nhựa rỗng thoát nước (yêu cầu chống nước cao)	Đá vôi (mỏ đá khu vực Hà Nam - Ninh Bình)	0,2% khối lượng nhựa	Độ dính bám đá-nhựa cải thiện rõ rệt, độ bền nước TSR >85-90% (tăng so với khi không dùng phụ gia) giúp mặt đường bền vững trong điều kiện mưa nhiều. Sau khi đưa vào khai thác, mặt đường ổn định, không xuất hiện bong tróc sớm.
Cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi (đường cao tốc Bắc Nam đoạn Quảng Ngãi) (2018)	Bổ sung phụ gia chống bong tróc cho bê tông nhựa nhằm tăng cường độ dính bám đá-nhựa, chống hư hỏng do ẩm (mưa lớn) - đặc biệt sau khi tuyến xuất hiện ổ gà do nước xâm nhập năm 2018	Đá bazan (mỏ đá khu vực Quảng Ngãi)	0,15% khối lượng nhựa (trộn khô vào hỗn hợp BTN tại trạm trộn)	Nâng cao độ bền nước của bê tông nhựa, hạn chế tái phát ổ gà. Các thí nghiệm kiểm tra cho thấy hỗn hợp có TFH đạt chỉ tiêu TSR > 85% theo yêu cầu, tuổi thọ mặt đường được kéo dài so với không sử dụng phụ gia.
Quốc lộ 1 (đoạn qua tỉnh Phú Yên) (QL1 mở rộng) (2017-2018)	Sử dụng TFH trong bảo trì, sửa chữa mặt đường BTN bị hư hỏng do bong tróc, ổ gà sau mưa. Mục đích là cải thiện độ dính bám đá-nhựa, chống tác hại của nước mưa đối với kết cấu mặt đường QL1 (vốn khai thác lưu lượng lớn).	Đá bazan (Phú Yên có nhiều mỏ bazan)	0,15% khối lượng nhựa (trộn vào hỗn hợp bê tông nhựa nóng khi thảm vá)	Sau khi bổ sung phụ gia, các chỉ tiêu độ bền ngâm nước của bê tông nhựa tăng rõ rệt (TSR đạt ~90% so với ~75-80% trước đây). Mặt đường QL1 sau sửa chữa ổn định, giảm hẳn hiện tượng bong tróc, góp phần kéo dài tuổi thọ so với giai đoạn chưa sử dụng phụ gia.
Quốc lộ 19 (đoạn qua tỉnh Bình Định) (tuyến QL19 từ cảng Quy Nhơn lên Tây Nguyên)	Chống bong tróc cho mặt đường QL19 vốn chịu lưu lượng xe tải nặng đi cằng, TFH được đưa vào hỗn hợp BTN để cải thiện độ bám dính đá - nhựa, tăng độ bền ẩm ướt cho mặt đường, tránh lặp lại hư hỏng sớm như từng xảy ra trên tuyến.	Đá granit (mỏ đá Bình Định)	0,15% khối lượng nhựa (trộn khô tại trạm trộn BTN)	Bê tông nhựa có TFH đạt TSR > 85%, cao hơn hẳn so với mẫu không phụ gia. Hiện tượng bong tróc, ròi rạc mặt đường giảm rõ rệt, mặt đường QL19 bền hơn dưới tác động mưa và tải trọng nặng sau khi dùng phụ gia.

4. KẾT LUẬN

Từ tổng quan các nghiên cứu và ứng dụng thực tiễn trên thế giới cũng như tại Việt Nam có thể khẳng định rằng việc sử dụng phụ gia tăng cường dính bám đá nhựa là giải pháp hiệu quả và cần thiết nhằm nâng cao độ bền ẩm, hạn chế hiện tượng bong tróc và kéo dài tuổi thọ của mặt đường bê tông nhựa (BTN). Trên thế giới, các nhóm phụ gia như vôi hydrat, phụ gia hóa học gốc amine/amide, silane và các chất hoạt động bề mặt đã được nghiên cứu sâu rộng và ứng dụng ổn định trong nhiều thập kỷ, đặc biệt tại Hoa Kỳ, châu Âu và các nước châu Á có điều kiện khí hậu khắc nghiệt. Kết quả nghiên cứu và thực tế khai thác đều cho thấy các phụ gia này có thể cải thiện đáng kể chỉ số độ bền

nước (TSR), giảm stripping, tăng khả năng kháng ẩm và nâng cao tuổi thọ mặt đường từ 20-30% so với BTN không sử dụng phụ gia.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm và các dự án thí điểm bước đầu đã chứng minh hiệu quả rõ rệt của phụ gia tăng dính bám trong việc cải thiện tính chất cơ lý của BTN, đặc biệt là độ bền kháng ẩm và khả năng chống bong tróc khi sử dụng các loại cốt liệu khó dính bám như đá bazan, granite hay đá vôi địa phương. Các phụ gia như vôi hydrat, Wetfix BE, Tough Fix và Tough Fix Hyper cho thấy hiệu quả tích cực cả trong thí nghiệm lẫn thực tế khai thác trên nhiều tuyến quốc lộ và cao tốc, với chỉ số TSR thường đạt trên 85-90% và tình trạng hư hỏng sớm do nước được giảm rõ rệt.

Tuy nhiên, việc áp dụng phụ gia tăng dính bám tại Việt Nam hiện nay vẫn còn mang tính cục bộ, chưa đồng bộ và thiếu các nghiên cứu theo dõi dài hạn để đánh giá đầy đủ hiệu quả kinh tế - kỹ thuật trong suốt vòng đời công trình. Do đó, trong thời gian tới cần tiếp tục nghiên cứu chuyên sâu hơn về cơ chế tác dụng của phụ gia đối với từng loại cốt liệu và nhựa đường trong nước, mở rộng thí điểm trên quy mô lớn, đồng thời xây dựng và hoàn thiện các quy định, hướng dẫn kỹ thuật phù hợp. Điều này sẽ góp phần nâng cao chất lượng, độ bền và tính bền vững của kết cấu mặt đường bê tông nhựa trong điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa đặc trưng của Việt Nam. ■

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vũ N. P., Nguyễn T. L., Nguyễn V. C. (2018). Nghiên cứu đánh giá hiệu quả của một số loại phụ gia kháng bong tách đá-nhựa cho bê tông nhựa sử dụng cốt liệu có tính dính bám kém tại khu vực miền Trung. Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học và Công nghệ năm 2018, Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải, Hà Nội.
- [2] TCVN 7504:2005. Bitum - Phương pháp xác định độ bám dính với đá. Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.
- [3] TCVN 8861:2011. Áo đường mềm - Xác định mô đun đàn hồi bằng tấm ép cứng. Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.
- [4] TCVN 8862:2011. Áo đường mềm - Xác định cường độ kéo khi ép chế. Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.
- [5] TCVN 13567-1:2022. Lốp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng - Thi công và nghiệm thu - Phần 1: Bê tông nhựa chặt. Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.
- [6] Aschenbrener T (2002). Survey on moisture damage of hot mix asphalt pavements. Colorado DOT, Denver, Colorado.
- [7] R.G Hicks, & T.V Scholz (2003), Life cycle costs for lime in hot mix Nhựa, National Lime Association, Pp. 25-78.
- [8] Aschenbrener, T. (2002). Asphalt additives to control moisture damage. Colorado Department of Transportation, Denver, USA.
- [9] Lesueur, D. (2010). Hydrated lime: A proven additive for durable asphalt pavements - Critical literature review. European Lime Association (EuLA), Brussels
- [10] AkzoNobel Surface Chemistry. Wetfix® BE - Anti-stripping additives for asphalt mixtures: European field experience and applications. Europe
- [11] Akash Kumar Naik, Sarmista Padhy (2016). Moisture Susceptibility on Asphalt Mix and the Effect of Anti-Stripping Additives, International Journal of Science Engineering and Advance Technology, Vol.4, No.12, Pp. 728-735.
- [12] Md. Tanvir A. Sarkar, Mostafa A. Elseifi (2023). Experimental evaluation of asphalt mixtures with emerging additives against cracking and moisture damage, Journal of Road Engineering, Vo.3,(4) pp. 336-349.
- [13] Rui Xiao, Yongjie Ding, Pawel Polaczyk, Yuetan Ma, Xi Jiang, Baoshan Huang (2022). Moisture damage mechanism and material selection of HMA with amine antistripping agent, Materials & Design, Vol.220, pp. 1-16
- [14] Yali Ye, Yan Hao, Chuanyi Zhuang, Shiqi Shu and Fengli Lv (2022). Evaluation on Improvement Effect of Different Anti-Stripping Agents on Pavement Performance of Granite-Asphalt Mixture, Materials, Vol.15 (3), pp. 1-21.
- [15] Specifications for Road & Bridge works, Ministry of Road Transport & Highways, India, 2013.
- [16] Thanh Chung Do, Van Phuc Tran, Van Phuc Le, Hyun Jong Lee, Won Jae Kim (2019). Mechanical characteristics of tensile strength ratio method compared to other parameters used for moisture susceptibility evaluation of asphalt mixtures, Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), Vol.6, pp. 621-630.
- [17] Nguyễn Thị Bích Thủy (2003), Nghiên cứu tổng hợp phụ gia tăng bám dính cho hỗn hợp bê tông nhựa trên cơ sở axit béo và amin, Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ.
- [18] Nguyễn Thị Bích Thủy và cộng sự (2005). Nghiên cứu phụ gia tăng bám dính đá nhựa trên cơ sở Oligoamid để tăng chất lượng mặt đường bê tông asphalt trong hệ thống đường bộ Hà Nội, Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Thành phố Hà Nội - Chương trình: 01C - 04.
- [19] TS Lương Xuân Chiêu (2022). Báo cáo tổng kết kết quả nghiên cứu phụ gia tăng dính bám đá nhựa Toughfix trong hỗn hợp bê tông nhựa. Trung tâm Khoa học Công nghệ Giao thông, Hà Nội.
- [20] Vũ Ngọc Phương (2020). Nghiên cứu sử dụng phụ gia tăng khả năng dính bám đá - nhựa cải thiện chất lượng bê tông nhựa ở Việt Nam. Luận án Tiến sĩ.

Ngày nhận bài 19/01/2026

Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2026