Transport and Communications Science Journal, Vol 76, Issue 09 (12/2025), 1269-1280

Transport and Communications Science Journal

ASSESSMENT OF RUTTING RESISTANCE IN HOT RECYCLED ASPHALT MIXTURES USING THE RUTTING TOLERANCE INDEX

Le Thu Trang[1], Nguyen Ngoc Lan[1], Dao Van Dong[2], Truong Van Quyet[1*] Pham Thi Thanh Thuy[1]

[1]University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

[2]Dai Nam University, No 1 Xom Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article
Received: 15/10/2025
Revised: 25/11/2025
Accepted: 10/12/2025
Published online: 15/12/2025
https://doi.org/10.47869/tcsj.76.9.10

[*] *Corresponding author*
Email: quyet.tv@utc.edu.vn; Tel: 84970452140

Abstract. Rutting and cracking resistance are two key indicators for ensuring balanced performance in asphalt mixtures. This paper introduces a new testing method, the IDEAL Shear Rutting Test (IDEAL-RT), developed to evaluate the rutting resistance of asphalt mixtures. This method has been adopted by several U.S. states because of its simplicity, short testing duration, and suitability for quality control applications. In this study, the IDEAL-RT was performed on hot recycled asphalt mixtures containing 30%RAP and 50%RAP (reclaimed asphalt pavement - RAP). The results showed that the mixture with 50%RAP exhibited higher rutting resistance than that with 30%RAP. Specifically, the 30% and 50% RAP mixtures exhibited RTIndex values that were 15.7% and 41.5% higher, respectively, than those of the control mixture (0%RAP). In addition, the use of rejuvenators was found to reduce the rutting resistance of the mixtures. The overall trends observed from the IDEAL-RT were consistent with those obtained from the conventional Hamburg Wheel Tracking Test (HWTT). Based on these findings, this study recommends the IDEAL-RT as a practical and efficient method for determining the RT_{Index} values to evaluate the rutting resistance under Vietnamese conditions.

Keywords: rutting resistance, rutting tolerance index, rejuvenator.

@2025 University of Transport and Communications

Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải

ĐÁNH GIÁ SỨC KHÁNG HẰN LÚN VỆT BÁNH XE CỦA HỖN HỢP BÊ TÔNG ASPHALT TÁI CHẾ NÓNG THÔNG QUA CHỈ SỐ KHÁNG LÚN

Lê Thu Trang[1], Nguyễn Ngọc Lân[1], Đào Văn Đông[2], Trương Văn Quyết[1*], Phạm Thị Thanh Thủy[1]

[1]Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

[2]Trường Đại học Đại Nam, Số 01 phố Xốm, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học
Ngày nhận bài: 15/10/2025
Ngày nhận bài sửa: 25/11/2025
Ngày chấp nhận đăng: 10/12/2025
Ngày xuất bản Online: 15/12/2025
https://doi.org/10.47869/tcsj.76.9.10

** Tác giả liên hệ*
Email: quyet.tv@utc.edu.vn; Tel: +84978452140

Tóm tắt. Khả năng kháng hằn lún và khả năng kháng nứt là hai chỉ tiêu quan trọng duy trì sự cân bằng tính năng của bê tông asphalt. Bài báo này giới thiệu một phương pháp thí nghiệm mới (IDEAL Rutting Test, IDEAL-RT) dùng để đánh giá sức kháng hằn lún của bê tông asphalt. Phương pháp này hiện đã được áp dụng tại một số bang ở Hoa Kỳ nhờ ưu điểm đơn giản, thời gian thí nghiệm ngắn và phù hợp cho công tác kiểm soát chất lượng. Trong nghiên cứu này, thí nghiệm IDEAL-RT được thực hiện với các hỗn hợp asphalt tái chế nóng với tỷ lệ RAP lần lượt 30% và 50%. Kết quả cho thấy, hỗn hợp sử dụng 50% RAP có sức kháng hằn lún vệt bánh xe cao hơn so với hỗn hợp sử dụng 30% RAP. Cụ thể, chỉ số kháng lún RT_{Index} (Rutting Test Index) của hỗn hợp chứa 30%RAP và 50%RAP tăng lần lượt 15,7% và 41,5% khi so sánh với hỗn hợp 0%RAP. Ngoài ra, việc sử dụng phụ gia tái sinh đã làm giảm sức kháng hằn lún. Xu hướng của các kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với kết thí nghiệm theo phương pháp truyền thống Hamburg Wheel Tracking Test (HWTT). Vì vậy, nghiên cứu đề xuất áp dụng phương pháp thí nghiệm IDEAL-RT để xác định chỉ số kháng lún RT_{Index} nhằm xác định khả năng kháng hằn lún của bê tông asphalt trong điều kiện Việt Nam.

Từ khóa: sức kháng hằn lún, chỉ số kháng lún vệt bánh xe, phụ gia tái sinh.

@2025 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mặc dù có nhiều dạng hư hỏng khác nhau xuất hiện trên mặt đường bê tông asphalt, nhưng hai dạng hư hỏng phổ biến và cơ bản nhất là nứt và lún vệt hằn bánh xe (biến dạng không hồi phục). Lún vệt bánh xe xảy ra trên mặt đường là do sự kết hợp của sự nén chặt và biến dạng cắt của vật liệu [1]. Nguyên nhân là do sự phá hủy cấu trúc của các lớp vật liệu trong kết cấu mặt đường, bao gồm lớp mặt (bê tông asphalt), lớp móng và lớp nền dưới tác động lặp lại của tải trọng xe kết hợp môi trường bất lợi. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng, cấp phối cốt liệu trong hỗn hợp asphalt cùng với mức độ đầm nén, độ cứng của hỗn hợp, nhiệt độ và đặc tính tải trọng là những yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến khả năng kháng hằn lún của mặt đường bê tông asphalt [2–4]. Hiện nay, có nhiều phương pháp thí nghiệm khác nhau được áp dụng để đánh giá khả năng chống hằn lún của bê tông asphalt, trong đó phổ biến nhất là thí nghiệm HWTT (Hamburg Wheel Tracking Test), thí nghiệm APA (Asphalt Pavement Analyzer), thí nghiệm biến dạng dưới tác dụng của tải trọng lặp RLPD (Repeated Load Permanent Deformation), thí nghiệm FT (Flow Time) và thí nghiệm mô đun động DM (Dynamic Modulus) [5]. Trong số đó, HWTT và APA là các thí nghiệm được sử dụng rộng rãi nhất để đánh giá khả năng kháng hằn lún của bê tông asphalt trong quá trình thiết kế hỗn hợp.

Đối với thí nghiệm HWTT, phương pháp này có mối tương quan tốt với chiều sâu hằn lún ngoài hiện trường [6,7]. Tuy nhiên, trong thực tế, thí nghiệm HWTT tồn tại một số nhược điểm như chi phí thiết bị cao, thời gian thử nghiệm kéo dài và độ phức tạp của thiết bị thử nghiệm. Do vậy, thí nghiệm này có hạn chế để áp dụng kiểm soát và đảm bảo chất lượng vì phải mất ít nhất 6 giờ để hoàn thành [8]. Xét đến những hạn chế liên quan đến các phương pháp thí nghiệm hiện có, cần phải có một phương pháp thí nghiệm có chi phí thấp, quy trình đơn giản nhưng chính xác và nhanh chóng, đồng thời phải có mối tương quan tốt với chiều sâu hằn lún ngoài hiện trường. Theo hướng này, thí nghiệm kéo gián tiếp ở nhiệt độ cao (High-Temperature Indirect Tensile Strength, HT-IDT) đã được phát triển để đánh giá khả năng kháng hằn lún [9]. Nhiều nghiên cứu cho thấy mối tương quan từ trung bình đến cao giữa thí nghiệm HT-IDT và các thí nghiệm hằn lún khác [10–13]. Tuy nhiên, mối tương quan kém giữa HT-IDT và các thử nghiệm lún khác cũng được chỉ ra bởi một số nghiên cứu [14,15]. Gần đây, thí nghiệm IDEAL-RT hay còn được gọi là thí nghiệm lún nhanh (Rapid Rutting Test), được Zhou và các cộng sự đề xuất và phát triển dựa trên cơ chế phá hủy cắt để đánh giá sức kháng hằn lún [16]. Nghiên cứu đã đưa ra giá trị RT_{Index} tối thiểu là 60, 65 và 75 làm tiêu chí chấp nhận tương ứng cho các hỗn hợp bê tông asphalt sử dụng bitum cấp PG 64-xx, PG70-xx và PG76-xx hoặc cao hơn. Các nghiên cứu của Yin và các cộng sự [17] và Rajan và cộng sự [18] đã chỉ ra rằng, có một mối tương quan cao giữa thí nghiệm IDEAL-RT và thí nghiệm HWTT. Hơn nữa, thí nghiệm IDEAL-RT cũng cho thấy mối tương quan tốt với các thử nghiệm hiện trường [16]. Ưu điểm nổi bật của thí nghiệm IDEAL-RT là quy trình đơn giản, thời gian thử nghiệm ngắn (khoảng 2 phút), không cần lấy lõi, cắt hoặc khía mẫu như các phương pháp khác. Bên cạnh đó, thí nghiệm IDEAL-RT có thể được áp dụng dụng cho cả mẫu trộn trong phòng thí nghiệm và mẫu lấy tại hiện trường, đồng thời chi phí thí nghiệm thấp do sử dụng các thiết bị thí nghiệm phổ biến hiện có tại các phòng thí nghiệm hoặc trạm trộn asphalt.

Bài báo này đề cập đến phương pháp thí nghiệm IDEAL-RT nhằm xác định sức kháng hằn lún của bê tông asphalt. Ở Việt Nam, đây vẫn là một phương pháp thí nghiệm mới, chưa được áp dụng trong công tác nghiên cứu và kiểm soát chất lượng bê tông asphalt. Trong bài báo này, thí nghiệm IDEAL-RT được thực hiện với các loại hỗn hợp bê tông asphalt tái chế

nóng có tỷ lệ RAP bằng 30% và 50%. Nghiên cứu đã làm rõ tác động của hàm lượng RAP đối với khả năng chống hằn lún, đồng thời xem xét tác động của phụ gia tái sinh đến hằn lún vệt bánh xe. Xu hướng các dữ liệu thu được từ nghiên cứu này cũng tương đồng với thí nghiệm sức kháng hằn lún vệt bánh xe theo phương pháp truyền thống HWTT. Từ đó, nghiên cứu khuyến nghị sử dụng thí nghiệm IDEAL-RT trong đánh giá khả năng kháng hằn lún của bê tông asphalt tại Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM IDEAL-RT

2.1. Thành phần hỗn hợp

Hỗn hợp asphalt nóng cấp phối đặc loại 12,5 mm được áp dụng cho nghiên cứu. Phụ gia tái sinh (rejuvenator) thường được sử dụng trong hỗn hợp có hàm lượng RAP cao nhằm mục đích làm giảm độ cứng và tăng độ dẻo của bitum RAP. Trong nghiên cứu này, phụ gia tái sinh có nguồn gốc dầu mỏ (ký hiệu HS1) được sử dụng. Nghiên cứu trước đây cho thấy, hàm lượng phụ gia HS1 không nên vượt quá 12% theo khối lượng bitum RAP để đạt được cấp PG tương đương bitum 60/70 [19]. Nhằm đánh giá tác động của hàm lượng phụ gia tái sinh đến tính kháng hằn lún của hỗn hợp thông qua thí nghiệm IDEAL-RT, hai hàm lượng phụ gia 4% và 12% (theo tỷ lệ khối lượng bitum RAP) đã được lựa chọn. Năm loại hỗn hợp asphalt được chế tạo và kiểm tra, bao gồm hỗn hợp 0%RAP, hỗn hợp 30%RAP và ba hỗn hợp 50%RAP có sử dụng phụ gia tái sinh ở các mức khác nhau (50%RAP, 50%RAP-HS1.4, 50%RAP-HS1.12). Đối với cấp phối cốt liệu, hỗn hợp được thiết kế bằng cách phối trộn các loại vật liệu khoáng mới (bột khoáng, đá 0×5, đá 5×10 và đá 10×16) với RAP nhằm đạt được đường cong cấp phối phù hợp theo TCVN 13567-1:2022 [20] và TCVN 13567-6:2025 [21]. Các chỉ tiêu theo Marshall được tổng hợp và trình bày ở Bảng 1.

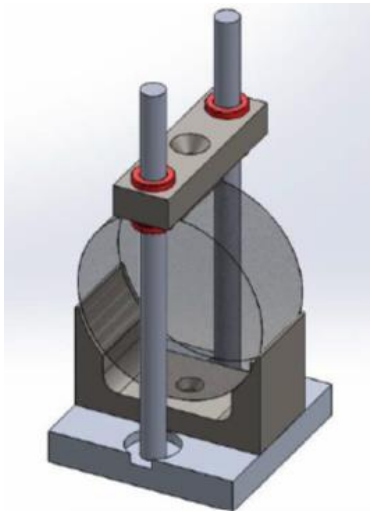
Bảng 1. Thành phần vật liệu và các đặc tính kỹ thuật của hỗn hợp asphalt.

Tỷ lệ hỗn hợp/Chỉ tiêu	**Hỗn hợp**					
	0%RAP	**30%RAP**	**50%RAP**	**50%RAP-HS1.4**	**50%RAP-HS1.12**	**Yêu cầu**
Đá 10-16	17,1	15,4	11,8	11,8	11,8	-
Đá 5-10	28,5	17,3	12,7	12,7	12,7	-
Đá 0-5	45,6	30,8	21,5	21,5	21,5	-
Bột đá	3,8	3,9	2,9	2,9	2,9	-
RAP	0	28,5	47,5	47,5	47,5	-
P_{bRAP}, %	-	0,9	1,4	1,4	1,4	-
P_{bnew}, %	5	4,1	3,6	3,6	3,6	-
G_{mm}	2,566	2,557	2,542	2,544	2,545	-
G_{mb}	2,456	2,431	2,424	2,434	2,441	-
V_a, %	4,28	4,93	4,64	4,32	4,09	4 - 6
VMA, %	14,8	14,5	14,3	14,6	14,4	Min 14
VFA, %	70,9	66,0	67,8	70,4	71,6	65 - 75
MS, kN	10,78	12,48	15,55	14,25	11,31	Min 8,0
MF, mm	3,52	3,31	3,22	3,34	3,87	1,5 - 4

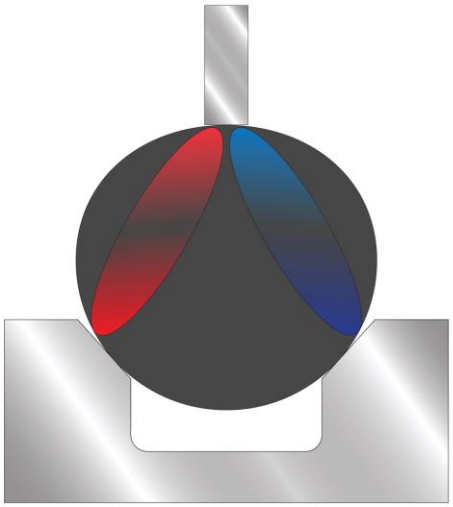
(P_b: tổng hàm lượng bitum, P_{bRAP}: hàm lượng bitum RAP, P_{bnew}: hàm lượng bitum mới thêm vào, G_{mm}: tỷ trọng lớn nhất, G_{mb}: tỷ trọng khối, V_a: độ rỗng dư, VMA: độ rỗng hỗn hợp vật liệu khoáng, VFA: độ rỗng lấp đầy bitum, MS: độ ổn định, MF: độ dẻo).

2.2. Thí nghiệm IDEAL-RT

Thí nghiệm IDEAL-RT được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM D8360 để xác định chỉ số RT_{Index}. Chỉ số này đặc trưng cho mức độ chống lại biến dạng vệt bánh xe của bê tông asphalt. Khi chỉ số RT_{Index} càng cao thì khả năng kháng hằn lún càng tốt và do đó chiều sâu hằn lún tại hiện trường càng nhỏ. Hình 1 thể hiện mô hình thử nghiệm đánh giá khả năng chống hằn lún của bê tông asphalt theo phương pháp thí nghiệm lún nhanh.



(a)



(b)

Hình 1. Mô hình thử nghiệm lún nhanh

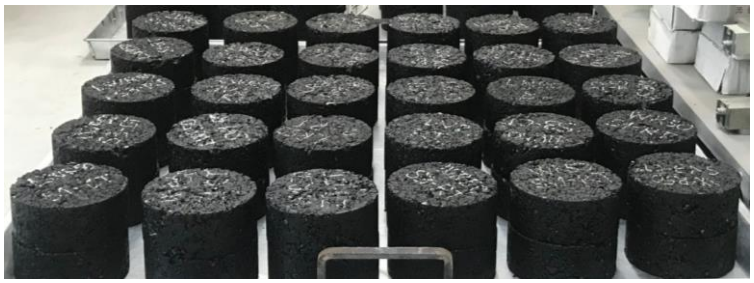
(a) Mô hình thí nghiệm IDEAL-RT và (b) Phân bố ứng suất trong mẫu thí nghiệm.

Sau khi trộn, các hỗn hợp rời được bảo ôn trong 2 giờ ở 135°C trước khi đầm nén để mô phỏng sự lão hóa ngắn hạn. Mẫu thí nghiệm có đường kính 150 mm, chiều cao 62 ± 1 mm và được đầm nén bằng thiết bị Troxler nhằm đạt được V_a bằng 7 ± 0,5% (Hình 2). Số lượng mẫu cho thí nghiệm IDEAL-RT được đề cập trong Bảng 2.

Bảng 2. Số mẫu chuẩn bị cho thí nghiệm.

Thí nghiệm	**Hỗn hợp**					**Tổng**
	0%RAP	**30%RAP**	**50%RAP**	**50%RAP-HS1.4**	**50%RAP-HS1.12**	
IDEAL-RT	4	4	4	4	4	**20**

(a)



(b)

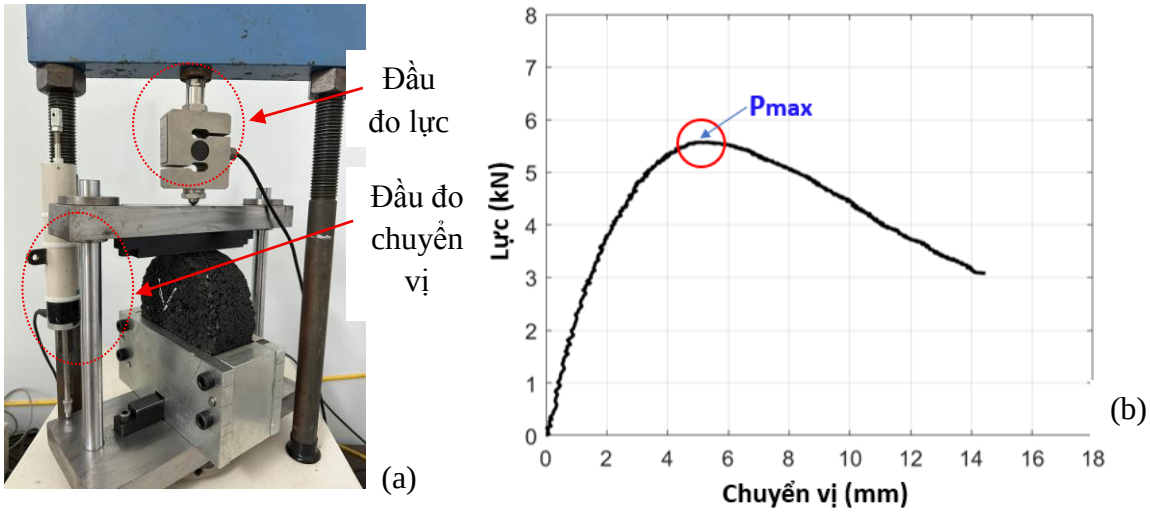
Hình 2. Chế tạo mẫu thử
(a) Quá trình đầm mẫu và (b) mẫu thử sau đầm nén.

Đối với thí nghiệm IDEAL-RT, các mẫu thí nghiệm được đặt vào bể nước ở 50°C trong 45±5 phút. Thử nghiệm theo mô hình ép chẻ được tiến hành trên thiết bị nén Marshall với tốc độ 50 ± 2 mm/phút (Hình 3a). Biểu đồ lực – chuyển vị từ thí nghiệm IDEAL-RT được ghi lại, thể hiện trong Hình 3b. Tải trọng cực đại (P_{max}) thu được từ biểu đồ lực – chuyển vị, được trích xuất và dùng trong tính toán cường độ cắt (τ_f), theo công thức (1).

$$\tau_f = 0{,}356 \times \frac{P_{max}}{t \times w} \quad (1)$$

Ở đó, τ_f là cường độ cắt (Pa); P_{max} là giá trị lực cực đại (N); t là chiều cao mẫu (mm); w là bề rộng của dải tải tác dụng lên mẫu (upper loading strip) (w = 0,0191 m). Chỉ số kháng lún RT_{Index} được tính toán từ cường độ cắt, theo công thức (2).

$$RT_{Index} = 6{,}618 \times 10^{-5} \times \frac{\tau_f}{1Pa} \quad (2)$$



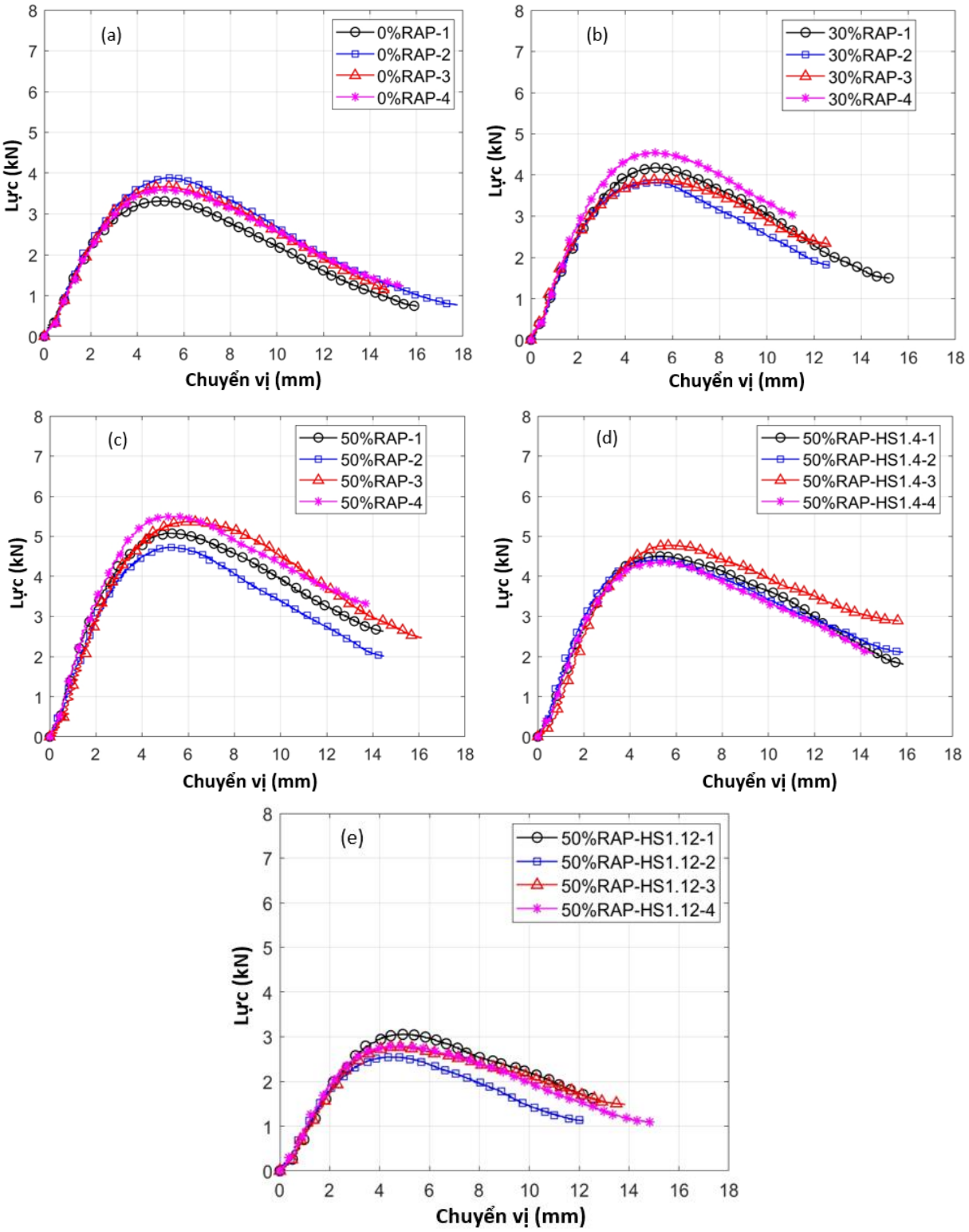
Hình 3. Thí nghiệm IDEAL-RT

(a) Quá trình thử nghiệm, (b) Biểu đồ lực – chuyển vị.

3. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH

3.1. Kết quả thí nghiệm

Các biểu đồ lực – chuyển vị từ thí nghiệm lún nhanh IDEAL-RT được thể hiện ở Hình 4. Kết quả chỉ ra rằng các hỗn hợp asphalt thể hiện các đặc trưng lực – chuyển vị khác nhau trong quá trình thí nghiệm. Dựa trên Hình 4a, Hình 4b và Hình 4c có thể thấy rằng, giá trị P_{max} đạt được từ thí nghiệm IDEAL-RT gia tăng đáng kể khi tăng tỷ lệ RAP trong hỗn hợp. Tuy nhiên, đối với các hỗn hợp asphalt tái chế có bổ sung phụ gia tái sinh, giá trị P_{max} giảm dần khi tăng thêm hàm lượng phụ gia tái sinh sử dụng (Hình 4d và Hình 4e).



Hình 4. Biểu đồ lực – chuyển vị của các loại hỗn hợp.

Giá trị cường độ cắt được xác định từ P_{max} tương ứng với các biểu đồ lực – chuyển vị. Khi giá trị P_{max} thu được lớn hơn, giá trị cường độ cắt sẽ cao hơn. Với mô hình thí nghiệm lún nhanh IDEAL-RT, chỉ số RT_{Index} được tính từ giá trị cường độ cắt theo công thức (2). Giá trị cường độ cắt và chỉ số kháng lún RT_{Index} được tổng hợp và trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Giá trị cường độ cắt và chỉ số kháng lún RT_{Index}.

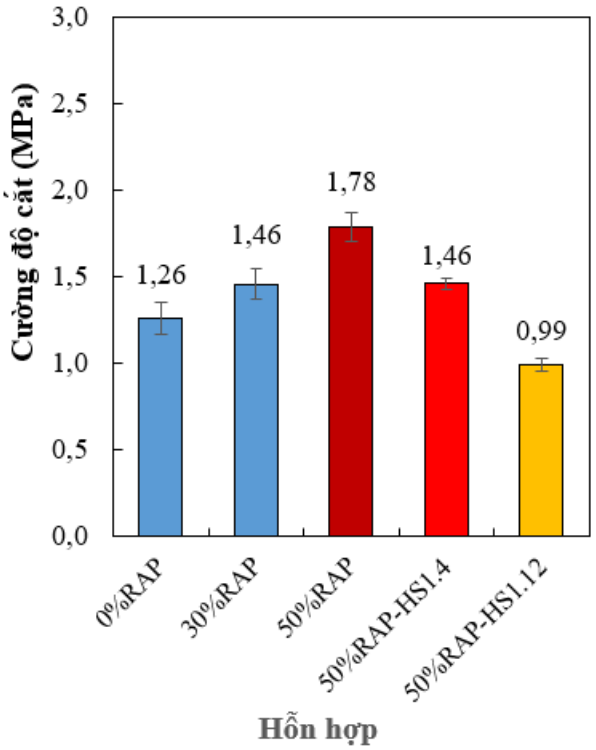
Thông số	Mẫu	Hỗn hợp				
		0%RAP	30%RAP	50%RAP	50%RAP-HS1.4	50%RAP-HS1.12
Cường độ cắt τ_f (kN)	1	1,16	1,47	1,76	1,46	1,04
	2	1,37	1,39	1,67	1,44	0,95
	3	1,28	1,39	1,84	1,51	0,99
	4	1,23	1,58	1,85	1,44	0,99
	TB	**1,26**	**1,46**	**1,78**	**1,46**	**0,99**
Chỉ số RT_{Index}	1	76,5	97,0	116,7	96,4	69,1
	2	90,8	92,3	110,7	95,5	62,7
	3	84,9	92,3	121,7	99,6	65,4
	4	81,5	104,4	122,8	95,1	65,4
	TB	**83,4**	**96,5**	**118,0**	**96,7**	**65,7**
1. Khoảng chênh (max-min)		14,4	12,2	12,1	4,6	6,4
2. Hệ số biến sai cho phép, Cv (%)		6	6	6	6	6
3. Khoảng chấp nhận cho phép, 3,6×Cv		21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
4. Độ lệch cho phép, TB×3,6×Cv		18,0	20,8	25,5	20,9	14,2
5. Kết luận độ chụm		Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt

3.2. Ảnh hưởng của RAP và phụ gia tái sinh đến chỉ số RT_{Index}

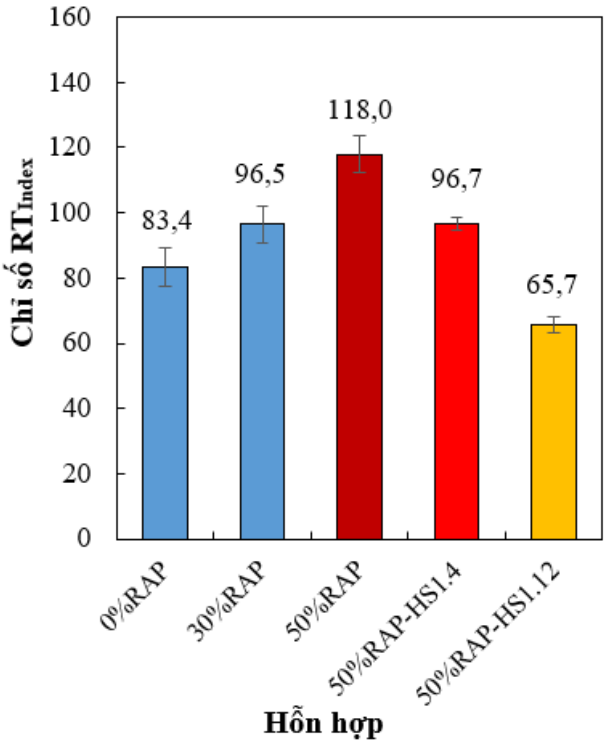
Kết quả thí nghiệm cho thấy cường độ cắt của hỗn hợp 0%RAP, 30%RAP và 50%RAP lần lượt đạt 1,26; 1,46 và 1,78 MPa (Hình 5). Khi tỷ lệ RAP được nâng lên, chỉ số kháng lún RT_{Index} của các hỗn hợp 30%RAP và 50%RAP cũng tăng tương ứng 15,7% và 41,5% so với hỗn hợp 0%RAP (Hình 6). Xu hướng cải thiện này đồng nhất với kết quả từ thí nghiệm HWTT, bởi các mẫu HWTT và IDEAL-RT được chế tạo từ cùng nguồn vật liệu, cùng cấp phối và được thử nghiệm trong điều kiện tương đương (bảo ôn trong môi trường nước ở 50°C) [23]. Kết quả phân tích cho thấy, khả năng chống hằn lún của hỗn hợp được cải thiện rõ rệt khi tỷ lệ RAP trong hỗn hợp được tăng lên. Sự gia tăng này chủ yếu xuất phát từ đặc tính của bitum trong RAP, đã trải qua quá trình lão hóa và trở nên cứng hơn so với bitum mới [19,24].

Dựa trên Hình 5 cũng cho thấy, giá trị cường độ cắt có xu hướng giảm khi gia tăng hàm lượng phụ gia HS1 sử dụng. Điều này cho thấy việc bổ sung phụ gia HS1 khiến hỗn hợp trở nên mềm hơn, dẫn đến độ cứng tổng thể bị suy giảm. Hình 6 cho thấy, chỉ số kháng lún RT_{Index} giảm từ 18,1% đến 44,3% khi gia tăng hàm lượng phụ gia tái sinh sử dụng từ 4% đến 12%. Phụ gia tái sinh làm giảm độ nhớt và làm tăng độ dẻo của bitum cũ trong RAP, dẫn đến bitum RAP trở nên mềm hơn, do vậy cũng làm gia tăng khả năng kháng nứt của hỗn hợp [19].

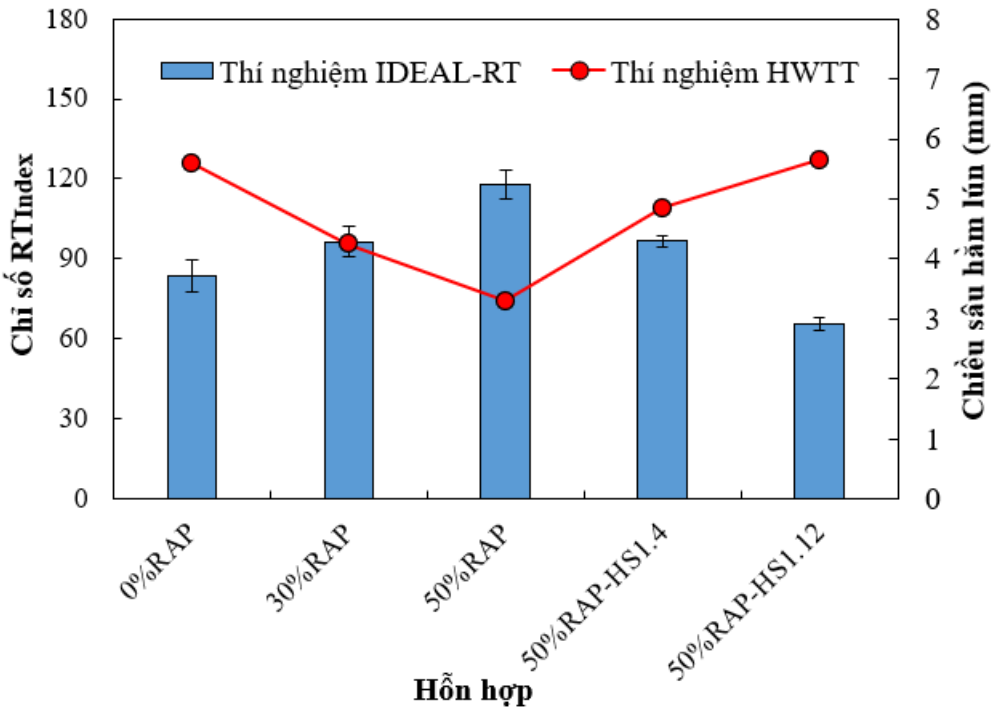
Mặc dù sức kháng hằn lún có xu hướng giảm nhưng chỉ số RT_{Index} của các hỗn hợp đều lớn hơn ngưỡng quy định được đưa ra bởi Zhou và các cộng sự [6]. Như vậy, việc bổ sung phụ gia tái sinh giúp cân bằng hiệu quả kháng nứt và kháng hằn lún.



Hình 5. Giá trị cường độ cắt.



Hình 6. Chỉ số RT_{Index}.



Hình 7. Quan hệ giữa thí nghiệm IDEAL-RT với thí nghiệm HWTT.

Kết quả thử nghiệm hằn lún theo phương pháp HWTT trên các hỗn hợp có cùng nguồn gốc vật liệu và thành phần cấp phối như thí nghiệm theo phương pháp IDEAL-RT (%0RAP, 30%RAP, 50%RAP, 50%RAP-HS1.4 và 50%RAP-HS1.12) được mô tả ở Hình 7 [23,25]. Kết quả cho thấy chiều sâu hằn lún giảm dần khi tăng tỷ lệ RAP trong hỗn hợp, với các giá trị tương ứng 5,59 mm đối với hỗn hợp 0%RAP, 4,24 mm đối với 30%RAP và 3,29 mm đối với 50%RAP. Đối với hỗn hợp sử dụng 50%RAP, khi sử dụng phụ gia tái sinh với hàm lượng 4% và 12%, chiều sâu hằn lún vệt bánh xe lần lượt là 4,85 mm và 5,65 mm. Chiều sâu hằn lún gia tăng khi gia tăng tỷ lệ phụ gia tái sinh, nhưng vẫn thấp hơn giới hạn quy định (< 12,5 mm). Những phân tích và kết quả thu được từ nghiên cứu trên chỉ ra rằng, chỉ số kháng lún RT_{Index} thu được từ thí nghiệm IDEAL-RT có tương đồng với chiều sâu hằn lún xác định bằng phương pháp truyền thống Hamburg Wheel Tracking Test (HWTT). Do đó, có thể bước đầu xem xét sử dụng thí nghiệm IDEAL-RT như một phương pháp thay thế để đánh giá sức kháng kháng hằn lún vệt bánh xe.

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu trong phòng, một số kết luận chính được đưa ra như sau:

- Thí nghiệm IDEAL-RT cho thấy phù hợp để kiểm tra khả năng kháng hằn lún, với ưu điểm về thời gian thí nghiệm ngắn, quy trình thực hiện đơn giản và giá thành thấp hơn so với phương pháp truyền thống HWTT.

- Tương tự như thí nghiệm HWTT, thí nghiệm IDEAL-RT cũng chỉ ra rằng sự gia tăng hàm lượng RAP giúp cải thiện khả năng chống hằn lún. Chỉ số RT_{Index} của các hỗn hợp chứa 30%RAP và 50%RAP tăng 15,7% và 41,5% khi so sánh với hỗn hợp 0%RAP. Phụ gia tái sinh làm giảm kháng hằn lún nhưng cải thiện đáng kể khả năng kháng nứt, giúp duy trì cân bằng tính năng của hỗn hợp.

- Thí nghiệm IDEAL-RT thể hiện xu hướng kết quả tương tự như thí nghiệm HWTT. Do vậy, việc xây dựng mối tương quan giữa thí nghiệm lún nhanh IDEAL-RT và thí nghiệm HWTT dựa trên nhiều loại hỗn hợp khác nhau là cần thiết tại Việt Nam.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường Đại học Giao thông vận tải, mã số T2025-XD-004.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. A.B. Roy-Chowdhury, M.F. Saleh, M. Moyers-Gonzalez, A statistical analysis of the effect of confining pressure on deformation characteristics of HMA mixtures in the modified wheel track testing, Materials and Structures, 56 (2023) 1–21. https://doi.org/10.1617/S11527-023-02106-Y/FIGURES/11.

[2]. M. Saleh, Modified wheel tracker as a potential replacement for the current conventional wheel trackers, International Journal of Pavement Engineering, 21 (2020) 20–28. https://doi.org/10.1080/10298436.2018.1435880.

[3]. Y. David Wang, Y.R. Kim, Effects of Aging on Pavement ME Predictions of Permanent Deformation for HMA and WMA Mixtures, Journal of Transportation Engineering, Part B:

Pavements, 147 (2021). https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000319

[4]. A.B. Roy-Chowdhury, M.F. Saleh, M. Moyers-Gonzalez, Ruggedness Testing of the Factors Affecting the Permanent Deformation Behavior Studied under the Modified Wheel Tracker (MWT), International Airfield and Highway Pavements Conference, 2021, pp. 67–79. https://doi.org/10.1061/9780784483510.007.

[5]. J. Zhang, A.E. Alvarez, S.I. Lee, A. Torres, L.F. Walubita, Comparison of flow number, dynamic modulus, and repeated load tests for evaluation of HMA permanent deformation, Construction and Building Materials, 44 (2013) 391–398. https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2013.03.013.

[6]. F. Zhou, S. Hu, D. Newcomb, Development of a performance-related framework for production quality control with ideal cracking and rutting tests, Construction and Building Materials, 261 (2020) 120549. https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2020.120549.

[7]. L.N. Mohammad, M.A. Elseifi, A. Raghavendra, Y. Mengqiu, Hamburg Wheel-Track Test Equipment Requirements and Improvements to AASHTO T 324, Hambg. Wheel. Test Equip. Requir. Improv. to AASHTO T 324 (2016). https://doi.org/10.17226/21931.

[8]. F. Zhou, R. Steger, W. Mogawer, Development of a coherent framework for balanced mix design and production quality control and quality acceptance, Construction and Building Materials, 287 (2021) 123020. https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.123020.

[9]. Christensen, D. W., R. Bonaquist, D. A. Anderson, and S. Gokhale, Indirect tension strength as a simple performance test: Transportation research Circular, number E-C068, Washington, DC: Transportation Research Record, 2004, pp. 44–57.

[10]. N.T. Tran, O. Takahashi, Evaluating the Rutting Resistance of Wearing Course Mixtures with Different Fine Aggregate Sources Using the Indirect Tensile Strength Test, Journal of Testing and Evaluation, 48 (2020) 2865–2879. https://doi.org/10.1520/JTE20180152.

[11]. F. Yin, and R. C. West, Balanced mix design resource guide, NAPA IS-143, National Asphalt Pavement Association, 2021.

[12]. P. Zieliński, Indirect tensile test as a simple method for rut resistance evaluation of asphalt mixtures – Polish experience, Road Materials and Pavement Design, 23 (2022) 112–128. https://doi.org/10.1080/14680629.2020.1820894

[13]. T. Bennert, E. Haas, E. Wass, Indirect Tensile Test (IDT) to Determine Asphalt Mixture Performance Indicators during Quality Control Testing in New Jersey, Journal of the Transportation Research Board, 2672 (2018) 394–403. https://doi.org/10.1177/0361198118793276.

[14]. J. Kruger, and E. Horak, The appropriateness of accelerated pavement testing to assess the rut prediction capability of laboratory asphalt tests, In Proceedings of the 24th Southern African Transport Conference (SATC), 2005, pp. 380– 390.

[15]. F. Zhu, Developing simple lab test to evaluate HMA resistance to moisture, rutting, thermal cracking distress, Doctoral dissertation, Department of Civil Engineering, University of Akron, 2008.

[16]. F. Zhou, B. Crockford, J. Zhang, S. Hu, J. Epps, and L. Sun, Development and validation of an ideal shear rutting test for asphalt mix design and QC/QA, Association of Asphalt Paving Technologists, 2019.

[17]. F. Yin, A. J. Taylor, N. Tran, and P. A. Director. 2020b. Performance testing for quality control and acceptance of balanced mix design. Rep. No. 20-02. Auburn, AL: National Center for Asphalt Technology, (n.d.).

[18]. B. Rajan, A. Suchismita, D. Singh, Rutting Resistance Evaluation of Highly Polymer-Modified Asphalt Binder and Mixes Using Different Performance Parameters, Journal of Materials in Civil Engineering, 35 (2023) 04023266. https://doi.org/10.1061/JMCEE7.MTENG-15194.

[19]. L.N. Nguyen, V.Q. Truong, D.V. Dao, M.H. Nguyen, T. Tran, Effects of rejuvenators and aging conditions on the properties of blended bitumen and the cracking behavior of hot asphalt mixtures with a high RAP content, Journal of Materials: Design and Applications, 238 (2024) 1368–1390.

https://doi.org/10.1177/14644207241236901.

[20]. TCVN 13567-1:2022, Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng – Thi công và nghiệm thu – Phần 1: Bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường thông thường, Tiêu chuẩn Việt Nam (2022).

[21]. TCVN 13567-6:2025, Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng - Thi công và nghiệm thu - Phần 6: Bê tông nhựa chặt tái chế nóng tại trạm trộn sử dụng vật liệu cũ từ trên 25 % đến 50%, Tiêu chuẩn Việt Nam (2025).

[22]. ASTM D8360, Standard Test Method for Determination of Rutting Tolerance Index of Asphalt Mixture Using the Ideal Rutting Test, ASTM International (2022).

[23]. Trương Văn Quyết, Nguyễn Ngọc Lân, Ảnh hưởng của hàm lượng vật liệu mặt đường asphalt cũ đến tính năng kháng nứt và kháng hằn lún vệt bánh xe của bê tông asphalt tái chế nóng, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, 75 (2024) 1307–1321. https://doi.org/10.47869/tcsj.75.2.8

[24]. Trương Văn Quyết, Nguyễn Ngọc Lân, Đào Văn Đông, Phạm Minh Trang, Ảnh hưởng của phụ gia tái sinh đến độ kim lún và nhiệt độ hoá mềm của bitum hỗn hợp, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, 74 (2023) 175–185. https://doi.org/10.47869/TCSJ.74.2.7

[25]. V.Q. Truong, L.N. Nguyen, D. V. Dao, Y. Kim, D. Kim, Effects of petroleum-based rejuvenator on performances of hot recycled asphalt mixtures with high RAP content, 8th International Conference on Bituminous Mixtures and Pavements, 2024, pp. 586–593. https://doi.org/10.1201/9781003402541-69.