

NGHIÊN CỨU DỰ BÁO TÍNH NĂNG KHAI THÁC CỦA KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG ASPHALT TÁI CHẾ ẤM

Nguyễn Ngọc Lê¹, Đào Văn Đông², Nguyễn Quang Phúc¹, Trương Văn Quyết¹

Tóm tắt: Phương pháp thiết kế và dự báo tính năng khai thác kết cấu mặt đường mềm theo cơ học thực nghiệm (Mechanistic Empirical - ME) đã và đang được sử dụng nhiều ở Mỹ, Canada và Hàn Quốc. Phương pháp này có các ưu điểm vượt trội hơn các phương pháp thiết kế mặt đường khác là có thể dự báo được ứng xử của kết cấu mặt đường theo các dạng hư hỏng thực tế dựa trên các dữ liệu đầu vào gồm có điều kiện giao thông, điều kiện khí hậu, môi trường và các chỉ tiêu vật liệu trong kết cấu. Bài báo này trình bày kết quả tính toán dự báo các tính năng khai thác của kết cấu mặt đường sử dụng bê tông asphalt tái chế ấm và kết cấu mặt đường bê tông asphalt nóng truyền thống theo phương pháp ME sử dụng phần mềm AASHTOWare Pavement ME Design (Pavement ME). Kết quả phân tích chỉ ra rằng, kết cấu mặt đường sử dụng bê tông asphalt tái chế ấm cải thiện được khả năng chống lún vệt bánh xe, độ gồ ghề IRI, nứt mỗi từ dưới lên trên. Tuy nhiên, chỉ tiêu nứt từ trên xuống tăng so với kết cấu sử dụng bê tông asphalt nóng.

Từ khóa: Bê tông asphalt tái chế ấm, cơ học-thực nghiệm, lún vệt bánh xe, nứt mỗi, độ gồ ghề IRI.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành công nghiệp mặt đường asphalt luôn hướng đến các giải pháp “công nghệ xanh”, nhằm đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững. Trong số các giải pháp công nghệ được nghiên cứu ứng dụng, thì giải pháp công nghệ bê tông asphalt ấm áp dụng cho hỗn hợp tái chế vật liệu mặt đường asphalt cũ (RAP) đã được chứng minh đem lại nhiều hiệu quả về mặt kinh tế, kỹ thuật và môi trường (N.N. Lê và nnk 2017). Theo báo cáo của Hiệp hội mặt đường asphalt Mỹ, năm 2019 có đến 38,9 % khối lượng hỗn hợp bê tông asphalt tái chế ấm được sử dụng ở Mỹ (Brett A. Williams et al 2019). Trong những năm qua, hệ thống đường bộ Việt Nam đã và đang được cải tạo, nâng cấp, đầu tư xây dựng mới cả về số lượng cũng như nâng cao về chất lượng bằng các giải pháp công nghệ vật liệu mới và tiêu chuẩn kỹ thuật cao hơn. Tuy nhiên, cùng với biến đổi khí hậu, sự gia tăng rất

nhanh số lượng các phương tiện tham gia giao thông, đặc biệt là các xe quá tải trọng dẫn đến hư hỏng xuất hiện, phát triển theo thời gian, làm suy giảm khả năng chịu tải bộ phận kết cấu và toàn bộ công trình. Vì vậy, việc nghiên cứu phân tích sự làm việc của kết cấu áo đường, phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến tuổi thọ của kết cấu mặt đường, đặc biệt là các kết cấu sử dụng công nghệ vật liệu mới được quan tâm hiện nay. Nhiều nghiên cứu phân tích sự làm việc của kết cấu áo đường, phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến tuổi thọ của kết cấu mặt đường đã được thực hiện (Halil et al 2015, Jagannath et al 2013, Michael et al 2014, Nguyễn Văn Hùng và nnk 2016, Nguyễn Hoàng Long và nnk 2017).

Trong thiết kế kết cấu mặt đường mềm, một số phương pháp thiết kế kết cấu đã được sử dụng. Phương pháp lý thuyết sử dụng lý thuyết đàn hồi với các phương trình tính ứng suất - biến dạng phát sinh trong kết cấu mặt đường là hệ nhiều lớp đàn hồi. Đây là phương pháp hiện đang được Việt Nam sử dụng để thiết lập Tiêu chuẩn thiết kế kết

¹ Trường Đại học Giao thông vận tải

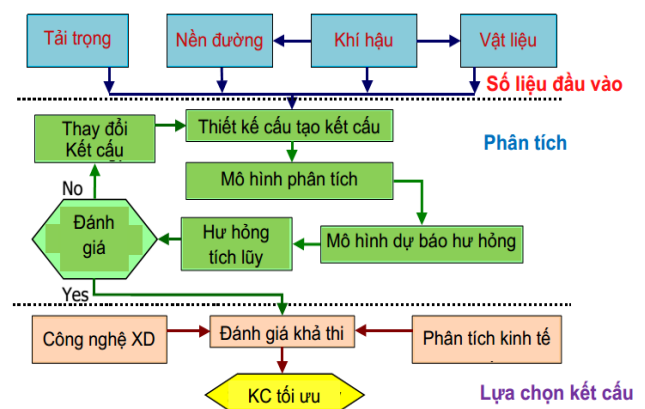
² Viện Chiến lược và Phát triển Giao thông vận tải

cầu mặt đường mềm 22TCN-211-06 (22TCN-211, 2006). Phương pháp kinh nghiệm với phương trình thiết kế là các mối quan hệ thực nghiệm thu thập từ các thử nghiệm và từ kinh nghiệm trong quá trình thiết kế - khai thác mặt đường. Hướng dẫn thiết kế mặt đường AASHTO 93 (AASHTO, 1993) là một tiêu chuẩn điển hình cho các phương pháp thiết kế này. Hướng dẫn thiết kế mặt đường AASHTO đã được sử dụng tương đối phổ biến ở Việt Nam, đặc biệt trong các dự án sử dụng nguồn vốn nước ngoài. Bộ Giao thông vận tải đã ban hành một tiêu chuẩn ngành, 22TCN-274-01 (22TCN-274, 2001), tiêu chuẩn được soạn thảo dựa trên phương pháp thiết kế mặt đường mềm của AASHTO. Hiện nay, Tổng cục Đường bộ Việt Nam đang chuyển đổi thành tiêu chuẩn Việt Nam. Cùng với việc sử dụng phương pháp thực nghiệm AASHTO, các bang của Mỹ và Canada cũng đã áp dụng phương pháp cơ học thực nghiệm MEPD (Mechanistic-Empirical Pavement Design) trong thiết kế mặt đường mềm (MEPD-3-AASHTO 2015, Nam Tran et al 2017, Bill et al 2018). MEPD khắc phục được các nhược điểm của phương pháp thiết kế kết cấu mặt đường thuần thực nghiệm AASHTO. Phương pháp cơ học-thực nghiệm là phương pháp tiên tiến nhất hiện nay để phân tích tính dự báo các tính năng khai thác và tuổi thọ của kết cấu mặt đường. Trong nghiên cứu này, phần mềm AASHTOWare Pavement ME Design được sử dụng để tính toán, dự báo các tính năng của kết cấu mặt đường bê tông asphalt tái chế ấm. Các hỗn hợp bê tông asphalt tái chế ấm có các tỷ lệ RAP lần lượt là 20%, 30%, 40% và 50%. Phụ gia Sasobit và Zycotherm đã được sử dụng để giảm nhiệt độ chế tạo và thi công hỗn hợp asphalt. Kết quả được phân tích đối chứng với hỗn hợp bê tông asphalt nóng truyền thống không có RAP.

2. CÁC BƯỚC PHÂN TÍCH KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG THEO PHƯƠNG PHÁP CƠ HỌC-THỰC NGHIỆM

Quá trình thiết kế theo phương pháp cơ học-

thực nghiệm là quá trình thử dần đúng. Người thiết kế phải đưa ra một kết cấu mặt đường mẫu cùng với các giới hạn hư hỏng có thể chấp nhận được như: biến dạng không phục hồi (độ lún), nứt do mỏi (nứt dọc & nứt lưới), nứt do nhiệt (nứt ngang), độ gồ ghề (IRI)... tương ứng với từng dự án. Nếu kết cấu mẫu không thỏa mãn các giới hạn đã được đưa ra, người thiết kế sẽ điều chỉnh và tính toán lại cho đến khi các chỉ tiêu giới hạn trên đều đạt. Trong phần mềm AASHTOWare Pavement ME Design đã cung cấp tất cả các kết cấu mẫu, các số liệu đặc trưng, các thông số mặc định, người thiết kế điều chỉnh các số liệu cho phù hợp. Với các phương trình được thiết lập chủ yếu theo cơ học, sử dụng các hệ số hiệu chỉnh được xác lập từ thực nghiệm, phương pháp cơ học-thực nghiệm được thực hiện theo trình tự các bước thiết kế như ở Hình 1.



Hình 1. Trình tự thiết kế kết cấu áo đường mềm theo cơ học – thực nghiệm

3. ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN THIẾT KẾ VÀ DỰ BÁO TUỔI THỌ KHAI THÁC CỦA KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG THEO PHƯƠNG PHÁP CƠ HỌC THỰC NGHIỆM

3.1. Kết cấu nghiên cứu

Kết cấu áo đường nghiên cứu được lấy theo thiết kế của Quốc lộ 51 (Km 25+100-:Km 25+400) nằm trên địa bàn tỉnh Đồng Nai. Các thông tin về loại vật liệu và chiều dày các lớp được thể hiện như ở Bảng 1.

Bảng 1. Kết cấu áo đường đối chứng

Kết cấu 1 (KC1)	Thông số		Chi tiết
	Lớp vật liệu	h, cm	
BTA C12,5 (HMA)	BTA C12,5	5,2	Lớp BT asphalt chặt $D_{max}=12,5\text{mm}$
BTA R12,5	BTA R25	8,7	Lớp BT asphalt rỗng $D_{max}=25\text{mm}$
BTA C20	BTA C20	7,8	Lớp BT asphalt chặt $D_{max}=20\text{mm}$
CPĐĐ	Cấp phối đá dăm	48,3	Lớp cấp phối đá dăm
	Nền đất		Nền đất á sét

Lớp BTA C12,5 được thay đổi bằng các hỗn hợp bê tông asphalt tái chế ấm lần lượt sử dụng hai loại phụ gia Sasobit, Zycotherm và các tỷ lệ RAP tương ứng 20%, 30%, 40% và 50%. Kết quả phân tích được đối chứng với hỗn hợp HMA có tỷ lệ RAP bằng 0%. Các loại bê tông asphalt tái chế ấm và bê tông asphalt chặt nóng đối chứng được

thí nghiệm trong phòng để có các chỉ tiêu cơ lý và mô đun đàn hồi động $|E^*|$ phục vụ cho phân tích (Đào Văn Đông và nnk 2020). Tổng cộng có 2 loại phụ gia x 5 tỷ lệ RAP + 1 đối chứng = 11 kết cấu được phân tích. Bảng 2 tổng hợp các kết cấu mặt đường để phân tích đánh giá tuổi thọ theo phương pháp cơ học thực nghiệm.

Bảng 2. Tổng hợp các kết cấu nghiên cứu

STT	Ký hiệu	Lớp mặt trên sử dụng	Hàm lượng RAP (%)	Ghi chú
1	KC1	HMA	0	
2	KC2	WMRAP-S00	0	Công nghệ ấm sử dụng phụ gia Sasobit
3	KC3	WMRAP-S20	20	
4	KC4	WMRAP-S30	30	
5	KC5	WMRAP-S40	40	
6	KC6	WMRAP-S50	50	
7	KC7	WMRAP-Z00	0	Công nghệ ấm sử dụng phụ gia Zycotherm
8	KC8	WMRAP-Z20	20	
9	KC9	WMRAP-Z30	30	
10	KC10	WMRAP-Z40	40	
11	KC11	WMRAP-Z50	50	

3.2. Phần mềm phân tích kết cấu

Phần mềm AASHTOWare Pavement ME Design là thế hệ kế tiếp của phần mềm thiết kế mặt đường AASHTOWare®, được xây dựng dựa trên hướng dẫn thiết kế mặt đường theo cơ học-thực nghiệm. Các tiêu chuẩn giới hạn thiết kế đề xuất như Bảng 3. Mặc định của chương trình là tổng chiều sâu lún vệt bánh của toàn kết cấu giới hạn 0,75 in (19 mm) và chiều sâu

lún vệt bánh trong các lớp bê tông asphalt là 0,25 in (6,4 mm) để đảm bảo tuổi thọ kết cấu và an toàn chạy xe, nhất là về mùa đông khi nước đóng băng vào chỗ lún. Tuy nhiên với điều kiện Việt Nam giới hạn trên rất khó đạt được vì tỷ lệ xe quá tải trong dòng xe nhiều, trình độ thi công, quản lý khai thác chưa cao và Việt Nam cũng không có đóng băng dài ngày trên vệt bánh nên kiến nghị tổng chiều sâu lún

vết bánh giới hạn 25 mm và chiều sâu lún trong các lớp BTN là 12,5 mm (TCVN 8819-2011). Kiến nghị này cũng phù hợp với các quy định

khai thác đường hiện nay. Các giới hạn khác được lấy theo mặc định ứng với đường cấp cao, độ tin cậy 90%.

Bảng 3. Các tiêu chuẩn giới hạn thiết kế

Tiêu chuẩn	Giá trị giới hạn	Độ tin cậy, %
Độ gồ ghề IRI ban đầu (m/km)	1,00	90
Độ gồ ghề IRI cuối cùng (m/km)	2,70	90
Tổng chiều sâu lún vết bánh xe toàn kết cấu (mm)	25,0	90
Nứt môi từ dưới lên của lớp bê tông asphalt (% diện tích làn)	25,0	90
Nứt nhiệt của lớp bê tông asphalt (m/km)	189,4	90
Nứt môi từ trên xuống của lớp bê tông asphalt (m/km)	378,8	90
Chiều sâu lún vết bánh trong các lớp bê tông asphalt (mm)	12,5	90

3.3. Các thông số đầu vào

Thông số khí hậu: Thông số khí hậu được lấy từ trạm MERRA2 số hiệu ID_111052, địa điểm Quốc lộ 51, tỉnh Đồng Nai liên tục theo giờ từ 1985-2019. Số liệu khí hậu bao gồm nhiệt độ không khí, lượng mưa, vận tốc gió, tỷ lệ phần trăm nắng, độ ẩm tương đối và chiều sâu từ đáy lớp kết cấu tới mực nước ngầm, lấy giá trị không đổi 10ft (3048m). Các thông số cơ bản điều kiện khí hậu Quốc lộ 51 bao gồm nhiệt độ trung bình năm 27,52°C; lượng mưa trung bình 2527mm/năm; độ ẩm giờ trung bình 74,69%; tốc độ gió lớn nhất 8m/s.

Thông số về tải trọng: Phương pháp cơ học thực nghiệm (ME) không còn sử dụng tải trọng trực tính toán tiêu chuẩn và quy đổi các trục khác về trục tiêu chuẩn mà từ các số liệu thực tế đếm, phân loại và cân xe. Có 3 mức độ tải trọng khi thiết kế: Mức 1 là mức độ chi tiết nhất từ số liệu đếm xe và cân xe tại dự án; Mức 2 là mức độ trung gian giữa 1 và 3, thông số tải trọng được xác định bằng giá trị trung bình quá trình cân xe hoặc chuỗi số liệu quan trắc hàng năm của khu vực dự án; Mức 3 chủ yếu lấy giá trị mặc định của chương trình nghiên cứu quốc gia về giao thông. Mục đích của nghiên cứu là so sánh đánh giá chất lượng của bê tông asphalt tái chế ấm đối chứng với bê tông asphalt nóng chứ không phải thiết kế kết cấu mặt đường. Như vậy các điều kiện đầu vào phải giống nhau, chỉ khác nhau lớp mặt trên cùng. Hiện nay ở Việt Nam vẫn còn có nhiều xe quá tải ảnh hưởng đến kết cấu mặt đường. Với mục đích

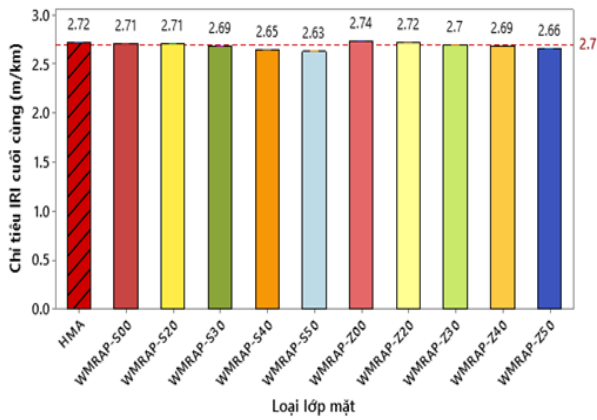
như vậy nên nghiên cứu đã thiết lập cơ sở để có thể sử dụng một số thông số tải trọng ở mức 1 theo số liệu đếm và cân xe của 1 dự án cụ thể trong khu vực.

Các thông số nền đất: Các thông số nền đất được lấy ở mức 1, là mức cao nhất của MEPD được thí nghiệm trên thiết bị nén ba trục tải trọng lặp (Đào Văn Đông và nnk 2020).

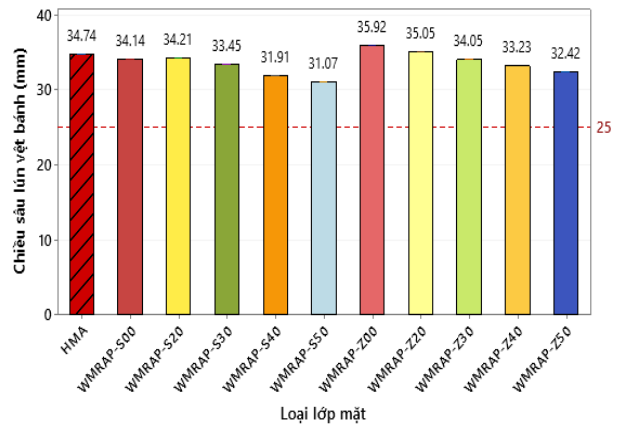
Các thông số của các lớp vật liệu rời và bê tông asphalt dưới: Cũng như đối với nền đất, các thông số vật liệu cấp phối đá dăm, các loại bê tông asphalt cũng được lấy ở mức 1, là mức cao nhất của MEPD. Các thông số này cũng được lấy từ kết quả thí nghiệm trong phòng (Đào Văn Đông và nnk 2020).

3.4. Kết quả phân tích

Với mục đích so sánh đối chứng các chỉ tiêu giới hạn và tuổi thọ theo các chỉ tiêu IRI và lún vết bánh, nghiên cứu tiến hành chạy chương trình AASHTOWare Pavement ME Design với các kết quả thí nghiệm $|E^*|$ của các loại bê tông asphalt tái chế ấm, mô đun M_r của cấp phối đá dăm và nền đất của các kết cấu có sử dụng lớp mặt bê tông asphalt tái chế ấm có đối chứng với bê tông asphalt nóng. Kết quả phân tích độ gồ ghề quốc tế IRI và tổng chiều sâu độ lún kết cấu thể hiện như ở Hình 2 và Hình 3 cho thấy rằng, kết cấu mặt đường sử dụng bê tông asphalt tái chế ấm (WMRAP) cải thiện được khả năng chống lún vết bánh, độ gồ ghề IRI. Khi hàm lượng RAP của hỗn hợp WRAP càng nhiều thì các chỉ tiêu này càng được cải thiện.



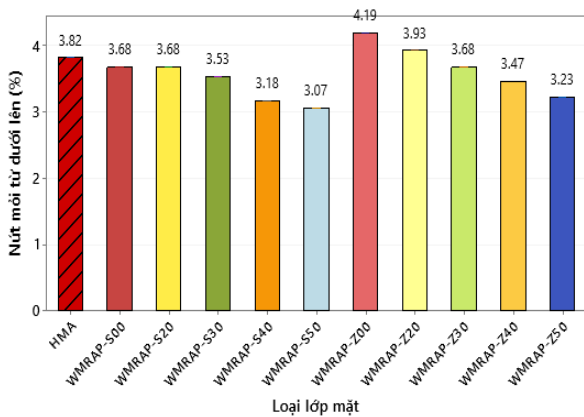
Hình 2. Biểu đồ so sánh độ gồ ghề IRI cuối cùng (m/km)



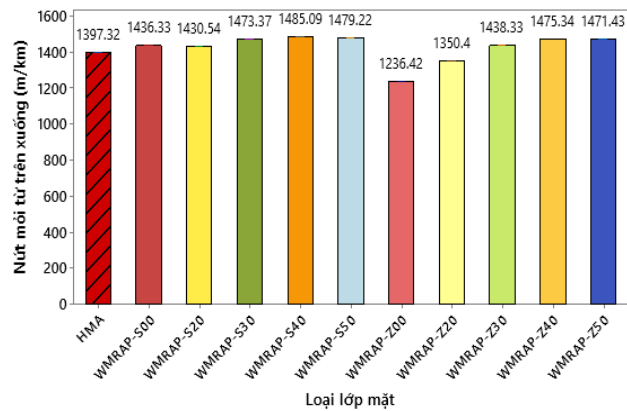
Hình 3. Biểu đồ so sánh tổng chiều sâu lún vết bánh kết cấu (mm)

Kết quả phân tích nứt mỗi của các kết cấu được thể hiện như ở Hình 4 với hai dạng nứt mỗi là nứt mỗi từ dưới lên và nứt mỗi từ trên xuống. Với nứt mỗi từ dưới lên, khi tăng tỷ lệ RAP trong hỗn hợp WMRAP thì diện tích nứt mỗi từ dưới lên có xu

hướng giảm xuống đối với cả hai hỗn hợp sử dụng phụ gia Sasobit và Zycotherm. Tuy nhiên, với chỉ tiêu nứt từ trên xuống thì tăng lên so với sử dụng HMA và khi hàm lượng RAP càng nhiều thì kết cấu càng dễ nứt từ trên xuống.

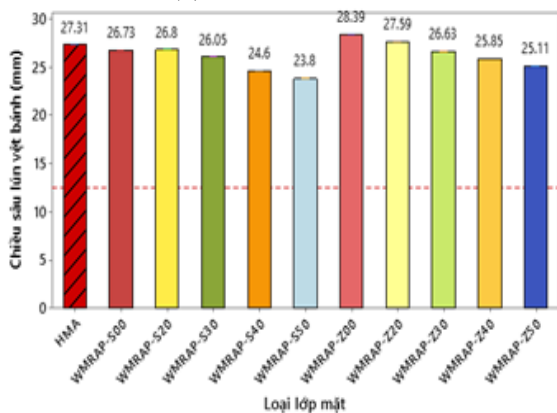


(a)

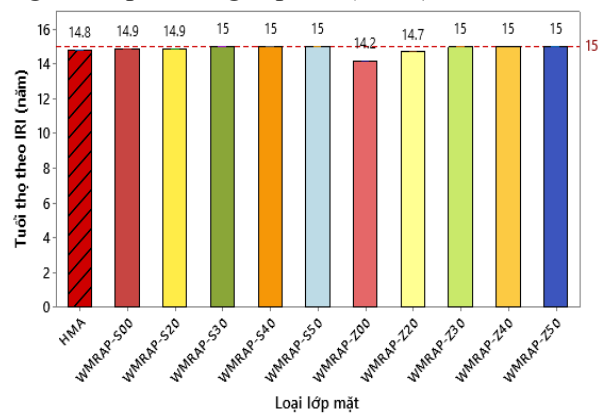


(b)

Hình 4. Biểu đồ so sánh nứt mỗi: (a) Biểu đồ so sánh nứt mỗi từ dưới lên của lớp bê tông asphalt (%); (b) Biểu đồ so sánh nứt mỗi từ trên xuống của lớp bê tông asphalt (m/km)



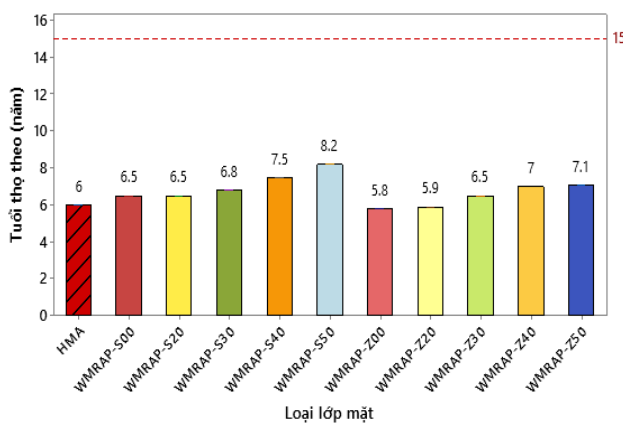
Hình 5. Biểu đồ so sánh chiều sâu lún vết bánh của lớp bê tông asphalt (mm)



Hình 6. Biểu đồ so sánh tuổi thọ theo IRI (năm)

Kết quả phân tích độ lún ở các lớp bê tông asphalt cho thấy, độ lún đều có xu hướng giảm xuống khi tăng tỷ lệ RAP sử dụng trong các hỗn hợp WMRAP (Hình 5). Kết quả này cũng phù hợp với kết quả thí nghiệm độ lún vết hằn bánh xe của các hỗn hợp trong phòng thí nghiệm (Đào Văn Đông và nnk 2020).

Tuổi thọ kết cấu theo tiêu chí tổng độ lún vết bánh và độ gồ ghề cuối cùng IRI khi sử dụng bê tông asphalt tái chế ấm có xu hướng cao hơn so với sử dụng HMA và tuổi thọ càng tăng khi lượng RAP sử dụng tăng (Hình 6 và Hình 7).



Hình 7. Biểu đồ so sánh tuổi thọ theo tổng độ lún vết bánh (năm)

So sánh kết quả phân tích kết cấu WMRAP sử dụng phụ gia Sasobit cho kết quả tốt hơn so với sử dụng phụ gia Zycotem. Các ưu điểm trên có thể giải thích khi sử dụng RAP làm tăng độ cứng và $|E^*|$ của hỗn hợp, do đó cải thiện được các tính năng khai thác. Tuy nhiên nếu tỷ lệ RAP quá lớn sẽ dẫn đến tiềm ẩn nguy cơ nứt lớp bê tông asphalt từ trên xuống.

4. KẾT LUẬN

Với mục tiêu sử dụng phương pháp cơ học thực nghiệm để phân tích dự báo các tính năng và tuổi thọ của kết cấu mặt đường sử dụng lớp mặt bê tông asphalt tái chế ấm, nghiên cứu rút ra một số kết luận sau:

- Kết cấu mặt đường sử dụng bê tông asphalt tái chế ấm cải thiện được khả năng chống lún vết bánh, độ gồ ghề IRI, nứt mỗi từ dưới lên trên. Hàm lượng RAP càng nhiều thì các chỉ tiêu này càng được cải thiện.

- Tuổi thọ lún vết bánh và độ gồ ghề cuối cùng IRI khi sử dụng WMRAP có xu hướng cao hơn so với sử dụng HMA. Tuổi thọ càng tăng khi hàm lượng RAP sử dụng tăng.

- Khi sử dụng WMRAP thì chỉ tiêu nứt từ trên xuống tăng so với sử dụng HMA. Hàm lượng RAP càng nhiều thì kết cấu càng dễ nứt từ trên xuống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đào Văn Đông và nnk (2020), *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo bê tông asphalt tái chế ấm và ứng dụng trong xây dựng đường ô tô*, Mã số KC.02.16/16-20.
- Nguyễn Hoàng Long và nnk (2017), *Nghiên cứu các điều kiện cần thiết để áp dụng phương pháp cơ học thực nghiệm (MEPD) trong phân tích kết cấu mặt đường ở Việt Nam*, Mã số đề tài DT174055, Đề tài cấp Bộ GTVT.
- Nguyễn Ngọc Lân và nnk (2017), *Bê tông asphalt tái chế ấm – một giải pháp công nghệ phát triển bền vững*, Tạp chí GTVT, Số đặc biệt tháng 5/2017.
- Nguyễn Văn Hùng và nnk (2016), *Phân tích tuổi thọ kết cấu mặt đường mềm sử dụng bê tông asphalt cốt liệu xi thép bằng phương pháp cơ học thực nghiệm*, Tạp chí GTVT, số tháng 04.
- TCVN 8819-2011 (2011), *Mặt đường bê tông asphalt nóng - yêu cầu thi công và nghiệm thu*, Tiêu chuẩn Việt Nam.
- 22TCN 211-06 (2006), *Áo đường mềm – Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế*, Tiêu chuẩn ngành, BGTVT.
- 22TCN 274-01 (2001), *Chỉ dẫn thiết kế mặt đường mềm*, Tiêu chuẩn ngành, BGTVT.
- AASHTO (1993), *Guide for design of pavement structures*, AASHTO.

- AASHTOWare™ Pavement ME Design (2016), *Mechanistic-Empirical Pavement Design Software*, Help Version 3.0.2.
- B. Schiebel, M. Stanford, E. Prieve (2018), *M-E Pavement Design Manual*, Colorado Department of Transportation.
- B. A. Williams, J. Richard Willis, J. Shacat (2019), *Asphalt Pavement Industry Survey on Recycling Materials and Warm Mix Asphalt Usage*, National Asphalt Pavement Association (NAPA)
- J. Mallela, L. Titus-Glover, S. Sadasivam, B. Bhattacharya, M. Darter, and H. Von Quintus (2013), *Implementation of The AASHTO Mechanistic – Empirical Pavement Design Guide for Colorado*, Report No. CDOT- 2013-4.
- H. Ceylan, S. Kim, O. Kaya, and K. Gopalakrishnan (2015), *Investigation of AASHTOWare Pavement ME Design/DARWin-ME Performance Prediction Models for Iowa Pavement Analysis and Design*, Report No. InTrans Project 14-496.
- M. I. Darter, L. Titus Glover, H. Von Quintus, B. B. Bhattacharya, and J. Mallela (2014), *Calibration and Implementation of the AASHTO Mechanistic Empirical Pavement Design Guide in Arizona*, Arizona Department of Transportation Research Center.
- MEPDG-3-AASHTO (2015), *Mechanistic– Empirical Pavement Design Guide. A manual of Practice*, AASHTO.
- Nam Tran et al. (2017), *Pavement ME Design – Impact of Local Calibration, Foundation Support, And Design and Reliability Thresholds*, NCAT Report 17-08.

Abstract:

**PREDICTION OF THE PERFORMANCE OF PAVEMENT
STRUCTURE USING WARM-MIX RECYCLED ASPHALT**

The design and prediction of the performance of pavement structure according to the mechanistic-empirical method are widely used in the US, Canada and Korea. This method has many advantages compared to other methods because it can predict the behavior of pavement structures according to actual damage patterns based on input data including traffic conditions, ventilation, climate conditions, environment and material criteria in the structure. This paper presents the results of calculation and prediction of the performance of pavement structure using warm-mix recycled asphalt and hot-mix asphalt using AASHTOWare Pavement ME Design (Pavement ME) software. The analysis results show that the pavement structure using warm-mix recycled asphalt improves the rutting resistance, IRI roughness, and bottom-up fatigue cracking. However, the top-down fatigue cracking increased compared to the structure using hot mix asphalt.

Keywords: Warm-mix recycled asphalt, mechanistic empirical, wheel-tracking rutting, fatigue cracking, IRI roughness.

Ngày nhận bài: 30/9/2021

Ngày chấp nhận đăng: 09/11/2021