

Ảnh hưởng của điều kiện hóa già đến sức kháng nứt của bê tông asphalt

■ **THS. TRƯƠNG VĂN QUYẾT; TS. NGUYỄN NGỌC LÂN; THS. PHẠM MINH TRANG**

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Sự hóa già của bitum là một trong những yếu tố quan trọng gây ra các hư hỏng liên quan đến nứt mặt đường bê tông asphalt. Sự hóa già của bitum có thể xảy ra trong quá trình sản xuất, thi công và khai thác mặt đường. Vì vậy, đánh giá sức kháng nứt của bê tông asphalt là một trong những chỉ tiêu cần được thực hiện để có thể nâng cao được chất lượng và độ bền của mặt đường asphalt trong thời gian khai thác. Trong nghiên cứu này, sức kháng nứt của bê tông asphalt được đánh giá thông qua thí nghiệm kéo gián tiếp để xác định chỉ số kháng nứt (Cracking Tolerance Index - CT_{Index}) theo Tiêu chuẩn ASTM D8225-19 khi xét đến điều kiện hóa già ngắn hạn và hóa già dài hạn. Hóa già ngắn hạn được thực hiện theo hướng dẫn của AASHTO R30. Đối với phương pháp hóa già dài hạn, sau khi đã hóa già ngắn hạn 4h ở 135°C, các mẫu tiếp tục được hóa già ở 95°C trong tủ sấy 8 ngày trước khi đầm mẫu. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, hỗn hợp được hóa già dài hạn có chỉ số CT_{Index} giảm lần lượt 62,4% và 86,9% so với hỗn hợp được hóa già ngắn hạn tương ứng với hai hỗn hợp sử dụng bitum 60/70 và bitum biến tính PMB3. Trong điều kiện hóa già dài hạn, chỉ số CT_{Index} của hai hỗn hợp asphalt đều giảm đáng kể và mức độ giảm chỉ số CT_{Index} của hỗn hợp sử dụng bitum 60/70 là thấp hơn so với hỗn hợp sử dụng bitum PMB3.

TỪ KHÓA: Hỗn hợp asphalt, hóa già, ứng xử nứt, chỉ số kháng nứt.

ABSTRACT: Asphalt aging is considered as one of the important factors that causes cracking damage in the asphalt pavements. Asphalt aging can occur during the production, construction and exploitation of the asphalt pavements. Therefore, the assessment of the crack resistance of asphalt mixtures is one of the performance that needs to be done in order to improve the quality and durability of the asphalt pavements. In this study, the crack resistance of asphalt mixtures is evaluated by Indirect Tensile Asphalt Cracking test to determine the Cracking Tolerance Index (CT_{Index}) according to ASTM D8225-19 with short-term and long term aging. The asphalt mixtures for short-term aging were prepared in accordance with AASHTO R30. For the long-term aging, mixtures were kept in

oven for 8 days at 95°C after short-term conditioning for 4h at 135°C. The results showed that with asphalt mixtures using 60/70 bitumen and polymer modified bitumen (PMB3), CT_{Index} of the asphalt mixtures long-term aging decreased by 62.4% and 86.9%, respectively. CT_{Index} decreased significantly with the long-term aging and the decrease in the mixture using bitumen 60/70 is lower than that of the mixture using bitumen PMB3.

KEYWORDS: Hot mix asphalt (HMA), aging, cracking, cracking tolerance Index.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bitum là thành phần quan trọng của hỗn hợp asphalt, một số dạng hư hỏng ở lớp bê tông asphalt xảy ra do tính chất của bitum thay đổi. Các dạng hư hỏng như nứt mới và biến dạng không hồi phục (lún vệt hằn bánh xe) có thể xảy ra do mất liên kết giữa cốt liệu với bitum. Trong nhiều trường hợp, sự suy giảm liên kết này là do bitum bị hóa già và do đó lớp bê tông asphalt bị nứt dọc [1]. Sự hóa già từ lâu đã được chứng minh là một nguyên nhân chính gây ra sự suy giảm độ bền khai thác và tuổi thọ mặt đường bê tông asphalt [2]. Quá trình hóa già làm cho vật liệu asphalt trở nên cứng lại và trở giòn hơn, dẫn đến khả năng bị nứt cao [3,4]. Vì vậy, sự hóa già của bitum trở thành mối quan tâm chính hiện nay khi muốn nâng cao tuổi thọ của mặt đường bê tông asphalt.

Cơ chế của quá trình hóa già xảy ra do hàm lượng nhóm chất dầu nhẹ giảm đi trong quá trình sản xuất, vận chuyển và thi công hỗn hợp asphalt, sự hóa già này được mô tả là quá trình hóa già ngắn hạn (short-term aging). Hóa già dài hạn (long-term aging) xảy ra do bitum bị oxy hóa trong quá trình khai thác (thông thường lớn hơn 5 năm) [4]. Kết quả là độ nhớt và điểm hóa mềm của bitum tăng lên, do đó bitum trở nên cứng hơn. Ngoài ra, sự hóa già của bitum làm giảm hàm lượng nhóm chất nhựa và nhóm chất dầu, nhóm chất quyết định tính chất đàn hồi của bitum. Điều này dẫn đến hỗn hợp mất ứng xử đàn hồi (độ dẻo) và trở nên dễ bị nứt [5]. Vì vậy, điều quan trọng là phải xét đến những thay đổi về đặc tính của hỗn hợp asphalt do hóa già theo thời gian khi khai thác để kiểm tra tính năng lâu dài. Nhiều nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của sự hóa già bitum đến các đặc tính của bê tông asphalt đã được thực hiện trong cả phòng thí nghiệm và ngoài hiện

trường để dự báo tuổi thọ của mặt đường bao gồm cả hóa già ngắn hạn và dài hạn [6-12]. Trong số các đặc tính của bê tông asphalt được nghiên cứu nhiều nhất khi xét đến các điều kiện hóa già đó chính là đặc tính nứt.

Hiện nay ở Mỹ, để đánh giá khả năng kháng nứt của hỗn hợp bê tông asphalt, có thể áp dụng các phương pháp thí nghiệm sau để đánh giá bao gồm các thí nghiệm Disk Shaped Compact Tension (ASTM D 7313), Overlay Test (Tex-248-F), Semi-Circular Bend Test (SCB, ASTM D8044-16), Indirect Tensile (ASTM D6931-17), Bending Beam Fatigue (ASMT D7460-10) và Indirect Tensile Asphalt Cracking Test (IDEAL, ASTM D8225-19). Ở Việt Nam, một số nghiên cứu đánh giá sức kháng nứt của bê tông asphalt theo mô hình thí nghiệm SCB và IDEAL đã được thực hiện [13-17].

Trong phạm vi nghiên cứu ở đây, phương pháp thí nghiệm kéo gián tiếp Indirect Tensile Asphalt Cracking Test (IDEAL) để xác định chỉ số CT_{index} đã được sử dụng để đánh giá sức kháng nứt của hỗn hợp asphalt sử dụng bitum quánh mác 60/70 và bitum biến tính PMB3. Điều kiện hóa già ngắn hạn và hóa già dài hạn đã được áp dụng trong quá trình chế tạo mẫu thí nghiệm. Hóa già ngắn hạn được thực hiện theo hướng dẫn của Tiêu chuẩn AASHTO R30 [18]. Hóa già dài hạn được thực hiện theo hướng dẫn từ báo cáo của NCHRP 871 [9]. Trên cơ sở kết quả thí nghiệm chỉ số kháng nứt CT_{index} ứng với các điều kiện hóa già khác nhau, nghiên cứu đưa ra được các kết luận ảnh hưởng của điều kiện hóa già đến sức kháng nứt của hỗn hợp bê tông asphalt.

2. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu và thành phần hỗn hợp

Chất kết dính bitum quánh loại 60/70 và bitum biến tính PMB3 được sử dụng trong nghiên cứu này. Thành phần hỗn hợp vật liệu khoáng được sử dụng cho hỗn hợp bê tông asphalt chặt loại 12,5 mm (BTAC 12,5) bao gồm: đá 10x16, đá 5x10, đá 0x5 và bột khoáng. Tất cả vật liệu của hỗn hợp bê tông asphalt được lấy ở trạm trộn Tân Cang 3 của Công ty Cổ phần Đầu tư xây dựng BMT, Biên Hòa, Đồng Nai. Bảng 2.1 thể hiện cấp phối hạt của các loại cốt liệu khác nhau. Các vật liệu được thí nghiệm và kiểm tra, đều thỏa mãn theo yêu cầu của TCVN 8819: 2011 [19].

Bảng 2.1. Thành phần hạt của hỗn hợp vật liệu khoáng

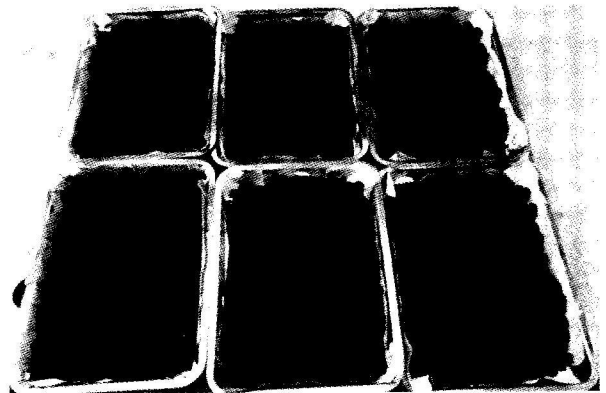
Cỡ sàng, mm	Phần trăm lượng lọt sàng của các loại cốt liệu tương ứng tại các cỡ sàng, %			
	Đá 10x16	Đá 5x10	Đá 0x5	Bột khoáng
19	100	100	100	100
12,5	58,3	100	100	100
9,5	13,5	93,5	100	100
4,75	0,7	7,1	93,9	100
2,36	0,2	0,6	67,5	100
1,18	0,2	0,4	53,9	100
0,60	0,2	0,3	36,5	100
0,30	0,2	0,3	23,3	100
0,15	0,2	0,3	16,3	95,0
0,075	0,2	0,3	6,4	90,0
< 0,075	0	0	0	0

Bảng 2.2. Kết quả thiết kế thành phần hỗn hợp theo Marshall

Chỉ tiêu hỗn hợp	Kết quả		Yêu cầu kỹ thuật	
	60/70	PMB3		
Tỷ lệ vật liệu (theo khối lượng hỗn hợp)	Đá 10x16	18,0	19,0	-
	Đá 5x10	27,6	24,7	-
	Đá 0x5	45,6	46,5	-
	Bột đá	3,8	4,7	-
	Bitum	5,0	5,1	-
Tỷ trọng lớn nhất, G_{mm}	2,550	2,529	-	
Tỷ trọng khối, G_{mb}	2,396	2,415	-	
Độ rỗng dư, V_a (%)	4,9	4,5	3-6	
Độ rỗng hỗn hợp VLK, VMA (%)	15,7	14,5	≥ 14	
Độ rỗng lấp đầy bitum, VFA (%)	68,5	69,0	65-75	
Hàm lượng bitum hấp phụ, P_{oa} (%)	0,5	0,65	-	
Hàm lượng bitum có hiệu, P_{be} (%)	4,5	4,5	-	
Độ ổn định Marshall, kN	12,3	16,5	≥ 8	
Độ dẻo Marshall, mm	3,5	4,8	2-4	

2.2. Chuẩn bị mẫu thí nghiệm

Đối với phương pháp hóa già ngắn hạn dùng để mô phỏng thực tế quá trình thi công, các hỗn hợp được hóa già ở 135°C trong tủ sấy 4 giờ theo Tiêu chuẩn AASHTO R30. Đối với phương pháp hóa già dài hạn, sau khi đã hóa già ngắn hạn, các mẫu tiếp tục được hóa già ở 95°C trong tủ sấy 8 ngày dựa theo báo cáo nghiên cứu NCHRP 871. Các mẫu được đặt trên thiết bị đầm xoay để đạt được độ rỗng dư V_a bằng $7 \pm 0,5\%$.



Hình 2.1: Hỗn hợp được hóa già trong tủ sấy



Hình 2.2: Thiết bị đầm xoay và mẫu thử

2.3. Tiến hành thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, thí nghiệm Indirect Tensile Asphalt Cracking Test (IDEAL) xác định chỉ số CT_{Index} được thực hiện trên mẫu hình trụ tròn có đường kính bằng 150±2 mm, chiều cao bằng 62±1 mm và độ rỗng dư bằng 7±0,5%. Các mẫu được bảo ôn tối thiểu 3h ở 25°C trước khi thí nghiệm. Tiến hành thí nghiệm nén ép chẻ trên máy nén Marshall với tốc độ tăng tải là 50 mm/phút, tốc độ ghi dữ liệu lực và chuyển vị khi thí nghiệm là 40 - 50 Hz. Chỉ số CT_{Index} được xác định từ đường cong quan hệ giữa lực-chuyển vị như ở Hình 2.3 được tính toán theo công thức (1) hoặc (2) như sau:

Với mẫu có chiều cao 62 mm:

$$CT_{Index} = \frac{G_f}{|m_{75}|} \times \left(\frac{l_{75}}{D} \right) \tag{1}$$

Với mẫu có chiều cao khác 62 mm:

$$CT_{Index} = \frac{t}{62} \times \frac{G_f}{|m_{75}|} \times \left(\frac{l_{75}}{D} \right) \tag{2}$$

Trong đó:

G_f - Năng lượng phá hủy nứt (J/m²);

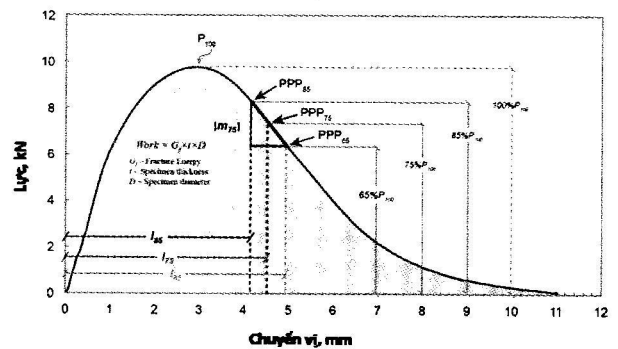
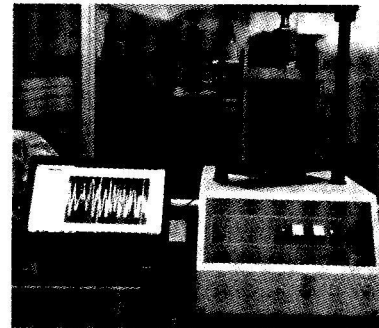
$$G_f = \frac{W_f}{D \times t} \times 10^6 \tag{3}$$

W_f - Công phá hoại (J);
 D - Đường kính mẫu thí nghiệm (mm);
 t - Chiều dày mẫu thí nghiệm (mm);
 l₇₅ - Chuyển vị ứng với lực nén bằng 75% lực nén lớn nhất (mm);

|m₇₅| - Giá trị tuyệt đối của độ dốc đường cong lực - chuyển vị sau giá trị lực nén lớn nhất (N/m);

$$|m_{75}| = \left| \frac{P_{85} - P_{65}}{l_{85} - l_{65}} \right|$$

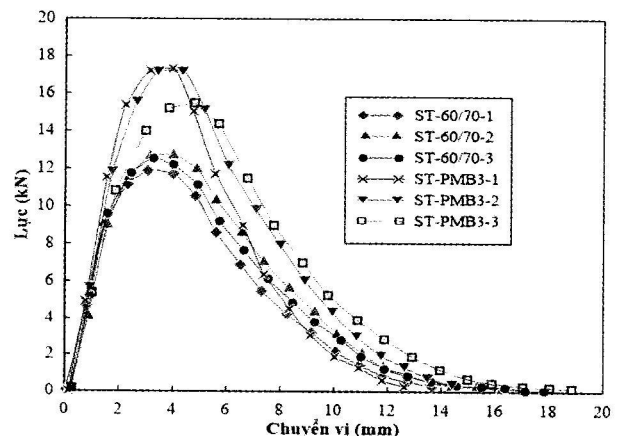
giá trị P₈₅ và P₆₅ được xác định như ở Hình 2.3.



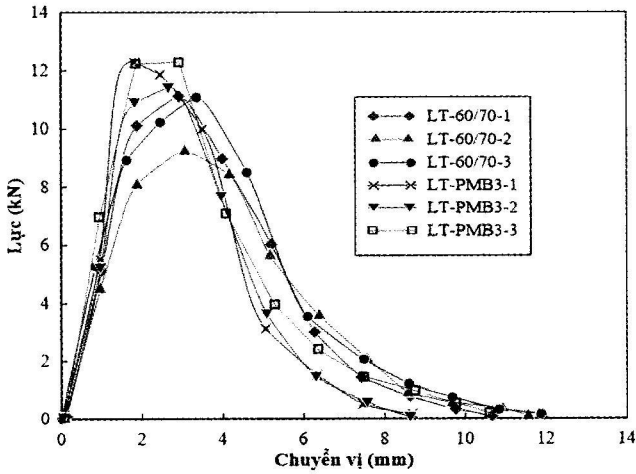
Hình 2.3: Thí nghiệm nứt xác định chỉ số CT_{Index} (a) Thiết bị thí nghiệm; (b) Đường cong lực-chuyển vị

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

Kết quả thí nghiệm kéo gián tiếp (IDT) xác định đường quan hệ lực - chuyển vị của các mẫu được thể hiện ở Hình 3.1 và Hình 3.2.

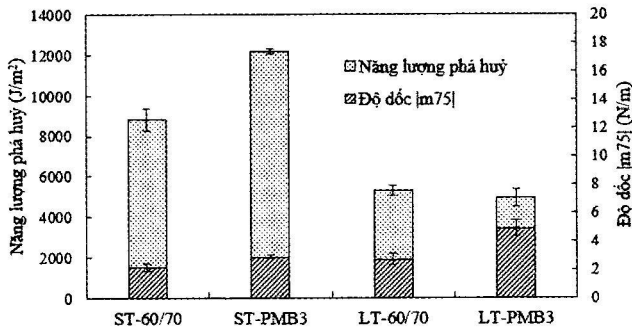


Hình 3.1: Đường cong quan hệ lực - chuyển vị của các mẫu hóa già ngắn hạn



Hình 3.2: Đường cong quan hệ lực - chuyển vị của các mẫu hóa già dài hạn

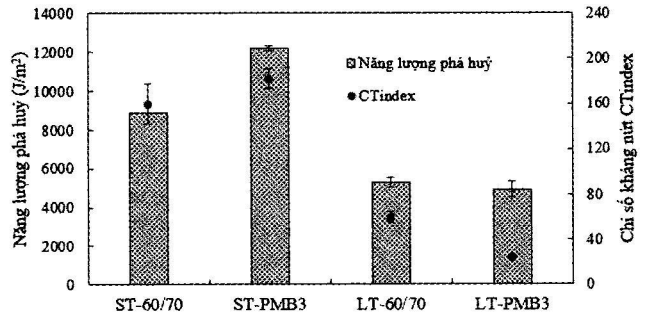
Trong các điều kiện hóa già khác nhau, sự thay đổi của các đường cong lực - chuyển vị của các mẫu là khác nhau. Dựa vào đường cong quan hệ lực - chuyển vị cho thấy giá trị lực lớn nhất (peak load) và độ dốc trước khi đạt giá trị lực lớn nhất (pre-peak slope) - thể hiện tốc độ phát triển vết nứt tăng lên đáng kể với cả hai trường hợp hóa già. Điều này cũng dẫn đến giá trị biến dạng của mẫu nhỏ khi hỗn hợp được hóa già dài hạn. Sức kháng nứt của bê tông asphalt được đánh giá thông qua các chỉ số kháng nứt CT_{index} , năng lượng phá hủy (G_p) và độ dốc đường cong sau khi đạt giá trị lực lớn nhất ($|m_{75}|$).



Hình 3.3: Quan hệ giữa năng lượng phá hủy và độ dốc $|m_{75}|$

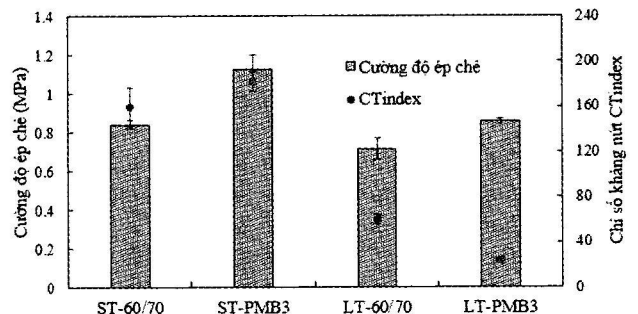
Năng lượng phá hủy nứt G_p , độ dốc sau khi đạt giá trị lực lớn nhất (post-peak slope- $|m_{75}|$) và chỉ số kháng nứt CT_{index} được tính toán cho các hỗn hợp asphalt ở các điều kiện hóa già khác nhau, kết quả được thể hiện ở Hình 3.3 và Hình 3.4. Độ dốc sau khi đạt giá trị lực lớn nhất ($|m_{75}|$) trở nên dốc hơn đối với các mẫu được hóa già dài hạn, cho thấy vết nứt nhanh chóng phát triển do độ giòn của vật liệu tăng lên (Hình 3.3). Đối với trường hợp hóa già ngắn hạn, năng lượng phá hủy của mẫu sử dụng bitum PMB3 lớn hơn so với mẫu sử dụng bitum 60/70. Trong điều kiện hóa già dài hạn, năng lượng phá hủy của hai loại mẫu sử dụng bitum 60/70 và PMB3 là tương đương nhau. Tuy nhiên, giá trị độ dốc ($|m_{75}|$) của mẫu sử dụng bitum PMB3 là lớn hơn so với mẫu sử dụng bitum 60/70. Điều này có thể được giải thích là do trong thành phần bitum PMB3 có chứa hàm lượng phụ gia SBS là loại phụ gia dạng rắn, trong điều kiện hóa già dài hạn, nhóm chất dầu trong bitum bay hơi làm cho tỷ

lệ nhóm chất rắn tăng dẫn đến bitum PMB3 trở nên cứng hơn so với bitum 60/70. Do vậy, có thể thấy rằng, hỗn hợp sử dụng bitum PMB3 dễ bị lão hóa hơn trong quá trình khai thác khi so sánh với hỗn hợp sử dụng bitum 60/70.



Hình 3.4: Quan hệ giữa năng lượng phá hủy và chỉ số kháng nứt CT_{index}

Hình 3.4 thể hiện quan hệ giữa năng lượng phá hủy và chỉ số kháng nứt CT_{index} . Có thể thấy rằng, khi năng lượng phá hủy càng lớn thì chỉ số CT_{index} có giá trị càng lớn. Tuy nhiên, chỉ số CT_{index} còn phụ thuộc vào giá trị độ dốc ($|m_{75}|$) của đường cong lực - chuyển vị. Trong điều kiện hóa già dài hạn, hỗn hợp sử dụng bitum PMB3 có giá trị độ dốc lớn nên dẫn đến chỉ số CT_{index} thấp hơn so với hỗn hợp sử dụng bitum 60/70. Kết quả này khá tương đồng với nghiên cứu của Shashwath và Erdem [10] khi đánh giá ứng xử nứt theo mô hình thí nghiệm SCB với hai hỗn hợp sử dụng bitum PG64-22 và PG76-22. Kết quả thí nghiệm cho thấy, trong cùng một điều kiện hóa già, chỉ số FI của hỗn hợp sử dụng bitum PG76-22 là thấp hơn so với hỗn hợp sử dụng bitum PG64-22. Trong nghiên cứu này, với hỗn hợp sử dụng bitum 60/70, chỉ số CT_{index} giảm từ 159,7 xuống 59,9 (giảm 62,4%) khi mẫu được hóa già dài hạn. Với hỗn hợp sử dụng bitum PMB3, chỉ số CT_{index} giảm từ 182,2 xuống 23,8 (giảm 86,9%). Hình 3.5 thể hiện quan hệ giữa cường độ ép chẻ và chỉ số kháng nứt CT_{index} . Kết quả chỉ ra rằng, trong điều kiện hóa già dài hạn, giá trị cường độ ép chẻ của mẫu sử dụng nhựa PMB3 cao hơn so với mẫu sử dụng nhựa 60/70, tuy nhiên chỉ số CT_{index} lại thấp hơn.



Hình 3.5: Quan hệ giữa cường độ ép chẻ và chỉ số kháng nứt CT_{index}

4. KẾT LUẬN

Dựa trên các nghiên cứu thực nghiệm trong phòng đánh giá ảnh hưởng của điều kiện hóa già đến sức kháng nứt của hỗn hợp asphalt, có thể đưa ra một số kết luận như sau:

- Sức kháng nứt của bê tông asphalt được đặc trưng bởi năng lượng phá hủy và độ dốc đường cong sau khi đạt giá trị lực lớn nhất. Điều kiện hóa già dài hạn có ảnh hưởng đáng kể đến ứng xử nứt của bê tông asphalt. Độ dốc sau khi đạt giá trị lực lớn nhất ($|m_{75}|$) là lớn hơn đối với các mẫu được hóa già dài hạn.

- Trong điều kiện hóa già dài hạn, giá trị độ dốc ($|m_{75}|$) của hỗn hợp sử dụng bitum PMB3 là lớn hơn so với hỗn hợp sử dụng bitum 60/70.

- Chỉ số CT_{index} của hai hỗn hợp asphalt đều giảm đáng kể khi hỗn hợp được hóa già dài hạn, nhưng mức độ giảm chỉ số CT_{index} của hỗn hợp sử dụng bitum 60/70 là thấp hơn so với hỗn hợp sử dụng bitum PMB3.

Tài liệu tham khảo

[1]. Petersen, J.C. (2009), *A Review of the Fundamentals of Asphalt Oxidation: Chemical, Physicochemical, Physical Property and Durability Relationships*, E-C140, Transportation Research Board: Washington, DC, USA.

[2]. Adham, M. A., Mohamad, Y.A., Herda, Y. B. K. and Mohd, R. I. (2020), *Influence of the long-term oven aging on the performance of the reinforced asphalt mixtures*, *Coatings*, 10, 1-16.

[3]. Glover, C.J., et al. (2005), *Development of a new method for assessing asphalt binder durability with field validation*, Texas Dept Transport, 1872, 1-334.

[4]. Kumbargeri, Y.S. and Biligiri, K.P. (2015), *A novel approach to understanding asphalt binder aging behavior using asphaltene proportion as a performance indicator*, *Journal of Testing and Evaluation*, 44 (1), 439-449.

[5]. Sirin, O.; Paul, D.K.; Kassem, E. (2018), *State of the art study on aging of asphalt mixtures and use of antioxidant additives*, *Adv. Civ. Eng.*, 3428961.

[6]. Fan, Y., Edith, A-M., Amy, E.M., David, N. and Nam, T. (2017), *Long-term ageing of asphalt mixtures*, *Road Materials and Pavement Design*, 18, 2-27.

[7]. Michael, D.E., Farhad, Y. R., Cassie, C. and Kim, Y.R. (2016), *Evaluation of asphalt mixture laboratory long-term ageing methods for performance testing and prediction*, *Road Materials and Pavement Design*, 12, 2-35.

[8]. Weiguang, Z., Shihui, S., Shenghua, W. and Louay, N.M. (2017), *Long-term field aging of warm-mix and hot-mix asphalt binders*, *Journal of the Transportation Research Board*, 2632, 140-149.

[9]. NCHRP Research Report 871 (2018), *Long-term aging of asphalt mixtures for performance testing and prediction*, Transportation Research Board.

[10]. Shashwath, S. and Erdem, C. (2020), *The effect of long-term aging on fatigue cracking resistance of asphalt mixtures*, *International Journal of Pavement Engineering*, 4, 1-14.

[11]. Research Report No. FHWA-ICT-19-009 (2019), *Development of long-term aging protocol for Implementation of the Illinois Flexibility Index Test (I-FIT)*, Illinois Center for Transportation.

[12]. Hadidy, Al., Ibrahim, A. (2021), *Effects of long-term aging on asphalt mixes containing SBS and PP-*

polymer, *International Journal of Pavement Research and Technology*, 14(2), 153-160.

[13]. Nguyễn Ngọc Lân, Đào Văn Đông (2017), *Thực nghiệm đánh giá ứng xử nứt của bê tông asphalt tái chế ấm*, *Tạp chí GTVT*, số tháng 12.

[14]. Đào Văn Đông, Nguyễn Ngọc Lân, Trần Hoài Nam (2018), *Ảnh hưởng của hàm lượng tái chế đến ứng xử nứt của hỗn hợp bê tông asphalt ấm*, *Tạp chí Khoa học GTVT*, số tháng 11.

[15]. Lê Thanh Hải, Nguyễn Hoàng Long, Nguyễn Ngọc Lân (2019), *Nghiên cứu đánh giá chỉ số kháng nứt CT_{index} của hỗn hợp Stone Mastic Asphalt (SMA) thi công theo công nghệ ấm*, *Tạp chí GTVT*, số tháng 12.

[16]. Lưu Ngọc Lâm, Nguyễn Quang Phúc (2019), *Nghiên cứu đánh giá khả năng chống nứt của bê tông nhựa theo mô hình uốn dầm bán nguyệt SCB*, *Tạp chí GTVT*, số tháng 12.

[17]. Trương Văn Quyết, Nguyễn Ngọc Lân, Võ Đại Tú, Nguyễn Thị Mỹ Tiên (2021), *Ảnh hưởng của hàm lượng phụ gia ZAG1 đến một số đặc tính của bê tông asphalt*, *Tạp chí Khoa học GTVT*, 72(3).

[18]. AASHTO R30 (2019), *Standard Practice for Mixture Conditioning of Hot-Mix Asphalt (HMA)*, American Association of State and Highway Transportation Officials.

[19]. TCVN 8819-2011 (2011), *Mặt đường bê tông nhựa nóng - Yêu cầu thi công và nghiệm thu*, Tiêu chuẩn Việt Nam.

Ngày nhận bài: 10/3/2021

Ngày chấp nhận đăng: 29/3/2021

**Người phản biện: TS. Đặng Thùy Chi
TS. Bùi Ngọc Hưng**