

Đánh giá các phương pháp xác định độ bền mỏi của hỗn hợp bê tông nhựa

■ **ThS. NCS. NGUYỄN CÔNG THỨC^(*); PGS. TS. NGUYỄN QUANG TUẤN; ThS. TRẦN HUY THIỆP**

Trường Đại học Giao thông vận tải

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

TÓM TẮT: Bài báo đã trình bày về các phương pháp và tiêu chí để đánh giá độ bền mỏi của hỗn hợp bê tông nhựa (BTN). Mỗi tiêu chí có ưu, nhược điểm riêng và phù hợp với các trường hợp khác nhau. Các mô hình truyền thống và các mô hình cải tiến cho thấy độ bền mỏi của BTN phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tải trọng, vật liệu và điều kiện thử nghiệm. Các yếu tố như biến dạng, ứng suất, thời gian nghỉ, mô-đun độ cứng, năng lượng phá hủy nứt, nhiệt độ và trạng thái hư hỏng ban đầu đều ảnh hưởng đến giới hạn mỏi của BTN. Việc lựa chọn tiêu chí phù hợp phụ thuộc vào nhiều yếu tố và cần được đánh giá kỹ lưỡng trong từng trường hợp cụ thể.

TỪ KHÓA: Bê tông nhựa, độ bền mỏi, tiêu chí mỏi, nứt, mô-đun độ cứng, góc pha, năng lượng tiêu hao.

ABSTRACT: This paper presents various methods and criteria for evaluating the fatigue life of asphalt concrete. Each criterion has its own advantages and disadvantages, making it suitable for different applications. Both traditional and improved models demonstrate that the fatigue life of asphalt concrete is influenced by multiple factors, such as loading, materials and testing conditions. Factors like deformation, stress, rest period, modulus of elasticity, fracture energy, temperature and initial damage state all affect the fatigue limit of asphalt concrete. The selection of an appropriate criterion depends on various factors and requires careful evaluation in each specific case.

KEYWORDS: Asphalt concrete, fatigue life, fatigue criteria, cracking, stiffness modulus, phase angle, dissipated energy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện tượng mỏi là một trong các nguyên nhân chính gây ra sự phá hoại mặt đường BTN. Phân tích ứng xử mỏi của hỗn hợp BTN là một vấn đề quan trọng trong thiết kế và thi công mặt đường BTN. Các nghiên cứu trước đây đã tập trung vào việc phát triển các mô hình để mô tả mối quan hệ giữa độ bền mỏi và các yếu tố ảnh hưởng [1]. Ngoài ra, mô-đun độ cứng cũng được sử dụng rộng rãi để đánh giá

sự suy giảm tính năng của vật liệu dưới tác động của tải trọng trùng phức [2].

Bài báo sẽ tổng hợp và đánh giá các phương pháp phân tích dữ liệu mỏi đang sử dụng, đồng thời cũng sẽ thảo luận về các ưu điểm, hạn chế và phạm vi ứng dụng của từng phương pháp và giới thiệu những phát triển mới nhất trong lĩnh vực này.

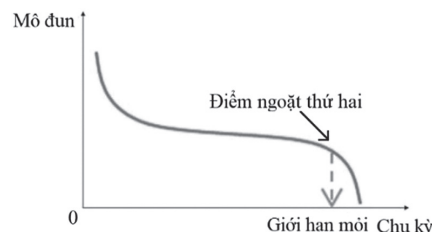
2. CÁC TIÊU CHÍ MỎI

Mô hình độ bền mỏi, thể hiện mối quan hệ giữa số chu kỳ tải trọng và các yếu tố ảnh hưởng như ứng suất, nhiệt độ, là công cụ không thể thiếu trong thiết kế mặt đường BTN. Mô hình này cung cấp cơ sở khoa học để dự báo giới hạn mỏi của lớp BTN, từ đó hỗ trợ việc lựa chọn vật liệu, thiết kế cấu trúc và lập kế hoạch bảo dưỡng. Các nghiên cứu trước đây đã phát triển nhiều mô hình độ bền mỏi khác nhau, mỗi mô hình đều có những ưu, nhược điểm riêng [3]. Để xây dựng một mô hình độ bền mỏi chính xác, việc xác định điểm phá hủy mỏi của hỗn hợp BTN là vô cùng quan trọng. Thông qua các thử nghiệm mỏi, các nhà nghiên cứu đã đề xuất nhiều tiêu chí khác nhau để xác định điểm này.

2.1. Tiêu chí phá hủy nứt

Hỗn hợp BTN được coi là bị phá hủy do mỏi khi vết nứt lớn xuất hiện trên bề mặt của mẫu hỗn hợp (tức là mẫu bị vỡ hoàn toàn). Ban đầu, các vết nứt nhỏ xuất hiện ở những điểm yếu trong cấu trúc BTN, chẳng hạn như lỗ rỗng, không đồng nhất hoặc ở các điểm tập trung ứng suất. Theo thời gian và số lần tải trọng lặp lại, các vết nứt này sẽ kết nối và lan rộng, dẫn đến vết nứt lớn hơn có thể nhìn thấy bằng mắt thường.

Một số nhà nghiên cứu cho rằng vết nứt vĩ mô có thể xuất hiện bên trong mẫu vật và do đó không thể quan sát được ngay lập tức [4]. Theo đó, họ khuyến nghị sử dụng điểm ngoặt thứ hai của đường cong mô-đun để xác định thời điểm bắt đầu vết nứt vĩ mô được thể hiện như Hình 2.1. Tiêu chí nứt được áp dụng phổ biến trong thử nghiệm mỏi ở chế độ không chế ứng suất.

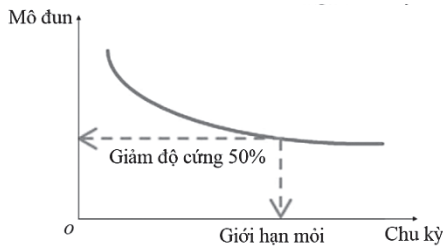


Hình 2.1: Sơ đồ minh họa tiêu chí phá hủy nứt

Tiêu chí này dễ thực hiện và cung cấp thông tin trực tiếp về tình trạng vật liệu. Không cần các thiết bị đo lường phức tạp và đắt tiền, việc quan sát vết nứt có thể được thực hiện bằng mắt thường hoặc bằng các công cụ đo lường đơn giản. Tuy nhiên, việc đánh giá bằng mắt thường có thể phụ thuộc vào kinh nghiệm và kỹ năng của người quan sát, dẫn đến sai số trong việc xác định tình trạng phá hủy nứt. Vết nứt chỉ xuất hiện khi vật liệu đã trải qua một mức độ hư hỏng đáng kể, do đó có thể không dự đoán được sự suy giảm tính chất cơ học sớm hơn.

2.2. Tiêu chí giảm độ cứng 50%

Phá hủy mỗi được định nghĩa là điểm mà độ cứng của hỗn hợp BTN giảm xuống còn 50% so với giá trị ban đầu. Độ cứng được đo bằng các thử nghiệm tải trọng lặp lại. Tiêu chí giảm độ cứng 50% được sử dụng bởi quy trình thử nghiệm AASHTO T321.

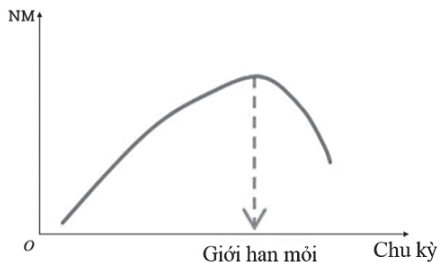


Hình 2.2: Sơ đồ minh họa tiêu chí giảm độ cứng 50%

Độ cứng có thể được đo lường một cách khách quan và chính xác bằng các thiết bị đo lường cơ học, giảm thiểu sai số do yếu tố chủ quan của con người. Tiêu chí này cho phép phát hiện sự suy giảm tính chất cơ học của vật liệu sớm hơn so với việc quan sát các vết nứt trực quan. Tuy nhiên, đo độ cứng yêu cầu các thiết bị và kỹ thuật phức tạp, có thể không phù hợp cho việc kiểm tra nhanh hoặc tại hiện trường. Việc đo lường yêu cầu thiết bị chuyên dụng và nhân viên có kỹ năng, dẫn đến chi phí cao hơn.

2.3. Tiêu chí mô-đun độ cứng chuẩn hóa nhân với số lần lặp lại (NM)

Mô-đun độ cứng chuẩn hóa được tính bằng tỷ lệ của độ cứng hiện tại so với độ cứng ban đầu S_i/S_0 .



Hình 2.3: Sơ đồ minh họa tiêu chí mô-đun độ cứng chuẩn hóa nhân với số lần lặp lại [5]

Giá trị NM được tính theo [17] thể hiện bởi công thức 1.

$$NM = \frac{S_i N_i}{S_0 N_0} \quad (1)$$

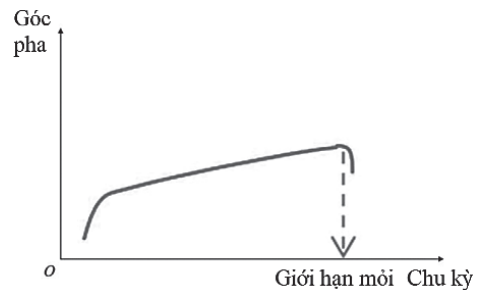
Trong đó: S_i - Độ cứng của hỗn hợp ở lần lặp lại thứ i ; N_i - Số lần lặp tải trọng tại lần lặp lại thứ i ; S_0 - Mô-đun ban đầu (Mpa); N_0 - Số lần lặp tải trọng mà tại đó mô-đun độ cứng ban đầu được ước tính.

Phá hủy mỗi của mẫu được coi là xảy ra khi NM đạt giá trị cực đại theo số lần lặp lại (biểu đồ thể hiện ở Hình 2.3). Phương pháp này được đề xuất bởi Rowe và Bouldin [5] và được áp dụng trong Tiêu chuẩn ASTM D7460.

Sử dụng mô-đun độ cứng chuẩn hóa giúp loại bỏ biến đổi do các yếu tố bên ngoài và tập trung vào thay đổi thật sự trong vật liệu. Tiêu chí này có thể áp dụng cho nhiều loại vật liệu và điều kiện thử nghiệm khác nhau, giúp cung cấp một công cụ đánh giá linh hoạt và hiệu quả. Tuy nhiên, đo lường mô-đun độ cứng yêu cầu thiết bị đo lường chính xác và phức tạp. Như các tiêu chí khác dựa trên đo lường cơ học, tiêu chí này đòi hỏi chi phí cao do yêu cầu về thiết bị và nhân lực.

2.4. Tiêu chí góc pha

Reese đã đề xuất một phương pháp dựa trên đường cong góc pha để xác định độ phá hoại do mỏi của hỗn hợp BTN [6]. Ông quan sát thấy góc pha của hỗn hợp tăng hoặc giảm đột ngột khi gần kết thúc quá trình kiểm tra độ mỏi. Do đó, điểm chuyển tiếp này của đường cong góc pha được khuyến nghị đóng vai trò là điểm phá hủy mỗi của hỗn hợp.

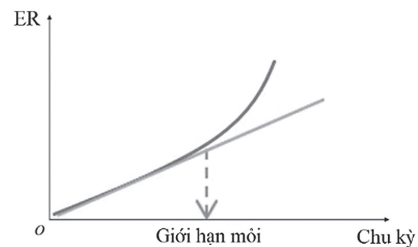


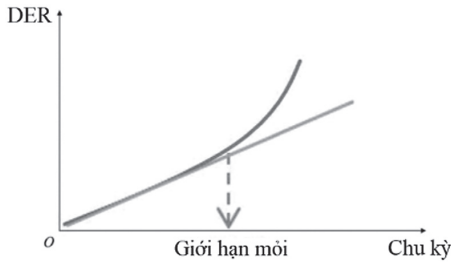
Hình 2.4: Sơ đồ minh họa tiêu chí góc pha [6]

Góc pha là một chỉ số quan trọng phản ánh tính chất đàn hồi và nhớt của vật liệu, giúp đánh giá sự thay đổi trong cấu trúc nội tại của vật liệu. Tiêu chí này giúp phát hiện sự thay đổi trong tính chất cơ học của vật liệu sớm hơn so với các tiêu chí khác như quan sát vết nứt. Đo lường góc pha yêu cầu các thiết bị và kỹ thuật phức tạp, có thể không phù hợp cho việc kiểm tra nhanh hoặc tại hiện trường.

2.5. Tiêu chí năng lượng tiêu hao và tiêu chí tỷ lệ năng lượng tiêu hao

Hai tiêu chí cuối cùng đều được phát triển dựa trên tỷ lệ năng lượng tiêu hao của hỗn hợp [7, 8]. Người ta nhận thấy rằng tỷ lệ năng lượng tiêu hao của hỗn hợp tăng gần như tuyến tính với sự gia tăng của chu kỳ tải khi bắt đầu thử nghiệm. Khi thử nghiệm sắp kết thúc, tốc độ tăng của tỷ số năng lượng tiêu hao trở nên chiếm ưu thế hơn, dẫn đến đường cong chu kỳ tải tỷ số năng lượng tiêu hao lệch khỏi đường thẳng. Điểm sai lệch ban đầu được coi là điểm phá hủy mỗi của hỗn hợp.





Hình 2.5: Sơ đồ minh họa tiêu chí năng lượng [7, 8]

Tỷ lệ năng lượng (ER), được tính như sau [7].

$$ER = \frac{iW_0}{W_i} \quad (2)$$

Trong đó: W_0 - Năng lượng tiêu hao ban đầu; W_i - Năng lượng tiêu hao ở lần lặp lại tải thứ i.

Tỷ lệ năng lượng tiêu hao (DER), được tính như sau [8].

$$DER = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{W_i} \quad (3)$$

Trong đó: W_i - Năng lượng tiêu hao ở lần lặp lại tải thứ i; W_j - Năng lượng tiêu hao ở lần lặp lại tải thứ j.

Năng lượng tiêu hao có thể được đo lường chính xác bằng các thiết bị đo lường năng lượng cơ học. Tiêu chí này cung cấp cái nhìn toàn diện về tình trạng của vật liệu, từ giai đoạn khởi điểm đến giai đoạn hư hỏng nghiêm trọng. Tuy nhiên, đo lường năng lượng tiêu hao yêu cầu các thiết bị và kỹ thuật phức tạp, có thể không phù hợp cho việc kiểm tra nhanh hoặc tại hiện trường.

Các giá trị giới hạn mỗi xác định từ các tiêu chí này có xu hướng khác nhau, nhưng có thể cho thấy mối tương quan với nhau. Nhiều nghiên cứu đã báo cáo rằng giới hạn mỗi của hỗn hợp BTN xác định dựa trên tiêu chí giảm độ cứng 50% có mối quan hệ tuyến tính tốt với kết quả từ tiêu chí NM, giới hạn mỗi theo tiêu chí giảm độ cứng 50% thường thấp hơn so với tiêu chí NM [4,9]. Witczak đã so sánh giới hạn mỗi của hỗn hợp BTN theo tiêu chí giảm độ cứng 50% với tiêu chí năng lượng tiêu hao [10]. Nghiên cứu chỉ ra rằng giới hạn mỗi theo tiêu chí giảm độ cứng 50% lớn hơn so với tiêu chí năng lượng tiêu hao. Hỗn hợp BTN được đánh giá phá hủy do mỗi theo tiêu chí năng lượng tiêu hao chỉ giảm độ cứng 30% thay vì 50%. Ngoài ra, việc lựa chọn tiêu chí phá hủy mỗi còn phụ thuộc vào loại hỗn hợp BTN. Tiêu chí giảm độ cứng 50% không áp dụng cho hỗn hợp BTN biến tính polyme, vì loại hỗn hợp này khó có thể giảm mô-đun 50% ngay cả khi chu kỳ tải rất cao. Ngược lại, tiêu chí NM được ưa chuộng hơn đối với hỗn hợp BTN biến tính polyme.

3. CÁC MÔ HÌNH ĐỘ BỀN MỖI

Giới hạn mỗi là yếu tố quan trọng để đánh giá độ bền của hỗn hợp BTN. Khi đã xác định được giới hạn này, các nhà khoa học xây dựng các mô hình toán học để dự đoán khả năng chịu mỗi của BTN dưới tác động của tải trọng trùng phức. Các mô hình mỗi đầu tiên cho hỗn hợp BTN đã được phát triển vào những năm 1960 [1].

$$N_f = A \left(\frac{1}{\varepsilon_t} \right)^B \quad (4)$$

$$N_f = C \left(\frac{1}{\sigma_t} \right)^D \quad (5)$$

Trong đó: N_f - Số chu kỳ mỗi ứng với tiêu chí phá hủy quy ước của hỗn hợp BTN; ε_t - Biến dạng tại thời điểm phá hủy mỗi; σ_t - Ứng suất tại thời điểm phá hủy mỗi; A, B, C, D - Các thông số phù hợp.

Phương trình (4) và (5) lần lượt mô tả các ứng xử mỗi khác nhau của hỗn hợp BTN trong điều kiện khống chế biến dạng và ứng suất. Quan hệ giữa số chu kỳ mỗi và mức độ biến dạng hoặc ứng suất tuân theo quy luật hàm mũ. Để cải thiện độ chính xác của mô hình, Monismith đã đưa tham số mô-đun độ cứng (S) vào phương trình (4), từ đó cho phép dự báo giới hạn mỗi của các hỗn hợp BTN có tính chất cơ học khác nhau. Mô hình độ bền mỗi được cập nhật như sau [11].

$$N_f = A \left(\frac{1}{\varepsilon_t} \right)^B \left(\frac{1}{S} \right)^C \quad (6)$$

Việc nghiên cứu về ứng xử mỗi của hỗn hợp BTN đã đạt được những tiến bộ đáng kể. Ngày càng nhiều yếu tố ảnh hưởng đến độ bền mỗi được xác định và tích hợp vào các mô hình dự báo. Van Dijk là người đầu tiên đưa tham số góc pha (δ) vào mô hình độ bền mỗi, điều này đã làm tăng độ chính xác của mô hình [12].

$$N_f = A \left(\frac{1}{\varepsilon_t S \sin(\delta)} \right)^B \quad (7)$$

Nhiệt độ được xem là một trong những yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến quá trình lão hóa và mỗi của hỗn hợp BTN. Để xác định ảnh hưởng của nhiệt độ lên độ bền mỗi, nhiều mô hình dự báo đã được phát triển. Trong đó, phương trình (8) do Cheng cùng các nhà nghiên cứu khác đề xuất đã được chứng minh là có khả năng mô tả chính xác ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ bền mỗi của nhiều loại hỗn hợp BTN và trong các điều kiện thử nghiệm khác nhau [4].

$$N_f = A \left(\frac{1}{\varepsilon_t} \right)^B e^{CT} \quad (8)$$

Trong đó: T - Nhiệt độ.

Dựa trên nền tảng của phương trình (11), Cheng đã mở rộng mô hình độ bền mỗi bằng cách đưa thêm tham số thời gian nghỉ (RP) vào phương trình (8). Mô hình cải tiến này được trình bày dưới dạng phương trình (9), cho phép dự báo giới hạn mỗi của hỗn hợp BTN dưới tác động kết hợp của các yếu tố như biến dạng, nhiệt độ và thời gian nghỉ [13].

$$N_f = A \left(\frac{1}{\varepsilon_t} \right)^B e^{CT+D.RP} \quad (9)$$

Các thông số liên quan đến cơ chế phá hủy của hỗn hợp BTN đã được tích hợp vào các mô hình độ bền mỗi để nâng cao độ chính xác. Cụ thể, các chỉ số như mật độ công phá hủy nứt và năng lượng phá hủy nứt đã được sử dụng rộng rãi [14, 15].

$$N_f = A \left(\frac{1}{\varepsilon_t} \right)^B FWD^C h^D \quad (10)$$

$$N_f = A \left(\frac{1}{\varepsilon_t} \right)^B FE^C \quad (11)$$

Trong đó: FWD - Mật độ công phá hủy nứt; FE - Năng lượng phá hủy nứt; h - Độ dày lớp BTN.

Một số nghiên cứu chỉ ra rằng tình trạng hư hỏng ban đầu của hỗn hợp BTN có ảnh hưởng đáng kể đến độ bền mỏi của nó. Để phản ánh điều này, chỉ số hư hỏng (D) đã được đưa vào mô hình tính toán [16, 9].

$$N_f = A \left(\frac{1}{\epsilon_i} \right)^B D^C \quad (12)$$

$$N_f = A \left(\frac{1}{\epsilon_i} \right)^B (1 - D^C) \quad (13)$$

Bên cạnh các yếu tố liên quan đến tải trọng, một số yếu tố bên trong liên quan đến bản thân vật liệu hỗn hợp BTN, chẳng hạn như đặc tính chất kết dính nhựa đường và đặc tính hỗn hợp cũng đã được bổ sung trong các mô hình độ bền mỏi. Để phản ánh sự phức tạp của vấn đề, hai tham số quan trọng là chỉ số thấm của chất kết dính và hàm lượng nhựa đường đã được đưa vào [17].

$$N_f = (A \cdot PI + B \cdot PI \cdot v_b + C v_b + D) \left(\frac{1}{\epsilon_i} \right)^E \left(\frac{1}{S} \right)^F \quad (14)$$

Trong đó: PI - Chỉ số thấm; v_b - Hàm lượng nhựa đường; A, B, C, D, E, F - Các thông số phù hợp.

Các nghiên cứu cho thấy giới hạn mỏi giảm khi tăng mức độ biến dạng/ứng suất hoặc hư hỏng ban đầu, nhưng giới hạn mỏi tăng khi tăng thời gian nghỉ, năng lượng phá hủy nút hoặc công phá hủy nút. Tuy nhiên, mối quan hệ giữa độ bền mỏi, mô-đun độ cứng và nhiệt độ phụ thuộc vào chế độ thử nghiệm. Trong điều kiện khống chế biến dạng, giới hạn mỏi giảm khi tăng mô-đun độ cứng hoặc giảm nhiệt độ, trong khi đó, trong điều kiện khống chế ứng suất, xu hướng này ngược lại.

4. KẾT LUẬN

Qua phân tích các nghiên cứu ở trên có thể thấy rằng, việc xác định chính xác điểm phá hủy mỏi là điều kiện tiên quyết để xây dựng mô hình độ bền mỏi cho hỗn hợp BTN. Các nhà nghiên cứu đã đề xuất các tiêu chí khác nhau để đạt được mục tiêu này. Các tiêu chí phá hủy mỏi của BTN khác nhau cho ra kết quả giới hạn mỏi không giống nhau. Mặc dù vậy, một số nghiên cứu đã tìm thấy mối liên hệ giữa các tiêu chí này. Tuy nhiên, việc lựa chọn tiêu chí phù hợp còn phụ thuộc vào loại BTN.

Thông qua các mô hình mỏi ở trên có thể thấy rằng, độ bền mỏi của BTN phụ thuộc vào cả tải trọng tác dụng (biến dạng, ứng suất, thời gian nghỉ) và tính chất vật liệu (mô-đun độ cứng, năng lượng phá hủy). Ngoài ra, điều kiện thử nghiệm cũng ảnh hưởng đáng kể đến kết quả.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Pell, P.S. (1962), *Fatigue characteristics of bitumen and bituminous mixes*, In: International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Ann Arbor.
- [2]. Tsai, B.W., Harvey, J.T., Monismith, C.L. (2002), *High temperature fatigue and fatigue damage process of aggregate-asphalt mixes*, Journal of Association of Asphalt Paving Technologists 71 (1), 45-385.
- [3]. NCHRP (2004), *Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures*, Project 1-37A. TRB, Washington DC.

[4]. Cheng, H., Liu, J., Sun, L., et al. (2021), *Fatigue behaviours of asphalt mixture at different temperatures in four-point bending and indirect tensile fatigue tests*, Construction and Building Materials 273.

[5]. Rowe, G.M., Boulidin, M.G. (2000), *Improved techniques to evaluate the fatigue resistance of asphaltic mixtures*, In: 2nd Eurasphalt & Eurobitume Congress, Barcelona.

[6]. Reese, R. (1997), *Properties of aged asphalt binder related to asphalt concrete fatigue life*, Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists 66, 604-632.

[7]. Hopman, P., Kunst, P., Pronk, A. (1989), *A renewed interpretation method for fatigue measurements-verification of Miner's rule*, In: The 4th Eurobitume Symposium, Madrid.

[8]. Pronk, A., Hopman, P. (1991), *Energy dissipation: the leading factor of fatigue*, In: Highway Research: Sharing the Benefits, Thomas Telford Publishing, London, pp.255-267.

[9]. Ma, Z., Liu, L., Yuan, Y., et al. (2019), *Estimation of total fatigue life for in-service asphalt mixture based on accelerated pavement testing and four-point bending beam fatigue tests*, Canadian Journal of Civil Engineering 46 (7).

[10]. Witczak, M., Mamlouk, M., Kaloush, M., et al. (2007), *Validation of initial and failure stiffness definitions in flexure fatigue test for hot mix asphalt*, Journal of Testing and Evaluation 35 (1).

[11]. Monismith, C., Epps, J., Kasianchuk, D., et al. (1972), *Asphalt Mixture Behavior in Repeated Flexure*, Institute of Transportation and Traffic Engineering, Report No. TE 70-5. University of California, Berkeley.

[12]. Van Dijk, W. (1975), *Practical fatigue characterization of bituminous mixes*, Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists 66.

[13]. Cheng, H. (2022), *Determination of the Stiffness Moduli and Fatigue Endurance Limits of Asphalt Pavements for Perpetual Pavement Design (PhD thesis)*, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong.

[14]. Wen, H. (2013) *Use of fracture work density obtained from indirect tensile testing for the mix design and development of a fatigue model*, International Journal of Pavement Engineering 14 (6).

[15]. Bahadori, A., Mansourkhaki, A., Ameri, M. (2014), *A phenomenological fatigue performance model of asphalt mixtures based on fracture energy density*, Journal of Testing and Evaluation 43 (1).

[16]. Castro, M., Sánchez, J.A. (2008), *Estimation of asphalt concrete fatigue curves - a damage theory approach*, Construction and Building Materials 22 (6).

[17]. Bonnaure, F., Gravois, A., Udrón, J. (1980), *A new method for predicting the fatigue life of bituminous mixes*, Association of Asphalt Paving Technologists Proceedings 49.

Ngày nhận bài: 21/10/2024

Ngày nhận bài sửa: 08/11/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/11/2024