



Đánh giá các phương pháp thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa trong điều kiện Việt Nam

Evaluation of asphalt mixture design methods under Vietnamese conditions

Võ Hồng Lâm, Lê Văn Phúc*

Khoa Công trình, Phân hiệu tại Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải

Từ khóa:

Hàm lượng nhựa thiết kế
Phương pháp Marshall
Phương pháp Superpave
Phương pháp thiết kế theo nguyên lý cân bằng

TÓM TẮT

Bài báo đánh giá tổng quan ba phương pháp thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa (BTN) bao gồm: Phương pháp Marshall, phương pháp Superpave và phương pháp thiết kế theo nguyên lý cân bằng (BMD - Balanced Mix Design). Thông qua phân tích, đánh giá tổng quan cho thấy, phương pháp thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD là phương pháp thiết kế mới, đã được phát triển rộng rãi trong những năm gần đây để khắc phục những nhược điểm của các phương pháp thiết kế theo đặc trưng thể tích phổ biến hiện nay (Superpave và Marshall). Tổng quan một số kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng nhựa (HLN) thiết kế hỗn hợp BTN xác định theo BMD cao hơn so với phương pháp Marshall và phương pháp Superpave cho mục đích đảm bảo độ bền khai thác mặt đường dài hạn. Đồng thời, nghiên cứu đề xuất thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD phù hợp với điều kiện tại Việt Nam.

Keywords:

Design asphalt content
Marshall method
Superpave method
Balanced Mix Design

ABSTRACT

This paper provides an overview of three methods for designing asphalt mixtures, including the Marshall method, the Superpave method, and Balanced Mix Design (BMD). Based on the overall evaluation results, BMD is a new design method that has been widely developed recently to overcome the disadvantages of the popular volumetric design methods (Superpave and Marshall). Moreover, several studies indicated that the design asphalt content of asphalt mixtures determined by BMD is higher than that of the Marshall method and Superpave method for the purpose of the long-term pavement. In addition, this study recommended a process to design asphalt mixture based on BMD under Vietnamese conditions.

1. Giới thiệu

Hiện nay, ở Việt Nam, Marshall vẫn là phương pháp chính được sử dụng để thiết kế hỗn hợp BTN [1]. Mặc dù đơn vị thi công đã

tuân theo quy trình thiết kế hỗn hợp BTN đáp ứng tiêu chuẩn hiện hành, nhưng kết quả thiết kế ở nhiều dự án vẫn cho thấy sự không thích hợp. Mặt đường BTN bị hư hỏng trong

* Lê Văn Phúc. Khoa Công trình, Phân hiệu tại Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải.

Email: phuclv_ph@utc.edu.vn

[https://www.doi.org/10.55228/JTST.14\(1\).21-30](https://www.doi.org/10.55228/JTST.14(1).21-30)

Ngày nhận bài: 08/12/2024; Ngày nhận bài sửa: 23/12/2024; Ngày chấp nhận đăng: 07/01/2025

Ngày xuất bản trực tuyến: 15/01/2025

pISSN: 1859-4263; eISSN: 3030-4261

thời hạn tính toán, nguyên nhân là khi thí nghiệm xác định thành phần hỗn hợp, thiết kế cấp phối chưa thể hiện hết các tác động của xe cộ và khí hậu. Điều này chứng tỏ phương pháp Marshall còn nhiều điều bất hợp lý, tồn tại chủ yếu của phương pháp này thể hiện ở đầm nén mẫu chưa mô phỏng hết quá trình lu lèn thực tế ngoài hiện trường và chưa xem xét đến các đặc tính làm việc của BTN. Phương pháp Superpave [2], sử dụng thiết bị đầm xoay để chuẩn bị mẫu thử và sử dụng các đặc trưng thể tích của hỗn hợp để xác định HLN thiết kế. Xác định HLN thiết kế của hai phương pháp chủ yếu dựa trên các đặc trưng yêu cầu về thể tích, đánh giá độ ổn định của hỗn hợp (nhưng các thử nghiệm độ ổn định được tiến hành theo kinh nghiệm), chưa xem xét đến khắc phục các hư hỏng chủ yếu của BTN như: Lún vệt bánh xe (LVBX) và nứt mỏi.

Xu hướng thiết kế hỗn hợp BTN hiện nay tại Hoa Kỳ là thiết kế theo BMD [3], [4], giữa các đặc trưng thể tích - độ nhạy ẩm, khả năng chống LVBX và khả năng chống nứt. Do vậy, để khắc phục những nhược điểm của các phương pháp thiết kế truyền thống và cải thiện chất lượng mặt đường, phương pháp thiết kế theo BMD cần được áp dụng để thiết kế hỗn hợp BTN tại Việt Nam.

Nội dung bài báo này tổng hợp và đánh giá các phương pháp thiết kế hỗn hợp BTN đang sử dụng để làm cơ sở lựa chọn phương pháp thiết kế BTN phù hợp trong điều kiện Việt Nam. Từ đó, hướng đến đảm bảo độ bền mặt đường dài hạn, thích ứng biến đổi khí hậu.

2. Tổng quan các phương pháp thiết kế hỗn hợp BTN

2.1. Tổng quan về thiết kế hỗn hợp BTN theo phương pháp Marshall

Phương pháp thiết kế Marshall được phát minh bởi Bruce G. Marshall vào khoảng năm 1939, sau đó, được phát triển và cải tiến

thành quy trình ASTM D1559 [5]. Theo khảo sát có 76% các bang ở Hoa Kỳ sử dụng phương pháp này để thiết kế hỗn hợp BTN vào năm 1984 [6]. Đường kính sử dụng thí nghiệm theo phương pháp này là 101.6 mm và đường kính cốt liệu tối đa là 25.4 mm [6]. Thiết kế theo phương pháp Marshall sử dụng cấp phối hỗn hợp cốt liệu liên tục, theo công thức Fuller với hệ số mũ $n = 0.45$. Đường bao hỗn hợp cốt liệu được khuyến nghị theo ASTM D3515 [7]. Thiết kế Marshall nguyên bản không đưa ra quy định cấp phối thô - mịn và cách lựa chọn cấp phối thô - mịn khi thiết kế hỗn hợp BTN.

Việc lựa chọn loại nhựa đường dựa trên tiêu chuẩn phân loại nhựa đường theo độ kim lún - AASHTO M20 [8] hoặc theo độ nhớt - AASHTO M226 [9]. Việc lựa chọn loại nhựa đường cho BTN phù hợp với điều kiện nhiệt độ môi trường dựa trên kinh nghiệm của từng quốc gia, theo khuyến nghị tại tài liệu MS-2 của Asphalt Institute về phương pháp thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa [10].

Về phương pháp đầm tạo mẫu BTN sử dụng chày đầm và khuôn đầm Marshall với số cú đầm là 75 chày cho mỗi mặt BTN. Phương pháp Marshall sử dụng các mẫu thí nghiệm hình trụ tròn có chiều cao 63.5 mm, đường kính 101.6 mm. Phương pháp Marshall cải tiến sử dụng các mẫu thí nghiệm hình trụ tròn có chiều cao 95.2 mm, đường kính 152.4 mm. Trình tự thiết kế theo Marshall được chi tiết tại tài liệu Asphalt Institute MS-2 [10]. Việc xác định hàm lượng nhựa thiết kế được tiến hành theo các bước như sau:

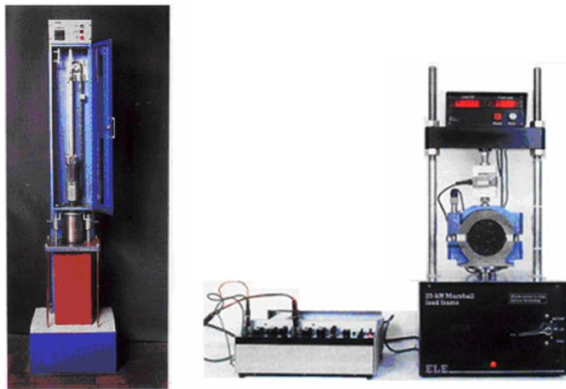
- Kiểm tra chất lượng các vật liệu thành phần gồm cốt liệu lớn, cốt liệu nhỏ, bột đá, nhựa đường sử dụng để chế tạo BTN thoả mãn các chỉ tiêu cơ lý quy định;
- Phối trộn các cốt liệu thành phần để ít nhất một hỗn hợp cốt liệu (cốt liệu lớn, cốt

liệu nhỏ, bột đá) có cấp phối trong giới hạn đường bao cấp phối hỗn hợp cốt liệu theo quy định;

- Xác định đặc trưng thể tích (độ rỗng dư, độ rỗng lấp đầy bitum, độ rỗng cốt liệu) trên cơ sở thí nghiệm và tính toán theo vật liệu thành phần, hỗn hợp BTN chưa đầm nén và đã đầm nén với các hàm lượng nhựa khác nhau (05 hàm lượng nhựa);

- Xác định độ ổn định, độ dẻo Marshall của mẫu BTN đã đầm nén với các hàm lượng nhựa khác nhau;

- Phân tích các kết quả thí nghiệm để quyết định hàm lượng nhựa tối ưu thỏa mãn tất cả các yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn. Hàm lượng nhựa thiết kế cuối cùng được chọn thường lấy bằng hàm lượng nhựa tối ưu để đảm bảo tính kinh tế. Bộ thiết bị dùng thiết kế theo phương pháp Marshall thể hiện như Hình 1.



Hình 1. Bộ thiết bị thí nghiệm Marshall.

2.2. Tổng quan về thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa theo phương pháp Superpave

Thiết kế hỗn hợp BTN theo phương pháp Superpave có nhiều nội dung được kế thừa từ phương pháp Marshall như các chỉ tiêu kỹ thuật với cốt liệu; cấp phối hỗn hợp cốt liệu; đặc tính thể tích như độ rỗng dư, độ rỗng cốt liệu, độ rỗng lấp đầy nhựa. Tuy nhiên, có những đặc trưng ưu điểm hơn so với phương pháp Marshall được thể hiện ở các nội dung như sử dụng nhựa đường theo mức nhựa PG

(Performace Grade) phù hợp với nhiệt độ môi trường của vùng dự án; hiệu chỉnh mức nhựa PG theo đặc tính dòng xe; sử dụng đầm xoay tạo mẫu BTN; quy định độ chặt yêu cầu ứng với số vòng xoay ban đầu (Nini), số vòng xoay thiết kế (Ndes), số vòng xoay lớn nhất (Nmax); tỷ số giữa lượng lọt qua sàng 0.075 mm và hàm lượng nhựa có hiệu (D/B). Phương pháp đầm tạo mẫu BTN sử dụng thiết bị đầm xoay Superpave, với mẫu đầm có đường kính 150 mm, mô phỏng đầm nén BTN của lu trên mặt đường. Quy định về thiết bị đầm xoay, trình tự tạo mẫu theo hướng dẫn tại AASHTO T 312 [11]. Trình tự thiết kế hỗn hợp BTN theo phương pháp Superpave được hướng dẫn chi tiết tại các tiêu chuẩn hiện hành như TCVN 12818:2019 - Hỗn hợp bê tông nhựa nóng - Thiết kế theo đặc tính thể tích Superpave [2]; Superpave Volumetric Mix Design - AASHTO M323 [12]; Practice for Superpave Volumetric Mix Design for Asphalt Mixture - AASHTO R35 [13]. Thiết bị chế tạo mẫu cho phương pháp Superpave như Hình 2.



Hình 2. Thiết bị đầm xoay để chế tạo mẫu bê tông nhựa.

Xác định hàm lượng nhựa thiết kế được tiến hành theo các bước sau:

- Kiểm tra chất lượng các vật liệu thành phần đầu vào như cốt liệu lớn, cốt liệu nhỏ, bột đá, nhựa đường để chế tạo BTN phải thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật theo những tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành;

- Phối trộn các cốt liệu thành phần để chọn ra ít nhất ba cấp phối cốt liệu có tính thô - mịn khác nhau. Với mỗi loại cấp phối, lựa chọn một HLN ban đầu, trộn mẫu và ủ mẫu, sau đó, đầm mẫu bằng đầm xoay theo AASHTO T312 [11] với số vòng xoay thiết kế (Ndes) để xác định các đặc trưng thể tích;

- Chuẩn bị các tổ mẫu với bốn HLN dự kiến: Pb, Pb-0.5%, Pb+0.5% và Pb+1.0%. Tiến hành trộn, ủ mẫu, tiếp đến, đầm mẫu bằng đầm xoay với Ndes để xác định các đặc trưng thể tích. Xác định HLN thiết kế ứng với độ rỗng dư 4.0% và các thông số thể tích khác phải đáp ứng theo yêu cầu.

2.3. Tổng quan thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa theo nguyên lý thiết kế cân bằng

Theo Cơ quan Quản lý đường bộ liên bang Hoa Kỳ (FHWA) cho rằng thiết kế hỗn hợp BTN theo nguyên lý thiết kế cân bằng (BMD) là sử dụng các thử nghiệm đặc tính làm việc trên các mẫu được điều hòa thích hợp nhằm giải quyết các dạng hư hỏng có xét đến tuổi thọ, lưu lượng giao thông, khí hậu và vị trí trong kết cấu mặt đường [14]. Mục đích của thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD:

- Đảm bảo các đặc tính làm việc: Thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD như là một cách tiếp cận mới nhằm đảm bảo độ bền của mặt đường, qua đó, khắc phục những thiếu sót của các phương pháp thiết kế hỗn hợp BTN trước đây;

- Kích hoạt sự đổi mới: Việc xác định và tối ưu hóa các đặc tính làm việc của hỗn hợp BTN giúp cải tiến các thông số kỹ thuật của BTN, đảm bảo có thể đạt được các đặc tính làm việc tốt hơn trong thực tế;

- Tối ưu hóa về kinh tế: Thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD cho phép tối ưu hóa hỗn hợp về mặt chi phí sử dụng vật liệu hiệu quả (ví dụ như nhựa đường, cốt liệu, vật liệu tái chế, phụ gia,...) và đặc tính làm việc. Nếu không

nhận rõ đặc tính làm việc thực sự của hỗn hợp, các quyết định về sử dụng vật liệu có thể không đạt hiệu quả khi dựa trên các giả định và kinh nghiệm trước đó không còn phù hợp ở hiện tại.

Xu hướng thiết kế hỗn hợp BTN hiện nay tại Hoa Kỳ là thiết kế theo BMD. Trong đó, hỗn hợp BTN được thiết kế để đạt cân bằng tối ưu giữa khả năng chống LVBX và khả năng chống nứt bằng cách sử dụng các thử nghiệm đặc tính làm việc hỗn hợp BTN thay vì chỉ dựa vào các chỉ tiêu về đặc trưng thể tích. Hiện nay, nhiều bang ở Hoa Kỳ đã áp dụng phương pháp thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD và AASHTO ban hành hai tiêu chuẩn AASHTO PP 105-20 [3] và AASHTO MP 46- 20 [4] về thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD với bốn cách tiếp cận được trình bày như Hình 3 [14], bao gồm:

- Cách A: Thiết kế theo thể tích, kiểm tra và xác nhận các đặc tính làm việc (Volumetric Design with Performance Verification), đây được xem giải pháp thận trọng nhất và có tiềm năng đổi mới thấp nhất;

- Cách B: Thiết kế theo thể tích và tối ưu hóa đặc tính làm việc (Volumetric Design with Performance Optimization), linh hoạt hơn so với cách A nhưng vẫn được coi là một cách thận trọng và tiềm năng đổi mới còn hạn chế;

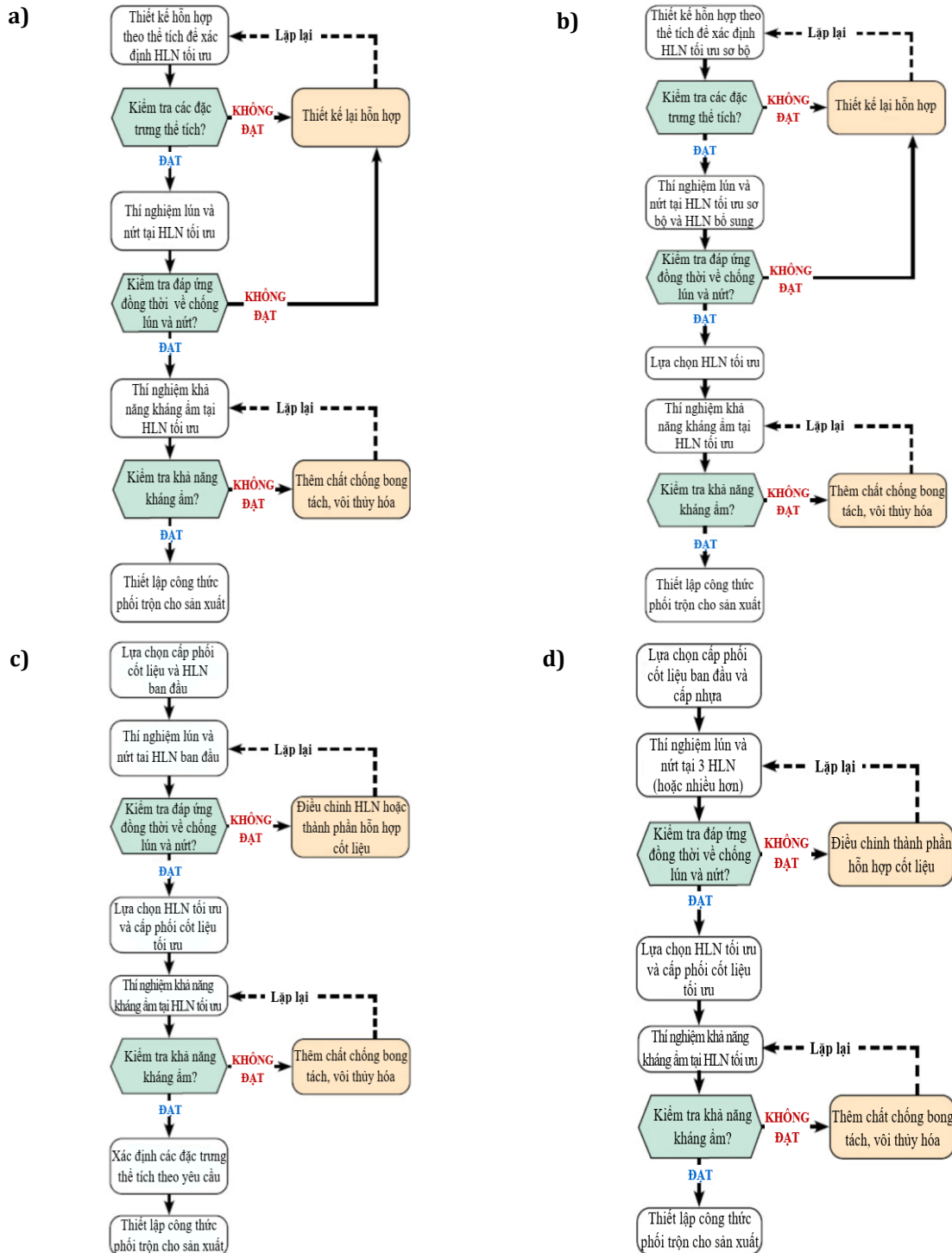
- Cách C: Thiết kế theo đặc tính làm việc - hiệu chỉnh thể tích (Performance- Modified Volumetric Mix Design), cho phép một số yêu cầu về thể tích được nới lỏng hoặc loại bỏ, chỉ cần các tiêu chí đặc tính làm việc được thỏa mãn. Do đó, nó ít bảo thủ hơn cách A và B, tiềm năng đổi mới ở mức độ trung bình;

- Cách D: Thiết kế theo đặc tính làm việc (Performance Design) không yêu cầu về thể tích và chỉ dựa vào kết quả thử nghiệm đặc tính làm việc để tối ưu hóa hỗn hợp thiết kế.

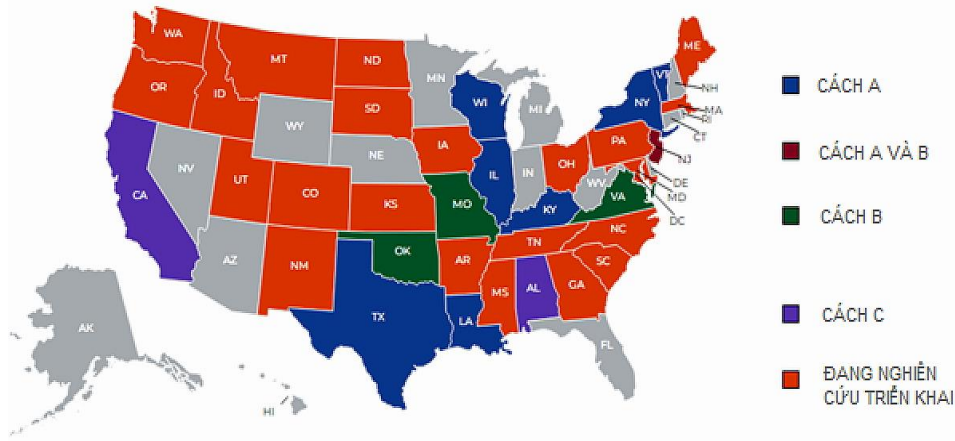
Do đó, được xem là phương án ít thận trọng nhất, tiềm năng đổi mới cao nhất.

Tình hình nghiên cứu áp dụng thiết kế theo BMD ở các bang của Hoa Kỳ tính đến năm 2024 (xem Hình 4 [15]) theo Hiệp hội Mật đường nhựa Quốc gia Hoa Kỳ, NAPA.

Tính đến thời điểm tháng 6 năm 2024 đã có 07 bang triển khai theo cách A, 03 bang triển khai theo cách B, 02 bang triển khai theo cách C, 01 bang triển khai đồng thời cách A và B, 22 bang đang nghiên cứu [15]. Bảng 1 thể hiện cách thiết kế theo BMD của các bang.



Hình 3. Trình tự các cách thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa theo nguyên lý thiết kế cân bằng. (a) Cách A; (b) Cách B; (c) Cách C; (d) Cách D.



Hình 4. Tình hình nghiên cứu áp dụng BMD ở Hoa Kỳ.

Bảng 1. Tổng hợp cách thiết kế theo BMD của các bang tại Hoa Kỳ.

Cách thiết kế theo BMD	Bang	Phương pháp thí nghiệm chống lún	Phương pháp thí nghiệm chống nứt
A	Texas	HWTT	OT, IDEAL-CT
	Louisiana	HWTT	SCB
	Illinois	HWTT	I-FIT
	Wisconsin	HWTT	IDEAL CT
	New York	HT-IDT	I-FIT, IDEAL-CT
	Kentucky	HWTT	IDEAL-CT
	Vermont	HWTT	IDEAL-CT
A và B	New Jersey	APA	OT, BBF
	Missouri	HWTT, IDEAL-RT	IDEAL-CT
B	Virginia	APA, HT-IDT	Cantabro, IDEAL-CT
	Oklahoma	HWTT	IDEAL-CT
C	California	FN, HWTT	BBF, IDEAL-CT
	Alabama	HT-IDT	IDEAL-CT

APA, Asphalt Pavement Analyzer (Thiết bị phân tích mặt đường BTN).

BBF, Bending Beam Fatigue (Thí nghiệm mỏi uốn dầm).

Cantabro (Tổn thất Cantabro).

FN, Flow Number (Chỉ số chảy).

HWTT, Hamburg Wheel Tracking Test (Thí nghiệm lún vệt bánh xe Hamburg).

HT-IDT, High Temperature - Indirect Tensile (Kéo gián tiếp ở nhiệt độ cao).

I-FIT, Illinois Flexibility Index Test (Thí nghiệm chỉ số mềm Illinois).

IDEAL-CT, Indirect Tensile Asphalt Cracking Test (Thí nghiệm nứt BTN thông qua kéo gián tiếp).

IDEAL-RT, Indirect Tensile Asphalt Rutting Test (Thí nghiệm lún BTN thông qua kéo gián tiếp).

OT, Overlay Test (Thí nghiệm lớp phủ).

SCB, Semi-Circular Bend (Thí nghiệm uốn mẫu bán nguyệt).

Các bang đang nghiên cứu áp dụng thiết kế theo BMD hiện nay, đều thiết kế hỗn hợp BTN dựa trên đặc tính thể tích, sau đó, thí nghiệm đánh giá các đặc tính làm việc. Hầu như, các bang đều đánh giá khả năng chống lún bằng thí nghiệm HWTT hoặc APA. Riêng đánh giá khả năng chống nứt được thực hiện bằng thí nghiệm IDEAL-CT là chủ yếu và định hướng áp dụng thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD trong thời gian tới.

3. Đánh giá các phương pháp thiết kế hỗn hợp BTN

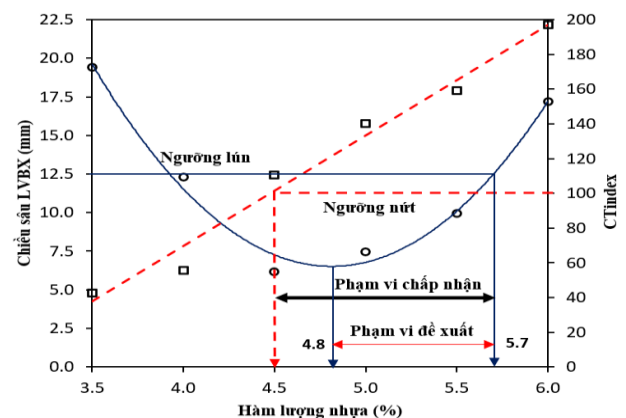
Tồn tại chủ yếu của phương pháp Marshall là đầm nén mẫu chưa mô phỏng hết quá trình lu lèn thực tế ngoài hiện trường; chưa xem xét để khắc phục các hư hỏng chủ yếu của BTN như: LVBX và nứt môi. Mặc dù còn những hạn chế, nhưng phương pháp Marshall vẫn được áp dụng khá phổ biến trên thế giới vì những lý do:

- Thiết kế đơn giản, giá thành các thiết bị thí nghiệm không cao;
- Nhiều quốc gia đã có kinh nghiệm qua quá trình nhiều năm áp dụng phương pháp này và điều chỉnh phù hợp trên cơ sở những nghiên cứu dài hạn mặt đường BTN.

Phương pháp Superpave tuân thủ nguyên tắc sử dụng các vật liệu hợp lý để chế tạo ra một hỗn hợp BTN đạt mức độ nhất định về khả năng làm việc của mặt đường BTN, phù hợp với các yêu cầu về giao thông, môi trường, kết cấu mặt đường, và độ tin cậy. Theo phương pháp Superpave, hàm lượng nhựa thiết kế xác định dựa trên các yêu cầu về đặc trưng thể tích, do đó, không thể thiết kế hỗn hợp có đặc tính kháng lún và kháng nứt thỏa mãn yêu cầu. Thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD, trong đó, các đặc tính làm việc của mặt đường được đưa vào thiết kế thành phần hỗn hợp thay vì các thông số đặc trưng thể tích. Hàm lượng nhựa thiết kế được lựa chọn dựa trên phân tích về đặc tính kháng lún –

kháng nứt, đáp ứng yêu cầu bền vững của mặt đường.

Tổng quan các dự án thiết kế cho thấy, HLN thiết kế trong hỗn hợp BTN theo phương pháp Marshall ở Việt Nam, thông thường nhỏ hơn 5%. Từ nghiên cứu của Lâm và cộng sự [16], HLN thiết kế trong hỗn hợp BTN theo phương pháp Superpave lên đến 5.2%. Ngoài ra, một nghiên cứu khác khi so sánh HLN thiết kế xác định theo phương pháp Marshall và phương pháp Superpave ở Oman [17] cho thấy, trong điều kiện tải trọng lưu thông cao, xét đến vật liệu có nguồn gốc tại địa phương và điều kiện thời tiết điển hình khu vực, lần lượt là 5.5% và 4.5%. Hỗn hợp BTN thiết kế theo phương pháp Superpave ổn định hơn phương pháp Marshall. Như vậy, thiết kế hỗn hợp BTN theo phương pháp Superpave cho ra HLN thiết kế cao hơn phương pháp Marshall trong môi trường nóng và điều kiện tải trọng lưu thông cao. So sánh HLN thiết kế xác định theo phương pháp Marshall và BMD từ Phúc và cộng sự [18] cho kết quả nghiên cứu là HLN thiết kế được xác định bằng phương pháp Marshall là 4.7%, và dựa trên phân tích về đặc tính kháng lún – kháng nứt của hỗn hợp BTN, có thể xác định được phạm vi HLN thiết kế đề xuất theo BMD là 4.8 – 5.7%, như Hình 5. HLN thiết kế khuyến nghị cho sản xuất là 5.3%, cao hơn so với HLN xác định từ phương pháp Marshall.



Hình 5. Biểu đồ phân tích cân bằng giữa đặc tính kháng lún – kháng nứt của BTN.

Có thể thấy, sử dụng BMD để xác định HLN thiết kế thì có tính linh hoạt hơn phương pháp Marshall và Superpave, tùy vào các điều kiện yêu cầu của dự án. Khi thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD, HLN thiết kế cuối cùng trong phạm vi đề xuất đều có thể được lựa chọn theo đặc tính của hỗn hợp, thuộc tính vật liệu và thử nghiệm các đặc tính khác nhau, nhằm đảm bảo nâng cao tuổi thọ của mặt đường. Do vậy, cần triển khai từng bước áp dụng phương pháp thiết kế theo BMD cho BTN tại Việt Nam.

4. Đề xuất phương pháp thiết kế bê tông nhựa theo nguyên lý thiết kế cân bằng tại Việt Nam

4.1. Lựa chọn cách thiết kế

Thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD là phương pháp thiết kế mới, hướng tới độ bền của mặt đường dài hạn. Như đã đề cập ở trên, cách A là cách tiếp cận thận trọng và có tiềm năng đổi mới thấp nhất, trong khi cách B là phiên bản mở rộng và linh hoạt hơn cách A.

Thiết kế hỗn hợp BTN hiện nay ở Việt Nam, chủ yếu dựa theo phương pháp Marshall nên còn tồn tại nhiều nhược điểm. Thiết kế theo BMD theo cách A không xác định được phạm vi cân bằng các đặc tính làm việc của hỗn hợp, gần giống với trình tự thiết kế trong tiêu chuẩn hiện hành TCVN 13567:2022 [19]. Trên cơ sở tận dụng các phương pháp truyền thống và điều kiện thiết bị thí nghiệm tại Việt Nam hiện nay, có thể đề xuất lựa chọn cách thiết kế theo BMD là cách B (Volumetric Design with Performance Optimization) với trình tự thiết kế như sau:

- Tiến hành thiết kế hỗn hợp theo phương pháp Marshall để xác định HLN tối ưu sơ bộ thỏa mãn các yêu cầu về đặc trưng thể tích;

- Hỗn hợp sau đó được thử nghiệm các đặc tính làm việc lún và nứt tại HLN tối ưu sơ bộ, ít nhất hai HLN bổ sung từ $\pm 0.3\%$ đến

$\pm 0.5\%$ bao quanh HLN tối ưu sơ bộ. Chọn HLN tối ưu cuối cùng đáp ứng đồng thời về chống lún và nứt. Trong trường hợp không có HLN đạt yêu cầu, toàn bộ thiết kế hỗn hợp được lặp lại cho đến khi đáp ứng mọi chỉ tiêu về thể tích, lún và nứt;

- Sau khi HLN tối ưu cuối cùng được chọn, hỗn hợp thiết kế tiến hành kiểm tra đánh giá bằng thử nghiệm khả năng kháng ẩm vật liệu tại HLN tối ưu theo AASHTO T283 [20]. Nếu đạt yêu cầu thì thiết lập công thức phối trộn cho sản xuất. Nếu không đạt, cần thêm các phụ gia tăng cường dính bám đá nhựa và thử nghiệm đánh giá lại khả năng kháng ẩm đến khi đạt yêu cầu.

4.2. Lựa chọn phương pháp thí nghiệm

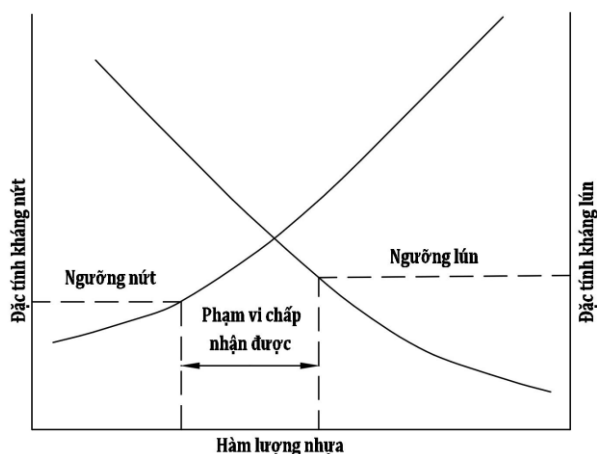
Hiện nay trên thế giới có rất nhiều phương pháp thí nghiệm đánh giá khả năng chống nứt cho BTN trong phòng thí nghiệm như thí nghiệm uốn dầm bốn điểm; thí nghiệm uốn mẫu bán nguyệt SCB; thí nghiệm IDEAL-CTindex; thí nghiệm Texas overlay test. Với thí nghiệm IDEAL-CTindex theo ASTM D8225-19 [21] được phát triển bởi bang Texas trên mô hình kéo gián tiếp với tốc độ gia tải 50 mm/phút, sử dụng mẫu BTN hình trụ tương tự như mẫu thí nghiệm cường độ chịu kéo của BTN. Ưu điểm của thí nghiệm này là thực hiện đơn giản, thời gian chuẩn bị mẫu và thí nghiệm nhanh, kết quả thí nghiệm có độ chụm cao, đánh giá được độ nhạy của các thông số đầu vào, thiết bị có giá thành thấp, có thể tận dụng máy Marshall tự động. Kết quả thí nghiệm cho ra chỉ số CTindex (Cracking Tolerance index) và nếu chỉ số này càng cao thì BTN có khả năng chống nứt càng tốt. Mặt khác, khi lựa chọn phương pháp thí nghiệm cần xem xét chọn các thí nghiệm có độ chụm cao, mức độ phân tán của kết quả thí nghiệm thấp, giá thành thiết bị thấp, đơn giản, dễ sử dụng, đánh giá được độ nhạy của các thông số đầu vào, phù hợp với điều kiện khai thác... Vì vậy, đề xuất lựa chọn thí

thí nghiệm IDEAL-CTindex theo ASTM D8225-19 [21] để đánh giá khả năng chống nứt BTN khi thiết kế theo BMD tại Việt Nam.

Về phương pháp thí nghiệm đánh giá khả năng chống LVBX cho BTN hiện nay, trên thế giới có thể kể đến các phương pháp như thí nghiệm APA (Asphalt Pavement Analyzer); thí nghiệm Hamburg Wheel-Tracking; thí nghiệm chỉ số chảy (Flow Number Test); thí nghiệm cắt Superpave (Superpave Shear Tester). Tại Hoa Kỳ, đa số các bang lựa chọn đánh giá khả năng chống LVBX theo thí nghiệm Hamburg Wheel Tracking tính đến năm 2024. Và tại Việt Nam hiện nay cũng sử dụng phương pháp này để đánh giá LVBX cho BTN. Do vậy, đề xuất lựa chọn phương pháp thí nghiệm Hamburg Wheel Tracking theo TCVN 13899:2023 [22] để đánh giá khả năng chống LVBX của BTN khi thiết kế theo BMD tại Việt Nam.

4.3. Biểu đồ phân tích theo nguyên lý thiết kế cân bằng

Theo BMD thì HLN thiết kế của BTN được chọn nhằm đáp ứng các đặc tính làm việc mong muốn dựa trên kết quả của hai thử nghiệm lún và nứt. Hàm lượng nhựa thiết kế được lựa chọn dựa trên phân tích về đặc tính kháng lún – kháng nứt của hỗn hợp BTN, như thể hiện tại Hình 6.



Hình 6. Biểu đồ phân tích lựa chọn hàm lượng nhựa thiết kế theo BMD.

5. Kết luận

Thông qua kết quả phân tích và đánh giá có thể rút ra các kết luận sau:

HLN thiết kế xác định theo phương pháp Marshall và phương pháp Superpave chủ yếu dựa trên các yêu cầu về đặc trưng thể tích, chưa xét đến các đặc tính làm việc của hỗn hợp BTN trong điều kiện thực tế. Nếu áp dụng bằng BMD, HLN thiết kế dựa trên phân tích về đặc tính kháng lún – kháng nứt của hỗn hợp BTN, qua đó, HLN thiết kế trở nên linh hoạt hơn nhằm hướng đến việc đảm bảo độ bền mặt đường dài hạn.

BMD là phương pháp thiết kế mới đảm bảo liên hệ chặt chẽ hơn giữa kết quả thí nghiệm trong phòng với các đặc tính làm việc thực tế của kết cấu mặt đường dưới tác dụng của tải trọng và khí hậu. BMD nếu được áp dụng rộng rãi có thể đảm bảo mặt đường bền vững và tiết kiệm, thích ứng biến đổi khí hậu.

Đề xuất lựa chọn phương pháp thiết kế hỗn hợp BTN theo BMD tại Việt Nam là cách B. Đồng thời, lựa chọn thí nghiệm xác định chỉ số IDEAL-CTindex để đánh giá khả năng chống nứt hỗn hợp BTN và thí nghiệm LVBX nhằm đánh giá khả năng kháng lún khi thiết kế theo BMD trong điều kiện Việt Nam.

Đóng góp của các tác giả trong bài báo

Võ Hồng Lâm: Biên soạn dữ liệu, Phân tích dữ liệu, Viết - bản thảo gốc, chỉnh sửa bản thảo, Phản hồi ý kiến phản biện. **Lê Văn Phúc:** Phương pháp nghiên cứu, Giám sát và phân tích chính thức dữ liệu, Viết và chỉnh sửa bản thảo, Kiểm tra phản hồi ý kiến phản biện.

Tuyên bố không xung đột lợi ích và cam kết bản quyền

Các tác giả tuyên bố không xuất hiện những xung đột tiềm ẩn từ nghiên cứu này,

và cam kết bài báo chưa từng được công bố trước đây.

Chia sẻ dữ liệu theo yêu cầu

Dữ liệu sẽ được cung cấp theo yêu cầu.

Hong Lam Vo. Campus in Ho Chi Minh City, University of Transport and Communications

Van Phuc Le. Campus in Ho Chi Minh City, University of Transport and Communications

*Corresponding author: phuclv_ph@utc.edu.vn

Tài liệu tham khảo

- [1] *Hỗn hợp bê tông nhựa nóng - Thiết kế theo phương pháp Marshall*, TCVN 8820:2011, 2011.
- [2] *Hỗn hợp bê tông nhựa nóng - Thiết kế theo đặc tính thể tích Superpave*, TCVN 12818:2019, 2019.
- [3] *Standard Practice for Balanced Design of Asphalt Mixtures*, AASHTO PP 105-20, 2020.
- [4] *Standard Specification for Balanced Mix Design*, AASHTO MP 46-20, 2020.
- [5] *Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus*, ASTM D1559-89, 1989.
- [6] S. W. Anw, "Studies on marshall and modified marshall specimens by using CRMB," *Int. J. Struct. & Civ. Eng. Res.*, vol. 3, no. 4, pp. 85-95, 2014.
- [7] *Standard Specification for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures*, ASTM D3515-01, 2010.
- [8] *Standard Specification for Penetration-Graded Asphalt Cemen*, AASHTO M 20-70 (2004), 1970.
- [9] *Standard Specification for Viscosity-Graded Asphalt Binder*, AASHTO M 226-04, 2004.
- [10] Asphalt Institute, *Mix Design Method for Asphalt Concrete MS-2* Asphalt Institute, 7th ed. KY, USA: Asphalt Institute, 2014.
- [11] *Standard Method of Test for Preparing and Determining the Density of Asphalt Mixture Specimens by Means of the Superpave Gyrotory Compactor*, AASHTO T 312, 2019.
- [12] *Superpave Volumetric Mix Design*, AASHTO M 323-13, 2013.
- [13] *Superpave Volumetric Design for Asphalt Mixtures*, AASHTO R 35, 2015.
- [14] F. Yin, R. West, *Balanced mix design resource guide*, IS-143, National Center for Asphalt Technology, Auburn, AL, USA, 2021.
- [15] NAPA, "National Asphalt Pavement Association," asphaltpavement.org. Accessed: Nov. 8, 2024. [Online]. Available: <https://www.asphaltpavement.org/>
- [16] L. N. Lâm và N. Q. Phúc, "Phân tích phương pháp thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa theo Superpave và một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm," *Tạp chí Khoa học & Công nghệ Việt Nam*, tập 62, số 3, tr. 26-30, 2020.
- [17] K. Al Kaaf and V. T. Ibeabuchi, "Marshall Asphalt Mix and Superior Performance Asphalt Mix in Oman: A Comparative Study, Engineering," *Technology & Applied Science Research*, vol. 13, no. 6, 2023, 12258-12263, doi: 10.48084/etasr.6206.
- [18] V. P. Le, M. P. Bui, Q. P. Nguyen, H. L. Vo, and V. D. Nguyen, "Marshall and Balanced mix design in determining the asphalt content for hot mix asphalt mixture: A comparative study," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 21, Dec. 2024, e03753, doi: 10.1016/j.cscm.2024.e03753.
- [19] *Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng - Thi công và nghiệm thu*, TCVN 13567:2022, 2022.
- [20] *Standard Method of Test for Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage*, AASHTO T283-22, 2022.
- [21] *Standard Test Method for Determination of Cracking Tolerance Index of Asphalt Mixture Using the Indirect Tensile Cracking Test at Intermediate Temperature*, ASTM D8225-19, 2019.
- [22] *Bê tông nhựa - Phương pháp thử vệt hằn bánh xe*, TCVN 13899:2023, 2023.