

Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng và xác định giá trị mô đun đàn hồi (E_{ac}), hệ số lớp (a_i) của một số loại BTN chặt nóng ở Việt Nam

Nguyễn Quang Phúc¹, Vũ Văn Thắng^{2*}

¹Trường Đại học Giao thông Vận tải

²Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải

Ngày nhận bài 2/4/2021; ngày chuyển phản biện 8/4/2021; ngày nhận phản biện 7/5/2021; ngày chấp nhận đăng 12/5/2021

Tóm tắt:

Phương pháp thiết kế kết cấu áo đường mềm theo AASHTO 1993 đã được nhiều bang ở Mỹ và Canada sử dụng và đang được nhiều nước khác tại châu Âu, châu Á nghiên cứu áp dụng. Hệ số lớp (a_i) trong phương trình thiết kế AASHTO biểu thị một quan hệ thực nghiệm giữa chỉ số kết cấu mặt đường mềm và chiều dày. Giá trị của các hệ số lớp a_i được quy định cho mỗi lớp vật liệu tùy thuộc chất lượng thể hiện chủ yếu qua mô đun đàn hồi. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu bước đầu một số yếu tố ảnh hưởng và xác định giá trị mô đun đàn hồi (E_{ac}), hệ số lớp a_i của một số loại bê tông nhựa (BTN) chặt nóng ở Việt Nam.

Từ khóa: bê tông nhựa (BTN), hệ số lớp a_i , mô đun đàn hồi (E_{ac}), nhựa đường.

Chỉ số phân loại: 2.1

Đặt vấn đề

Phương pháp thiết kế kết cấu mặt đường mềm theo AASHTO 1993 đã được biên soạn thành 22 TCN 274-01 (Tiêu chuẩn thiết kế mặt đường mềm) từ những năm 2000 thông qua Dự án tài trợ của Ngân hàng thế giới. Bộ Giao thông Vận tải đã định hướng xây dựng lộ trình chuyển đổi sang áp dụng phương pháp thiết kế kết cấu mặt đường mềm theo AASHTO 1993, tuy nhiên việc áp dụng phương pháp thiết kế này trong thực tế còn ít do khó khăn khi lựa chọn một số thông số phục vụ công tác thiết kế, trong đó có thể kể đến là hệ số lớp kết cấu a_i của BTN [1-3]. Mô đun đàn hồi (E_{ac}) của BTN là thông số quan trọng nhất khi thiết kế kết cấu mặt đường theo AASHTO 1993. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến E_{ac} và a_i của 3 loại BTN sử dụng phổ biến làm lớp mặt đường ở Việt Nam.

Thiết kế nghiên cứu thực nghiệm

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến E_{ac} của BTN, trong đó có thể kể đến là yếu tố vật liệu, bao gồm đường kính lớn nhất danh định của cốt liệu, đặc trưng thô - mịn của cấp phối hỗn hợp cốt liệu, đặc tính của nhựa đường, độ chặt - độ rỗng của hỗn hợp BTN...

Nghiên cứu được thực hiện với 3 loại BTN chặt (BTNC) đang được sử dụng phổ biến tại nước ta là BTNC12,5, BTNC19 và BTNC25 (ATB25). Sử dụng 3 loại nhựa đường 60/70, 40/50 và nhựa đường polymer. Cốt liệu sử dụng 3 loại đá dăm phổ biến là đá vôi, đá granite và bazan. Tổng số

thí nghiệm là $3 \times 3 \times 3 \times 3$ mẫu/tổ mẫu = 81 mẫu.

Phương pháp thí nghiệm theo mô hình kéo gián tiếp tải trọng lặp xác định E_{ac} của BTN, tiêu chuẩn thí nghiệm ASTM D4123 và ASTM D7369 [4, 5], nhiệt độ thí nghiệm là 20°C. Kết quả thí nghiệm E_{ac} ở nhiệt độ 20°C là cơ sở để xác định hệ số lớp a_i cho các loại BTN theo AASHTO 1993.

Kết quả thí nghiệm được đánh giá thống kê theo trình tự:

- Đánh giá số mẫu trong tổ mẫu: thí nghiệm với 3 mẫu/tổ mẫu.
- Phân tích độ chụm của các kết quả thí nghiệm.
- Phân tích phương sai (analysis of variance - ANOVA) đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến E_{ac} .
- Tính toán các giá trị đặc trưng.

Sử dụng phần mềm Minitab 19 để phân tích thống kê ở độ tin cậy 95%.

Mô đun đàn hồi đặc trưng (E_{dt}) của các kết quả thí nghiệm được tính theo (1):

$$E_{dt} = \bar{E} - \frac{t_{\alpha} \cdot S}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Trong đó: E_{dt} là mô đun đàn hồi đặc trưng, là khoảng tin cậy 1 phía (phía phải) (right sided confidence interval) trong phân phối student; \bar{E} là mô đun đàn hồi trung bình của các kết quả thí nghiệm được tính theo công thức (2):

*Tác giả liên hệ: Email: vuvanhangitst@gmail.com

Researching on influence factors and value confirmation of elastic modulus (E_{ac}), layer coefficient (a_i) of some types of hot dense asphalt concrete in Vietnam

Quang Phuc Nguyen¹, Van Thang Vu^{2*}

¹University of Transport and Communications

²Institute of Transportation Science and Technology

Received 2 April 2021; accepted 12 May 2021

Abstract:

The method of designing flexible road structures under the guidance of AASHTO 1993 was used in many states in the US and Canada and is being applied by many other countries in Europe and Asia. The layer coefficient a_i in the AASHTO design equation represents an empirical relationship between the structural index SN and thickness. The value of the layer coefficients (a_i) is specified for each material layer depending on the quality shown mainly through resilient modulus. This paper presents the initial research results of influencing factors and value confirmation of resilient modulus (E_{ac}) and layer coefficients (a_i) of some types of hot dense asphalt concrete in Vietnam.

Keywords: asphalt, asphalt concrete, layer coefficient (a_i), resilient modulus (E_{ac}).

Classification number: 2.1

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2)$$

n là số kết quả thí nghiệm (3 kết quả/chỉ tiêu trong nghiên cứu).

S là độ lệch tiêu chuẩn của các trị số mô đun đàn hồi được xác định theo (3):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2}{n-1}} \quad (3)$$

t_α là hệ số được xác định tùy theo suất đảm bảo và số liệu kiểm tra n nhiều hay ít; t_α được xác định bằng sử dụng hàm trong EXCEL: $t_\alpha = T.INV(R/100, (n-1))$, với suất đảm bảo $R=95\%$ thì $t_\alpha = T.INV(0.95, (3-1)) = 2,92$.

Thí nghiệm mô đun đàn hồi (E_{ac}) và phân tích kết quả

Thiết kế các loại hỗn hợp BTNC theo phương pháp Marshall, xác định được thành phần cấp phối cốt liệu, hàm lượng nhựa tối ưu.

Mẫu thí nghiệm E_{ac} được chế tạo theo phương pháp Marshall (theo TCVN 8860-1:2011) có đường kính 101,6 mm và chiều cao theo quy định với số chày đầm 2x75 chày/mặt. Mẫu sau khi bảo dưỡng ít nhất 3 ngày trong điều kiện phòng thí nghiệm được đem ra thí nghiệm.

Để có cơ sở xác định độ lớn của tải trọng lặp tác dụng, trước khi thí nghiệm xác định E_{ac} ở 20°C, tiến hành thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo gián tiếp (S_t) ở nhiệt độ 20°C theo ASTM D4867 (mẫu thí nghiệm ở trạng thái “khô”, mỗi hỗn hợp thí nghiệm 1 tổ mẫu gồm 3 mẫu).

Sau khi xác định được các giá trị S_t , tiến hành thí nghiệm E_{ac} theo tiêu chuẩn ASTM D4123. Các thông số thí nghiệm được lựa chọn như sau:

- Nhiệt độ thí nghiệm: 20°C.

- Thí nghiệm xác định E_{ac} được thực hiện với độ lớn của tải trọng lặp được lựa chọn sao cho giá trị đạt vào khoảng từ 10 đến 50% độ lớn của S_t ở nhiệt độ tương ứng, tần số tác dụng tải là 1 Hz.

- Khi tính toán E_{ac} sử dụng hệ số poisson của các loại BTN $\mu=0,35$.

Thí nghiệm được thực hiện trên thiết bị thỏa mãn yêu cầu theo tiêu chuẩn ASTM D4123, các thông số kỹ thuật của thiết bị như sau [4]:

- Lực tác dụng đầu gia tải: 20 kN.

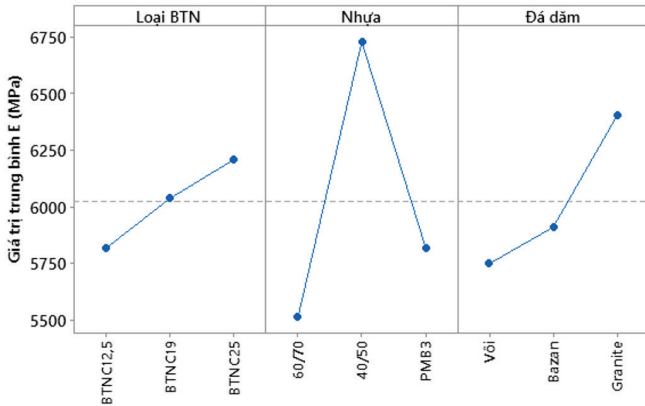
- Hành trình: 30 mm.

- Tần số: 0-30 Hz.

- Đầu cảm biến đo biến dạng ngang: $\pm 0,25$ mm.

- Nguồn điện: 220-240 V, 50 Hz.
- Nguồn cấp khí nén: áp lực 7-10 bar.
- Tủ điều khiển nhiệt độ: -10-60°C.

Công tác điều khiển thiết bị và xử lý số liệu được thực hiện trên máy tính với phần mềm chuyên dụng kèm theo.



Hình 1. Biểu đồ ảnh hưởng các yếu tố đến E_{ac} .

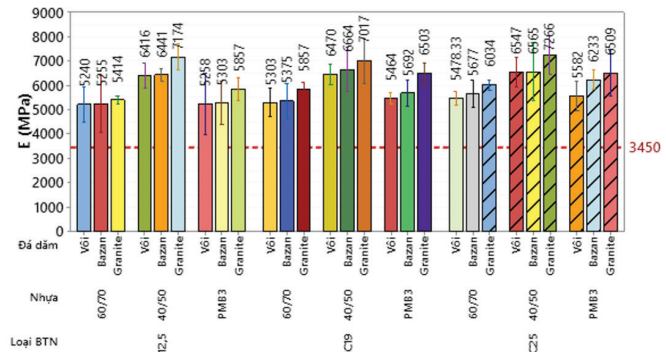
Kết quả phân tích phương sai các yếu tố chính đều ảnh hưởng đến E_{ac} có ý nghĩa thống kê, hệ số p-value của các yếu tố chính đều nhỏ hơn mức ý nghĩa $p=0,05$. Hệ số xác định điều chỉnh $R^2_{dc}=81,83\%$. Từ biểu đồ hình 1 nhận thấy:

- Loại nhựa có ảnh hưởng lớn nhất đến E_{ac} thể hiện bằng độ dốc của đường thẳng biểu diễn giá trị trung bình. Nhựa 60/70 cho giá trị E_{ac} thấp nhất, nhựa 40/50 cho giá trị E_{ac} cao nhất, nhựa polymer PMB3 cho giá trị E_{ac} ở giữa. Kết quả nhựa 40/50 cho giá trị E_{ac} cao nhất cũng phù hợp với một số nghiên cứu trên thế giới, đây là gợi ý tốt cho việc lựa chọn nhựa phù hợp với các điều kiện khai thác ở nước ta.

- Loại đá ảnh hưởng đến E_{ac} : đá vôi cho giá trị E_{ac} thấp nhất, đá granite cho giá trị E_{ac} cao nhất và đá bazan cho giá trị ở khoảng giữa. Tuy nhiên, chênh lệch E_{ac} giữa sử dụng đá bazan và đá vôi là không nhiều so với đá granite.

- Loại BTNC có ảnh hưởng đến E_{ac} thể hiện bằng độ dốc khá thoải của đường biểu diễn giá trị trung bình. Mô đun đàn hồi tăng dần từ BTNC12,5; BTNC19 và BTNC25. Kết quả này cũng tương đồng với một số nghiên cứu trên thế giới, cỡ hạt danh định lớn thì E_{ac} tăng lên.

Biểu đồ hình 2 thể hiện E_{ac} của BTN phụ thuộc vào loại BTNC, loại nhựa và loại đá dăm. Nhận thấy các biểu đồ đều thể hiện quy luật như nhau, BTNC có cỡ hạt danh định càng lớn thì E_{ac} càng lớn; nhựa 40/50 cho E_{ac} lớn nhất, nhựa 60/70 cho E_{ac} nhỏ nhất; đá granite cho E_{ac} lớn nhất; đá vôi cho E_{ac} nhỏ nhất.



Hình 2. Biểu đồ mô đun đàn hồi E_{ac} .

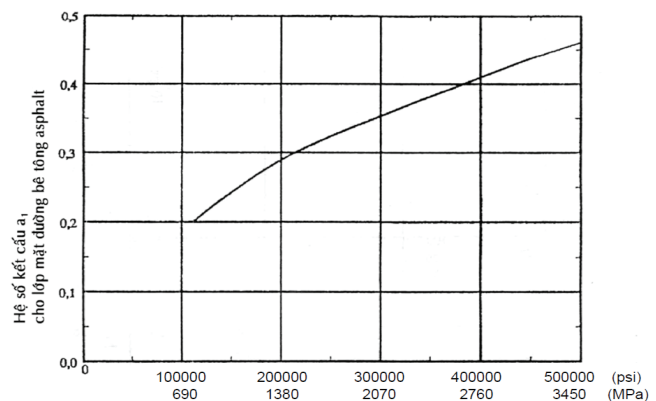
Từ phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến E_{ac} của BTNC, tổng hợp kết quả E_{ac} được làm tròn như trong bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp kết quả E_{ac} .

| Loại BTN | Giá trị E_{ac} (MPa) | Nhựa 60/70 | | | Nhựa 40/50 | | | Nhựa PMB3 | | |
|----------|------------------------|------------|-------|---------|------------|-------|---------|-----------|-------|---------|
| | | Loại đá | | | Loại đá | | | Loại đá | | |
| | | Vôi | Bazan | Granite | Vôi | Bazan | Granite | Vôi | Bazan | Granite |
| 12,5 | Min | 4990 | 4770 | 5360 | 6200 | 6320 | 6950 | 4680 | 4910 | 5710 |
| | Max | 5560 | 5700 | 5480 | 6610 | 6510 | 7400 | 5590 | 5590 | 6060 |
| | Đặc trung | 4750 | 4470 | 5310 | 6060 | 6260 | 6800 | 4400 | 4710 | 5550 |
| 19 | Min | 5060 | 5040 | 5730 | 6340 | 6240 | 6610 | 5380 | 5490 | 6330 |
| | Max | 5520 | 5570 | 5960 | 6660 | 6940 | 7360 | 5560 | 5910 | 6690 |
| | Đặc trung | 4910 | 4890 | 5660 | 6180 | 6040 | 6380 | 5310 | 5340 | 6200 |
| 25 | Min | 5350 | 5420 | 5940 | 6290 | 6030 | 6920 | 5360 | 6070 | 6070 |
| | Max | 5570 | 5840 | 6100 | 6770 | 6980 | 7560 | 5850 | 6380 | 6800 |
| | Đặc trung | 5290 | 5290 | 5890 | 6140 | 5750 | 6730 | 5170 | 5970 | 5860 |

Kết quả xác định hệ số lớp a_1 của các loại BTNC và thảo luận

Để xác định trị số a_1 của các lớp BTNC dùng cho các lớp ở tầng mặt (lớp trên và lớp dưới) sử dụng biểu đồ hình 3 khi biết mô đun đàn hồi E_{ac} của BTNC ở nhiệt độ tính toán 68°F (20°C) của mặt đường.



Hình 3. Biểu đồ xác định hệ số lớp a_1 của lớp mặt làm bằng BTNC (cho cả lớp trên và lớp dưới của lớp mặt), theo E_{ac} ở nhiệt độ tính toán (68°F=20°C).

Từ kết quả thí nghiệm ở hình 2 và bảng 1 nhận thấy, tất cả các giá trị E_{ac} đều lớn hơn giá trị tối đa 3450 MPa trong biểu đồ hình 3. Ứng với giá trị lớn nhất này hệ số lớp $a_1=0,44$. Như vậy, từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm kiến nghị hệ số lớp của các loại BTN bằng 0,44.

Thử nghiệm AASHTO được thực hiện từ những năm 1960 và biểu đồ hình 3 xác định hệ số lớp được thiết lập từ năm 1960, sau đó năm 1972 được chính thức hóa. Hạn chế của biểu đồ này là chỉ thiết lập với những vật liệu cụ thể, với những điều kiện tại nơi thử nghiệm. Nhiều bang của Mỹ quy định cụ thể giá trị hệ số lớp mà không cần tra toán đồ theo mô đun đàn hồi, như hướng dẫn thiết kế mặt đường mềm của bang Alabama, hệ số lớp cho các loại BTNC bằng 0,54; bang Washington bằng 0,50 [6]; tiêu chuẩn thiết kế mặt đường bang Florida quy định hệ số lớp của các loại BTN bằng 0,44 như bảng 2 [7]. Thiết kế hỗn hợp BTNC, chọn loại nhựa sẽ được quy định chặt chẽ theo điều kiện khí hậu và tải trọng, điều này quyết định đến chất lượng mặt đường. Khi thi công phải đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật của BTN.

Bảng 2. Hệ số lớp của các loại BTN theo hướng dẫn thiết kế Florida [7].

| Loại vật liệu | Hệ số lớp a_1 | Tiêu chuẩn tham chiếu |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| FC-5 | 0,00 | 337 |
| FC-12.5, FC-9.5 | 0,44 | 337 |
| Superpave SP (SP-9.5, SP-12.5, SP-19) | 0,44 | 334 |

Hệ số lớp của các bang nước Mỹ nêu trên đều được xác định thông qua thí nghiệm trong phòng, tra toán đồ hình 3, sau đó xây dựng các đoạn đường thử nghiệm để kiểm chứng lại. Kết quả giá trị mô đun đàn hồi trong phòng đều vượt quá so với biểu đồ, không ngoại suy được nên việc xác định a_1 phải thông qua phân tích hiện trường. Hệ số lớp này được điều chỉnh qua kinh nghiệm khai thác đường. Đây cũng là một hạn chế của phương pháp AASHTO 1993, nhất là đối với các nước chưa có nhiều điều kiện kiểm chứng hiện trường.

Từ kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, từ các phân tích như trên, bước đầu kiến nghị hệ số lớp của các loại BTNC bằng 0,44. Như vậy khi thiết kế kết cấu mặt đường, sau khi đã thiết kế cấu tạo theo các nguyên lý sẽ kiểm toán kết cấu theo AASHTO 1993 để xác định chiều dày các lớp vật liệu. Từ đó tiến hành thiết kế hỗn hợp BTN, chọn loại đá, loại nhựa, thành phần cấp phối... để thỏa mãn các yêu cầu của thiết kế hỗn hợp theo các quy định hiện hành tùy thuộc cấp hạng đường, điều kiện khí hậu, tải trọng.

Như đã phân tích, biểu đồ quan hệ giữa E_{ac} và a_1 của BTN được lập từ những năm 1960-1972 với các điều kiện vật liệu, tải trọng, khí hậu, nền đất, công nghệ thi công địa phương nên hiện nay các nghiên cứu không đi vào hướng

kéo dài biểu đồ mà xác định từ thực nghiệm hiện trường. Định hướng nghiên cứu tiếp theo sẽ tiến hành các thực nghiệm hiện trường trên các đoạn sử dụng lớp BTN với các loại cốt liệu, loại nhựa khác nhau, thiết bị đo động (FWD) để xác định hệ số lớp và dần từng bước điều chỉnh từ kinh nghiệm khai thác.

Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu và phân tích, trong phạm vi nghiên cứu thực nghiệm, các yếu tố ảnh hưởng đến mô đun đàn hồi của BTNC là:

- Loại nhựa có ảnh hưởng lớn nhất đến E_{ac} : nhựa 60/70 cho giá trị E_{ac} thấp nhất, nhựa 40/50 cho giá trị E_{ac} cao nhất, nhựa polymer PMB3 cho giá trị E_{ac} ở khoảng giữa.

- Loại đá ảnh hưởng đến E_{ac} : đá vôi cho giá trị E_{ac} thấp nhất, đá granite cho giá trị E_{ac} cao nhất và đá bazan cho giá trị ở khoảng giữa. Tuy nhiên chênh lệch E_{ac} giữa sử dụng đá bazan và đá vôi là không nhiều so với đá granite.

- Loại BTNC có ảnh hưởng tới E_{ac} : cỡ hạt lớn nhất danh định càng lớn thì E_{ac} càng cao và E_{ac} tăng dần từ BTNC12,5; BTNC19 đến BTNC25.

Nghiên cứu đã đề xuất bảng giá trị E_{ac} của BTNC phụ thuộc vào loại BTNC (cỡ hạt lớn nhất danh định), loại đá và loại nhựa sử dụng. Đã đề xuất giá trị hệ số lớp a_1 của các loại BTNC để thiết kế kết cấu mặt đường theo hướng dẫn AASHTO 1993 bằng 0,44. Khi thiết kế hỗn hợp BTNC, chọn loại nhựa sẽ được quy định chặt chẽ theo điều kiện khí hậu và tải trọng, điều này quyết định đến chất lượng mặt đường. Khi thi công phải đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật của BTNC như thiết kế hỗn hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Thị Kim Đăng (2004), *Nghiên cứu về mô đun đàn hồi của bê tông asphalt làm mặt đường ô tô có xét đến đặc điểm tác dụng của tải trọng thực tế*, Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông Vận tải.
- [2] 22TCN-274-01, Tiêu chuẩn thiết kế mặt đường mềm.
- [3] AASHTO, Guide for Design Pavement Structures 1993.
- [4] ASTM D4123, Standard Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminous Mixtures.
- [5] ASTM D7369, Standard Test Method for Determining the Resilient Modulus of Bituminous Mixtures by Indirect Tension Test.
- [6] David H. Timm, et al. (2014), *Recalibration procedures for the structural asphalt layer coefficient in the 1993 AASHTO pavement design guide*, NCAT Report 14-08, Alabama, USA.
- [7] Fdot (2021), *Flexible Pavement Design Manual*, Florida, USA.