

Đánh giá chất lượng bê tông nhựa polime và bê tông nhựa thường bằng kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi tĩnh và mô đun phức động

Lê Thái Bình¹, Chu Việt Thức², Nguyễn Văn Chính³

Evaluate the quality of polymer asphalt concrete and conventional asphalt concrete by testing results of static elastic modulus and complex modulus

Tóm tắt

Bê tông nhựa polime là một loại vật liệu đã và đang được sử dụng để xây dựng đường ô tô trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Trong bài báo này, tác giả trình bày kết quả các thí nghiệm đại diện để làm rõ các yếu tố ảnh hưởng đến giá trị mô đun đàn hồi như là nhiệt độ thí nghiệm, thời gian và chu kỳ tác dụng của tải trọng đến bê tông nhựa polime. Kết quả của các thí nghiệm này có thể dùng để tham khảo như chỉ tiêu ban đầu đánh giá chất lượng bê tông nhựa sử dụng nhựa đường polime.

Từ khóa: bê tông nhựa, mô đun đàn hồi, bê tông nhựa polime, nhựa đường cải tiến

Abstract

Polymer asphalt concrete is a new material that has been used to build motorways in the world as well as in Vietnam. In this article, the author presents the results of representative experiments to clarify factors affecting the value of elastic modulus such as experimental temperature, time and cycle of load application. polymer asphalt concrete. The results of these experiments can be used as reference as initial indicators to evaluate the quality of asphalt concrete using polymer asphalt.

Key words: asphalt concrete, elastic modulus, polymer modified asphalt concrete, modified asphalt

1. Đặt vấn đề

Bê tông nhựa (BTN) là vật liệu chủ yếu để xây dựng đường ô tô và được sử dụng rộng rãi trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Việc nâng cao chất lượng và tuổi thọ lớp mặt BTN ở nước ta sẽ góp phần nâng cao chất lượng của cả mạng lưới đường ô tô và có ý nghĩa kinh tế kỹ thuật to lớn. BTN polime đã được sử dụng tại các nước phát triển với các điều kiện khí hậu và tiêu chuẩn thi công, nghiệm thu theo các đặc điểm địa lý cụ thể. Ở Việt Nam, lớp phủ BTN polime đã được áp dụng trên một số đường cao tốc, tuy nhiên mới ở mức độ thử nghiệm, chi phí cao và bị lệ thuộc vào công nghệ ngoại nhập [1, 2].

BTN thường là hỗn hợp gồm các thành phần là cốt liệu khoáng (đá dăm, cát, bột khoáng), chất liên kết là nhựa đường và phụ gia (nếu có) được phối hợp với nhau theo tỷ lệ hợp lý.

Để điều chỉnh cấu trúc của BTN theo yêu cầu sử dụng, có thể xem BTN là một hệ thống gồm ba cấu trúc thành phần [2, 3].

- Cấu trúc vi mô: gồm nhựa và bột khoáng tạo thành chất liên kết asphalt.
- Cấu trúc trung gian: gồm cát và các chất liên kết asphalt tạo thành vữa asphalt.
- Cấu trúc vĩ mô: gồm đá dăm và vữa asphalt tạo thành hỗn hợp BTN.

Các thành phần vật liệu cơ bản của hỗn hợp BTN bao gồm các cốt liệu hạt thô (đá dăm) và hạt mịn (cát) có thành phần cỡ hạt tuân theo một quy luật nhất định. Các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho các loại BTN thường đã được nhiều tác giả công bố ở cả Việt Nam và trên thế giới [4, 5]. Hiện nay, trong quá trình thi công, nghiệm thu, một số chỉ tiêu đối với BTN nói chung cũng như đối với BTN polime nói riêng tại Việt Nam vẫn đang được áp dụng theo các tiêu chuẩn chung [6].

Các tính chất của BTN phụ thuộc vào tỉ lệ và tính chất của các vật liệu thành phần, phụ thuộc vào sự phân bố chất kết dính trong hỗn hợp và chất lượng tương tác giữa cốt liệu và chất dính kết [7-10].

Ngoài ra, khi chịu tác dụng của bức xạ mặt trời, độ ẩm, và nhiệt độ cao, BTN thông thường dần bị "hóa già", mặt đường trở lên giòn, dễ gãy vỡ dưới tác dụng của xe cộ. Việc sử dụng BTN polime có cường độ cũng như độ ổn định cao hơn, làm tăng được tuổi thọ mặt đường đã và đang được nghiên cứu, ứng dụng ở các nước phát triển. Tuy nhiên, các nghiên cứu cụ thể ở Việt Nam về việc sử dụng BTN polime để cải thiện được chất lượng, hạn chế các hư hỏng của loại mặt đường này, tiết kiệm được chi phí bảo dưỡng, sửa chữa cho các tuyến đường, hạn chế tai nạn giao thông, lại chưa được nghiên cứu đầy đủ và thấu đáo.

Trong bài báo này, tác giả trình bày kết quả các thí nghiệm đại diện để làm rõ các yếu tố ảnh hưởng đến giá trị mô đun đàn hồi như là nhiệt độ thí nghiệm, thời gian và chu kỳ của tác dụng của tải trọng đến BTN polime. Kết quả của các thí nghiệm này có thể dùng để tham khảo như chỉ tiêu ban đầu đánh giá chất lượng BTN sử dụng nhựa đường cải tiến polime.

2. Vật liệu và các chỉ tiêu lựa chọn nghiên cứu

2.1. Vật liệu sử dụng trong các nghiên cứu thực nghiệm

Vật liệu sử dụng được lựa chọn là những loại đại diện, được sử dụng phổ biến hiện nay ở khu vực phía Bắc:

- + Đá dăm các loại: Mỏ đá Việt Úc - Kiên Khê - Phường Phú Lý - Tỉnh Ninh Bình.
- + Bột khoáng: Đồng Giao - Phường Tam Điệp - Tỉnh Ninh Bình.
- + Cát vàng: Sông Lô - Phường Thanh Miếu - Tỉnh Phú Thọ.
- + Nhựa đường: Nhựa đường Shell đặc 60/70 và nhựa PMB1

Cấp phối cốt liệu sử dụng theo tiêu chuẩn TCVN 13567-1 : 2022 và TCVN 13567-

¹ Tiến sĩ, Khoa Cơ khí - Ô tô và Xây dựng
Trường Đại học Điện Lực
Email: binhlt@epu.edu.vn, ĐT: 0983010529

² Tiến sĩ, Phòng QLKH&HTQT,
Trường Đại học Điện Lực
Email: thucv@epu.edu.vn

³ Tiến sĩ, Khoa Cơ khí - Ô tô và Xây dựng
Trường Đại học Điện Lực
Email: chinhnv@epu.edu.vn

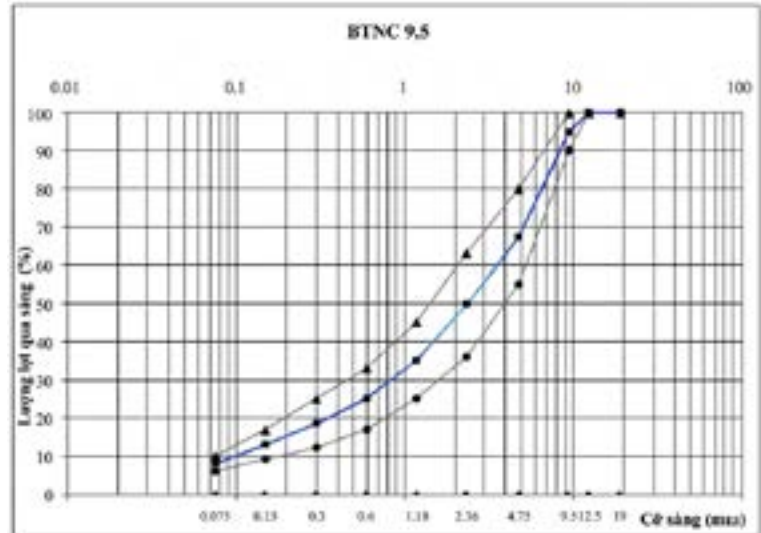
2 : 2022 [6] cho BTN chặt hạt mịn là BTN thường (BTNC 9.5) và BTN polime (BTNP 9.5), như được thể hiện trong Bảng 1.

Cấp phối cốt liệu sử dụng theo tiêu chuẩn TCVN 13567-1 : 2022 và TCVN 13567-2 : 2022 [6] cho bê tông nhựa chặt hạt mịn là BTN thường (BTNC 12.5) và BTN polime (BTNP 12.5), như được thể hiện trong Bảng 2.

Các Hình 1 và 2 dưới đây thể hiện đường cong cấp phối tiêu chuẩn cho các loại BTN sử dụng trong chương trình nghiên cứu thực nghiệm.

Nhìn chung, đường cong cấp phối của các hỗn hợp BTNC 9.5 và BTNP 9.5 đều nằm trong phạm vi dải yêu cầu của tiêu chuẩn, thể hiện thành phần hạt cốt liệu được lựa chọn phù hợp. Phân bố cỡ hạt liên tục, không xuất hiện khoảng thiếu hụt cấp phối rõ rệt, góp phần hình thành cấu trúc hỗn hợp ổn định. Điều này cho phép loại trừ ảnh hưởng bất lợi của cấp phối đến kết quả thí nghiệm, từ đó việc so sánh các chỉ tiêu cơ học chủ yếu phản ánh sự khác biệt do loại chất kết dính.

Đối với các hỗn hợp BTNC 12.5 và BTNP 12.5, đường cong cấp phối thiết kế cũng nằm trong dải yêu cầu, bảo đảm



Hình 1. Đường cong cấp phối cốt liệu sử dụng cho BTNC 9.5 và BTNP 9.5

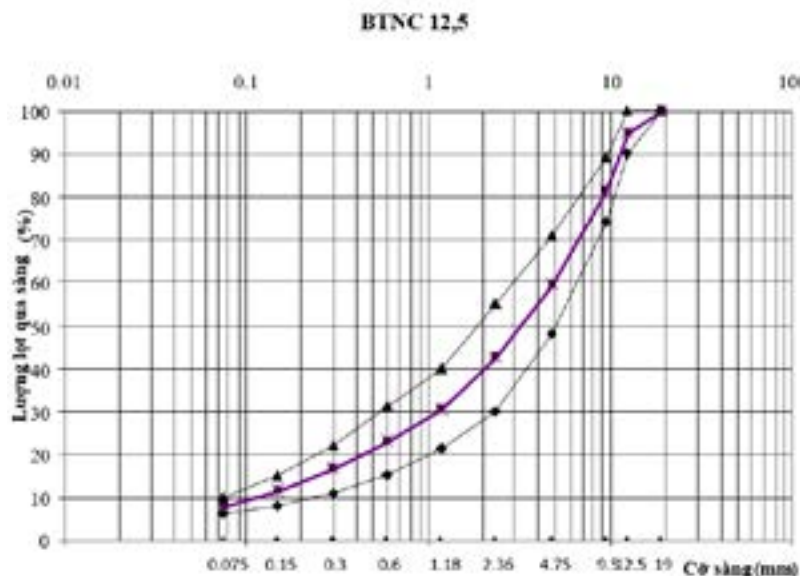
tính phù hợp về thành phần hạt. So với hỗn hợp 9.5 mm, cấp phối 12.5 mm có tỷ lệ cốt liệu thô cao hơn, góp phần hình thành bộ khung cốt liệu chịu lực rõ rệt hơn. Đây là cơ sở quan trọng để phân tích ảnh hưởng của cấp phối và loại nhựa đường

Bảng 1. Cấp phối cốt liệu sử dụng chế tạo mẫu thí nghiệm cho BTN 9.5

Cỡ sàng vuông (mm)	Lượng lọt qua sàng (%)			Lượng trên sàng (%)	Thành phần % hỗn hợp
	Min	Max	Thiết kế		
19	100	100	100		Cốt liệu thô: 32.5 %
12.5	100	100	100	-	
9.5	90	100	95	5	
4.75	55	80	67.5	27.5	
2.36	36	63	49.5	18	Cốt liệu mịn: 59.5%
1.18	25	45	35	14.5	
0.6	17	33	25	10	
0.3	12	25	18.5	6.5	
0.15	9	17	13	5.5	
0.075	6	10	8	5	
<0.075				8	BK: 8 %

Bảng 2. Cấp phối cốt liệu sử dụng chế tạo mẫu cho bê tông nhựa 12.5

Cỡ sàng vuông (mm)	Lượng lọt qua sàng (%)			Lượng trên sàng (%)	Thành phần % hỗn hợp
	Min	Max	Thiết kế		
19	100	100	100		Cốt liệu thô: 40.5 %
12.5	90	100	95	5	
9.5	74	89	81.5	13.5	
4.75	48	71	59.5	22	
2.36	30	55	42.5	17	Cốt liệu mịn: 51.5%
1.18	21	40	30.5	12	
0.6	15	31	23	7.5	
0.3	11	22	16.5	6.5	
0.15	8	15	11.5	5	
0.075	6	10	8	3.5	
<0.075				8	BK: 8 %



Hình 2. Đường cong cấp phối cốt liệu sử dụng cho BTNC 12,5 và BTNP 12,5

đến các chỉ tiêu mô đun trong các phần tiếp theo.

2.2 Các chỉ tiêu được lựa chọn để nghiên cứu thực nghiệm

Xác định hàm lượng nhựa tốt nhất cho hỗn hợp cấp phối lựa chọn làm thí nghiệm theo phương pháp Marshall. Các chỉ tiêu lựa chọn để nghiên cứu là: Mô đun đàn hồi tĩnh và Mô đun đàn hồi phức động.

Nghiên cứu thực nghiệm được thực hiện với các loại hỗn hợp BTN sau:

- + BTNC 9.5 - nhựa đường 60/70
- + BTNC 12.5 - nhựa đường 60/70
- + BTNP 9.5 - nhựa đường polime PMB1
- + BTNP 12.5 - nhựa đường polime PMB1

Số lượng mẫu thí nghiệm nghiên cứu: a) Xác định hàm lượng nhựa tối ưu: (4 loại cấp phối) x (5 thành phần nhựa) x (3 mẫu/ 1 tổ mẫu) = 60 mẫu - lựa chọn hàm lượng tốt nhất ; b) Mô đun đàn hồi tĩnh: (4 loại hỗn hợp) x (3 mẫu/ 1 tổ hợp) = 12 mẫu. Thí nghiệm được thực hiện với mẫu Marshall (kích thước d x h = 102.6 mm x 63.5 mm) có sử dụng hệ số điều chỉnh; c) Mô đun đàn hồi phức động: Mô đun đàn hồi phức động được thí nghiệm với 4 loại hỗn hợp với tổng số mẫu là 12. Mẫu thí nghiệm được sử dụng lại từ thí nghiệm mô đun đàn hồi tĩnh



Hình 4. Gia tải nén tĩnh xác định mô đun đàn hồi của bê tông nhựa

(không phá hoại mẫu). Hình 3 là hình ảnh một số mẫu thí nghiệm.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Tiến hành thí nghiệm

a) Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi sử dụng tải trọng tĩnh (22TCN 211-06)

Theo tiêu chuẩn 22TCN - 211 - 06, thí nghiệm được thực hiện trên mẫu hình trụ tròn có chiều cao bằng một nửa hoặc bằng đường kính (thường sử dụng mẫu có kích thước D = H= 100 mm) theo mô hình nén dọc trục nở hông tự do, tải trọng tĩnh ở các điều kiện bảo dưỡng khác nhau tùy theo yêu cầu thí nghiệm. Các hình 4 và 5 dưới đây là các hình ảnh thực hiện thí nghiệm mô đun đàn hồi tĩnh trong phòng thí nghiệm.

Tổng hợp kết quả mô đun đàn hồi tĩnh của 4 loại hỗn hợp BTN thí nghiệm được tóm tắt trong bảng 4.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi tĩnh của 4 loại hỗn hợp thí nghiệm

Loại bê tông nhựa	Mô đun đàn hồi tĩnh (MPa)
BTNC 12,5	410.78
BTNC 9,5	431.41
BTNP 12,5	485.45
BTNP 9,5	478.04



Hình 3. Hình ảnh một số mẫu thí nghiệm



Hình 5. Theo dõi chuyển vị kế - thí nghiệm nén tĩnh xác định mô đun đàn hồi của bê tông nhựa

b) Thí nghiệm xác định mô đun phức động (AASHTO TP62)

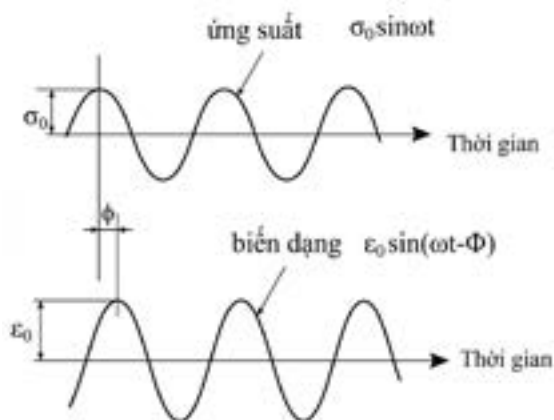
Mô đun phức động (Complex Dynamic Modulus) là mô đun độ cứng của vật liệu có tính đàn hồi, dẻo với ứng suất tác dụng động. Mô đun phức động được xác định bằng thí nghiệm nén dọc trục mẫu hình trụ có kích thước $d = h$. Tải trọng động dạng hình sin tác dụng với các tần số tác dụng lực thay đổi khác nhau (Hình 6).

Thí nghiệm mô đun phức động được thực hiện trên bộ thiết bị Cooper với nhiều tính năng chuyên dụng cho BTN làm mặt đường. Quá trình thí nghiệm được thực hiện hoàn toàn tự động trên máy tính với phần mềm có sẵn.

Hình ảnh thực hiện thí nghiệm mô đun phức động bằng phần mềm có sẵn là Hình 7. Điều chỉnh mức lực tiếp xúc và mức lực tác dụng trong trình tự thực hiện được thể hiện trong Hình 8.

Các đầu đo chuyển vị cũng được điều chỉnh trên máy về giá trị bằng 0 như thể hiện trong Hình 9. Số liệu thí nghiệm của mỗi lần thí nghiệm và của toàn bộ quá trình thực hiện thí nghiệm theo phần mềm lập sẵn đều được hiển thị trên màn hình như được thể hiện trong Hình 10.

Thí nghiệm mô đun phức động hoạt động theo một chu trình lập sẵn với các tần số gia tải 0.5, 1, 5, 10, 25 Hz. Mô đun phức động được thực hiện trên cơ sở hoàn chỉnh của thiết bị và phần mềm xử lý số liệu. Giá trị mô đun đàn hồi phức động được thực hiện ở nhiệt độ 250C, với các tần số gia tải khác nhau. Tổng hợp kết quả mô đun phức động của 4 loại hỗn hợp thí nghiệm được thể hiện trong các Bảng từ 5 đến 8.



Hình 6. Đồ thị biến dạng dưới tác dụng của ứng suất dạng hình sin

Tổng hợp các giá trị mô đun phức động của các loại hỗn hợp và ứng với tần số gia tải khác nhau được thể hiện trong Bảng 9.

3.2. Nhận xét, đánh giá kết quả các thí nghiệm

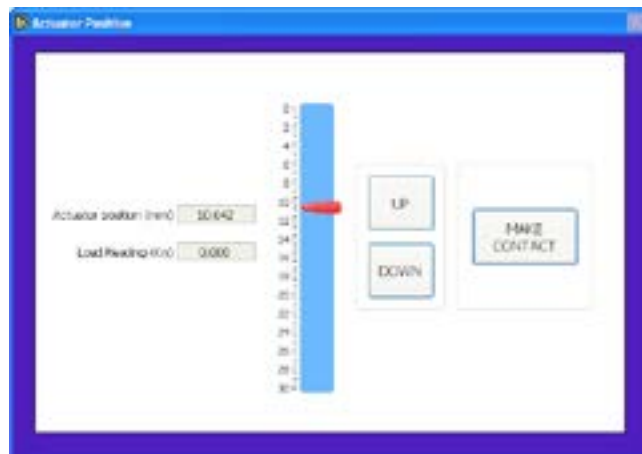
Đánh giá kết quả thí nghiệm trên cơ sở so sánh, đối chứng kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu của BTN thường và BTN polime.

a) Về mô đun đàn hồi tĩnh

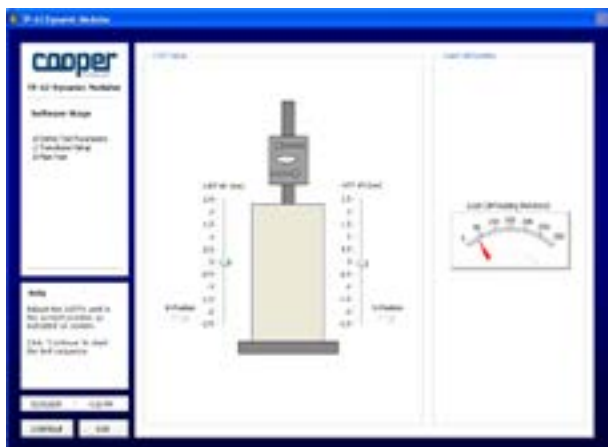
- Mô đun đàn hồi tĩnh của BTN polime được cải thiện, có



Hình 7. Thực hiện thí nghiệm mô đun phức động sử dụng phần mềm



Hình 8. Điều chỉnh mức lực tiếp xúc với mẫu



Hình 9. Điều chỉnh các đầu đo chuyển vị về giá trị bằng 0



Hình 10. Hiển thị các kết quả thí nghiệm trên màn hình

giá trị cao hơn mô đun đàn hồi tĩnh của BTN thường. Hỗn hợp có cỡ hạt nhỏ (9.5 mm) tăng lên khoảng 1.1 lần, còn hỗn hợp có cỡ hạt trung (12.5 mm) tăng nhiều hơn một chút, khoảng 1.18 lần (Hình 11).

Kết quả cho thấy ngoài ảnh hưởng của loại nhựa đường, cỡ hạt danh định lớn nhất (D_{max}) cũng có tác động nhất định đến mô đun đàn hồi tĩnh của hỗn hợp. Cụ thể, đối với hỗn hợp có $D_{max} = 12.5$ mm, mức tăng mô đun đàn hồi tĩnh khi sử dụng nhựa polime cao hơn so với hỗn hợp có $D_{max} = 9.5$ mm. Điều này có thể liên quan đến khả năng hình thành bộ khung

cốt liệu tốt hơn ở cấp phối 12.5 mm, từ đó làm tăng hiệu quả phối hợp làm việc giữa cốt liệu và chất kết dính.

- Giá trị mô đun đàn hồi tĩnh nằm trong khoảng khá phù hợp với qui định trong tiêu chuẩn thiết kế cấu tạo đường mềm hiện hành 22TCN - 211 - 06, khoảng từ 350 MPa ÷ 420 MPa.

- Nếu giá trị của BTN thường lấy ở khoảng 400 MPa thì với BTN có cùng cấp phối cốt liệu, mô đun đàn hồi của BTN sử dụng nhựa đường PMB1 cho giá trị mô đun đàn hồi tĩnh khoảng 450 ÷ 480 MPa.

Bảng 5. Mô đun phức động của hỗn hợp BTNC 9.5

Số hiệu mẫu	Tần số gia tải (Hz)	Chu kỳ gia tải số	Ứng suất động (KPa)	Chuyển vị 1 (mm)	Chuyển vị 2 (mm)	Chuyển vị trung bình (mm)	Biến dạng mẫu (mm/mm)	Mô đun phức động (MPa)
BTNC 9.5 - No. 4	25	200	163.94	0.005097	0.005050	0.005073	0.000080	2063.42
	10	200	174.03	0.005836	0.005322	0.005579	0.000088	1987.15
	5	100	170.32	0.005602	0.005385	0.005493	0.000086	1975.10
	1	20	165.58	0.006272	0.006505	0.006388	0.000100	1651.35
	0.5	15	168.65	0.007018	0.007579	0.007298	0.000115	1472.36
	0.1	15	172.77	0.009026	0.010489	0.009757	0.000153	1128.33
BTNC 9.5 - No. 5	25	200	163.75	0.006061	0.005143	0.005602	0.000088	1859.27
	10	200	174.59	0.006645	0.005758	0.006202	0.000098	1787.88
	5	100	170.33	0.006489	0.005509	0.005999	0.000094	1803.89
	1	20	165.43	0.007797	0.006256	0.007026	0.000111	1495.26
	0.5	15	168.40	0.008450	0.006800	0.007625	0.000120	1402.63
	0.1	15	173.04	0.010644	0.008621	0.009633	0.000152	1141.12

Bảng 6. Mô đun phức động của hỗn hợp BTNC 12.5

Số hiệu mẫu	Tần số gia tải (Hz)	Chu kỳ gia tải số	Ứng suất động (KPa)	Chuyển vị 1 (mm)	Chuyển vị 2 (mm)	Chuyển vị trung bình (mm)	Biến dạng mẫu (mm/mm)	Mô đun phức động (MPa)
BTNC 12.5 - No. 6	25	200	144.12	0.004739	0.004420	0.004579	0.000084	1718.14
	10	200	177.69	0.006505	0.006240	0.006373	0.000117	1520.41
	5	100	172.97	0.006225	0.006038	0.006131	0.000113	1537.94
	1	20	165.98	0.006583	0.006972	0.006777	0.000124	1334.83
	0.5	15	169.38	0.006894	0.007703	0.007298	0.000134	1264.86
	0.1	15	175.16	0.008450	0.009633	0.009042	0.000166	1055.95
BTNC 12.5 - No. 7	25	200	125.94	0.004233	0.003463	0.003848	0.000070	1810.75
	10	200	174.20	0.006614	0.004871	0.005742	0.000104	1669.00
	5	100	171.48	0.006816	0.004451	0.005634	0.000103	1675.46
	1	20	164.16	0.008217	0.004855	0.006536	0.000119	1381.66
	0.5	15	167.47	0.009415	0.005353	0.007384	0.000134	1247.43
	0.1	15	174.27	0.012776	0.007298	0.010037	0.000183	955.30

Bảng 7. Mô đun phức động của hỗn hợp BTNP 9.5

Số hiệu mẫu	Tần số gia tải (Hz)	Chu kỳ gia tải số	Ứng suất động (KPa)	Chuyển vị 1 (mm)	Chuyển vị 2 (mm)	Chuyển vị trung bình (mm)	Biến dạng mẫu (mm/mm)	Mô đun phức động (MPa)
BTNP 9.5 - No. 9	25	200	171.78	0.006754	0.004069	0.005412	0.000085	2044.91
	10	200	194.18	0.007081	0.005166	0.006124	0.000096	2029.75
	5	100	188.45	0.006925	0.005353	0.006139	0.000096	1964.69
	1	20	182.58	0.007921	0.006536	0.007228	0.000113	1616.61
	0.5	15	185.80	0.008777	0.007547	0.008162	0.000128	1456.89
	0.1	15	190.52	0.010815	0.009975	0.010395	0.000163	1173.21
BTNP 9.5 - No. 13	25	200	159.03	0.003050	0.004186	0.003618	0.000057	2788.13
	10	200	192.80	0.003890	0.004855	0.004373	0.000069	2777.95
	5	100	187.53	0.004108	0.004871	0.004490	0.000071	2632.85
	1	20	181.10	0.004840	0.005571	0.005205	0.000083	2191.87
	0.5	15	184.57	0.005509	0.006271	0.005890	0.000093	1975.31
	0.1	15	189.74	0.007267	0.008139	0.007703	0.000122	1552.01

Bảng 8. Mô đun phức động của hỗn hợp BTNP 12.5

Số hiệu mẫu	Tần số gia tải (Hz)	Chu kỳ gia tải số	ứng suất động (KPa)	Chuyển vị 1 (mm)	Chuyển vị 2 (mm)	Chuyển vị trung bình (mm)	Biến dạng mẫu (mm/mm)	Mô đun phức động (MPa)
BTNP 12.5 - No. 17	25	200	128.19	0.002171	0.002475	0.002323	0.000036	3544.89
	10	200	189.95	0.003501	0.004139	0.003821	0.000060	3182.98
	5	100	187.85	0.003688	0.004124	0.003906	0.000061	3080.76
	1	20	180.73	0.004139	0.004591	0.004365	0.000068	2650.45
	0.5	15	184.06	0.004669	0.005120	0.004894	0.000076	2408.23
	0.1	15	191.13	0.006194	0.006909	0.006552	0.000102	1867.18
BTNP 12.5 - No. 18	25	200	183.06	0.005517	0.006240	0.005879	0.000092	2029.53
	10	200	198.60	0.003921	0.004030	0.003976	0.000063	3147.39
	5	100	194.07	0.004015	0.004077	0.004046	0.000064	3022.39
	1	20	188.50	0.004824	0.005213	0.005019	0.000080	2366.24
	0.5	15	191.72	0.005369	0.005820	0.005594	0.000089	2159.42
	0.1	15	196.16	0.007049	0.007672	0.007361	0.000117	1679.32

Bảng 9. Tổng hợp giá trị mô đun phức động của các loại hỗn hợp thí nghiệm

Tần số gia tải (Hz)	Giá trị mô đun phức động của các loại hỗn hợp (MPa)			
	BTNC 9.5	BTNC 12.5	BTNP 9.5	BTNP 12.5
25	1961.35	1764.45	2416.52	2787.21
10	1887.51	1594.71	2403.85	3165.19
5	1889.49	1606.7	2298.77	3051.58
1	1573.3	1358.25	1904.24	2508.34
0.5	1437.5	1256.14	1716.1	2283.83
0.1	1134.72	1005.63	1362.61	1773.25

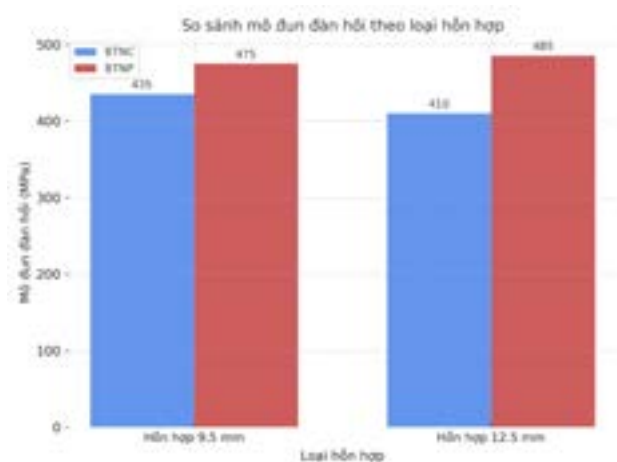
b) Về mô đun phức động

- Mô đun phức động của BTN polime có sự cải thiện đáng kể so với BTN thường ở mọi chu kỳ gia tải. Đối với hỗn hợp hạt nhỏ (9.5 mm), dùng nhựa đường PMB1 làm tăng mô đun phức động lên khoảng 1.2 lần. Đối với hỗn hợp hạt trung (12.5mm), dùng nhựa đường PMB1 làm tăng mô đun phức động lên khoảng 1.6 đến 2.0 lần. Hình 12 thể hiện so sánh mô đun phức động của BTN thường và BTN polime thí nghiệm với tần số gia tải là 1 Hz.

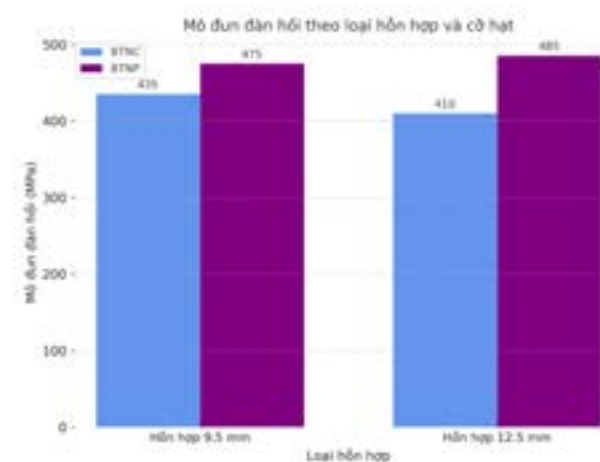
Ảnh hưởng của Dmax thể hiện rõ hơn khi xét đến mô đun phức động. Với cùng loại nhựa polime, hỗn hợp BTNP 12.5 cho giá trị mô đun phức động cao hơn đáng kể so với BTNP 9.5 ở hầu hết các tần số gia tải. Điều này cho thấy khi bộ khung cốt liệu được hình thành tốt hơn, hiệu quả cải thiện của nhựa polime đối với khả năng kháng biến dạng và độ cứng động của

hỗn hợp được phát huy rõ rệt hơn. Xu thế chung cho thấy tần số gia tải lớn (tương ứng với thời gian tác dụng của tải trọng ngắn, là 0.04s; 0.1s; 0.2s; 1s; 2s và 10s tương ứng với tần số gia tải là 25 Hz; 10 Hz; 5 Hz; 1 Hz; 0.5 Hz và 0.1 Hz) cho giá trị mô đun phức động lớn hơn. Điều này hoàn toàn hợp lý đối với đặc điểm của hỗn hợp đàn hồi - chảy như hỗn hợp BTN với mô đun đàn hồi phụ thuộc vào điều kiện chịu tải trọng, đặc biệt là nhiệt độ và thời gian tác dụng của tải trọng (xem biểu đồ Hình 13)

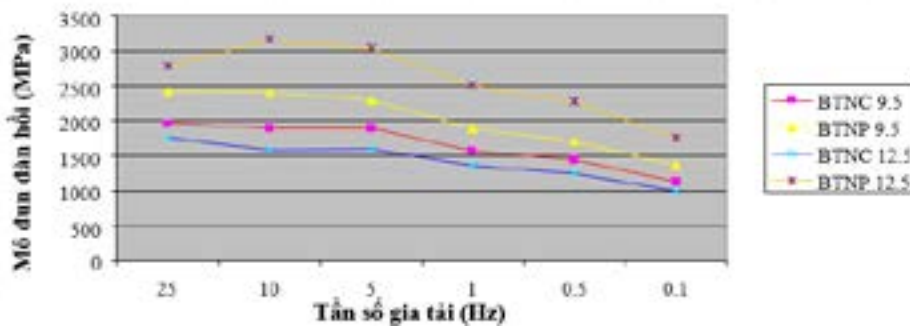
Một điểm đáng chú ý là cấp phối BTNP 12.5 thể hiện xu hướng tăng mô đun phức động rõ rệt và có giá trị cao hơn so với các hỗn hợp còn lại ở hầu hết các tần số gia tải. Kết quả này cho thấy hiệu quả cải thiện của nhựa polime không chỉ phụ thuộc vào bản thân chất kết dính mà còn chịu ảnh hưởng mạnh của cấu trúc cốt liệu. Với cấp phối 12.5 mm, bộ khung



Hình 12. So sánh mô đun đàn hồi phức động của BTNC và BTNP



Hình 11. So sánh mô đun đàn hồi tĩnh của BTNC và BTNP



Hình 13. Biểu đồ so sánh giá trị tương đối của mô đun phức động của các loại hỗn hợp với tần số gia tải khác nhau

cốt liệu có khả năng chịu lực tốt hơn, kết hợp với tính đàn hồi cao của nhựa polime, đã làm tăng đáng kể độ cứng động của hỗn hợp. Tuy nhiên, do số lượng mẫu thí nghiệm còn hạn chế, cần tiếp tục nghiên cứu bổ sung để làm rõ hơn quy luật này.

4. Kết luận và kiến nghị

Mô đun đàn hồi tĩnh của BTN polime có cải thiện nhưng không đủ khác biệt để sử dụng làm chỉ tiêu đánh giá chất lượng riêng biệt.

Mô đun phức động phản ánh rõ sự khác biệt giữa BTN thường và polime ở mọi tần số gia tải, đặc biệt tại điều kiện thực tế khai thác. Sự chênh lệch giữa giá trị mô đun phức động của hỗn hợp BTN polime và BTN thường khá ổn định (tăng 1.6 đến 2.0 lần) đối với tất cả các tần số tác dụng lực. Đây là chỉ tiêu có tiềm năng làm cơ sở kiểm soát chất lượng và phân loại hỗn hợp.

Mô hình thí nghiệm mô đun phức động là mô hình thí nghiệm mô phỏng gần hơn điều kiện làm việc của BTN làm

mặt đường, ngoài ra, đây là còn mô hình thí nghiệm có thể thể hiện rõ được đặc tính của BTN - là vật liệu có tính chất đàn hồi, nhớt, dẻo. Thí nghiệm được thực hiện nhanh chóng và không khó khăn nhờ hệ thống thiết bị và phần mềm điều khiển, thu thập số liệu đồng bộ. Số liệu thí nghiệm thu được rất ổn định.

Cần mở rộng nghiên cứu để xác lập ngưỡng yêu cầu cụ thể cho từng loại BTN sử dụng nhựa cải tiến khác nhau.

Lời cảm ơn

Bài báo này là kết quả nghiên cứu Đề tài NKCH cấp Trường Đại học Điện lực năm 2025, mã số ĐTKHCN.10/2025. Nhóm nghiên cứu trân trọng ghi nhận sự hỗ trợ về tài chính và kỹ thuật mà Nhà trường đã cung cấp trong suốt quá trình nghiên cứu. Các tác giả cũng xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành đến các nhà phản biện ẩn danh vì những nhận xét quý giá và đánh giá khách quan, điều này đã giúp cải thiện đáng kể chất lượng của bài báo này./.

Tài liệu tham khảo

- Trần Thị Kim Đăng (2003), "Nghiên cứu xác định chỉ tiêu cơ lý của vật liệu bê tông Asphalt dùng làm thông số tính toán hợp lý cho lớp mặt đường ô tô", Luận án tiến sĩ, Việt Nam.
- Dương Học Hải (2006), "Giáo trình xây dựng mặt đường ô tô (tập 1, 2)", NXB Giáo dục, Việt Nam.
- Nguyễn Quang Chiêu (2005), "Nhựa đường và các loại mặt đường nhựa", NXB Xây dựng, Việt Nam.
- Lê Thái Bình (2009), "Nghiên cứu thực nghiệm để đề xuất chỉ tiêu đánh giá chất lượng cho bê tông nhựa sử dụng nhựa cải tiến", Luận văn thạc sĩ, Việt Nam.
- Lê Thái Bình (2015), "Nghiên cứu thực nghiệm các thông số Marshall và mô đun đàn hồi tĩnh nhằm đánh giá chất lượng bê tông nhựa đường polime", Tạp chí Khoa học Kiến trúc & Xây dựng, số 20 tháng 12/2015, Việt Nam.
- Bộ Giao thông vận tải, tiêu chuẩn ngành (về quy trình thí nghiệm, kỹ thuật thi công thiết kế, nghiệm thu mặt đường, áo đường, lớp phủ mỏng bê tông nhựa có và không sử dụng nhựa đường polime) 22TCN 62-84, 22TCN 249-06, 22TCN 211-06, 22TCN 274-01, 22TCN 356-06, 22TCN 345-06, TCVN 13567-1:2022 và TCVN 13567-2:2022.
- AASHTO Designation T 283-02 (2008), "Standard Method of Test for: Resistance o Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage", USA.
- AASHTO Designation D 4123-82 (1995), "Standard Test Method for: Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminous Mixtures", USA.
- AASHTO Designation: TP31-96 (1996), "Standard Test Method for: Determining the Resilient Modulus of Bituminous Mixures by Indirect tension", USA.
- ASTM Standard- Voloum 04 Road and paving material (1994), "Dynamic Modulus of Asphalt Mixtures: D3497 - 79(1985)", USA.