

Ảnh hưởng hàm lượng xỉ than thay thế cốt liệu mịn đến mô-đun đàn hồi tĩnh và lún trôi của hỗn hợp bê tông nhựa

■ PGS. TS. NGUYỄN MẠNH TUẤN; KS. LÊ THỊ THU THỦY; THS. NCS. HOÀNG NGỌC TRÂM

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT: Xi than phát thải tiếp tục là một vấn đề lớn của xã hội cũng như môi trường khi nhiều khu công nghiệp ngày càng phát triển. Nhằm góp phần tiết kiệm nguyên vật liệu tự nhiên và tận dụng sử dụng xỉ than phế thải như một nguồn vật liệu thứ sinh, nghiên cứu tập trung thay thế một phần cốt liệu mịn bằng xỉ than trong bê tông nhựa (BTN). Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá khả năng kháng lún và về mô-đun đàn hồi của BTN sử dụng xỉ than có cỡ hạt lớn nhất danh định 12,5 mm. Các hỗn hợp này sử dụng xỉ than thay thế lần lượt là 15%, 20%, 25%, 30% khối lượng phần cốt liệu mịn so với hỗn hợp BTN thông thường.

TỪ KHÓA: Bê tông nhựa, xỉ than, chất lượng bê tông nhựa, mô-đun đàn hồi, hần lún vết bánh xe

ABSTRACT: Waste coal ash is a big problem for society and environment when industrial park is developing days by days. In order to reserve the natural mineral source and use waste coal ash, the paper focuses on applying coal ash in asphalt concrete. The paper shows on using coal ash from furnace product in industrial park into asphalt concrete whose nominal maximum particle size is 12.5 mm based on laboratory tests including rutting performance and resilient modulus test. In the asphalt concrete, the fine aggregate is replaced by coal ash with 15%, 20%, 25%, 30% by weight.

KEYWORDS: Asphalt concrete, coal ash, asphalt concrete quality, resilient modulus, rutting

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xi than là khái niệm chung dùng để chỉ tới bất kỳ vật liệu rắn hoặc chất thải như tro bay, xỉ đáy, xỉ lò hơi... được tạo ra chủ yếu từ quá trình đốt than. Khi than được nghiền nhỏ và đốt trong lò, khoảng 80% lượng tro rơi khỏi lò đốt ra là tro bay và 20% còn lại trong lò là xỉ đáy lò. Cùng với sự gia tăng của nhu cầu năng lượng, lượng tro xỉ phát thải cũng tỉ lệ thuận với lượng than được sử dụng, khiến việc xử lý vấn đề kho bãi và giảm thiểu các ô nhiễm môi trường do xỉ than gây ra gặp nhiều khó khăn

Tại nước ta, theo báo cáo của Tập đoàn Than Khoáng sản Việt Nam, 1 kW điện sử dụng nguyên liệu than cám sẽ thải ra 0,9 - 1,5 kg tro xỉ. Hiện tại, lượng tro xỉ phát sinh từ 23 nhà máy nhiệt điện lớn là khoảng 12,2 triệu tấn/năm và mới chỉ xử lý được 4 triệu tấn/năm [1]. Hầu hết phần tro xỉ còn lại tồn tại ở các bãi chôn đống ngày càng bị thu hẹp, gây tác động xấu đến nguồn nước và môi trường. Nhìn lại cách giải quyết bài toán tro xỉ trên thế giới, những nước xử lý tro xỉ thành công tiêu biểu có thể kể đến như Anh đã nhập khẩu xỉ than, Nhật Bản (100%), Hàn Quốc (93%), đã tận dụng xỉ than như một nguồn nguyên liệu thứ sinh thay thế vật liệu tự nhiên. Theo báo cáo thống kê năm 2011 của ECOBA [2] lượng tro bay được tái sử dụng là 17,7 triệu tấn, lượng xỉ đáy lò là 2,4 triệu tấn trên tổng số 59 triệu tấn sản phẩm từ tro xỉ của hiệp hội này. Trong đó, 27,7% tro bay và 41,2% xỉ đáy lò được sử dụng trong lĩnh vực xây dựng đường và san lấp. Do đó, việc tái sử dụng xỉ than nói chung, xỉ đáy lò nói chung và trong lĩnh vực GTVT nói riêng là một việc làm cần thiết để tận dụng tiết kiệm được nguồn tài nguyên thiên nhiên, góp phần bảo vệ môi trường.

Trong hỗn hợp BTN, xỉ đáy lò đã được nghiên cứu ứng dụng vào ở nhiều nơi trên thế giới. Một số thành tựu nghiên cứu tiêu biểu có thể kể đến như Benson Craig H. và Bradsha (2011) [3] khảo sát và hướng dẫn sử dụng xỉ than trong BTN. Kết luận của một số nhà nghiên cứu Gunalan Vasudevan [4], Amir Modarres [5,6,7] cho thấy sử dụng xỉ than cho kết quả độ ổn định hình thành và cường độ chịu kéo gián tiếp tương đương, thậm chí cao hơn so với BTN thông thường. Thi nghiệm kiểm tra thay thế một phần cốt liệu trong hỗn hợp BTN từ 10% đến 30% của Byung Soo Yoo cho thấy, BTN sử dụng xỉ than có độ bền mỏi tăng nhẹ so với mẫu BTN thông thường [8]. Ngoài ra, các kết quả thí nghiệm trong phòng thí nghiệm năm 1999 của Ksaibati [9], D'Andrea trong năm 2012 [10] kiểm tra độ mài mòn và vết hằn bánh xe cũng cho kết quả rất khả quan cho phép đề xuất ứng dụng BTN xỉ than trong kết cấu áo đường mềm. Colonna [11] trộn hỗn hợp BTN chứa 15%, 20%, 25% tro xỉ với hàm lượng nhựa không đổi là 4,5% và kết quả cho các mẫu thí nghiệm độ cứng Marshall, mài mòn Cantabro và độ rỗng tương đương BTN thông thường.

Tại Việt Nam hiện nay, nghiên cứu ứng dụng xỉ than cho các loại đường do nhiều nghiên cứu tập trung chủ yếu

vào sử dụng tro làm phụ gia xi măng, vật liệu gia cố nền, vật liệu san lấp, làm gạch ngói không nung, gạch bê tông nhẹ, gạch bê tông chưng áp... Lượng chất thải xi đáy lò từ các nhà máy nhiệt điện và lo hơi công nghiệp mới chỉ được bắt đầu quan tâm nghiên cứu trong những năm gần đây. Đáng chú ý trong các nghiên cứu về BTN sử dụng xỉ than là báo cáo của nhóm tác giả Nguyễn Mạnh Tuấn, Võ Đức Đại trong Hội nghị SEATUC 2017 [12]. Bảng việc sử dụng nguồn nguyên liệu địa phương thay thế xỉ than dưới sàng 4,75 mm cho BTN có cỡ hạt danh định lớn nhất 12,5 mm, các tác giả đã đưa ra các kết quả đó ổn định Marshall, cường độ ép chèn, độ mài mòn Cantabro của các hỗn hợp BTN sử dụng xỉ thay thế đều đáp ứng yêu cầu theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.

Nhằm mục đích đưa ra các đánh giá toàn diện hơn cho BTN sử dụng xỉ than, nhóm tác giả tiếp tục nghiên cứu trước theo hướng kháng lún trời và mô-đun đàn hồi tĩnh cho BTN có cốt liệu mịn được thay một phần bằng xỉ than. Các thành phần thay thế cốt liệu mịn bằng xỉ than với các tỷ lệ là 15, 20, 25, 30% được thực hiện và trình bày trong bài báo này.

2. THIẾT KẾ CẤP PHỐI BTN XỈ THAN

2.1. Vật Liệu

Đưa vào giá trị của độ kim lún, mác của nhựa đường được chia thành các loại 20/30, 30/40, 40/50, 50/60, 60/70, 85/100, 120/150, 200/300 theo phương pháp thử TCVN 7493:2005 [13]. Do phù hợp với đặc điểm khí hậu và môi trường, nhựa đường 60/70 được sử dụng phổ biến tại Việt Nam. Nghiên cứu sử dụng nhựa đường 60/70 của Công ty TNHH Petrolimex. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của loại nhựa này được trình bày ở Bảng 2.1.

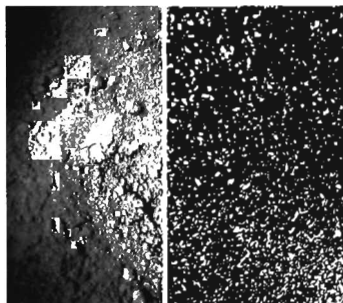
Bảng 2.1. Các chỉ tiêu cơ lý nhựa đường

TT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm	Yêu cầu theo tiêu chuẩn
1	Độ kim lún ở 25°C, 0,1 mm	S giây	60,7	Min.60 Max.70
2	Độ kéo dài ở 25°C, 5 cm/phút	cm	>100	Min.100
3	Điểm hoa mím (đung cụ vòng và bị)	°C	49,3	Min.46
4	Tỷ lệ độ kim lún sau gia nhiệt 5h ở 163°C so với ban đầu	%	79,46	Min.75
5	Khối lượng riêng ở 25°C	g/cm ³	1,037	1-1,05
6	Độ bám dính với đá	cấp	3	Min cấp 3

Đá đúng trong nghiên cứu có nguồn gốc là đá granite Đống Nai, được lấy từ khu vực nghiền sàng của trạm tròn BTN thuộc xi nghiệp BTN nóng Bình Thái, Quận 9, TP. Hồ Chí Minh. Cấp phối đá sử dụng trong nghiên cứu được lựa chọn thể hiện ở Bảng 2.2. Xi than thể hiện ở Hình 2.1 được lấy từ lò đốt công nghiệp tại khu công nghiệp Phước Đồng, tỉnh Tây Ninh. Sau khi được loại bỏ tạp chất sơ bộ, xỉ than được sấy khô và phân loại qua sàng theo TCVN 8819:2011 [14].

Bảng 2.2. Cấp phối sử dụng trong nghiên cứu

Cỡ sàng (mm)	Cấp phối trong bài báo	Lượng lọt sàng (%)		Ghi chú
		Cận trên và dưới theo TCVN 8819:2011 [14]		
19	100	100	100	Phần xỉ than thay thế một phần cốt liệu nghiền từ đá tự nhiên
12,5	90,5	100	90	
9,5	77	89	74	
4,75	51	71	48	
2,36	42	55	30	
1,18	33,2	40	21	
0,6	26,25	31	15	
0,3	19	22	11	
0,15	12,85	15	8	
0,075	7	10	6	



Hình 2.1: Xi than sử dụng trong nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, hỗn hợp BTN có cỡ hạt lớn nhất danh định 12,5 mm và cấp phối thể hiện trong Bảng 2.2. Năm hỗn hợp BTN được sử dụng với 5 hàm lượng xỉ than thay thế cốt liệu mịn (cỡ hạt nhỏ hơn 4,75 mm) là 0, 15, 20, 25, và 30%. Hàm lượng nhựa của các hỗn hợp BTN có các hàm lượng xỉ than khác nhau đều được chọn cùng giá trị 5,25% theo phương pháp thiết kế Marshall hay theo TCVN8820:2011 [15]. Thí nghiệm mô-đun đàn hồi sử dụng hàm lượng nhựa là 5,25% này. Riêng đối với mẫu thí nghiệm vết hàn thi công vẫn để là khi sử dụng máy trộn Pavemix (có cách trộn như một trạm tròn BTN thu nhỏ thể hiện ở Hình 3.2) thì có hiện tượng thiếu nhựa, do đó hàm lượng nhựa được tăng lên cho các mẫu là 5,7%.

3. ĐÁNH GIÁ BTN XỈ THAN

Để đánh giá được ảnh hưởng của xỉ than tới mô-đun đàn hồi và mài lún vết bánh xe của BTN chặt, trong

báo cáo sử dụng 5 hỗn hợp với lượng xi than thay thế phần cấp phối hạt mịn cốt liệu (dưới sàng 5,75 mm) lần lượt là 0%, 15%, 20%, 25%, 30%. Thí nghiệm mô-đun đàn hồi sử dụng cùng hàm lượng nhựa tối ưu là 5,25% khối lượng hỗn hợp BTN chặt cho các hỗn hợp. Thí nghiệm hàn lún vết bánh xe thí sử dụng hàm lượng nhựa 5,7%.

3.1. Mô-đun đàn hồi

Mô-đun đàn hồi được thực hiện theo 22TCN 211-06 [16] cho mẫu hình trụ ở các nhiệt độ 15°C, 30°C, 60°C. Mẫu hình trụ kích thước đường kính $D = 100 \pm 2$ mm, cao $H = 100 \pm 2$ mm được chế tạo với áp lực 30 MPa trong 3 phút, bảo dưỡng trong tủ nhiệt ở nhiệt độ thí nghiệm trong 2,5h và tiến hành thí nghiệm ép trong điều kiện nở hông tự do với chế độ gia tải một lần. Kết quả thí nghiệm được tính toán như sau:

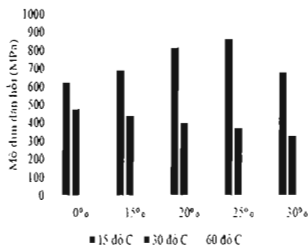
$$E = pH/L \text{ (MPa)} \quad (1)$$

$$p = 4P/\pi D^2 \quad (2)$$

Trong đó: D = Đường kính mẫu; H = Chiều cao mẫu;

P = Lực tác dụng lên bàn ép sao cho có áp lực $p = 0,5$ MPa tương đương với áp lực làm việc của áo đường.

Kết quả thí nghiệm là kết quả trung bình của tổ mẫu hai mẫu, được thể hiện trong Hình 3.1



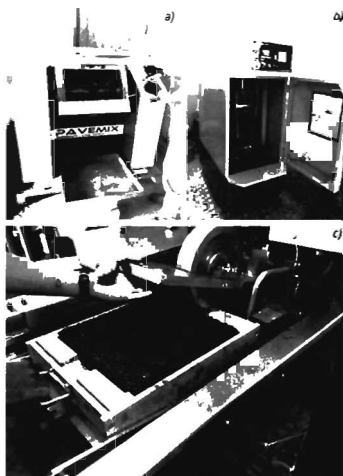
Hình 3.1: Kết quả thí nghiệm mô-đun đàn hồi

Từ số liệu trên ta thấy, tại 15°C, mô-đun đàn hồi tăng khi tăng lượng xi than đến 15% và giảm khi tăng lượng xi than là 30%. Tại hàm lượng xi than 30%, mô-đun đàn hồi vẫn cao hơn mô-đun đàn hồi của BTN thông thường. Nhìn chung, khi tăng lượng xi than tới 15% thì không có thay đổi quá lớn về trị số mô-đun đàn hồi. Khi tăng lượng xi than từ 15% đến 30% thì mô-đun đàn hồi sẽ tỉ lệ nghịch với lượng xi than bổ sung vào BTN.

3.2. Vết hàn bánh xe

Thí nghiệm được tiến hành theo phương pháp A theo Quyết định 1617/QĐ-BGTVT [17]. Điều kiện thử phương pháp A là:

- Mẫu có kích thước 30x30x5 cm;
- Thử nghiệm trong môi trường nước;
- Nhiệt độ thử nghiệm là 50°C;
- Sử dụng bánh xe thép;
- Tốc số tác dụng tải (25±2,5) chu kỳ/1 phút (tương đương 50±5 lần/1 phút).



Hình 3.2: Các thiết bị thí nghiệm vết hàn bánh xe (từ trái qua phải: a) máy trộn hỗn hợp BTN; b) máy đầm tạo mẫu và c) Hamburg Wheel Tracker)

Kết quả thí nghiệm do máy Hamburg Wheel Tracker tự động ghi lại trình bày trong Bảng 3.1. Kết quả cho thấy, mẫu BTN có xi than thay thế 15% cốt liệu mịn có chiều sâu vết hàn tương đối tốt. Khi thay thế thành phần cốt liệu mịn trong BTN lên mức 20%, 25%, 30% thì BTN xi than chỉ chịu được khoảng 8.000 vòng đã lún đến chiều sâu vết hàn tương đối tốt. Kháng lún vết bánh xe của BTN xi than 15% là tốt nhất trong các mẫu, kháng lún vết bánh xe của BTN xi than 30% kém nhất trong các mẫu. Có thể nói, kháng lún của mẫu BTN xi than giảm dần khi tăng lượng xi than. Lún vết bánh xe tỉ lệ thuận với hàm lượng xi than trong hỗn hợp BTN.

Bảng 3.1. Kết quả thí nghiệm vết hàn bánh xe

BTN có hàm lượng xi than thế cốt liệu mịn	Chiều sâu vết hàn	Số vòng quay
15%	18,79	12821
20%	18,66	6066
25%	18,38	8126
30%	15,55	8014

4. KẾT LUẬN

Từ những kết quả thực nghiệm với các hàm lượng xi than thay thế cốt liệu mịn với các hàm lượng 15, 20, 25 và 30%, một số kết luận có thể được rút ra như sau:

- Trị số mô-đun đàn hồi của BTN có sử dụng xi than dưới 15% không khác biệt nhiều so với BTN thông

vào sử dụng trở lại làm phụ gia xi măng, vật liệu gia cố nền, vật liệu san lấp, làm gạch ngói không nung, gạch bê tông nhẹ, gạch bê tông chưng áp... Lượng chất thải xi măng lò tuốc các nhà máy nhiệt điện và lò hơi công nghiệp mới chỉ được bắt đầu quan tâm nghiên cứu trong những năm gần đây. Đáng chú ý trong các nghiên cứu về BTN sử dụng xỉ than là báo cáo của nhóm tác giả Nguyễn Mạnh Tuấn, Võ Đức Đại trong Hội nghị SEATUC 2017 [12]. Bằng việc sử dụng nguồn nguyên liệu địa phương thay thế xi than dưới sàng 4,75 mm cho BTN có cỡ hạt danh định lớn nhất 12,5 mm, các tác giả đã đưa ra các kết quả độ ổn định Marshall, cường độ ép chế, độ mài mòn Cantabro của các hỗn hợp BTN sử dụng xỉ thay thế đều đáp ứng yêu cầu theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.

Nhằm mục đích đưa ra các đánh giá toàn diện hơn cho BTN sử dụng xỉ than, nhóm tác giả tiếp tục nghiên cứu trước theo hướng kháng lún trời và mô-đun đàn hồi tĩnh cho BTN có cốt liệu mịn được thay một phần bằng xỉ than. Các thành phần thay thế cốt liệu mịn bằng xỉ than với các tỷ lệ là 15, 20, 25, 30% được thực hiện và trình bày trong bài báo này.

2. THIẾT KẾ CẤP PHỐI BTN XỈ THAN

2.1. Vật Liệu

Đưa vào giá trị của độ kim lún, mác của nhựa đường được chia thành các loại 20/30, 30/40, 40/50, 50/60, 60/70, 85/100, 120/150, 200/300 theo phương pháp thử TCVN 7493:2005 [13]. Do phù hợp với đặc điểm khí hậu và môi trường, nhựa đường 60/70 được sử dụng phổ biến tại Việt Nam. Nghiên cứu sử dụng nhựa đường 60/70 của Công ty TNHH Petrolimex. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của loại nhựa này được trình bày ở Bảng 2.1.

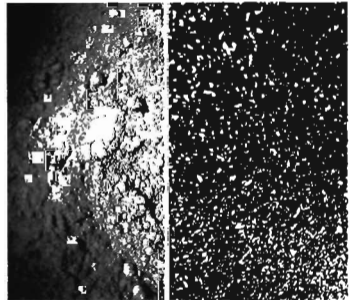
Bảng 2.1. Các chỉ tiêu cơ lý nhựa đường

TT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm	Yêu cầu theo tiêu chuẩn
1	Độ kim lún ở 25°C, 0,1 mm	S giây	60,7	Min 60 Max.70
2	Độ keo dãi ở 25°C, 5 cm/phút	cm	>100	Min.100
3	Điểm hòa mềm (dung cụ vòng và bị)	°C	49,3	Min.46
4	Tỷ lệ độ kim lún sau gia nhiệt 5h ở 163°C so với ban đầu	%	79,46	Min.75
5	Khối lượng riêng ở 25°C	g/cm ³	1,037	1-1,05
6	Độ bám dính với đá	cấp	3	Min.cấp 3

Đá dùng trong nghiên cứu có nguồn gốc là đá granite Đống Nai, được lấy từ khu vực nghiên cứu của trạm trộn BTN thuộc xí nghiệp BTN nóng Bình Thái, Quận 9, TP. Hồ Chí Minh. Cấp phối đá sử dụng trong nghiên cứu được lựa chọn thể hiện ở Bảng 2.2. Xi than thể hiện ở Hình 2.1 được lấy từ lò đốt công nghiệp tại khu công nghiệp Phước Đông, tỉnh Tây Ninh. Sau khi được loại bỏ tạp chất sơ bộ, xỉ than được sấy khô và phân loại qua sàng theo TCVN 8819:2011 [14].

Bảng 2.2. Cấp phối sử dụng trong nghiên cứu

Cỡ sàng (mm)	Lượng lọt sàng (%)			Ghi chú
	Cấp phối trong bài báo	Cận trên và dưới theo TCVN 8819:2011 [14]		
19	100	100	100	
12,5	90,5	100	90	
9,5	77	89	74	
4,75	51	71	48	Phần xỉ than thay thế một phần
2,36	42	55	30	cốt liệu nghiên
1,18	33,2	40	21	từ đá tự nhiên
0,6	26,25	31	15	
0,3	19	22	11	
0,15	12,85	15	8	
0,075	7	10	6	



Hình 2.1. Xỉ than sử dụng trong nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, hỗn hợp BTN có cỡ hạt lớn nhất danh định 12,5 mm và cấp phối thể hiện trong Bảng 2.2. Năm hỗn hợp BTN được sử dụng với 5 hàm lượng xỉ than thay thế cốt liệu mịn (cỡ hạt nhỏ hơn 4,75 mm) là 0, 15, 20, 25, và 30%. Hàm lượng nhựa của các hỗn hợp BTN có các hàm lượng xỉ than khác nhau đều được chọn cùng giá trị 5,25% theo phương pháp thiết kế Marshall hay theo TCVN8820:2011 [15]. Thí nghiệm mô-đun đàn hồi sử dụng hàm lượng nhựa là 5,25% này. Riêng đối với mẫu thí nghiệm vệt hàn thì có vấn đề là khi sử dụng máy trộn Pavemix (có cách trộn như một trạm trộn BTN thu nhỏ thể hiện ở Hình 3.2) thì có hiện tượng thiếu nhựa, do đó hàm lượng nhựa được tăng lên cho các mẫu là 5,7%.

3. ĐÁNH GIÁ BTN XỈ THAN

Để đánh giá được ảnh hưởng của xỉ than tại mô-đun đàn hồi và hằng lún vết bánh xe của BTN chặt, trong

bảo cáo sử dụng 5 hỗn hợp với lượng xi than thay thế phần cấp phối hạt mịn cốt liệu (dưới sàng 5,75 mm) lần lượt là 0%, 15%, 20%, 25%, 30%. Thí nghiệm mô-đun đàn hồi sử dụng cùng hàm lượng nhựa tối ưu là 5,25% khối lượng hỗn hợp BTN chất cho các hỗn hợp. Thí nghiệm hỗn lún vết bánh xe thí sử dụng hàm lượng nhựa 5,7%.

3.1. Mô-đun đàn hồi

Mô-đun đàn hồi được thực hiện theo 22TCN 211-06 [16] cho mẫu hình trụ ở các nhiệt độ 15°C, 30°C, 60°C. Mẫu hình trụ kích thước đường kính $D = 100 \pm 2$ mm, cao $H = 100 \pm 2$ mm được chế tạo với áp lực 30 MPa trong 3 phút, bảo dưỡng trong tủ nhiệt ở nhiệt độ thí nghiệm trong 2,5h và tiến hành thí nghiệm ép trong điều kiện nở hông tự do với chế độ gia tải một lần. Kết quả thí nghiệm được tính toán như sau:

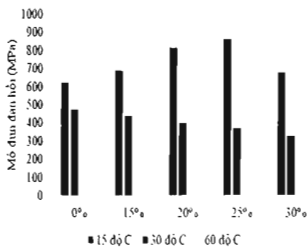
$$E = pH/L \text{ (MPa)} \quad (1)$$

$$p = 4P/n D^2 \quad (2)$$

Trong đó: D = Đường kính mẫu; H = Chiều cao mẫu;

P = Lực tác dụng lên bàn ép sao cho có áp lực $p = 0,5$ MPa tương đương với áp lực làm việc của áo đường.

Kết quả thí nghiệm là kết quả trung bình của tổ mẫu hai mẫu, được thể hiện trong Hình 3.1.



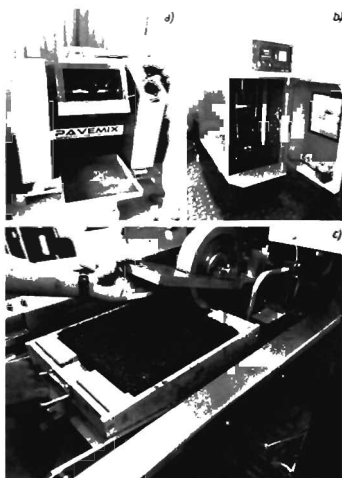
Hình 3.1: Kết quả thí nghiệm mô-đun đàn hồi

Từ số liệu trên ta thấy, tại 15°C, mô-đun đàn hồi tăng khi tăng lượng xi than đến 15% và giảm khi tăng lượng xi than là 30%. Tại hàm lượng xi than 30%, mô-đun đàn hồi vẫn cao hơn mô-đun đàn hồi của BTN thông thường. Nhìn chung, khi tăng lượng xi than tới 15% thì không có thay đổi quá lớn về trị số mô-đun đàn hồi. Khi tăng lượng xi than từ 15% đến 30% thì mô-đun đàn hồi sẽ tỉ lệ nghịch với lượng xi than bổ sung vào BTN.

3.2. Vết hằn bánh xe

Thí nghiệm được tiến hành theo phương pháp A theo Quyết định 1617/QĐ-BGTVT [17]. Điều kiện thử phương pháp A là:

- Mẫu có kích thước 30x30x5 cm;
- Thử nghiệm trong môi trường nước;
- Nhiệt độ thử nghiệm là 50°C;
- Sử dụng bánh xe thép;
- Tần số tác dụng tải (25±2,5) chu kỳ/1 phút (tương đương 50±5 lần/1 phút).



Hình 3.2: Các thiết bị thí nghiệm vết hằn bánh xe (từ trái qua phải: a) máy trộn hỗn hợp BTN; b) máy đầm tạo mẫu và c) Hamburg wheel Tracker)

Kết quả thí nghiệm do máy Hamburg Wheel Tracker tự động ghi lại trình bày trong Bảng 3.1. Kết quả cho thấy, mẫu BTN có xi than thay thế 15% cốt liệu mịn có chiều sâu vết hằn tương đối tốt. Khi thay thế thành phần cốt liệu mịn trong BTN lên mức 20%, 25%, 30% thì BTN xi than chỉ chịu được khoảng 8.000 vòng đã lún đến chiều sâu từ 12 mm ± 16 mm. Kháng lún vết bánh xe của BTN xi than 15% là tốt nhất trong các mẫu, kháng lún vết bánh xe của BTN xi than 30% kém nhất trong các mẫu. Có thể nói, kháng lún của mẫu BTN xi than giảm dần khi tăng lượng xi than. Lún vết bánh xe tỉ lệ thuận với hàm lượng xi than trong hỗn hợp BTN

Bảng 3.1. Kết quả thí nghiệm vết hằn bánh xe

BTN có hàm lượng xi than thay thế cốt liệu mịn	Chiều sâu vết hằn	Số vòng quay
15%	18,79	12821
20%	18,66	6066
25%	18,38	8126
30%	15,55	8014

4. KẾT LUẬN

Từ những kết quả thực nghiệm với các hàm lượng xi than thay thế cốt liệu mịn với các hàm lượng 15, 20, 25 và 30%, một số kết luận có thể được rút ra như sau:

- Trị số mô-đun đàn hồi của BTN có sử dụng xi than thay 15% không khác biệt nhiều so với BTN thông

vào sử dụng tro làm phụ gia xi măng, vật liệu gia cố nền, vật liệu san lấp, làm gạch ngói không nung, gạch bê tông nhẹ, gạch bê tông chưng áp... Lượng chất thải xi măng từ các nhà máy nhiệt điện và lò hơi công nghiệp mới chỉ được bắt đầu quan tâm nghiên cứu trong những năm gần đây. Đáng chú ý trong các nghiên cứu về BTN sử dụng xỉ than là báo cáo của nhóm tác giả Nguyễn Mạnh Tuấn, Võ Đức Đại trong Hội nghị SEATUC 2017 [12]. Bảng việc sử dụng nguồn nguyên liệu địa phương thay thế xỉ than dưới sàng 4,75 mm cho BTN có cỡ hạt danh định lớn nhất 12,5 mm, các tác giả đã đưa ra các kết quả độ ổn định Marshall, cường độ ép chèn, độ mài mòn Cantabro của các hỗn hợp BTN sử dụng xỉ thay thế đều đáp ứng yêu cầu theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.

Nhằm mục đích đưa ra các đánh giá toàn diện hơn cho BTN sử dụng xỉ than, nhóm tác giả tiếp tục nghiên cứu trước theo hướng kháng lún trượt và mô-đun đàn hồi tĩnh cho BTN có cốt liệu mịn được thay một phần bằng xỉ than. Các thành phần thay thế cốt liệu mịn bằng xỉ than với tỷ lệ là 15, 20, 25, 30% được thực hiện và trình bày trong bài báo này

2. THIẾT KẾ CẤP PHỐI BTN XỈ THAN

2.1. Vật Liệu

Đưa vào giá trị của độ kim lún, mức của nhựa đường được chia thành các loại 20/30, 30/40, 40/50, 50/60, 60/70, 85/100, 120/150, 200/300 theo phương pháp thử TCVN 7493:2005 [13]. Do phù hợp với đặc điểm khí hậu và môi trường, nhựa đường 60/70 được sử dụng phổ biến tại Việt Nam. Nghiên cứu sử dụng nhựa đường 60/70 của Công ty TNHH Petrolimex. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của loại nhựa này được trình bày ở Bảng 2.1.

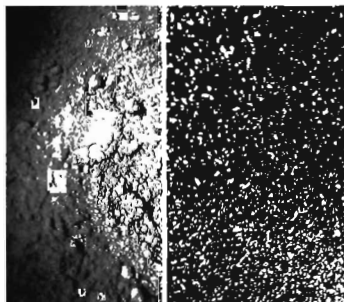
Bảng 2.1. Các chỉ tiêu cơ lý nhựa đường

TT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm	Yêu cầu theo tiêu chuẩn
1	Độ kim lún ở 25°C, 0.1 mm	5 giây	60,7	Min 60 Max 70
2	Độ keo dầy ở 25°C, 5 cm/phút	cm	>100	Min. 100
3	Điểm hòa mềm (dung cụ vòng và bi)	°C	49,3	Min. 46
4	Tỷ lệ độ kim lún sau gia nhiệt 5h ở 163°C so với ban đầu	%	79,46	Min 75
5	Khối lượng riêng ở 25 C	g/cm ³	1,037	1-1,05
6	Đo bám dính với đá	cấp	3	Min. cấp 3

Đá dùng trong nghiên cứu có nguồn gốc là đá granite Đông Nai, được lấy từ khu vực nghiền sàng của trạm trộn BTN thuộc xí nghiệp BTN nóng Bình Thai, Quận 9, TP. Hồ Chí Minh. Cấp phối đá sử dụng trong nghiên cứu được lựa chọn thể hiện ở Bảng 2.2. Xỉ than thể hiện ở Hình 2.1 được lấy từ lò đốt công nghiệp tại khu công nghiệp Phước Đồng, tỉnh Tây Ninh. Sau khi được loại bỏ tạp chất sơ bộ, xỉ than được sấy khô và phân loại qua sàng theo TCVN 8819:2011 [14].

Bảng 2.2 Cấp phối sử dụng trong nghiên cứu

Cỡ sàng (mm)	Lượng lọt sàng (%)			Ghi chú
	Cấp phối trong bài báo	Cận trên và dưới theo TCVN 8819:2011 [14]		
19	100	100	100	
12,5	90,5	100	90	
9,5	77	89	74	
4,75	51	71	48	Phần xỉ than thay thế một phần
2,36	42	55	30	
1,18	33,2	40	21	
0,6	26,25	31	15	cốt liệu nghiên
0,3	19	22	11	từ đá tự nhiên
0,15	12,85	15	8	
0,075	7	10	6	



Hình 2.1: Xỉ than sử dụng trong nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, hỗn hợp BTN có cỡ hạt lớn nhất danh định 12,5 mm và cấp phối thể hiện trong Bảng 2.2. Năm hỗn hợp BTN được sử dụng với 5 hàm lượng xỉ than thay thế cốt liệu mịn (cỡ hạt nhỏ hơn 4,75 mm) là 0, 15, 20, 25, và 30%. Hàm lượng nhựa của các hỗn hợp BTN có các hàm lượng xỉ than khác nhau đều được chọn cùng giá trị 5,25% theo phương pháp thiết kế Marshall hay theo TCVN8820:2011 [15]. Thí nghiệm mô-đun đàn hồi sử dụng hàm lượng nhựa là 5,25% này. Riêng đối với mẫu thí nghiệm vết hàn thi công vẫn để là khi sử dụng máy trộn Pavemix (có cách trộn như một trạm trộn BTN thu nhỏ thể hiện ở Hình 3.2) thì có hiện tượng thiếu nhựa, do đó hàm lượng nhựa được tăng lên cho các mẫu là 5,7%.

3. ĐÁNH GIÁ BTN XỈ THAN

Để đánh giá được ảnh hưởng của xỉ than tới mô-đun đàn hồi và khả năng kết dính của BTN chất, trong

bảo cáo sử dụng 5 hỗn hợp với lượng xi than thay thế phần cấp phối hạt mịn cốt liệu (dưới sàng 5,75 mm) lần lượt là 0%, 15%, 20%, 25%, 30%. Thí nghiệm mô-đun đàn hồi sử dụng hàm lượng nhựa tối ưu là 5,25% khối lượng hỗn hợp BTN chặt cho các hỗn hợp. Thí nghiệm hàn lún vết bánh xe thí sử dụng hàm lượng nhựa 5,7%.

3.1. Mô-đun đàn hồi

Mô-đun đàn hồi được thực hiện theo 22TCN 211- 06 [16] cho mẫu hình trụ ở các nhiệt độ 15°C, 30°C, 60°C. Mẫu hình trụ kích thước đường kính $D = 100 \pm 2$ mm, cao $H = 100 \pm 2$ mm được chế tạo với áp lực 30 MPa trong 3 phút, bảo dưỡng trong tủ nhiệt ở nhiệt độ thí nghiệm trong 2,5h và tiến hành thí nghiệm ép trong điều kiện nở hông tự do với chế độ gia tải một lần. Kết quả thí nghiệm được tính toán như sau:

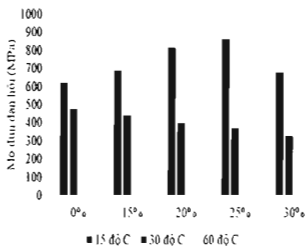
$$E = pH/L \text{ (MPa)} \quad (1)$$

$$p = 4P/n D^2 \quad (2)$$

Trong đó: D = Đường kính mẫu; H = Chiều cao mẫu;

P = Lực tác dụng lên bàn ép sao cho có áp lực $p = 0,5$ MPa tương đương với áp lực làm việc của áo đường.

Kết quả thí nghiệm là kết quả trung bình của tổ mẫu hai mẫu, được thể hiện trong Hình 3.1.



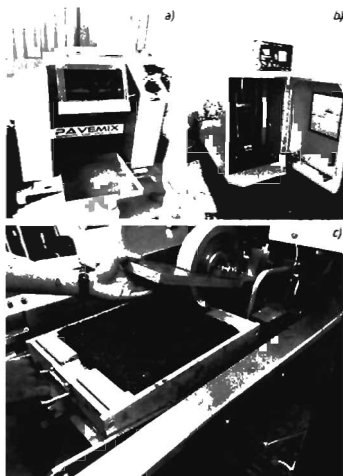
Hình 3.1: Kết quả thí nghiệm mô-đun đàn hồi

Từ số liệu trên ta thấy, tại 15°C, mô-đun đàn hồi tăng khi tăng lượng xi than đến 15% và giảm khi tăng lượng xi than là 30%. Tại hàm lượng xi than 30%, mô-đun đàn hồi vẫn cao hơn mô-đun đàn hồi của BTN thông thường. Nhìn chung, khi tăng lượng xi than tới 15% thì không có thay đổi quá lớn về trị số mô-đun đàn hồi. Khi tăng lượng xi than từ 15% đến 30% thì mô-đun đàn hồi sẽ tỉ lệ nghịch với lượng xi than bổ sung vào BTN.

3.2. Vết hàn bánh xe

Thí nghiệm được tiến hành theo phương pháp A theo Quyết định 1617/QĐ-BGTVT [17]. Điều kiện thử phương pháp A là:

- Mẫu có kích thước 30x30x5 cm;
- Thử nghiệm trong môi trường nước;
- Nhiệt độ thử nghiệm là 50°C;
- Sử dụng bánh xe thép;
- Tần số tác dụng tải (25±2,5) chu kỳ/1 phút (tương đương 50±5 lần/1 phút).



Hình 3.2: Các thiết bị thí nghiệm vết hàn bánh xe (từ trái qua phải: a) máy trộn hỗn hợp BTN; b) máy đâm tạo mẫu và c) Hamburg Wheel Tracker)

Kết quả thí nghiệm do máy Hamburg Wheel Tracker tự động ghi lại trình bày trong Bảng 3.1. Kết quả cho thấy, mẫu BTN có xi than thay thế 15% cốt liệu mịn có chiều sâu vết hàn tương đối tốt. Khi thay thế thành phần cốt liệu mịn trong BTN lên mức 20%, 25%, 30% thì BTN xi than chỉ chịu được khoảng 8.000 vòng đã lún đến chiều sâu từ 12 mm ± 16 mm. Khả năng vết bánh xe của BTN xi than 15% là tốt nhất trong các mẫu, kháng lún vết bánh xe của BTN xi than 30% kém nhất trong các mẫu. Có thể nói, kháng lún của mẫu BTN xi than giảm dần khi tăng lượng xi than. Lún vết bánh xe tỉ lệ thuận với hàm lượng xi than trong hỗn hợp BTN.

Bảng 3.1. Kết quả thí nghiệm vết hàn bánh xe

BTN có hàm lượng xi than thay thế cốt liệu mịn	Chiều sâu vết hàn	Số vòng quay
15%	18,79	12821
20%	18,66	6066
25%	18,38	8126
30%	15,55	8014

4. KẾT LUẬN

Từ những kết quả thực nghiệm với các hàm lượng xi than thay thế cốt liệu mịn với các hàm lượng 15, 20, 25 và 30%, một số kết luận có thể được rút ra như sau:

- Trị số mô-đun đàn hồi của BTN có sử dụng xi than dưới 15% không khác biệt nhiều so với BTN thông

thường. Khi tăng lượng xi than từ 15% đến 30% thì mô-đun đàn hồi sẽ tỉ lệ nghịch với lượng xi than bổ sung vào BTN. Do đó, cần thận trọng khi sử dụng 30% lượng xi than thay thế phần hạt mịn dưới 4,75 mm khi quan tâm đến mô-đun đàn hồi.

Hỗn hợp BTN có sử dụng xi than có khả năng chịu mài mòn tương đối yếu trong điều kiện ẩm ướt, không phù hợp với loại mặt đường cấp cao. Cần có nhiều nghiên cứu hơn để xác định khả năng mòn ở nhiệt độ khác nhau và cho nhiều nguồn xi than hơn nữa để xác định được mức độ kháng mòn của mặt BTN trong điều kiện thiết kế cụ thể.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh trong khuôn khổ đề tài mã số C2019-20-37. Tác giả xin chân thành cảm ơn đến Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh đã hỗ trợ tác giả trong quá trình nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

[1]. Thanh Nguyệt (2019), *Cán thay đổi nhận thức về tro xỉ nhiệt điện*, Tập đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam, <http://www.vinacomin.vn/tap-chi-than-khoang-san/can-thay-doi-nhan-thuc-ve-tro-xi-nhiet-dien-201910211823449638.htm>, truy cập ngày 15/11/2019.

[2]. European Coal Combustion Products Association (ECCOBA), 2011.

[3]. Benson Craig H. and Bradshaw Sabrina (2011), *User Guideline for Coal Bottom Ash and Boiler Slag in Green Infrastructure Construction*, Project Report for University of Wisconsin, Madison.

[4]. Gunalaan Vasudevan (2013), *Performance on coal bottom ash in hot mix asphalt*, International Journal of Research in Engineering and Technology.

[5]. Amir Modarres and Morteza Rahmzadeh, *Application of coal waste powder as filler in hot mix asphalt*, Construction and Building Materials 66, pp.476-483.

[6]. Amir Modarres, Morteza Rahmzadeh and Pooyan Ayar, *Effect of coal waste powder in hot mix asphalt compared to conventional fillers: mix mechanical properties and environmental impacts*, Journal of Cleaner Production, accepted in 2014.

[7]. Amir Modarres, and Pooyan Ayar, *Coal waste application in recycled asphalt mixtures with bitumen emulsion*, Journal of Cleaner Production, accepted in 2014.

[8]. Byung-Soo Yoo, Dae-Wook Park and Hai Viet Vo (2016), *Evaluation of asphalt mixture containing coal ash*, Transportation Research Procedia 14, pp.797-803.

[9]. Khaled Ksaibati and Jason Stephen (1999), *Utilization Of Bottom Ash In Asphalt Mixes*, University of Wyoming, USA.

[10]. D'Andrea, *Application of Bottom Ash for Pavement Binder Course*, SIV-5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures 2012, pp.29-31, Rome - Italy.

[11] P. Colonna, Berloco N, Ranieri V, Shuler S.T

(2012), *Application of Bottom Ash for Pavement Binder Course*, 5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures in Rome

[12]. Vo Duc Dai, Nguyen Manh Tuan (2017), *Application of Coal Ash as Fine Aggregate in Asphalt Concrete in South of Vietnam*, 11st South East Asian Technical University Consortium Symposium, Ho Chi Minh City, Việt Nam.

[13]. TCVN 7493:2005 (2005), *Bitum - Yêu cầu kỹ thuật*, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[14]. TCVN 8819-2011 (2011), *Mặt đường BTN nóng - Yêu cầu thi công và nghiệm thu*, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[15]. TCVN 8820-2011 (2011), *Hỗn hợp BTN nóng - Thiết kế theo phương pháp Marshall*, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[16]. 22TCN 211:06 (2011), *Áo đường mềm - Các yêu cầu thiết kế*, Bộ GTVT.

[17]. *Quyết định số 1617/QĐ-BGTVT Ban hành quy định kỹ thuật về phương pháp thử đo sâu vết hàng bánh xe của BTN xác định bằng thiết bị Wheel tracking*, Bộ trưởng Bộ GTVT, 2014.

Ngày nhận bài: 19/3/2020

Ngày chấp nhận đăng: 27/4/2020

**Người phản biện: PGS. TS. Văn Hồng Tấn
TS. Nguyễn Xuân Long**