Journal of Science and Transport Technology

University of Transport Technology

Overview and first steps of experimental research using recovery filler to replace limestones mineral filler in hot mix asphalt

Hieu Trung Tran*, Thuan The Vu, Quan Hong Pham, Giap Trong Nguyen
University of Transport Technology, Hanoi 100000, Vietnam

Article info
Type of article:
Original research paper

***Corresponding author:**
E-mail address:
trantrunghieu@utt.edu.vn

Received: 10/11/2022
Accepted: 27/12/2022
Published: 7/1/2023

Abstract: The world's research experience has shown that it is possible to use recovery filler to replace limestone mineral filler, and that there are different types of recovery filler derived from different basement rock that can be effective use for hot mix asphalt. Some preliminary experimental studies on the use of recovery filler to replace BK in laboratory conditions have also been carried out. Recovery filler used has the same origin as the coarse and fine aggregates in the asphalt mixture, which is a magmatic rock with basic characteristics, with the chemical composition of two main oxides, SiO_2 43.17% and CaO 13.46%. When using recovery filler, initially there were positive signals, the parameters of hardness and softening temperature all tended to increase when increasing the content of recovery filler. The air voids V_a of the hot mix asphalt achieved better values at 25% and 100% of the recovery filler content, the minimum value of Va corresponds to the rate of 25% of the recovery filler. Combined with the index of the penetration and the softening temperature, it can be temporarily seen that the use of BĐTH 25% is giving relatively positive signals about the usability for the asphalt mixture.

Keywords: Hot mix asphalt, recovery filler, penetration, softening point, air voids.

Tạp chí điện tử
Khoa học và Công nghệ Giao thông
Trường Đại học Công nghệ GTVT

Nghiên cứu tổng quan và bước đầu nghiên cứu thực nghiệm sử dụng bột đá thu hồi thay thế bột khoáng dùng trong hỗn hợp bê tông nhựa nóng

Trần Trung Hiếu*, Vũ Thế Thuần, Phạm Hồng Quân, Nguyễn Trọng Giáp
Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải, Hà Nội 100000, Việt Nam

Thông tin bài viết
Dạng bài viết:
Bài báo nghiên cứu

***Tác giả liên hệ:**
Địa chỉ E-mail:
trantrunghieu@utt.edu.vn

Ngày nộp bài: 10/11/2022
Ngày chấp nhận: 27/12/2022
Ngày đăng bài: 7/1/2023

Tóm tắt: Kinh nghiệm nghiên cứu của thế giới chỉ ra rằng việc sử dụng các loại bột đá thu hồi (BĐTH) thay thế bột khoáng (BK) đá vôi là khả thi, và có nhiều loại BĐTH có nguồn gốc từ đá gốc khác nhau có thể sử dụng hiệu quả cho hỗn hợp bê tông nhựa (BTN). Một số nghiên cứu thực nghiệm bước đầu về việc sử dụng BĐTH thay thế BK đá vôi ở điều kiện trong phòng thí nghiệm cũng đã được thực hiện. BĐTH sử dụng có cùng nguồn gốc với cốt liệu đá trong hỗn hợp BTN, là loại đá magma có đặc tính bazơ, với hàm lượng thành phần hóa học của hai loại ôxit chủ yếu là SiO_2 43.17% và CaO 13.46%. Khi sử dụng BĐTH, bước đầu đã có những tín hiệu tích cực, các chỉ tiêu về độ cứng và nhiệt độ hóa mềm đều có xu hướng tăng khi tăng hàm lượng BĐTH. Độ rỗng dư V_a của hỗn hợp BTN đạt giá trị tốt hơn ở các mức 25% và 100% hàm lượng BĐTH, giá trị nhỏ nhất của Va ứng với tỷ lệ 25% BĐTH. Kết hợp với chỉ số của độ kim lún và nhiệt độ hóa mềm thì có thể tạm thời thấy rằng hàm lượng BĐTH sử dụng 25% đang cho những tín hiệu tương đối khả quan về khả năng sử dụng cho hỗn hợp bê tông nhựa.

Từ khóa: Bê tông nhựa nóng, bột đá thu hồi, độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm, độ rỗng dư.

1. Đặt vấn đề

Bột khoáng đóng một vai trò quan trọng trong hỗn hợp BTN vì chúng làm đầy khoảng trống (lỗ rỗng) trong hỗn hợp và cải thiện sự kết dính của vữa nhựa (gồm nhựa đường và bột khoáng) với cốt liệu. Bột khoáng thông thường được biết đến là bột được sản xuất từ đá vôi có chứa đến 90% $CaCO_3$ và là loại được sử dụng thường xuyên nhất. Chất bụi hay bột đá được thu hồi từ quá trình sản xuất cốt liệu thô (cốt liệu dá dăm) tại các trạm trộn bê tông nhựa nóng có thể được sử dụng thành công làm bột đá thay thế bột khoáng đá vôi thông thường cho hỗn hợp bê tông nhựa. Các kết quả thực nghiệm về các đặc tính của các loại bột có nguồn gốc từ đá với thành phần khoáng chất và nguồn gốc khác nhau đã được nghiên cứu để sử dụng hỗn hợp bê tông nhựa [1]. Các loại bột đá sử dụng trong bê tông nhựa có thể có nguồn gốc từ các loại đá khác nhau như: granit, gabbro, basalt, sa thạch thạch anh, granit, dolomit…; bột khoáng đá vôi thường được sử dụng trong các nghiên cứu làm vật liệu tham khảo, đối chứng. Các loại bột đá cho thấy sự khác biệt đáng kể khi chúng được trộn với nhựa đường và tác dụng tăng cứng vữa nhựa qua thử nghiệm vòng và bi Delta. Phân tích bằng quét kính hiển vi điện tử (SEM) về hình dạng và kích thước hạt được thực hiện, người ta đã quan sát thấy sự khác biệt đáng kể về kích thước và hình dạng hạt, tính không đồng nhất cao nhất trong kích thước được xác định đối với bột đá từ đá sa thạch

thạch anh, gabbro và đá granit.

Thông thường, trong các quy định của nước ngoài và ở Việt Nam, chỉ vật liệu được chủ ý sản xuất làm bột khoáng có thể được sử dụng cho hỗn hợp bê tông nhựa mà không hoặc chưa khuyến cáo việc sử dụng các loại BĐTH [2,3]. Yêu cầu này hạn chế việc áp dụng các loại bột BĐTH, tức là sản phẩm thu được như một sản phẩm phụ từ sản xuất nghiền cốt liệu mịn và thô hoặc từ quá trình sản xuất hỗn hợp bê tông nhựa nóng. Do đó, chỉ bột đá vôi có chứa $CaCO_3$ trên 70% trọng lượng được dùng làm bột khoáng cho hỗn hợp bê tông nhựa. Cần lưu ý rằng ở Việt Nam cũng như nhiều nước khác, 95% cốt liệu được sử dụng để xây dựng đường là từ tự nhiên [4]. Nghiên cứu về việc tái sử dụng các loại BĐTH nhằm giúp tận dụng bột đá thu hồi là sản phẩm phế thải trong nhiều quá trình sản xuất vật liệu khác nhau, tránh lãng phí sử dụng bột khoáng thiên nhiên là bột đá vôi, giúp quản lý hợp lý nguồn tài nguyên thiên nhiên.

Một vài nghiên cứu chứng minh rằng BĐTH (hay nhiều nơi còn gọi là bột đá thải) có thể không có ảnh hưởng tiêu cực đến hỗn hợp bê tông nhựa, và thậm chí chúng có thể cải thiện các đặc điểm kỹ thuật ở một mức độ nào đó [5,6]. Ảnh hưởng của các loại bột đá từ các mỏ đá khác nhau và một loại chất kết dính nhựa đường đối với các đặc tính của hỗn hợp bê tông nhựa đã được khảo sát và báo cáo trong Chương trình hợp tác quốc gia nghiên cứu cho đường bộ của Hoa Kỳ [7]. Kết quả chỉ ra rằng thậm chí một hàm lượng SiO_2 cao trong bột đá không làm giảm chất lượng và không ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng của hỗn hợp bê tông nhựa. Ngoài ra, phát hiện trong các nghiên cứu đó chỉ ra rằng chính chất kết dính nhựa đường chứ không phải loại bột đá có ảnh hưởng đáng kể đến tính năng của hỗn hợp bê tông nhựa. Khi muốn cải thiện chất kết dính nhựa đường thông thường hoặc nhựa đường biến tính với khả năng chống biến dạng dư, chống vết nứt ở điều kiện mỏi và nhiệt độ thấp, các bột đá khác ngoài bột đá vôi có thể đáng xem xét. Đây là kết quả có giá trị quan trọng về mặt kinh tế đối với bất kỳ quốc gia nào, ảnh hưởng đến chi phí sản xuất của hỗn hợp nhựa đường.

Các quy định gần đây nhất về sử dụng bột khoáng cho hỗn hợp bê tông nhựa trên thế giới (EN 13043, ASTM D242, AASHTO M17) [8-10] thiết lập các giá trị giới hạn cho một số đặc tính như phân loại, hàm lượng nước, chỉ số dẻo và hàm lượng hữu cơ. Những đặc điểm này là cần thiết để kiểm soát chất lượng, nhưng không đủ để có được thông tin tương quan với hiệu suất dự kiến của hỗn hợp bê tông nhựa. Quy định về bột khoáng ở Việt Nam theo TCVN 13567:2022 [11] thì chỉ nói bột khoáng là sản phẩm được nghiền từ đá cacbonat (đá vôi can xit, dolomit ...), có cường độ nén của đá gốc lớn hơn 20 MPa, từ xỉ bazơ của lò luyện kim hoặc là xi măng. Ngoài ra có bổ sung thêm quy định về sử dụng BĐTH như sau: nếu BĐTH từ trạm trộn đạt được các chỉ tiêu quy định trong TCVN 13567:2022 thì được tận dụng một phần thay thế cho bột khoáng nghiền nhưng mỗi mẻ trộn lượng bột khoáng tận dụng này không được quá 25% tổng lượng bột khoáng trong hỗn hợp BTN thiết kế.

Như vậy quy định về sử dụng bột khoáng và BĐTH ở Việt Nam còn tương đối đơn giản và chưa mang tính cụ thể. Trong khi trên thế giới, người ta sử dụng nhiều loại bột khoáng có nguồn gốc khác nhau, nhiều loại BĐTH và bột thay thế khác nhau, cũng như không giới hạn về hàm lượng thay thế của bột thu hồi. Chính vì vậy, bài báo này bước đầu nghiên cứu đặc tính của loại BĐTH cũng như vữa nhựa kết hợp giữa bột đá thu hồi và nhựa đường thông thường, từ đó sơ bộ xác định hàm BĐTH được cho là phù hợp.

2. Tổng quan kinh nghiệm sử dụng các loại bột thu hồi cho hỗn hợp bê tông nhựa trên thế giới

Trong những năm gần đây, vật liệu tái chế đã trở thành một chủ đề ngày càng quan trọng đối với các nước trên thế giới và ở Việt Nam. Một lĩnh vực nghiên cứu đã dần trở thành xu hướng là tập trung vào việc tái sử dụng vật liệu phế thải trong các lớp vật liệu bê tông mặt đường. Trong bối cảnh này, và đặc biệt đề cập đến hỗn hợp bê tông nhựa cho mặt đường ô tô và sân bay, việc sử dụng cốt liệu tái chế đang trở thành một thực tế phổ biến, còn bột

khoáng (bột đá) tái chế không thường xuyên được sử dụng và hiệu quả của chúng vẫn cần được đánh giá. Như đã đề cập ở trên, việc sử dụng các loại bột khoáng tái chế (bột thu hồi) cho hỗn hợp bê tông nhựa vẫn đang ở giai đoạn nghiên cứu. và sự thiếu hiểu biết về việc sử dụng loại chất bột này được thể hiện qua sự khan hiếm tài liệu nghiên cứu có sẵn về chủ đề này. Có thể tham khảo một số kết quả nghiên cứu đã có sau:

Sargin và cộng sự [12], đã nghiên cứu ảnh hưởng của tro trấu (RHA) làm bột thu hồi thay thế bột khoáng trong hỗn hợp bê tông nhựa; kết quả thử nghiệm cho thấy hỗn hợp bột thu hồi bao gồm 50% RHA và 50% đá vôi (Lime Stone - LS) đảm bảo độ ổn định Marshall phù hợp. Ngay cả khi các tác giả tin rằng độ ổn định Marshall không phải là một chỉ số thích hợp cho hiệu suất của hỗn hợp bê tông nhựa, nghiên cứu của Sargin đã chứng minh rằng, đặc biệt là trong các lĩnh vực khi tính sẵn có của nó lớn, RHA có thể được sử dụng làm bột đá thay thế trong hỗn hợp bê tông nhựa thay vì bột khoáng đá vôi.

Rongali và cộng sự [13] đã có báo cáo về những lợi ích của hỗn hợp tro bay (Fly Ash) và chất thải nhựa (Plastic Waste) trong hỗn hợp bê tông nhựa để thi công mặt đường mềm. Họ đã chứng minh rằng tro bay có thể được sử dụng làm bột khoáng trong hỗn hợp bê tông nhựa, và tăng hiệu suất các đặc tính tương ứng của hỗn hợp bê tông nhựa bằng cách sử dụng bột tro bay với rác thải nhựa, đặc biệt là về khả năng kháng hằn lún.

Dhir và cộng sự [14], trong nghiên cứu của họ về các vật liệu lấy ra từ bùn khoan của lỗ khoan dầu mỏ được sử dụng thay thế bột khoáng trong hỗn hợp bê tông nhựa, nhấn mạnh rằng việc đánh giá hỗn hợp vữa nhựa bằng thử nghiệm vòng và bi chỉ ra rằng tất cả bốn mẫu bụi đá trong bùn khoan lỗ khoan dầu mỏ đã được làm sạch đều có hiệu quả hơn loại bột khoáng đá vôi tham khảo. Tất cả các bột bùn lỗ khoan tạo ra hỗn hợp đồng nhất với nhựa đường và được chứng minh là có tiềm năng thay thế một phần, hoặc thậm chí toàn bộ, thay thế các bột khoáng đá vôi mới khai thác ở mỏ.

Chen và cộng sự [15] cho thấy rằng có thể sử dụng cả bột cốt liệu mịn tái chế làm bột khoáng trong hỗn hợp bê tông nhựa. Trong nghiên cứu này, bột cốt liệu mịn tái chế (RFAP) được sử dụng làm bột khoáng trong hỗn hợp nhựa đường bằng cách thay thế hoàn toàn bột đá vôi thông thường (LS). Thứ nhất, các thuộc tính của RFAP được nghiên cứu bằng nhiễu xạ tia X (XRD), quét kính hiển vi điện tử (SEM) và tia X quang phổ huỳnh quang (XRF). Sau đó, kiểm tra độ bền kéo gián tiếp và mô đun, uốn dầm ba điểm, thử nghiệm từ biến động và thử nghiệm mỏi được thực hiện để so sánh các đặc tính giữa hỗn hợp bê tông nhựa với RFAP và hỗn hợp bê tông nhựa truyền thống với bột khoáng đá vôi. Kết quả chỉ ra rằng RFAP có thể cải thiện các đặc tính của hỗn hợp bê tông nhựa, chẳng hạn như bao gồm độ nhạy với nước và độ bền mỏi. Tuy nhiên, nó có thể làm giảm một chút hiệu suất ở nhiệt độ thấp. Tất cả các kết quả chỉ ra rằng RFAP có thể được sử dụng trên mặt đường nhựa, đặc biệt là ở các vùng có khí hậu nóng.

Pasetto và cộng sự [16], nghiên cứu đặc tính lưu biến của bê tông nhựa ấm sử dụng nhựa đường biến tính và bột khoáng là xỉ thép lò điện hồ quang. Vật liệu mới này được áp dụng ở nhiệt độ thấp và các chất phụ gia ấm và xỉ thép nên có thể đảm bảo ít nhất là hiệu suất như nhau của hỗn hợp bê tông nhựa truyền thống, do đó đảm bảo các đặc tính cơ học có thể chấp nhận được và độ bền.

Arabani và cộng sự [17], đã kiểm tra việc sử dụng các vật liệu phế thải khác nhau làm bột khoáng trong hỗn hợp bê tông nhựa. Họ đã sử dụng bột thủy tinh thải (WGP), bột gạch thải (WBP), tro trấu (RHA) và bụi đá (hỗn hợp đối chứng) làm bột khoáng, tối ưu hóa hàm lượng nhựa đường. Thử nghiệm của họ dựa trên thử nghiệm ổn định Marshall, mô đun độ cứng kéo gián tiếp và thử nghiệm mỏi kéo gián tiếp. Kết quả chỉ ra rằng WGP và WBP làm tăng đáng kể tuổi thọ chịu mỏi và, nói chung, tăng hiệu suất hỗn hợp bê tông nhựa. Ngoài ra, họ đã chứng minh rằng không có sự khác biệt về hiệu suất của RHA và hỗn hợp đối chứng.

Gần đây, López và cộng sự [18], khám phá khả năng sử dụng tro đáy từ nhà máy nhiệt điện và vôi làm bột khoáng trong hỗn hợp bê tông nhựa. Nghiên cứu tập trung vào đặc điểm của các tính chất hóa học và vật lý của Tro đáy (BA) và xác định đặc tính cơ học của hỗn hợp bê tông nhựa làm bằng BA hoặc vôi ngậm nước (HL) làm chất độn. Kết quả thu được trong công việc của họ chỉ ra rằng hỗn hợp bê tông nhựa với chất độn được làm bằng 70% BA và 30% HL đáp ứng các tiêu chuẩn Châu Âu.

3. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

Thử nghiệm các đặc tính kỹ thuật cơ bản của vật liệu đầu vào sử dụng cho nghiên cứu: cốt liệu đá là loại đá magma - mỏ đá Quốc Oai, bột khoáng đá vôi Kiện Khê - Hà Nam, bột đá thu hồi từ trạm trộn hỗn hợp bê tông nhựa với cốt liệu đá magma như trên, nhựa đường thông thường do Petrolimex cung cấp có độ kim lún 60/70. Các vật liệu của hỗn hợp bê tông nhựa trong nghiên cứu bao gồm đá có nguồn gốc magma (cốt liệu thô, cốt liệu mịn), nhựa đường, bột khoáng, bột thu hồi đảm bảo đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật trong tiêu chuẩn TCVN 13567-1:2022, theo Thông tư 27/TT-BGTVT năm 2014 và Quyết định số 858/QĐ-BGTVT năm 2014 (Hình 1).

Hình 1. Bột khoáng đá vôi và bột đá thu hồi dùng trong nghiên cứu

Thành phần bê tông nhựa được thiết kế theo phương pháp Marshall, tuân thủ quy trình hướng dẫn của TCVN 13567-1:2022. Khả năng kháng hằn vệt bánh xe được thử nghiệm với thiết bị HWTD (Hamburg Wheel Tracking Device), theo phương pháp A được quy định trong Quyết định số 1617/QĐ-BGTVT năm 2014 tương đồng với phương pháp AASHTO T324 [19], phương pháp này cho phép đánh giá khả năng kháng ẩm của BTN thông qua điểm bong màng nhựa (nếu có) xuất hiện trong quá trình thử nghiệm.

Bột đá thu hồi sử dụng trong nghiên cứu được thu hồi tại Hot Bin trạm trộn bê tông nhựa sau quá trình sấy khô cốt liệu đá thô và mịn. Vì vậy, về cơ bản, bột đá thu hồi có thành phần và tính chất giống với cốt liệu đá của hỗn hợp bê tông nhựa. Thành phần hóa học, tính chất vật lý của bột đá thu hồi được trình bày trong Bảng 1. Thành phần hóa học cần lưu ý là sự hiện diện của phần trăm của SiO_2 và CaO, lần lượt là 43.17% và 13.46%. Như vậy cả cốt liệu đá và bột đá thu hồi đều thuộc loại đá magma và có đặc tính bazơ.

Hỗn hợp vữa nhựa (bao gồm bột khoáng/bột đá và nhựa đường) được chế tạo bằng cách trộn với nhau ở nhiệt độ 150^{o}C, sử dụng máy khuấy cánh đũa với vận tốc 1000-2000 vòng/min, trong 10 phút để đạt đến hỗn hợp đồng nhất trước khi rót tạo mẫu thử nghiệm. Trong điều kiện nghiên cứu của bài báo, chỉ thực hiện thử nghiệm độ kim lún ở 25^{o}C và nhiệt độ hóa mềm. Về thử nghiệm độ nhớt con quay Brookfield ở 135^{o}C để đánh giá khả năng phối trộn với cốt liệu, cũng ko cần thiết phải thực hiện, vì thông thường thử nghiệm này chỉ thực hiện với các loại nhựa đường cải tiến hoặc các phụ gia cải thiện chất lượng nhựa đường.

Các mẫu vữa nhựa được chế bị trong phòng thí nghiệm, ngay sau khi phối trộn hỗn hợp vữa nhựa với bốn tỷ lệ bột đá thu hồi thay thế bột khoáng là 0%, 25%, 50% và 100%, tiến hành rót mẫu, bảo dưỡng mẫu theo quy định và thực hiện thử nghiệm (Hình 2.3). Thử nghiệm độ kim lún được thực hiện theo TCVN 7495: 2005, nhiệt độ hóa mềm được thử nghiệm theo TCVN 7497:2005.

Thành phần cấp phối hỗn hợp bê tông nhựa chặt BTNC12.5 được thiết kế theo Quyết định số

858/QĐ-BGTVT và theo tiêu chuẩn TCVN 13567:2022, bao gồm: 23% cốt liệu thô D_{max} 12.5mm, 27% cốt liệu thô D_{max} 9.5mm, 45% cốt liệu mịn D_{max} 4.75mm, 5% bột khoáng. Thiết kế hàm lượng nhựa tối ưu theo phương pháp Marshall. Bảng tổng hợp hàm lượng nhựa đường đáp ứng các yêu cầu đặc tính thể tích và cơ học được trình bày trong Bảng 2. Lựa chọn hàm lượng tối ưu theo hỗn hợp là giá trị trung bình của khoảng lựa chọn: 4.6% theo hỗn hợp.

Bảng 1. Thành phần hóa học (% theo khối lượng) và đặc tính vật lý của bột đá thu hồi

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5
43.17	2.714	11.06	16.07	0.260	7.726	13.46	3.51	1.62	0.394

Tỷ trọng biểu kiến = 1180 kg/m^3; Khối lượng riêng = 2290 kg/m^3

Bảng 2. Lựa chọn hàm lượng nhựa đường 60/70 tối ưu cho DHMA12.5

Thông số	**Yêu cầu kỹ thuật**	**Hàm lượng nhựa**	**Tổng hợp yêu cầu**
Độ rỗng dư V_a	4 ÷ 6 (%)	4.20÷ 4.90	
Độ rỗng VMA	$\geq$ 13.5 (%)	3.50 ÷ 5.50	
Độ rỗng VFA	65 ÷ 75 (%)	4.40 ÷ 5.00	4.40 ÷ 4.90 %
Độ ổn định Marshall	$\geq$ 8.0 (kN)	3.50 ÷ 5.50	
Độ dẻo Marshall	1.5 ÷ 4.0(mm)	3.50 ÷ 5.30	
Hàm lượng nhựa tối ưu		**4.60**	*% theo hỗn hợp*

4. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm hỗn hợp sử dụng bột đá thu hồi

4.1. Kết quả độ kim lún và nhiệt độ hóa mềm của hỗn hợp vữa nhựa

Các mẫu vữa nhựa được chế bị trong phòng thí nghiệm, ngay sau khi phối trộn hỗn hợp vữa nhựa với bốn tỷ lệ khác nhau của bột đá thu hồi thay thế cho bột khoáng là 0%, 25%, 50% và 100%, tiến hành rót mẫu, bảo dưỡng mẫu theo quy định và thực hiện thử nghiệm (Hình 2). Thử nghiệm độ kim lún được thực hiện theo TCVN 7495:2005, thử nghiệm nhiệt độ hóa mềm theo TCVN 7497:2005. Các kết quả thử nghiệm được được trình bày cụ thể trong Bảng 3.

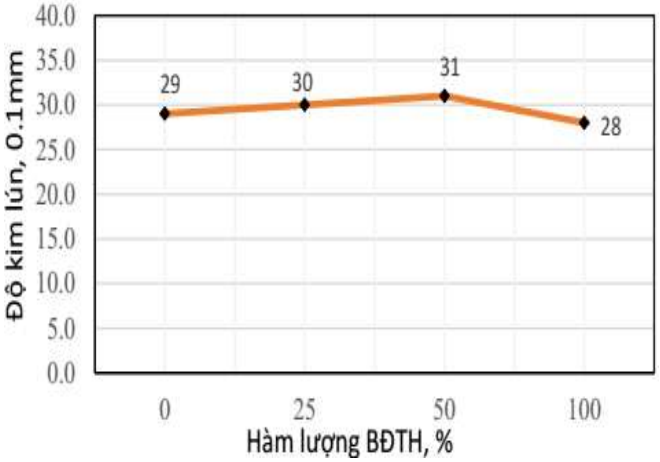
Hình 2. Mẫu vữa nhựa thử nghiệm độ kim lún và nhiệt độ hóa mềm

Bảng 3. Kết quả thử nghiệm các mẫu vữa nhựa sử dụng bột khoáng và bột đá thu hồi

Hỗn hợp nghiên cứu	**Giá trị thử nghiệm**	
	Độ kim lún, 0.1mm	**Nhiệt độ hóa mềm,^{o}C**
Nhựa đường	62	48
Vữa nhựa (0% BĐTH)	29	57.6
Vữa nhựa + 25% BĐTH	30	59.7
Vữa nhựa + 50% BĐTH	31	60
Vữa nhựa + 100% BĐTH	28	66.6

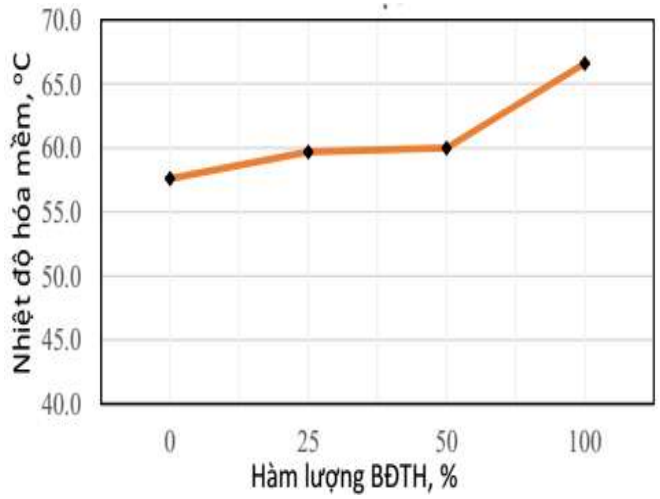
Độ kim lún và nhiệt độ hóa mềm của mẫu nhựa đường nguyên chất nằm trong khoảng cho phép đối với nhựa đường 60/70 thông thường và khá sát so với chỉ tiêu kỹ thuật được nhà sản xuất cung cấp (độ kim lún 62 so với 62.7, nhiệt độ hóa mềm 48 so với 48.3). Kết quả độ kim lún mẫu vữa nhựa sử dụng bột khoáng và bột đá thu hồi (Hình 3) thay đổi như sau: độ kim lún tăng từ 29 lên 31 khi hàm lượng BĐTH tăng từ 0% lên 75%, tuy nhiên sau đó lại giảm còn 28 khi tăng lượng BĐTH

lên mức thay thế hoàn toàn là 100%. Nguyên nhân là BĐTH được thu từ quá trình sấy nóng cốt liệu đá có cường độ đá gốc và độ cứng cao hơn đá vôi và bột khoáng đá vôi thông thường. BĐTH khi kết hợp với nhựa đường để tạo thành vữa nhựa sẽ đóng vai trò là chất độn nhiều hơn so với bột khoáng thông thường.



Hình 3. Ảnh hưởng của hàm lượng BĐTH đến độ kim lún của vữa nhựa

Kết quả về nhiệt độ hóa mềm của mẫu vữa nhựa (Hình 4) cũng cho xu hướng tương tự với kết quả về độ kim lún, khi xu hướng tăng của nhiệt độ hóa mềm được ghi nhận khi tăng tỷ lệ BĐTH từ 0% lên 100%. Chỉ có điểm khác biệt là ở mức 100% BĐTH thì nhiệt độ hóa mềm của vữa nhựa vẫn tiếp tục tăng và tăng nhanh hơn bình thường, như để khẳng định chắc chắn xu thế tăng này.



Hình 4. Ảnh hưởng của hàm lượng BĐTH đến nhiệt độ hóa mềm của vữa nhựa

Như vậy có thể thấy rằng sử dụng BĐTH bước đầu có những tín hiệu tích và khi tăng hàm lượng BĐTH thì các chỉ tiêu về độ cứng và nhiệt độ hóa mềm đều có xu hướng tăng. Bên cạnh đó, khi tăng quá hàm lượng BĐTH (ở mức 100%) thì độ cứng của hỗn hợp tăng mạnh, bột khoáng đóng vai trò mạnh là chất độn trong vữa nhựa, làm thay đổi bản chất tương tác của nhựa đường và bột khoáng, vữa nhựa trở nên khô và quánh rõ rệt dẫn đến tăng khả năng chịu nhiệt, gia tăng mạnh nhiệt độ hóa mềm. Tuy vậy, cũng nhiều trường hợp mặc dù nhiệt độ hóa mềm tăng nhưng khả năng làm việc và chịu các loại tải trọng của vữa nhựa trong hỗn hợp chưa chắc đã được cải thiện, điều này cần được kiểm chứng ở những kết quả về đặc tính của hỗn hợp bê tông nhựa khi sử dụng BĐTH.

4.2. Kết quả độ rỗng dư hỗn hợp bê tông nhựa

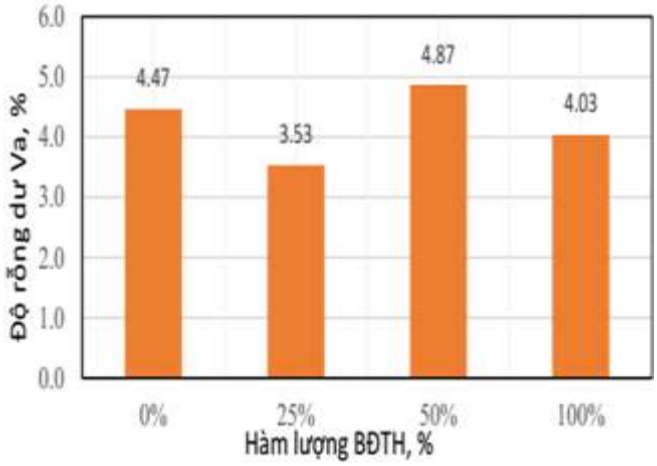
Sau khi thiết kế thành phần bê tông nhựa với hàm lượng nhựa tối ưu 4.6% và 100% là bột khoáng đá vôi thông thường, tiến hành nghiên cứu khảo sát sự ảnh hưởng của việc sử dụng BĐTH thay thế cho bột khoáng. Các tỷ lệ hàm lượng BĐTH được khảo sát vẫn là 0%, 25%, 50% và 100% giống với các hàm lượng BĐTH sử dụng khảo sát đặc tính của vữa nhựa (Hình 5). Tổng khối lượng (BĐTH + BK) cho các mẫu bê tông nhựa tính theo khối lượng bột khoáng thiết kế luôn được giữ cố định là 5%.

Kết quả thử nghiệm độ rỗng dư các mẫu bê tông nhựa được chế bị theo phương pháp Marshall, đầm mẫu ở nhiệt độ 150oC, được thể hiện ở Bảng 4 và Hình 6.

Hình 5. Hình ảnh cấp phối hỗn hợp BTNC12.5 với các tỷ lệ bột khoáng và bột đá thu hồi

Bảng 4. Kết quả thử nghiệm độ rỗng dư các mẫu BTNC12.5 sử dụng BĐTH

TT	Độ rỗng dư, %	Hàm lượng BĐTH bổ sung, %			
		0%	25%	50%	100%
1	Mẫu 1	4.4	3.3	5.1	4.1
2	Mẫu 2	4.5	3.4	4.8	4.0
3	Mẫu 3	4.5	3.9	4.7	4.0
4	**Trung bình**	**4.47**	**3.53**	**4.87**	**4.03**



Hình 6. Ảnh hưởng của hàm lượng BĐTH đến độ rỗng dư của BTNC12.5

Từ kết quả thử nghiệm cho thấy, khi tăng tỷ lệ hàm lượng BĐTH từ 0% lên 100%, độ rỗng dư các mẫu BTNC12.5 thay đổi không theo quy luật tuyến tính (Hình 6). Độ rỗng dư đạt giá trị nhỏ nhất (nhưng cũng chưa chắc đã là tốt nhất theo đặc tính của bê tông nhựa) với tỷ lệ 25% BĐTH. Độ rỗng dư của mẫu giảm có thể bởi sự lấp đầy tốt hơn các lỗ rỗng vi mô trong cấu trúc bê tông nhựa bằng các hạt bột khoáng - bột đá. Sự lấp đầy lỗ rỗng làm độ rỗng dư của bê tông nhựa giảm nhanh từ mức trung bình 4.47% (với mẫu đối chứng 0% BĐTH) xuống còn 3.53% (với mẫu sử dụng 25% BĐTH). Tuy nhiên khi nâng tỷ lệ sử dụng BĐTH lên tới 50% và 100%, sự thay đổi của độ rỗng dư lại khá phân tán, bất ngờ tăng lên rồi lại giảm xuống. Điều này khó có thể đưa ra những nhận đính chính xác về sự ảnh hưởng của hàm lượng BĐTH thay thế tối ưu theo độ rỗng dư. Tuy vậy, kết hợp với chỉ số của độ kim lún và và nhiệt độ hóa mềm thì có thể tạm thời thấy rằng hàm lượng BĐTH sử dụng 25% đang cho những tín hiệu khả quan nhất về khả năng sử dụng cho hỗn hợp bê tông nhựa.

5. Kết luận

Một số nghiên cứu tổng quan về kinh nghiệm sử dụng các loại bột khoáng, bột đá và bột thu hồi phế thải cho hỗn hợp BTN trên thế giới đã được tổng hợp. Kinh nghiệm của thế giới chỉ ra rằng việc sử dụng các loại BĐTH thay thế bột khoáng đá vôi là khả thi, và có nhiều loại bột thu hồi có nguồn gốc

từ đá gốc khác nhau có thể sử dụng với hiệu quả khác nhau với các loại nhựa đường.

Trong phần nghiên cứu thực nghiệm, đã nhận được kết quả sơ bộ bước đầu về sử dụng BĐTH thay thế BK đá vôi ở điều kiện trong phòng thí nghiệm. BĐTH sử dụng có cùng nguồn gốc với cốt liệu đá trong hỗn hợp BTN, là loại đá Magma có đặc tính bazơ, với hàm lượng thành phần hóa học của hai ôxit chủ yếu là SiO_2 43.17% và CaO 13.46%. Khi sử dụng BĐTH, bước đầu đã có những tín hiệu tích và khi tăng hàm lượng BĐTH thì các chỉ tiêu về độ cứng và nhiệt độ hóa mềm đều có xu hướng tăng. Bên cạnh đó, khi tăng quá hàm lượng BĐTH (ở mức 100%) thì độ cứng của hỗn hợp tăng mạnh, bột khoáng đóng vai trò mạnh là chất độn trong vữa nhựa.

Độ rỗng dư Va đạt giá tốt hơn ở các mức 25% và 100% hàm lượng BĐTH, giá trị nhỏ nhất của Va ứng với tỷ lệ 25% BĐTH. Về cơ bản các thông số của Va thì chỉ có ở mức 50% (ứng với Va = 4.87% là giá trị được xem là không tốt của tỷ lệ độ rỗng trong hỗn hợp BTNC12.5. Kết hợp với chỉ số của độ kim lún và nhiệt độ hóa mềm thì có thể tạm thời thấy rằng hàm lượng BĐTH sử dụng 25% đang cho những tín hiệu tương đối khả quan về khả năng sử dụng chúng cho hỗn hợp BTN.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin cảm ơn trường Đại học công nghệ GTVT tại Việt Nam đã tạo điều kiện để chúng tôi thực hiện các nghiên cứu này, kết quả này thuộc đề tài trọng điểm ĐTTĐ2021-22 của trường trong năm 2021-2022.

Tài liệu tham khảo

[1]. Marta Wasilewska, Dorota Małaszkiewicz, Natalia Ignatiuk. (2017). Evaluation of Different Mineral Filler Aggregates for Asphalt Mixtures. Materials Science and Engineering 245. 022042 doi:10.1088/1757-899X/245/2/022042.

[2]. Polish National Specification (2014). Technical Guidelines for Aggregates for Asphalt Mixures WT- 1.

[3]. Quyết định 858/QĐ-BGTVT (2014). Về việc ban hành hướng dẫn áp dụng hệ thống các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành nhằm tăng cường quản lý chất lượng thiết kế và thi công mặt đường bê tông nhựa nóng đối với các tuyến đường ô tô có quy mô giao thông lớn.

[4]. M. Wasilewska, W. Gardziejczyk, A. Plewa, and P. Gierasimiuk. (2015). Use of Reclaimed Asphalt Pavement to Asphalt Concrete Base Course. Rocznik Ochrona Środowiska vol. 17, part: 2, pp. 973-997.

[5]. A. R. Pasandín, and I. Pérez. (2015). The influence of the mineral filler on the adhesion between aggregates and bitumen. International Journal of Adhesion and Adhesives, vol. 58, pp. 53– 58.

[6]. R. Geber, and L. A. Gomze. (2010). Characterization of mineral materials as asphalt fillers. Materials Science Forum Vol. 659, pp. 471-476.

[7]. NCHRP Project 9-45, (2010). Test Methods and Specification Criteria for Mineral Filler Used in HMA. National Cooperative for Highway Research Program Project, Revised Draft Final Report. http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/NCHRP09-45_FR.pdf.

[8]. EN 13043. Aggregates for bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other trafficked areas.

[9]. ASTM D242. Standard Specification for Mineral Filler for Asphalt Mixtures.

[10]. AASHTO M17. Standard Specification for Mineral Filler for Bituminous Paving Mixtures.

[11]. TCVN 13567:2022. Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng – Thi công và nghiệm thu – Phần 1: Bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường thông thường.

[12]. S. Sargın, M. Saltan, N. Morova, S. Serin, S. Terzi. (2013). Evaluation of rice husk ash as filler in hot mix asphalt concrete. Construction

and Building Materials 48, 390–397.

[13]. U. Rongali, G. Singh, A. Chourasiya, P.K. Jain. (2013). Laboratory investigation on use of fly ash plastic waste composite in bituminous concrete mixtures. Procedia - Social and Behavioral Sciences 104, 89–98.

[14]. R.K. Dhir, L.J. Csetenyi, T.D. Dyer, G.W. Smith. (2010). Cleaned oil-drill cuttings for use as filler in bituminous mixtures. Construction and Building Materials 24, 322–325.

[15]. M. Chen, J. Lin, S. Wu. (2011). Potential of recycled fine aggregates powder as filler in asphalt mixture. Construction and Building Materials 25, 3909–3914.

[16]. M. Pasetto, A. Baliello, G. Giacomello, E. Pasquini. (2016). Rheological Characterization of WarmModified Asphalt Mastics Containing Electric Arc Furnace Steel Slags. Advances in Materials Science and Engineering (Volume 2016, Article ID 9535940,) 1-11.

[17]. M. Arabani, S Tahami, M. Taghipoor. (2016). Laboratory investigation of hot mix asphalt containing waste materials. Road Materials and Pavement Design, 1-17.

[18]. E. López- López, Á. Vega-Zamanillo, M. Á, Calzada-Pérez, M.A. Taborga-Sedano. (2015). Use of bottom ash from thermal power plant and lime as filler in bituminous mixtures. Materiales de Costrucción 65 No 318, 1-6.

[19]. AASHTO T324. Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Asphalt Mixtures.