

1  
**MỞ ĐẦU**

### **1. Tính cấp thiết của đề tài**

BTN là loại vật liệu phổ biến sử dụng cho các lớp KCAĐ ô tô tại Việt Nam. Trên nhiều tuyến quốc lộ, tuyến đường ô tô cấp cao có quy mô giao thông lớn ở Việt Nam thường xuất hiện các hư hỏng như nứt, LVBX làm suy giảm cường độ và tuổi thọ của KCAĐ. Đây là vấn đề không chỉ xảy ra ở Việt Nam mà cũng xảy ra ở các quốc gia trên thế giới có nền khoa học kỹ thuật phát triển.

Hiện nay, ở Việt Nam đang có hiệu lực song song TCVN 8819:2011, 22TCN 356-06 và QĐ 858. Tuy nhiên, trong quá trình khai thác, mặt đường BTN thiết kế theo các quy trình trên vẫn xảy ra tình trạng LVBX, bong tróc, thấm nước và nứt.

Hỗn hợp SMA có nguồn gốc ở Đức vào cuối những năm 1960, sau đó phổ biến ở Châu Âu, Mỹ, New Zealand, Nhật Bản,... SMA được sử dụng cho các mặt đường ô tô lưu lượng giao thông lớn, đường đua F1, đường sân bay, mặt cầu và các loại mặt đường thường xuyên chịu tải trọng xe nặng. Hỗn hợp SMA có ưu điểm như: Tăng sức chịu tải của KCAĐ, tăng độ nhám mặt đường, tăng sức kháng cắt trượt, tăng khả năng kháng biến dạng, kháng nứt của hỗn hợp, giảm hiện tượng LVBX.

Chính những căn cứ trên, lựa chọn đề tài: “Nghiên cứu ảnh hưởng của vật liệu Stone Mastic Asphalt đến khả năng chống lún vết bánh xe và chống nứt mặt đường bê tông asphalt trong điều kiện Việt Nam” là cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

### **2. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài**

Nghiên cứu về thành phần, những đặc tính cơ học của vật liệu, tiêu chuẩn kỹ thuật, khả năng, hiệu quả ứng dụng của vật liệu Stone Mastic Asphalt.

### **3. Đối tượng nghiên cứu**

Hỗn hợp SMA với cỡ hạt lớn nhất danh định 12,5mm làm lớp mặt cho KCAĐM.

### **4. Phạm vi nghiên cứu**

Phân tích tổng quan tình hình sử dụng hỗn hợp SMA, hư hỏng LVBX và nứt ở Việt Nam và trên thế giới;

Phân tích các nguyên nhân chính dẫn đến quá trình hình thành và phát triển LVBX và nứt trên mặt đường BTN;

Nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần vật liệu BTN đến sức kháng trượt và kháng nứt của hỗn hợp BTN;

Nghiên cứu thí nghiệm trong phòng, xác định các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp SMA và các loại BTNC đối chứng phục vụ tính toán dự báo LVBX và tính toán thiết kế kết cấu lớp BTN mới trong điều kiện Việt Nam.

### **5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án**

**Ý nghĩa khoa học:** (i) - Phân tích, làm rõ cơ sở khoa học việc sử dụng lớp SMA. Nghiên cứu bản chất lý thuyết của SMA, sự hình thành liên kết đá chèn đá làm tăng khả năng kháng LVBX. (ii) - Phân tích ưu nhược điểm và phạm vi áp dụng của SMA trong điều kiện Việt Nam. Hệ thống hoá được các tiêu chuẩn thí nghiệm đánh giá chất lượng của SMA; (iii) - Đề xuất phương pháp thiết kế hỗn hợp, lựa chọn thành phần cấp phối, các yêu cầu vật liệu, các chỉ tiêu cơ lý của SMA ở Việt Nam.

**Ý nghĩa thực tiễn:** (i) - Xác định được các chỉ tiêu kỹ thuật của SMA khi thiết kế KCAĐ theo tiêu chuẩn 22TCN 211-06; (ii) - Mô hình hóa và phân tích KCAĐM cấp cao sử dụng lớp SMA trong điều kiện Việt Nam.

## CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ STONE MASTIC ASPHALT, HƯ HỒNG LÚN VẾT BÃNH XE VÀ NỨT LỚP MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG NHỰA

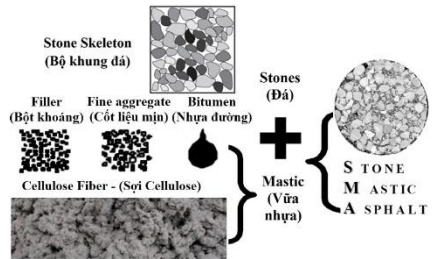
### 1.1. Tổng quan về Stone Mastic Asphalt

#### 1.1.1. Khái niệm Stone Mastic Asphalt

Stone Mastic Asphalt (viết tắt là SMA), hoặc thuật ngữ “Splitt-mastixasphalt” theo tiếng CHLB Đức, hoặc “Stone Matrix Asphalt” theo cách gọi ở các tiêu chuẩn của Mỹ và Ấn Độ có nguồn gốc ở CHLB Đức vào cuối những năm 1960. SMA được sử dụng phổ biến ở Châu Âu, Mỹ, Brazil, Australia, New Zealand, Trung Quốc, ... SMA được dùng cho các loại mặt đường ô tô có lưu lượng giao thông lớn, sân bay, mặt cầu và các mặt đường thường xuyên chịu tải trọng xe nặng. Theo tiếng Việt, hiện có một số cách gọi khác nhau: hỗn hợp mastic nhựa đá dăm, bê tông đá vữa nhựa. Trong luận án kiến nghị gọi là SMA.

Tiêu chuẩn AASHTO M325 của Mỹ định nghĩa như sau: “SMA là hỗn hợp BTN nóng bao gồm hai phần - bộ khung cốt liệu thô và một lượng lớn vữa asphalt. Hỗn hợp phải có bộ khung cốt liệu với tiếp xúc đá chèn đá. Cốt liệu thô là vữa cốt liệu tích lũy trên sàng 4,75mm (sàng số 4)”. Theo tiêu chuẩn của châu Âu - EN 13108-5, SMA được định nghĩa như sau: “SMA là hỗn hợp BTN cấp phối gián đoạn với chất kết dính là bitum, bao gồm bộ khung cốt liệu thô nghiền kết dính với nhau bởi vữa mastic”.

Nhìn chung, SMA chứa hàm lượng cốt liệu thô tối thiểu là 70%, cốt liệu mịn chiếm 12-17% và bột đá chiếm 8-13% theo khối lượng hỗn hợp vật liệu khoáng. Chất kết dính có hàm lượng từ 6,0-7,5% theo khối lượng hỗn hợp. Để ổn định chất kết dính, ngăn ngừa hiện tượng chảy nhựa trong SMA, một hàm lượng sợi cellulose từ 0,2-0,3% theo khối lượng hỗn hợp được thêm vào trong quá trình trộn khô. Độ rỗng dư từ 3-4% [50,53,77,91].



Hình 1.1. Sơ đồ cấu trúc của SMA

#### 1.1.2. Ứng dụng SMA trên thế giới

SMA được sử dụng phổ biến ở Châu Âu, Mỹ, New Zealand, Ấn Độ, Trung Quốc, Úc... Hầu hết các nước đã có tiêu chuẩn thiết kế, thi công SMA. SMA được sử dụng cho các mặt đường ô tô lưu lượng giao thông lớn, đường đua F1 (Tây Ban Nha, Đài Loan), đường sân bay (Frankfurt - CHLB Đức, Gardermoen - Na Uy, Johannesburg - Nam Phi...), mặt cầu (cầu Roosteren - Hà Lan; cầu Great Belt Link - Đan Mạch...) và các loại mặt đường thường xuyên chịu tải trọng xe nặng.

#### 1.2.2. Ứng dụng SMA ở Việt Nam

SMA được sử dụng làm mặt cầu Thăng Long khi dự án sửa chữa lớp phủ mặt cầu Thăng Long được tiến hành từ 10/2009-12/2009. Mặt cầu được thảm lớp SMA12,5 phía trên, lớp SMA9,5 phía dưới. Lớp SMA9,5 được dính bám với bản mặt cầu thép bởi chất kết dính Eliminator. SMA12,5 có thành phần vật liệu: Đá dăm: 82%; Cát tự nhiên: 10%; Bột đá: 8%; Chất kết dính: PMB III (6%); Chất ổn định: 0%. SMA9,5 gồm: Đá dăm: 82%; Cát tự nhiên: 10%; Bột đá: 8%; Chất kết dính: PMB III (6,5%); Chất ổn định: 0%. Khi đưa vào sử dụng, mặt cầu Thăng Long đã xuất hiện nứt, phải vá sửa nhiều đợt. Có nhiều nguyên nhân dẫn đến hư hỏng, trong đó công nghệ lu lèn chưa đúng kỹ thuật và độ rỗng dư của SMA không đạt yêu cầu. Nước mặt thấm qua lớp SMA làm bong bật lớp dính bám giữa SMA với lớp phía dưới.

Năm 2009, công ty ECC thực hiện phủ BTN mặt cầu thép cầu Thuận Phước. Báo cáo đề xuất kỹ thuật cầu Thuận Phước đã trộn và rải thử 53 tấn SMA. Kết quả thử nghiệm cho thấy có hiện tượng hư hỏng lớp SMA, nguyên nhân được đánh giá là do lớp dính bám giữa các lớp SMA và lớp mặt phòng nước không đảm bảo yêu cầu. Từ đó đã điều chỉnh chỉ sử dụng lớp phủ mặt cầu phân bộ hành lậ lớp SMA9,5.

Lớp phủ mặt cầu Cần Thơ được thiết kế với lớp mặt trên sử dụng SMA5 và lớp mặt

dưới sử dụng SMA13, được thi công vào năm 2009. Tỷ lệ thành phần SMA13: Đá 5-13: 65%; Đá 0-5: 13%; Cát: 11%; Bột đá: 11%; Sợi Cellulose: 0,5%. SMA5 có tỷ lệ thành phần: Đá 2,5-5: 50%; Đá 0-5: 20%; Cát: 20%; Bột đá: 10%; Sợi Cellulose: 0,3%. Cả hai lớp SMA đều sử dụng chất kết dính PMB I.

Năm 2003, Viện KH&CN GTVT đã thực hiện đề tài cấp Bộ GTVT: “*Sử dụng vật liệu Stone Mastic Asphalt SMA làm lớp mặt đường ô tô cấp cao*” do ThS. Bùi Ngọc Hưng làm chủ nhiệm đề tài. Nghiên cứu đã chế tạo hai loại SMA12,5 và SMA19, sử dụng nhựa thông thường.

Ngày 01/8/2019, Trường Đại học GTVT đã tổ chức hội thảo: “*Bê tông nhựa SMA - Triển vọng áp dụng ở Việt Nam*”. PGS. TS. Nguyễn Quang Phúc đã trình bày những nghiên cứu về SMA12,5 sử dụng sợi Viatop (CHLB Đức). Kết quả cho thấy, SMA12,5 đều có các chỉ tiêu cơ học tốt hơn so với BTNC 12,5 (theo QĐ 858) đối chứng.

## 1.2. Một số nhận xét về kết quả nghiên cứu tổng quan SMA

**SMA được sử dụng ở các nước trên thế giới có một số đặc điểm như sau:**

- SMA có cấp phối gián đoạn, tỷ lệ lượng lọt sàng tại cỡ sàng 4,75mm thấp (hay lượng tích lũy trên sàng 4,75mm - Hàm lượng cốt liệu thô cao), từ 65-80%; Cốt liệu SMA yêu cầu 100% là cốt liệu nghiền, cốt liệu lớn giới hạn nghiêm ngặt về độ hao mòn Los Angeles ( $\leq 30\%$ ) và hàm lượng hạt thời det; Cốt liệu nhỏ yêu cầu độ góc cạnh ( $\geq 45\%$ ), thường sử dụng cát xay (không dùng cát tự nhiên); Chất kết dính có thể sử dụng bitum thông thường hoặc bitum cải tiến để nâng cao độ bền cho hỗn hợp; Hàm lượng chất kết dính tối thiểu 5,8-6,0%; Trong quá trình trộn cốt liệu, một hàm lượng sợi (0,2-0,5%) được thêm vào để chống hiện tượng chảy chất kết dính (thường dùng sợi cellulose với hàm lượng 0,3%).

- Để đảm bảo tiếp xúc đá chèn đá thì VMA  $\geq 17$ ; Để kiểm tra tiếp đá chèn đá thì chỉ tiêu độ rỗng trong cốt liệu thô - VCA (thí nghiệm theo AASHTO T19) phải được thực hiện. Yêu cầu độ rỗng cốt liệu thô ( $VCA_{MIX}$ )  $\leq$  độ rỗng cốt liệu ở trạng thái khô đầm chặt ( $VCA_{DRC}$ ); Hầu hết các nước ở Châu Âu, Ấn Độ, Trung Quốc, New Zealand và Mỹ đều thiết kế hỗn hợp SMA theo phương pháp Marshall với 2×50 chày/1 mặt, các giá trị yêu cầu như sau: độ ổn định Marshall: Min 6,2kN, độ dẻo Marshall: 2-4mm; Độ rỗng dư: 2-5%. Độ chảy bitum  $\leq 0,3\%$  (thí nghiệm theo AASHTO T305-Mỹ; hoặc EN 12697-18- Châu Âu).

**SMA được sử dụng ở Việt Nam có một số đặc điểm như sau:**

- Một số công trình tại Việt Nam thiết kế SMA sử dụng cốt liệu nhỏ là cốt liệu tự nhiên, điều này có thể không thỏa mãn yêu cầu về độ góc cạnh dẫn đến độ ổn định của cấu trúc vữa asphalt không được đảm bảo; Chất kết dính sử dụng là PMB III và PMB I; SMA dùng cho mặt cầu Thuận Phước, Cần Thơ sử dụng chất ổn định là sợi cellulose; SMA dùng cho mặt cầu Thăng Long không sử dụng chất ổn định. Cấp phối SMA của mặt cầu Cần Thơ có lượng lọt sàng tại cỡ sàng 4,75mm tương đối cao so với SMA sử dụng ở Châu Âu và Mỹ cụ thể: với SMA13 tại cỡ sàng 4,75mm là 35-70% (hàm lượng cốt liệu thô từ 30-65%).

- Ngoài các yêu cầu kỹ thuật theo phương pháp thiết kế Marshall, các loại SMA sử dụng ở Việt Nam không đề cập đến điều kiện để tạo ra tiếp xúc đá chèn đá trong cấu trúc của SMA và thí nghiệm đánh giá sức kháng âm trong quá trình thiết kế. Trong khi đó, các tiêu chuẩn về SMA ở các nước Châu Âu, Ấn Độ, Trung Quốc và Mỹ đều quy định chỉ tiêu này.

## 1.3. Thực trạng LVBX trên mặt đường BTN ở Việt Nam và trên thế giới

Ở Việt Nam, hiện tượng LVBX đã phát sinh và phát triển nhanh từ đầu những năm 2000 đến nay, đặc biệt chủ yếu tập trung trên các tuyến quốc lộ có lưu lượng xe và tải trọng xe lớn; các vùng có thời tiết nắng nóng (khu vực miền Trung).

LVBX trên mặt đường và các nút giao thông là hiện tượng phổ biến ở các nước trên thế giới [79]. LVBX và áp suất bánh xe tăng cao



Hình 1.2. Hiện tượng LVBX trên Đại lộ Đông Tây

đã được thảo luận Hội nghị chuyên đề quốc gia (Mỹ) từ năm 1987. Những chuyên gia tham dự hội thảo cũng thống nhất rằng áp suất bánh xe cao và tải trọng xe tăng là nguyên nhân dẫn đến sự gia tăng của LVBX trên các tuyến đường, LVBX có thể được giảm thiểu bằng cách nghiên cứu lựa chọn vật liệu, thiết kế hỗn hợp và thi công phù hợp [52].

#### 1.4. Các nguyên nhân gây biến dạng xô dòn, lún lớp BTN mặt đường

Có 3 nguyên nhân chính gây ra hiện tượng xô dòn, lún lớp BTN mặt đường: (i) - Điều kiện nhiệt độ; (ii) - Yếu tố vật liệu, thành phần cấp phối; (iii) - Điều kiện khai thác.

- **Điều kiện nhiệt độ:** Theo số liệu của Tổng cục thống kê Việt Nam tháng 6/2020 [24], Việt Nam có lượng bức xạ mặt trời cao với số giờ nắng trung bình từ 1070-3000 giờ/năm. Nhiệt độ trong lớp BTN được hấp thụ bởi nhiệt độ không khí và bức xạ mặt trời. Những ngày nắng nhất mùa hè, nhiệt độ bề mặt mặt đường BTN có thể đạt tới 66-67°C và giảm dần theo chiều sâu. Theo [107,115], biến dạng dẻo lớp BTN chủ yếu xảy ra ở nhiệt độ  $\geq 50^\circ\text{C}$ , ở mức nhiệt độ  $< 50^\circ\text{C}$ , biến dạng xảy ra không đáng kể. Nhiệt độ  $> 50^\circ\text{C}$  trong lớp BTN sẽ đạt tới chiều sâu từ 9-10cm cách bề mặt, đây chính là khu vực sẽ xảy ra biến dạng dẻo của lớp BTN.

- **Yếu tố vật liệu, thành phần cấp phối:** Ở Việt Nam đang sử dụng 3 loại BTN cho xây dựng mặt đường mềm theo 3 quy trình, đó là: (i) - TCVN 8819:2011; (ii) - 22TCN 356-06 và (iii) - Quyết định số 858/QĐ-BGTVT. Hàm lượng cốt liệu thô (tích lũy trên sàng 4,75mm) của hỗn hợp BTNC theo TCVN 8819:2011 và 22TCN 356-06 là như nhau (29-52%); BTNC theo QĐ 858 có hàm lượng cốt liệu thô từ 38-66%. Các loại BTNC đang sử dụng tại Việt Nam có hàm lượng cốt liệu thô tương đối thấp, vì vậy lực nội ma sát nhỏ, dẫn đến cường độ kháng cắt của BTN thấp. Đây chính là một trong những nguyên nhân dẫn đến các loại BTNC hiện có ở Việt Nam có cường độ kháng cắt thấp.

- **Điều kiện khai thác:** Những năm gần đây do lưu lượng và tải trọng gia tăng đột biến cả về số lượng và chủng loại, đặc biệt là các phương tiện tải trọng lớn không kiểm soát được dẫn đến xuất hiện LVBX trên hệ thống mạng lưới đường của Việt Nam ngày càng tăng. Không những vậy, số xe quy đổi hoạt động thực tế trên nhiều tuyến đường đã vượt quá lưu lượng thiết kế.

#### 1.5. Các biện pháp hạn chế LVBX trên thế giới và ở Việt Nam

**Giải pháp về vật liệu:** (i) - Tăng lực dính đơn vị của BTN; (ii) - Sử dụng cốt sợi để tăng khả năng kháng biến dạng của BTN; (iii) - Điều chỉnh thành phần cốt liệu của hỗn hợp.

**Một số giải pháp sử dụng phụ gia đối với chất kết dính nhựa đường:** (i) - Sử dụng phụ gia epoxy; (ii) - Sử dụng phụ gia Elvaloy; (ii) - Sử dụng phụ gia Taf-Pack-Premium.

**Giải pháp hoàn thiện kết cấu phối hợp sử dụng vật liệu cải thiện:** Lựa chọn loại vật liệu có cường độ tương ứng bố trí trong các lớp, sẽ góp phần tăng sức chịu tải và độ ổn định của kết cấu, giảm LVBX.

#### 1.6. Các phương pháp dự báo LVBX

Hiện nay, Mỹ, Liên Bang Nga và một số nước trên thế giới, đã ban hành quy định tính toán dự báo mức độ lún lớp BTN mặt đường từ giai đoạn thiết kế. Nghiên cứu tập trung theo 2 trường phái là nghiên cứu cơ học - thực nghiệm (Mỹ) [94,105], và tính toán lý thuyết (Liên Bang Nga) [107,109,116]. Theo trường phái của Liên Bang Nga, tính toán lún trên cơ sở lý thuyết đàn nhớt dẻo, khi xem vật liệu BTN tuân theo nguyên lý cơ học môi trường liên tục [107] với tham số tính toán vật liệu là hệ số nhớt dẻo (phi Newton  $\eta$ ), hoặc môi trường rời [109] với các tham số tính toán là lực dính đơn vị C, góc nội ma sát  $\phi$ . Giá trị các tham số tính toán của vật liệu được xác định trong phòng thí nghiệm, phụ thuộc từng loại BTN.


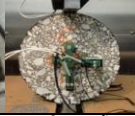

#### 1.7. Hư hỏng nứt trên mặt đường BTN

Hư hỏng nứt là do trùng phục tải trọng, xuống cấp hay lão hóa của hỗn hợp vật liệu hoặc do các yếu tố về kết cấu. Nếu không được xử lý, vết nứt sẽ mở rộng và phát triển. Sự xâm nhập của nước mưa sẽ gây thêm nứt và có thể dẫn đến hư hỏng kết cấu. LVBX và nứt là hai dạng phá hoại đối lập nhau, khắc phục được dạng này sẽ dễ phát sinh dạng kia.

Khi thiết kế thành phần BTN sử dụng cấp phối có hàm lượng cốt liệu lớn cao, hàm lượng bitum thấp với mục đích kháng LVBX sẽ dẫn đến khả năng chịu kéo, khả năng chống nứt giảm đi. Vì vậy, khi thiết kế thành phần hỗn hợp BTN phải lựa chọn cấp phối cốt liệu, hàm lượng nhựa phù hợp để thỏa mãn cả hai yêu cầu chống LVBX và nứt.

Tại Mỹ, các thí nghiệm nứt khác nhau đã được xác định trong báo cáo của Chương trình nghiên cứu hợp tác đường cao tốc quốc gia NCHRP 9-57. Bảy thí nghiệm kháng nứt của BTN đã được lựa chọn trong NCHRP 9-57 (xem Bảng 1.5) [66].

**Bảng 1.5. Bảy thí nghiệm nứt đã được chọn bởi NCHRP 9-57**

DCT	SCB-AASHTO TP105	SCB-Louisiana	SCB-Illinois	IDT-CST	OT	BBF
						
Chuẩn bị mẫu: 3 lần cắt, 1 vết khía, 2 lỗ	Chuẩn bị mẫu: 3 lần cắt, 1 vết khía; Thời gian thí nghiệm 30 phút	Chuẩn bị mẫu: 9 lần cắt, 3 vết khía; Thời gian thí nghiệm 30 phút	Chuẩn bị mẫu: 3 lần cắt, 1 vết khía	Chuẩn bị mẫu: 2 lần cắt; Thời gian thí nghiệm 1-2 giờ	Chuẩn bị mẫu: 4 lần cắt, gắn mẫu vào đĩa; Thời gian thí nghiệm: 30 phút - 3 giờ	Chuẩn bị mẫu: tám lần cắt, gắn mẫu vào đĩa; lớn, 4 lần cắt, gắn mẫu; Thời gian thí nghiệm: 3 giờ - 1 ngày

Các thí nghiệm đánh giá nứt của hỗn hợp BTN nói trên đều có nhược điểm chung là phải tiến hành cắt mẫu, ngoài thí nghiệm SCB-Illinois và thí nghiệm DCT thì 5 thí nghiệm nứt còn lại đều có thời gian thí nghiệm lâu (từ 30 phút đến 1 ngày). Một nhược điểm lớn nữa của 7 thí nghiệm nói trên là chi phí thiết bị cao, từ 10.000\$-100.000\$. Do vậy các thí nghiệm nói trên chưa đủ đơn giản, nhanh chóng và kinh tế.

Năm 2017, Fujie Zhou [66] đã nghiên cứu và phát triển thí nghiệm mới để kiểm tra nứt của hỗn hợp BTN, gọi là IDEAL-CT (Indirect Tensile Asphalt Cracking Test). Thí nghiệm IDEAL-CT có ưu điểm là không cắt, không khía, không khoan, không gắn, dán mẫu; hoàn thành thử nghiệm trong vòng 1 phút, thiết bị thí nghiệm có chi phí thấp hơn 10.000\$, nhạy với thành phần hỗn hợp BTN và đã được thực hiện ở các Sở GTVT của các Bang và các phòng thí nghiệm của các nhà thầu ở Mỹ. Năm 2019, phương pháp thí nghiệm IDEAL-CT đã được chuẩn hóa và được Mỹ ban hành thành tiêu chuẩn thí nghiệm ASTM D8225-19. Phương pháp này mở ra việc xác định chỉ số kháng nứt cho phép  $CT_{index}$  và các thông số khác từ đường cong lực - chuyển vị [43]. Căn cứ vào độ lớn chỉ số kháng nứt  $CT_{index}$  có thể đánh giá được khả năng kháng nứt của hỗn hợp BTN.

### 1.8. Nhiệm vụ nghiên cứu của luận án

Mặc dù SMA là loại vật liệu có nhiều ưu điểm hơn so với BTN truyền thống nhưng vẫn là một loại vật liệu mới ở Việt Nam. Một số dự án ở Việt Nam đã bước đầu ứng dụng SMA, nhưng chưa đem lại kết quả như mong muốn. Điều này đòi hỏi cần có những nghiên cứu đầy đủ và hệ thống về loại vật liệu này, cụ thể như sau:

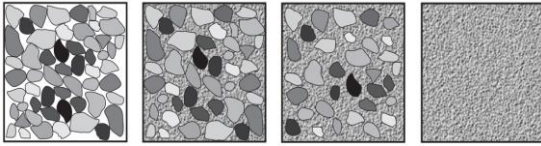
(i) - *Nghiên cứu làm rõ cơ sở khoa học, vai trò chức năng các thành phần vật liệu trong hỗn hợp, các yêu cầu về hàm lượng, kích cỡ, hình dạng của các loại cốt liệu và bitum, góp phần tăng cường độ kháng cắt của hỗn hợp.* (ii) - *Nghiên cứu thí nghiệm đánh giá các chỉ tiêu cơ lý, chỉ tiêu kỹ thuật của SMA trong điều kiện vật liệu, công nghệ của Việt Nam.* (iii) - *Tính toán ứng dụng hỗn hợp SMA làm lớp mặt trong kết cấu mặt đường mềm ô tô ở Việt Nam theo tiêu chuẩn 22 TCN 211-06.* (iv) - *Đánh giá hiệu quả kinh tế của việc sử dụng SMA so với BTN thông thường hiện có ở Việt Nam.*

## CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU THÀNH PHẦN VẬT LIỆU, PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ HỖN HỢP STONE MASTIC ASPHALT ĐỂ HẠN CHẾ LÚN VẾT BÁNH XE VÀ NỨT MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG NHỰA

### 2.1. Nghiên cứu thành phần vật liệu của hỗn hợp SMA

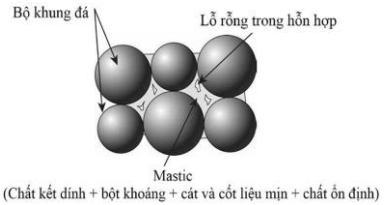
#### 2.1.1. Bộ khung cốt liệu của hỗn hợp SMA

Hỗn hợp SMA có bộ khung cốt liệu là bộ khung đá (Hình 2.1a) - một kết cấu các hạt có kích cỡ phù hợp mà phần còn lại của chúng tựa vào nhau và cài móc lẫn nhau [78].



(a) Bộ khung đá (b) Bộ khung đá-cát (c) Bộ khung cát-đá (d) Bộ khung cát

**Hình 2.1. Minh họa các loại khung của hỗn hợp**

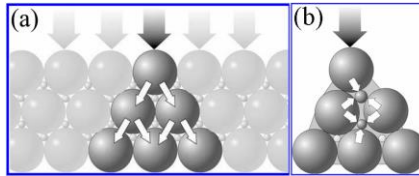


**Hình 2.2. Thành phần cơ bản của SMA**

### 2.1.2. Sự hình thành khung cốt liệu thô

Để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu thô đến khung chịu lực của hỗn hợp (Hình 2.3). Khi nén chặt hỗn hợp và gia tải, sẽ được một cấu trúc có cường độ nén cao, tùy thuộc vào sức kháng phân mảnh của các hạt thô. Một đặc điểm khác biệt của tập hợp các hạt thô được đầm chặt đó là sự tiếp xúc ở mức độ cao và không bị gián đoạn giữa chúng. Đây là bộ khung cốt liệu vững chắc được kỳ vọng cho tất cả hỗn hợp BTN mặt đường. Bộ khung cốt liệu này sẽ tạo ra một kết cấu chắc chắn cho mặt đường BTN [78].

Hình 2.4 mô tả cách tải trọng được truyền đi bởi bộ khung vật liệu khoáng. Giả sử tiếp xúc giữa các hạt ở mức độ cao. Việc truyền tải trọng bởi các hạt sát cạnh nhau qua điểm tiếp xúc giữa các hạt thô có thể được thể hiện ở Hình 2.4a. Nếu không có những điểm tiếp xúc giữa các hạt cốt liệu thô thì các hạt cốt liệu mịn sẽ thực hiện việc truyền tải. Tuy nhiên khi các hạt cốt liệu thô không trực tiếp truyền tải trọng cho nhau sẽ dẫn đến suy yếu toàn bộ cấu trúc (Hình 2.4b) [78].



(a) Khi các hạt sát cạnh nhau truyền tải trọng qua điểm tiếp xúc giữa các hạt thô  
(b) Khi các hạt cốt liệu thô không trực tiếp truyền tải trọng

**Hình 2.4. Phân bố tải giữa các hạt cốt liệu thô**

Từ Hình 2.3 và 2.4, nhận thấy một trong những đặc điểm đặc trưng của hỗn hợp SMA là các hạt cốt liệu trong bộ khung SMA phải tiếp xúc trực tiếp với nhau. Khi bộ khung cấu trúc cốt liệu đã hình thành, việc tiếp tục đầm sẽ dẫn đến nghiền (vỡ) các hạt cốt liệu. Nói cách khác, hỗn hợp SMA đã được đầm nén chặt theo cách sao cho các hạt cốt liệu thô được đặt đúng vị trí thích hợp, đảm bảo sự tiếp xúc đá chèn đá. Nguyên tắc này được áp dụng cho việc đầm trên công trường, cũng như trong phòng thí nghiệm [78].

### 2.1.3. Các tính chất liên quan đến đặc tính thể tích của SMA

Các đặc tính về thể tích của SMA như độ rỗng dư, độ rỗng hỗn hợp vật liệu khoáng, độ rỗng lấp đầy bitum và độ rỗng cốt liệu thô trong SMA sau khi đầm thể hiện khả năng phục vụ của mặt đường. Mục đích của quá trình đầm nén SMA trong phòng thí nghiệm nhằm mở phòng độ chặt của SMA ngay sau khi rải hoặc sau một số năm phục vụ.

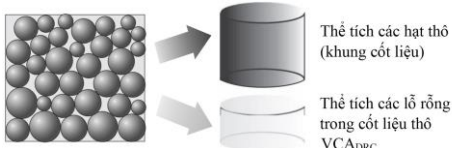
**Độ rỗng dư ( $V_a$ ) của SMA:** Quy định độ rỗng dư  $V_a$  của SMA từ 3,0-4,0% (theo tiêu chuẩn ở các nước Châu Âu, Mỹ...) là quy định khi thiết kế SMA trong phòng thí nghiệm. Trên thực tế, phải sau một vài năm khai thác thì  $V_a$  của SMA ngoài hiện trường mới đạt đến giá trị trên. Thực tế đã cho thấy tại những nơi có lưu lượng giao thông lớn, nếu như SMA bị đầm chặt quá mức ( $V_a < 3\%$ ) thì tại đó sẽ xuất hiện LVBX và gồ ghề lượn sóng. Nếu sau vài năm khai thác  $V_a > 5\%$  hoặc ngay sau khi thi công  $V_a > 8\%$ , sẽ dẫn đến lớp SMA bị giòn, nứt, và xuất hiện hiện tượng bong bọt.

**Độ rỗng hỗn hợp vật liệu khoáng (VMA) của SMA:** Giá trị VMA thích hợp sẽ tạo ra khoảng trống đủ lớn giữa các hạt cốt liệu để bitum bao bọc hết các hạt cốt liệu, đồng thời hỗn hợp không bị chảy bitum trong điều kiện nhiệt độ cao. Nghiên cứu của E.R.Brown [53] đã chỉ ra rằng cường độ của SMA có nguồn gốc từ cấu trúc tiếp xúc đá chèn đá được tạo thành bởi cốt liệu thích hợp. Các hướng dẫn của nhóm công tác kỹ thuật

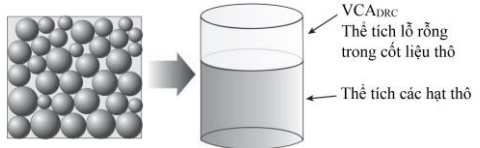
TWG (Mỹ) đã đề xuất lượng lọt qua sàng 4,75mm trong khoảng 20-28% (tương đương với 72-80% tích lũy trên sàng 4,75mm) để đảm bảo hình thành bộ khung cốt liệu thô thích hợp và tiếp xúc đá chèn đá trong SMA. Nghiên cứu trước đó của NCAT cho thấy phần trăm lượng lọt qua sàng 4,75mm là yếu tố quyết định trong việc hình thành tiếp xúc đá chèn đá của SMA. Khi lượng lọt qua sàng 4,75mm cao (40-50%), giá trị VMA nhỏ và thay đổi rất ít, VMA bắt đầu tăng lên khi lượng lọt qua sàng 4,75mm chạm đến mức 30-40%. Điểm mà tại đó VMA bắt đầu tăng được định nghĩa là điều kiện để tiếp xúc đá chèn đá bắt đầu hình thành. Khi lượng lọt qua sàng 4,75mm thấp dưới 30% sẽ có xu hướng tăng giá trị VMA bằng cách mở rộng không gian trong cấu trúc cốt liệu thô. Do đó, phần trăm lượng lọt qua sàng 4,75mm phải được hạ thấp dưới khoảng 30% để đảm bảo sự hình thành tiếp xúc đá chèn đá. Như vậy, việc thành lập giới hạn cấp phối lượng lọt qua sàng 4,75mm trong khoảng 20-28% (hàm lượng cốt liệu thô từ 72-80%) sẽ giúp đảm bảo yêu cầu về giá trị tối thiểu VMA sẽ được đáp ứng.

**Độ rỗng lấp đầy bitum (VFA) của SMA:** Nhìn chung, VFA là một chỉ tiêu hỗ trợ cho công tác thiết kế hỗn hợp SMA. Thông qua chỉ tiêu VFA, có thể chọn ra được một hỗn hợp SMA phù hợp, có độ bền cao trong quá trình khai thác. Theo tiêu chuẩn AASHTO MP8 của Mỹ, tiêu chuẩn JTG F40-2004 của Trung Quốc quy định giá trị VFA nằm trong khoảng 75-85%.

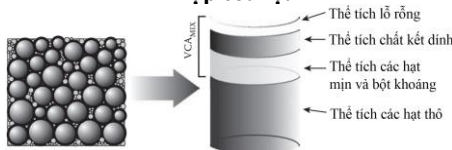
**Độ rỗng cốt liệu thô trong SMA sau khi đầm:** Cỡ sàng phân định SMA phụ thuộc vào cỡ hạt lớn nhất danh định của cốt liệu (NMAS), cụ thể: NMAS là 4,75mm với SMA19, SMA12,5; NMAS là 2,36mm với SMA9,5 và NMAS là 1,18 mm với SMA4,75 [78]. Các đặc tính thể tích, độ rỗng trong cốt liệu thô (VCA) được sử dụng để kiểm tra sự hình thành liên kết đá chèn đá trong SMA. Nếu  $VCA_{MIX} \leq VCA_{DRC}$  khi đó tồn tại liên kết đá chèn đá [53,78].



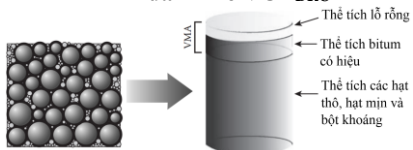
Hình 2.6. Bộ khung đã được đầm của hỗn hợp cốt liệu



Hình 2.7. Độ rỗng cốt liệu thô ở trạng thái đầm khô  $VCA_{DRC}$



Hình 2.8. Độ rỗng cốt liệu thô trong hỗn hợp SMA đầm chặt  $VCA_{MIX}$



Hình 2.9. Độ rỗng cốt liệu trong hỗn hợp SMA đầm chặt

#### 2.1.4. Ảnh hưởng của cốt liệu đến chất lượng SMA

Độ góc cạnh, bề mặt xù xì của cốt liệu ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng BTN. Cốt liệu có độ góc cạnh lớn sẽ tạo cho hỗn hợp có tính chèn móc tốt, tăng khả năng ma sát giữa các hạt cốt liệu, cải thiện đáng kể khả năng chống biến dạng dẻo của hỗn hợp. Hình dạng của cốt liệu thô thể hiện thông qua nhóm các chỉ tiêu: Hàm lượng mặt vỡ của cốt liệu thô; Hàm lượng hạt mịn và chỉ số tổng hợp cốt liệu (Particle Index).

Holleran [70] đã nghiên cứu ảnh hưởng của chỉ số Particle Index đến khả năng kháng LVBX của SMA11 (theo tiêu chuẩn New Zealand). Kết quả thí nghiệm LVBX với 20.000 chu kỳ ở 60°C cho thấy: Hỗn hợp sử dụng cốt liệu 1 (hình dạng khối tốt, chỉ số Particle Index=16,35) có khả năng kháng LVBX tốt nhất (chiều sâu LVBX là 4,2mm). Hỗn hợp sử dụng cốt liệu 2 (hàm lượng thoi dài cao, chỉ số Particle Index =12,64), khả năng kháng LVBX thấp nhất (chiều sâu LVBX là 18,4mm). Hỗn hợp sử dụng cốt liệu 3 (có hình dạng khối trung bình, chỉ số Particle Index = 13,81), khả năng

kháng LVBX tương đối tốt (chiều sâu LVBX là 6,1mm). Hỗn hợp sử dụng cốt liệu 1 có mô đun đàn hồi động theo mô hình thí nghiệm kéo giãn tiếp tải trọng lặp ( $M_R$ ) lớn nhất. Hỗn hợp sử dụng cốt liệu 3 có  $M_R$  thấp nhất.

### 2.1.5. Thành phần và cấp phối của SMA

SMA có cấp phối gián đoạn, là cấp phối vắng một số cỡ hạt trung gian hoặc lượng lọt sàng tại cỡ hạt trung gian rất ít, lượng lọt sàng tại cỡ sàng 4,75mm tương đối thấp, từ 20-35% (hàm lượng cốt liệu thô chiếm 65-80%), đây là điều kiện cần thiết để tồn tại tiếp xúc đá chèn đá và đáp ứng các yêu cầu độ rỗng cốt liệu tối thiểu ( $VMA \geq 17\%$ ) [78]; Hàm lượng nhựa bitum lớn (6,0-7,5%), kết hợp cùng với chất ổn định (sợi cellulose) có tác dụng chèn lấp các lỗ rỗng giữa các hạt đá. Lượng lọt sàng 0,075mm tương đối cao (8-11%) [92].

SMA có tỷ lệ lượng lọt sàng tại cỡ sàng 4,75mm thấp (hay lượng tích lũy trên sàng 4,75mm - Hàm lượng cốt liệu thô tương đối cao). Tham khảo tiêu chuẩn SMA của các nước trên thế giới và các nghiên cứu đã công bố, như: Sarang (2015, 2016), chế tạo SMA13 với hàm lượng cốt liệu thô 76% và 77% [93,94]; Ibrahim M (2006) chế tạo SMA với hàm lượng cốt liệu thô 75,5% [41]; Alinezhad (2019) [38], Ameli (2020) [39] chế tạo SMA12,5 với hàm lượng cốt liệu thô 76%, vì vậy kiến nghị lựa chọn hàm lượng cốt liệu thô cho SMA từ 70-80%.

### 2.1.6. Cốt liệu lớn trong SMA

Báo cáo của Hiệp hội mặt đường BTN châu Âu (EAPA) [61] cho thấy, SMA yêu cầu 100% cốt liệu thô phải là cốt liệu nghiền có hình dạng bề mặt tốt và giới hạn nghiêm ngặt về độ hao mòn Los Angeles. Cốt liệu thô sử dụng cho SMA phải có độ cứng cao để kháng tải trọng lớn. Viện giao thông Texas [55] đã tiến hành những nghiên cứu về ảnh hưởng của đặc tính của cốt liệu đến những tính chất của SMA. Kết quả cho thấy SMA được thiết kế tốt nhất khi sử dụng cốt liệu nghiền với hình dạng góc cạnh, cốt liệu được lựa chọn phải đảm bảo độ cứng, hình dạng bề mặt và độ bền. Nghiên cứu cũng cho thấy độ cứng rất quan trọng đối với cốt liệu lớn để chống lại sự mài mòn do bánh xe và tác dụng do xe tải trọng nặng gây ra. Nghiên cứu chỉ ra rằng xấp xỉ 85% các dự án sử dụng cốt liệu lớn yêu cầu độ hao mòn Los Angeles thấp hơn 30%.

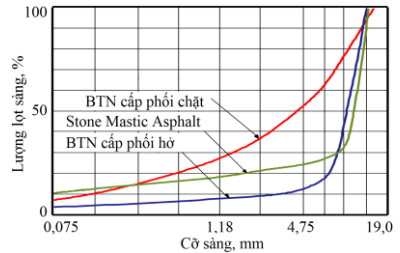
### 2.1.7. Mastic

Mastic là thành phần lớn thứ hai của SMA. Mastic chiếm xấp xỉ 20-25% khối lượng hỗn hợp và 30-35% thể tích. Khoảng 35-40% thể tích cốt liệu thô sau khi đầm sẽ tạo thành thể tích rỗng, sau khi được lấp đầy bởi mastic, thì còn lại 3-5% thể tích rỗng. Mastic bao gồm: (i) - Cốt liệu mịn; (ii) Bột khoáng; (iii) - Chất ổn định; (iv) - Chất kết dính.

**Cốt liệu mịn:** Vai trò của cốt liệu mịn trong SMA là lấp đầy khoảng trống giữa các hạt cốt liệu lớn và làm cho cốt liệu lớn dễ dàng cài móc với nhau, mặc dù được sắp xếp xung quanh nhưng cốt liệu mịn không được làm gián đoạn sự cài móc lẫn nhau giữa các hạt cốt liệu lớn. Theo tiêu chuẩn kỹ thuật SMA của Ấn Độ (IRC SP 79), quy định lượng cát (SE) của cốt liệu mịn  $\geq 50\%$ . Hàm lượng cốt liệu mịn thông thường chiếm từ 12-17% theo khối lượng hỗn hợp vật liệu khoáng trong hỗn hợp SMA [61,78].

**Bột khoáng:** Bột khoáng là những hạt lọt qua sàng 0,075mm. Hàm lượng bột khoáng sử dụng trong hỗn hợp SMA thông thường chiếm từ 8-13%. Bột khoáng là thành phần quan trọng của hỗn hợp SMA, không những lấp đầy lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu lớn, làm tăng độ đặc của hỗn hợp mà còn làm tăng diện tích tiếp xúc, làm màng bitum trên bề mặt hạt vật liệu khoáng càng mỏng và như vậy lực tương tác giữa chúng tăng lên, cường độ và độ bền nước của SMA cũng tăng lên. Các yêu cầu kỹ thuật của bột khoáng được quy định theo tiêu chuẩn AASHTO M17 - Mỹ [32].

**Chất kết dính:** Các loại chất kết dính khác nhau cho SMA được sử dụng ở nhiều



Hình 2.11. Đường cong cấp phối của SMA và các loại hỗn hợp BTN

nước. Trước đây ở Châu Âu, chất kết dính thông thường cũng được sử dụng để chế tạo SMA. Bitum 50/70 được sử dụng phổ biến ở CHLB Đức cho các tuyến đường có lưu lượng xe thấp. Hiện nay bitum cải tiến đã được sử dụng. Những nghiên cứu của các nhà khoa học ở Đức đã cho thấy sử dụng bitum cải tiến (như PMB 25/55-55) cho hỗn hợp SMA giúp tăng khả năng kháng LVBX lên gấp nhiều lần so với bitum thông thường [78]. SMA có hàm lượng bitum tương đối lớn (hàm lượng bitum tối thiểu của hỗn hợp SMA tại CHLB Đức và Cộng hòa Séc là 6,5%, Ba Lan là 6,6%, Hungary và Estonia là 6,2% [61]), do vậy trong quá trình trộn, vận chuyển, rải và đầm nén chỉ một phần bitum bám vào cốt liệu, phần còn lại sẽ tách khỏi hỗn hợp và chảy ra ngoài. Để khắc phục hiện tượng trên, các loại chất ổn định ngăn hiện tượng chảy nhựa đã được thêm vào hỗn hợp.

**Chất ổn định:** Chất ổn định được sử dụng cho SMA có thể là sợi cellulose, sợi khoáng hoặc sợi tổng hợp. Chất ổn định kết hợp với bitum, lấp đầy các lỗ rỗng trong hỗn hợp cốt liệu. Chất ổn định được đưa vào hỗn hợp trong quá trình trộn khô để ngăn hiện tượng bitum chảy ra trong quá trình trộn, vận chuyển, đầm nén và khai thác. Hiện nay ở CHLB Đức, chất ổn định được sử dụng trên 90% là sợi cellulose. Mặc dù chất ổn định chiếm một tỉ lệ rất nhỏ, nhưng là thành phần không thể thiếu của SMA. Tại Liên Bang Nga, các loại chất ổn định dạng hạt phổ biến nhất là phụ gia Nanobit-SD (Нанобит-СД) và phụ gia Chryzotop (Хризотоп). Tại Mỹ, khuyến cáo sử dụng sợi cellulose cho SMA với tỷ lệ 0,3% theo khối lượng hỗn hợp, sợi khoáng là 0,4%. Ấn Độ, Trung Quốc và một số nước ở Châu Âu quy định sử dụng sợi cellulose cho hỗn hợp SMA với hàm lượng tối thiểu là 0,3% theo khối lượng hỗn hợp. Độ chảy nhựa  $\leq 0,3\%$ , được xác định theo tiêu chuẩn AASHTO T305 hoặc TCVN 8860-6:2011.

## 2.2. Phương pháp thiết kế hỗn hợp SMA

SMA được thiết kế theo các chỉ tiêu về đặc tính thể tích như độ rỗng dư, độ rỗng cốt liệu và sự hình thành liên kết đá chèn đá [55,78]. Tiêu chuẩn kỹ thuật SMA ở Mỹ trước đây là AASHTO MP8 và AASHTO PP 41-02. Hiện nay đã được thay thế bằng AASHTO M325-08 và AASHTO R46-08. AASHTO M325 yêu cầu sử dụng đầm xoay, AASHTO MP8 sử dụng thiết bị đầm theo phương pháp Marshall ( $2 \times 50$  chày/1 mặt; độ ổn định Marshall  $\geq 6,2$  kN và độ dẻo Marshall từ 2-4mm). Nghiên cứu của Scherocman [99] đã chứng minh rằng khi chế tạo mẫu SMA theo phương pháp Marshall chỉ sử dụng 50 chày/1 mặt, không dùng 75 chày/1 mặt vì sẽ gây ra hiện tượng vỡ cốt liệu khi đầm.

Hầu hết tiêu chuẩn SMA ở các nước Châu Âu, Ấn Độ, Trung Quốc, New Zealand thiết kế theo phương pháp Marshall với  $2 \times 50$  chày/1 mặt. Thiết bị đầm xoay - là thiết bị có giá thành khá cao (so với thiết bị Marshall), yêu cầu người sử dụng phải có tay nghề và kinh nghiệm tốt. Hiện nay ở Việt Nam, số lượng đơn vị có thiết bị đầm xoay chưa nhiều, do vậy trong nghiên cứu, phương pháp Marshall được lựa chọn để thiết kế SMA.

## 2.3. Trình tự thiết kế hỗn hợp SMA

Tham khảo các tài liệu [31,33,55,78], trình tự thiết kế SMA được tiến hành như sau:

① Lựa chọn thành phần vật liệu SMA;

② Lựa chọn cấp phối tốt nhất: Đề xuất 3 đường cấp phối trong đường bao theo tiêu chuẩn AASHTO M325, trong đó 1 đường cấp phối bám sát cận trên, 1 đường đi giữa, và 1 đường bám sát cận dưới trong giới hạn đường bao;

③ Xác định khối lượng thể tích bằng thí nghiệm AASHTO T19 cho mỗi cấp phối. Xác định độ rỗng cốt liệu thô ở trạng thái chưa đầm nén  $V_{CA_{DRC}}$ ;

④ Xác định một hàm lượng nhựa hợp lý ban đầu bằng kinh nghiệm, sau đó trộn hỗn hợp đủ khối lượng cho tối thiểu 3 mẫu Marshall/1 đường cấp phối. Đúc mẫu sử dụng máy đầm Marshall với công đầm nén:  $2 \times 50$  chày/mặt mẫu;

⑤ Thí nghiệm xác định tỷ trọng lớn nhất  $G_{mm}$  của hỗn hợp SMA theo TCVN 8860-4 (AASHTO T209);

⑥ Tháo khuôn mẫu đã đầm nén, thí nghiệm xác định tỷ trọng khối  $G_{mb}$  của các mẫu theo TCVN 8860-5 (AASHTO T166). Tính các đặc trưng thể tích của mẫu: Độ rỗng dư  $V_a$ ; Độ rỗng cốt liệu VMA; Độ rỗng cốt liệu thô đã đầm nén  $V_{CA_{MIX}}$ ;

⑦ Lựa chọn đường cấp phối thỏa mãn chỉ tiêu  $VMA \geq 17\%$  và tồn tại bộ khung cốt liệu thô theo nguyên lý tiếp xúc đá chèn đá  $VCA_{MIX} \leq VCA_{DRC}$ . Nếu có nhiều hơn 1 đường cấp phối thỏa mãn thì chọn đường cấp phối có VMA lớn nhất; cấp phối đi giữa đường bao giới hạn; cấp phối có tỷ lệ cốt liệu thô ít hơn; cấp phối dễ trộn và kiểm soát khi thi công hơn. Nếu đã có kinh nghiệm thiết kế hỗn hợp SMA cho các dự án tương tự thì chỉ cần chọn ngay cấp phối tốt nhất sau đó đánh giá các đặc trưng thể tích mà không cần phải làm với cả 3 đường cấp phối.

⑧ Lựa chọn hàm lượng nhựa tối ưu;

⑨ Thí nghiệm các chỉ tiêu hỗn hợp SMA tại hàm lượng nhựa tối ưu như: thí nghiệm xác định các đặc trưng thể tích, thí nghiệm độ chảy nhựa (AASHTO T305).

#### 2.4. Khả năng chống nứt của hỗn hợp SMA

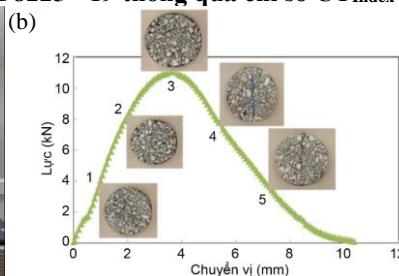
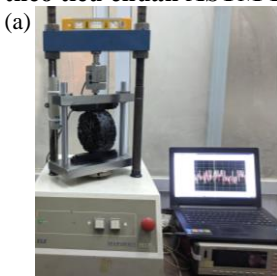
Hỗn hợp SMA sử dụng chất ổn định dạng sợi không những giúp hạn chế hiện tượng chảy nhựa mà còn có tác dụng tăng mật độ màng bitum trên bề mặt hạt cốt liệu, tăng độ ổn định tổng thể cho hỗn hợp.

Năm 2016, Đ.V.Thanh [12] đã chế tạo hỗn hợp SMA16 theo tiêu chuẩn JTG F40-2004 (Trung Quốc), sử dụng sợi hữu cơ, sợi khoáng và sợi tổng hợp. Kết quả thí nghiệm như sau: (i) - *Trong hỗn hợp SMA có ba loại sợi đều có khả năng đan chéo dọc ngang, hình thành kết cấu mạng không gian, có tác dụng truyền lực đồng thời ngăn cản sự trơn trượt giữa các hạt, cản trở và làm chậm sự hình thành và phát triển vết nứt*; (ii) - *Sợi phân bố đan chéo trong các lỗ rỗng nhỏ, giúp ngăn cản sự mở rộng của các vết nứt và lỗ rỗng*.

Năm 2017, Shenghua Wu [102] đã công bố nghiên cứu đánh giá tính năng dài hạn của mặt đường SMA12,5 và BTNC12,5 ở tuyến đường phía đông Bang Washington (Mỹ). Các mẫu khoan rút lõi hiện trường từ mặt đường SMA và BTNC dùng để tiến hành các chỉ tiêu thí nghiệm trong phòng: (i) - *mô đun đàn hồi kéo giãn tiếp*; (ii) - *biến dạng từ biến*; (iii) - *độ bền mài mòn của lớp xe*; (iv) - *thí nghiệm phá hủy IDT ở nhiệt độ thấp và trung bình*. Kết quả thí nghiệm đã chỉ ra rằng, tại hiện trường, mặt đường SMA12,5 có các tính năng vượt trội hơn mặt đường BTNC12,5 về khả năng chống LVBX và nứt. SMA có hiệu năng tốt hơn BTNC về khả năng kháng nứt từ trên xuống, từ dưới lên và kháng nứt do nhiệt. Kết quả của thử nghiệm nhựa đường thu hồi cho thấy SMA (hàm lượng nhựa 6,8%) ít bị lão hóa hơn so với BTNC (hàm lượng nhựa 5,44%) và nhựa đường SMA thu hồi có khả năng kháng LVBX, kháng nứt do môi và nứt do nhiệt tốt hơn so với nhựa đường BTNC.

Như vậy, SMA có khả năng kháng nứt tốt so với BTNC thông thường do 2 nguyên nhân: (i) - *SMA có hàm lượng bitum lớn hơn (6,0-7,5%) so với các loại BTNC thông thường, do vậy, làm tăng tính linh hoạt và khả năng kháng nứt của hỗn hợp*; (ii) - *Sợi phân tán trong hỗn hợp SMA không những có tác dụng chống chảy nhựa mà còn có khả năng đan chéo dọc ngang, làm chậm sự hình thành và phát triển vết nứt*.

#### 2.5. Phương pháp thí nghiệm đánh giá khả năng kháng nứt của vật liệu BTN - theo tiêu chuẩn ASTM D8225 - 19 thông qua chỉ số $CT_{Index}$



a) Thiết bị thí nghiệm  
b) Đường cong lực - chuyển vị điện hình quá trình nén mẫu

**Hình 2.17. Thiết bị thí nghiệm và đường cong chuyển vị - tải trọng sau khi nén mẫu bằng phương pháp thí nghiệm IDEAL-CT**

Năm 2019, phương pháp thí nghiệm IDEAL-CT được chuẩn hóa và được Mỹ ban hành thành tiêu chuẩn thí nghiệm ASTM D8225-19 [43]. Thí nghiệm IDEAL-CT được tiến hành ở nhiệt độ  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  với các mẫu hình trụ kích thước đường kính  $150 \pm 2\text{mm}$ ,

chiều cao  $62 \pm 1 \text{ mm}$ , độ rỗng dư  $V_a = 7 \pm 0,5\%$ , tốc độ gia tải  $50 \pm 2,0 \text{ mm/phút}$ .

Các công thức để xác định chỉ số  $CT_{\text{Index}}$  như sau:

$$W_f = \sum_{i=1}^{n-1} \left( (I_{i+1} - I_i) \times P_i + \frac{1}{2} \times (I_{i+1} - I_i) \times (P_{i+1} - P_i) \right); \quad G_f = \frac{W_f}{D \times t} \times 10^6; \quad (2.4)$$

$$|m_{75}| = \frac{P_{85} - P_{65}}{I_{85} - I_{65}}; \quad CT_{\text{Index}} = \frac{t}{62} \times \frac{I_{75}}{D} \times \frac{G_f}{|m_{75}|} \times 10^6;$$

## 2.6. Phân tích tác động của tải trọng đến biến dạng LVBX lớp BTN mặt đường

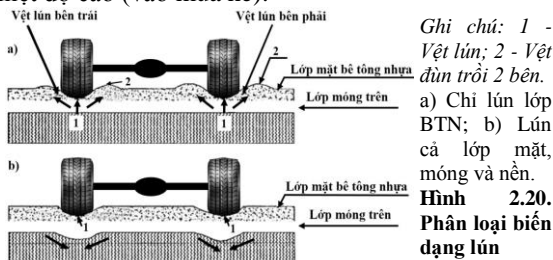
### 2.6.1. Sơ đồ tác dụng của tải trọng

Hiện tượng biến dạng dẻo không hồi phục do tải trọng theo phương đứng ( $F_n$ ) và lực hãm phanh theo phương ngang ( $F_t$ ) gây ra. Khi mặt đường chịu tác dụng đồng thời của ( $F_n$ ) và ( $F_t$ ) (khi phanh gấp, lực hãm phanh có thể đạt 70-80% lực theo phương đứng), tại mặt đường các trạm thu phí, khu vực dừng đỗ tại các giao cắt, trong lớp vật liệu xuất hiện ứng suất cắt trượt, khi ứng suất cắt trượt vượt quá cường độ kháng cắt trượt của vật liệu, sẽ làm lớp BTN bị xô dồn dồn trôi thành gờ trước vệt bánh xe theo phương vuông góc với hướng xe chạy, gây hiện tượng xô dồn lượn sóng trên mặt đường.

Khi KCAĐM chịu tác dụng của tải trọng, tùy theo đặc điểm tác dụng của tải trọng động hoặc tĩnh, điều kiện nhiệt độ mà vật liệu BTN và nền đất thể hiện đặc tính đàn hồi, đàn nhớt hoặc đàn nhớt dẻo. Chất dính kết của BTN là nhựa đường, đây là loại vật liệu rất nhạy cảm với nhiệt độ môi trường, khi ở nhiệt độ môi trường cao, tính nhớt của nhựa đường suy giảm, làm giảm sức chống cắt của vật liệu. Do vậy, chỉ tiêu biến dạng dẻo của BTN cần được tính toán ở nhiệt độ cao (vào mùa hè).

### 2.6.2. Phân loại biến dạng lún

Biến dạng lún chỉ xảy ra ở lớp BTN khi lớp mỏng và nền có cường độ kháng cắt trượt cao (Hình 2.20a), phân biến dạng dẻo của lớp BTN bị đẩy sang bên vệt lún. Trường hợp lớp nền hoặc cả lớp mỏng có cường độ kháng cắt trượt thấp, hiện tượng biến dạng dẻo, lún xảy ra ở cả lớp mặt, lớp mỏng và nền, do cả lớp mỏng và nền cùng bị biến dạng dẻo, nên phân vật liệu bị biến dạng chủ yếu được đẩy sâu xuống dưới, nên tạo ra vệt gờ hai bên sẽ không đáng kể hoặc không xảy ra (Hình 2.20b).



### 2.7. Cấu trúc và cường độ kháng cắt của hỗn hợp BTN

Cấu trúc của BTN được hình thành do liên kết giữa bitum với vật liệu khoáng. Sự dính bám của bitum với bề mặt cốt liệu đóng vai trò quan trọng trong việc tạo nên cường độ, độ ổn định với nước và với nhiệt của BTN. BTN gồm hai thành phần: (i) - *Khung cấu trúc vật liệu khoáng gồm đá và cát*; (ii) - *Chất liên kết asphalt gồm nhựa đường và bột khoáng*.

Sức kháng cắt trượt của BTN phụ thuộc độ lớn góc nội ma sát của cốt liệu và lực dính đơn vị của vữa asphalt theo công thức:  $\tau_{cp} = \sigma \tan \varphi + C$ . Nếu sử dụng các giải pháp tăng giá trị góc nội ma sát  $\varphi$  hoặc giá trị lực dính đơn vị  $C$ , sẽ tăng sức kháng cắt của BTN [116].

Hệ số nội ma sát  $\tan \varphi$  đặc trưng cho lực ma sát trong giữa các hạt cốt liệu khi dịch chuyển trong lớp BTN dưới tác dụng của ứng suất gây trượt (ứng suất cắt), do vậy độ lớn hệ số nội ma sát phụ thuộc rất ít vào nhiệt độ, chỉ phụ thuộc hình dáng, độ nhám bề mặt, kích cỡ danh định và hàm lượng cốt liệu. Khác với tham số lực dính đơn vị đặc trưng cho tính lưu biến của BTN, độ lớn của nó phụ thuộc nhiều vào tốc độ gia tải và điều kiện nhiệt độ môi trường. Do vậy, giải pháp tăng cường độ kháng cắt của BTN theo hướng tăng lực nội ma sát rất phù hợp với khu vực có khí hậu nắng nóng, như ở Việt Nam [114,116].

Thành phần lực dính của BTN bao gồm lực dính kết nội tại giữa các phân tử nhựa đường và lực dính bám với đá. Lực dính của BTN có tính lưu biến, dưới tác dụng của tải trọng động bánh xe, khi ở nhiệt độ thấp lực dính thể hiện đặc tính đàn nhớt, khi ở nhiệt độ cao thể hiện đặc tính nhớt dẻo, do vậy độ lớn của thành phần lực dính phụ thuộc nhiệt độ môi trường và tốc độ biến dạng (vận tốc xe chạy).

## 2.8. Nghiên cứu lựa chọn giải pháp tăng sức kháng cắt cho BTN áp dụng trong điều kiện Việt Nam

### 2.8.1. Giải pháp tăng hệ số nội ma sát

Tăng hệ số nội ma sát bằng cách tăng hàm lượng cốt liệu thô có tác dụng:

+ Tăng khả năng tiếp xúc trực tiếp giữa các hạt cốt liệu khi các hạt chuyển dịch tương đối với nhau [116]. Lực nội ma sát phụ thuộc rất ít vào nhiệt độ môi trường, trong một số trường hợp [101], ở nhiệt độ cao, nhựa bitum bị hóa mềm còn góp phần tạo sự tiếp xúc chặt giữa bề mặt hạt cốt liệu, làm tăng hệ số nội ma sát của hỗn hợp. Do vậy, vào những ngày nắng nóng góp phần hạn chế chuyển dịch tương đối giữa các hạt cốt liệu cả phương đứng và phương ngang.

+ Khi có lực tác dụng, chuyển dịch của các hạt cốt liệu do ứng suất cắt gây ra bị cản trở do hiện tượng trương nở thể tích (hiệu ứng Dilatancy) [116], mức trương nở thể tích phụ thuộc hàm lượng và kích cỡ cốt liệu thô, khi đó một phần đáng kể công do ứng suất cắt gây ra bị tiêu tán do hiệu ứng Dilatancy (Hình 2.22), góp phần làm giảm chuyển dịch các hạt cốt liệu, từ đó giảm biến dạng cắt trượt của khối vật liệu.

+ Hàm lượng cốt liệu thô lớn sẽ tạo thành bộ khung chịu lực cao, tăng diện tích truyền tải trọng xuống các lớp dưới và nền (Hình 2.23), vì vậy giảm áp lực xuống nền, giảm độ lún của nền, của kết cấu mặt đường, tăng sức chịu tải mặt đường.

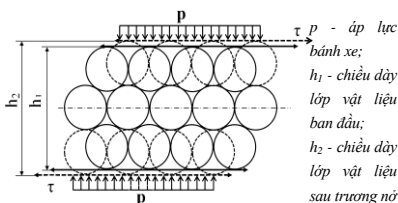
Như vậy, bằng giải pháp hiệu chỉnh hàm lượng cốt liệu của hỗn hợp đã góp phần nâng cao sức chịu tải và cường độ kháng cắt của BTN, kéo dài tuổi thọ khai thác mặt đường. Áp dụng giải pháp tăng lực nội ma sát sẽ có hiệu quả đối với các nước trong khu vực nắng nóng, vì lực nội ma sát chỉ phụ thuộc rất ít vào tác động của nhiệt độ môi trường. SMA là hỗn hợp có hàm lượng cốt liệu thô tới 70-80%, là loại vật liệu đáp ứng được các yêu cầu về giải pháp tăng hệ số nội ma sát nêu trên.

### 2.8.2. Giải pháp tăng lực dính

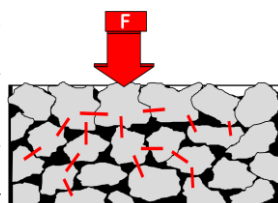
Lực dính C của BTN gồm hai thành phần:  $C_1$  là thành phần lực dính do sự cài móc giữa các hạt và  $C_2$  là thành phần lực dính phân tử, do tác dụng dính bám tương hỗ giữa nhựa và đá và do lực dính kết bên trong của bản thân nhựa. Thành phần lực  $C_2$  này phụ thuộc vào nhiều yếu tố: độ nhớt của bitum, nhiệt độ, thành phần và tính chất bề mặt của cốt liệu, chiều dày lớp bitum... Lực dính đơn vị phụ thuộc độ nhớt của nhựa, loại phụ gia sử dụng, tốc độ gia tải và nhiệt độ môi trường. Lựa chọn giải pháp tăng lực dính đơn vị góp phần tăng độ ổn định cắt trượt lớp vật liệu: (i) - Tăng lực dính đơn vị khi sử dụng bitum có độ nhớt cao; (ii) - Sử dụng các loại phụ gia làm tăng lực dính đơn vị, tăng khả năng chịu nhiệt của nhựa bitum, như SBS, Wetfix Be, Zycotherm...

### 2.8.3. Lựa chọn phương pháp thí nghiệm xác định cường độ kháng cắt của BTN

Hiện nay trên thế giới đang có một số phương pháp thí nghiệm xác định cường độ kháng cắt của BTN như: (i) - Cắt động Romanoschi; (ii) - Cắt phẳng Leutner; (iii) - Xác định góc nội ma sát  $\varphi$  và lực dính đơn vị C theo tiêu chuẩn Liên Bang Nga.



Hình 2.22. Mô phỏng hiệu ứng Dilatancy lớp vật liệu mặt đường



Hình 2.23. Phân bố lực tác động bánh xe trong lớp SMA

Tiêu chuẩn quốc gia GOST 12801-1998 [112] cho phép xác định các đặc tính kháng cắt trượt (gồm góc nội ma sát  $\phi$  và lực dính đơn vị  $C$ ) của BTN dựa trên kết quả thử nghiệm phá hoại mẫu và biến dạng tương ứng của mẫu lăng trụ có chiều cao bằng với đường kính (bằng 71,4mm) ở 2 trạng thái: nền dọc trục và nền vọt bộ gá đặc chứng theo mô hình nén Marshall. Thử nghiệm được tiến hành ở 50°C. Tốc độ nén mẫu là 50mm/phút. Phương pháp thí nghiệm theo tiêu chuẩn GOST 12801-1998 của Liên Bang Nga dễ thực hiện và phù hợp với điều kiện Việt Nam. Vì vậy, lựa chọn phương pháp này để xác định hệ số nội ma sát ( $tg\phi$ ) và lực dính đơn vị ( $C$ ) của hỗn hợp BTN.

## 2.9. Kết luận chương 2

Chương 2 đã phân tích thành phần vật liệu, phương pháp thiết kế, khả năng chống LVBX và nứt của SMA. Đồng thời phân tích cơ sở khoa học hình thành cường độ kháng cắt của BTN; vai trò, chức năng, hàm lượng hợp lý của thành phần cốt liệu thô trong hỗn hợp, góp phần làm gia tăng cường độ kháng cắt của SMA;

Cốt liệu dùng cho SMA yêu cầu 100% là cốt liệu nghiền, cốt liệu lớn giới hạn chặt chẽ về độ hao mòn Los Angeles ( $\leq 30\%$ ), hàm lượng hạt thô dẹt ( $\leq 20\%$ ); Với cốt liệu nhỏ, giá trị đương lượng cát (SE)  $\geq 50\%$ , Độ góc cạnh  $\geq 45\%$ . Hàm lượng bột khoáng sử dụng trong SMA chiếm từ 8-13%; Các yêu cầu kỹ thuật của bột khoáng được quy định theo AASHTO M17 (Mỹ);

Lựa chọn thành phần cấp phối theo tiêu chuẩn AASHTO M325 (Mỹ); Hàm lượng cốt liệu thô từ 70-80%; Chất kết dính là bitum PMB III; chất ổn định dạng sợi cellulose với hàm lượng 0,3% khối lượng hỗn hợp;

Các yêu cầu kỹ thuật của SMA, kiến nghị tham khảo theo AASHTO MP8 và AASHTO M325 (Mỹ), JTG F40-2004 (Trung Quốc), IRC SP. 79 (Ấn Độ) và EN 13108-5 (Châu Âu), được tổng hợp ở Bảng 2.6.

**Bảng 2.6. Yêu cầu kỹ thuật của hỗn hợp SMA**

Chỉ tiêu	Yêu cầu	Tiêu chuẩn
Hàm lượng bitum, %	$\geq 6$	-
Số chảy đầm (phương pháp Marshall)	2x50 chảy/1 mặt	ASTM D6927/ TCVN 8860-1:2011
Độ ổn định Marshall, kN	$\geq 6,2$	ASTM D6927/ TCVN 8860-1:2011
Độ dẻo Marshall, mm	2 ÷ 4	ASTM D6927/ TCVN 8860-1:2011
Độ rỗng dư ( $V_v$ ), %	3 ÷ 4	ASTM D 3203/ TCVN 8860-9:2011
Độ rỗng cốt liệu (VMA), %	$\geq 17$	TCVN 8860-10:2011
Độ rỗng lấp đầy nhựa (VFA), %	75 ÷ 85	TCVN 8860-10:2011
VCA <sub>MIX</sub> , %	$\leq$ VCA <sub>DRC</sub>	AASHTO T19
Hệ số cường độ chịu kéo, %	$\geq 80$	AASHTO T283
Độ chảy bitum, %	$\leq 0,3$	AASHTO T305/ TCVN 8860-6:2011
Hệ số nội ma sát ( $tg\phi$ )	$\geq 0,94$	GOST 12801-1998
Lực dính đơn vị ở 50°C (C), MPa	$\geq 0,20$	GOST 12801-1998

## CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN CỐT LIỆU, CÁC CHỈ TIÊU CƠ LÝ CỦA HỖN HỢP STONE MASTIC ASPHALT TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

### 3.1. Lựa chọn thành phần vật liệu và kiểm tra các yêu cầu kỹ thuật

#### 3.1.1. Cốt liệu thô, cốt liệu mịn và bột khoáng

Từ những kết luận ở Chương 2 cho thấy, hỗn hợp SMA yêu cầu cốt liệu có chất lượng cao. Do vậy trong nghiên cứu, cốt liệu thô và cốt liệu mịn được lấy tại mỏ đá Khau Đem, xã Quan Sơn, huyện Chi Lăng, tỉnh Lạng Sơn, đây là một trong những mỏ đá có chất lượng cao ở các tỉnh phía Bắc. Đá, cát, bột khoáng sử dụng trong nghiên cứu đáp ứng các yêu cầu theo 22TCN 356-06 và các yêu cầu chung của hỗn hợp SMA.

#### 3.1.2. Chất kết dính

PMB III được lựa chọn làm chất kết dính trong nghiên cứu, được cung cấp bởi Công ty TNHH Nhựa đường Petrolimex Việt Nam. Chất kết dính PMB III và PMB III pha 2% Sasobit đáp ứng các chỉ tiêu cơ bản theo yêu cầu của 22TCN 319:2004.

#### 3.1.3. Chất ổn định

Chất ổn định được sử dụng trong nghiên cứu được lựa chọn là sợi cellulose (loại sợi hữu cơ) ARBOCEL ZZ 8/1 do Công ty JRS, Cộng hòa Liên Bang Đức cung cấp.

### 3.1.4. Phụ gia sasobit

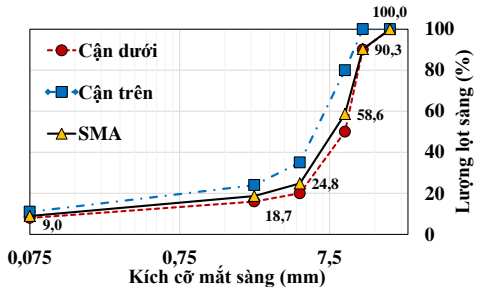
Phụ gia sasobit (phụ gia hữu cơ) có gốc Polymethylene được cung cấp bởi Công ty Sasol. Sasobit được pha cùng PMB III với hàm lượng 2% khối lượng của PMB III. Thí nghiệm cắt động lưu biến (DSR) với nhựa gốc và nhựa pha sasobit cho thấy khi sử dụng sasobit với hàm lượng 2% thì trị số  $G^*/\sin(\delta)$  tăng rõ rệt khi so sánh ở cùng tần số và nhiệt độ, đặc biệt khi ở nhiệt độ cao, sự chênh lệch này thể hiện càng rõ. Giá trị  $G^*/\sin(\delta)$  của nhựa pha sasobit gấp từ 1,98 đến 2,47 lần so với nhựa gốc.

Kết quả thí nghiệm cắt động lưu biến của nhựa gốc và nhựa pha sasobit khi chưa hóa già RTFO và PAV tương đương với cấp đặc tính khai thác lần lượt là PG 76 và PG 82. Như vậy, PMB III cấp PG 76 khi trộn thêm 2% phụ gia sasobit sẽ đạt cấp PG 82.

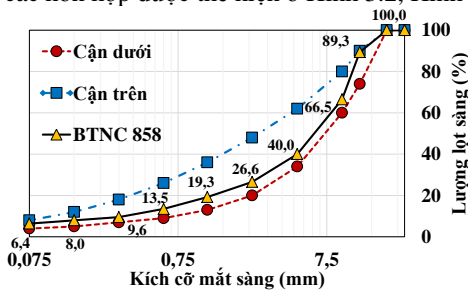
Kết quả thí nghiệm của một số tác giả trên thế giới như Jamshidi, 2012 [75], Hurley, 2005 [72] và Anderson, 2014 [40] cũng cho thấy Sasobit có tác dụng làm giảm độ nhớt và cải thiện tính năng của nhựa.

### 3.2. Thiết kế thành phần cấp phối các loại BTN

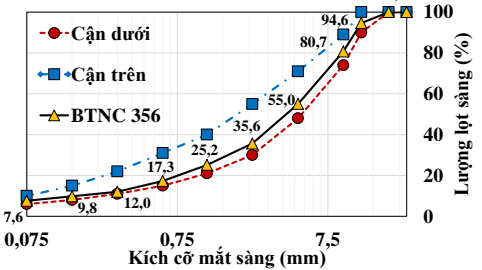
Đối tượng nghiên cứu được lựa chọn là các loại BTN có kích cỡ hạt lớn nhất danh định bằng 12,5mm. Hỗn hợp SMA thiết kế theo tiêu chuẩn AASHTO M325 (viết tắt là SMA), hỗn hợp BTNC theo QĐ 858 (viết tắt là BTNC 858) và hỗn hợp BTNC theo 22TCN 356-06 (viết tắt là BTNC 356). Các thí nghiệm với hỗn hợp SMA và BTNC 858 sử dụng phụ gia sasobit được chế tạo theo công nghệ là trộn ẩm để đối chứng. Hỗn hợp SMA chế tạo theo công nghệ ẩm (viết tắt là SMA ẩm). Hỗn hợp BTNC 858 chế tạo theo công nghệ ẩm (viết tắt là BTNC 858 ẩm). Hỗn hợp SMA chế tạo theo công nghệ nóng thông thường (viết tắt là SMA nóng). Hỗn hợp BTNC 858 chế tạo theo công nghệ nóng (viết tắt là BTNC 858 nóng). Đường cong cấp phối của các hỗn hợp được thể hiện ở Hình 3.2, Hình 3.3, Hình 3.4.



Hình 3.2. Đường cong cấp phối của SMA



Hình 3.3. Đường cong cấp phối của BTNC 858



Hình 3.4. Đường cong cấp phối của BTNC 356

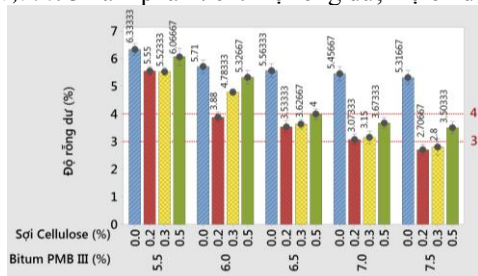
### 3.3. Thiết kế thí nghiệm và trình tự phân tích thống kê xử lý số liệu

Trình tự thiết kế thí nghiệm và xử lý kết quả như sau: ① Thiết kế thí nghiệm; ② Thực hiện thí nghiệm tại các phòng thí nghiệm; ③ Loại bỏ các số liệu ngoại lai (nếu có); Kiểm tra phân phối chuẩn; Đánh giá độ chụm của kết quả; Tính toán các giá trị trung bình, khoảng, độ lệch chuẩn, hệ số biến sai, giá trị đặc trưng, giá trị 95% CI; ④ Sử dụng phần mềm Minitab 19, Excel để phân tích, vẽ biểu đồ thống kê các kết quả thí nghiệm.

### 3.4. Phân tích kết quả thí nghiệm hàm lượng sợi, và hàm lượng nhựa sử dụng trong hỗn hợp SMA

Sử dụng phần mềm Minitab 19, thiết kế thí nghiệm tổng quát. Phân tích phương sai ANOVA và phân tích hậu định phát hiện sai khác theo chuẩn Tukey.

Hai biến đầu vào thiết kế thí nghiệm: (i) - Hàm lượng bitum PMB III, 5 tỷ lệ: 5,5%; 6,0%; 6,5%; 7,0%; 7,5%; (ii) - Hàm lượng sợi Cellulose, 4 tỷ lệ: 0%; 0,2%; 0,3%; 0,5%. 3 hàm phân tích: Độ rỗng dư; Độ ổn định Marshall và độ dẻo Marshall.



Hình 3.6. Độ rỗng dư (V<sub>a</sub>) của SMA

Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi không sử dụng sợi cellulose hoặc khi hàm lượng bitum thấp (5,5%) thì V<sub>a</sub> của SMA không thỏa mãn. Khi sử dụng sợi cellulose với các hàm lượng: 0,2%; 0,3%; 0,5% và hàm lượng bitum là 6,5%; 7,0% thì SMA đều thỏa mãn yêu cầu về độ rỗng dư (độ rỗng dư của SMA nằm trong khoảng 3-4%).

Tham khảo [78] và theo quy định của AASHTO MP8 [33], độ ổn định Marshall của hỗn hợp SMA  $\geq 6,2kN$ , độ dẻo Marshall của hỗn hợp SMA từ 2-4mm. Như vậy độ ổn định và độ dẻo Marshall của tất cả các hỗn hợp đều đạt yêu cầu. Độ ổn định Marshall đạt giá trị lớn nhất tương ứng mỗi hàm lượng bitum khi hàm lượng sợi cellulose có giá trị 0,3%.

### 3.5. Xác định hàm lượng chất kết dính tối ưu của hỗn hợp SMA với các hàm lượng sợi cellulose khác nhau

Các kết quả thiết kế lựa chọn hàm lượng bitum với các hàm lượng sợi: 0%; 0,2%; 0,3% và 0,5% được thể hiện dưới đây:

### 3.6. Lựa chọn chỉ tiêu nghiên cứu thí nghiệm và công tác chế tạo mẫu

#### 3.6.1. Lựa chọn chỉ tiêu cơ học của BTN trong nghiên cứu thí nghiệm

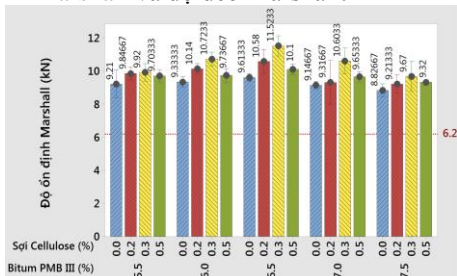
Các chỉ tiêu đánh giá hỗn hợp BTN trong nghiên cứu được dựa trên các đặc tính của BTN (22 TCN 356-06) gồm: (1) - Độ ổn định, độ dẻo Marshall; (2) - Thí nghiệm đánh giá chiều sâu LVBX.

Đề cung cấp các thông số đầu vào của SMA phục vụ thiết kế KCAĐM theo 22TCN 211-06 các chỉ tiêu sau được nghiên cứu: (1) - Mô đun đàn hồi tĩnh ở các nhiệt độ 15°C, 30°C, 60°C; (2) - Cường độ kéo uốn ở 15°C.

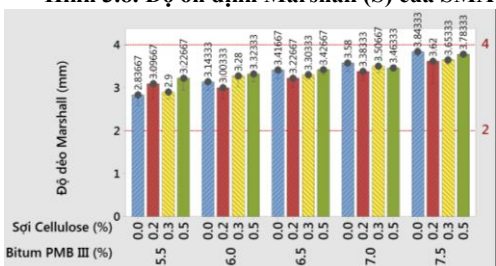
Nhằm phục vụ tính toán biến dạng dẻo tương đối của và chiều sâu LVBX theo quy trình của Liên Bang Nga thì cần thực hiện các chỉ tiêu: (1) - Hệ số nội ma sát (tgφ) và lực dính đơn vị (C); (2) - Hệ số dẻo (m) và năng lượng kích hoạt biến dạng nhớt dẻo (U).

Một số các chỉ tiêu khác để đánh giá tính năng của hỗn hợp BTN như: (1) - Sức kháng âm (TSR); (2) - Mô đun đàn hồi động theo AASHTO TP62; (3) - Khả năng kháng nứt của vật liệu BTN thông qua chỉ số CT<sub>Index</sub>.

Tổng cộng 12 chỉ tiêu thực nghiệm, cho các loại: SMA, BTNC 858 và BTNC 356.



Hình 3.8. Độ ổn định Marshall (S) của SMA



Hình 3.10. Độ dẻo Marshall (F) của SMA

Hàm lượng sợi cellulose	Hàm lượng nhựa thỏa mãn tất cả các chỉ tiêu	Hàm lượng nhựa tối ưu
0%	Không thỏa mãn	-
0,2%	6,10 ÷ 6,90%	6,5%
0,3%	6,35 ÷ 7,10%	6,7%
0,5%	6,65 ÷ 7,50%	7,1%

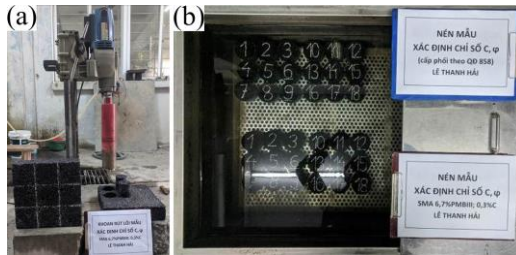
### 3.6.2. Chế tạo mẫu và quy hoạch thí nghiệm

Tham khảo kết quả nghiên cứu của Alinezhad [38], lựa chọn sử dụng phụ gia sasobit với hàm lượng 2% pha với bitum PMB III để chế tạo hỗn hợp SMA và BTNC 858 theo công nghệ âm. Lựa chọn nhiệt độ trộn và đầm nén theo công nghệ âm giảm 30°C so với nhiệt độ trộn và đầm nén theo công nghệ nóng thông thường. Như vậy, hỗn hợp SMA và BTNC 858 chế tạo theo công nghệ âm sử dụng bitum PMB III pha thêm 2,0% Sasobit được trộn và đầm nén tương ứng với các nhiệt độ 160°C và 140°C.

Lựa chọn hàm lượng nhựa tối ưu cho hỗn hợp SMA âm và SMA nóng là 6,7% với hàm lượng sợi là 0,3% theo khối lượng hỗn hợp; Hàm lượng nhựa tối ưu cho hỗn hợp BTNC 858 âm và BTNC 858 nóng là 5,1%; Với hỗn hợp BTNC 356, hàm lượng nhựa tối ưu là 5,45%. Các hỗn hợp SMA, BTNC 858 và BTNC 356 chế tạo theo công nghệ nóng thông thường sử dụng bitum PMB III được trộn và đầm nén tương ứng với các nhiệt độ 190°C và 170°C.

### 3.7. Thí nghiệm xác định hệ số nội ma sát (tgφ) và lực dính đơn vị (C)

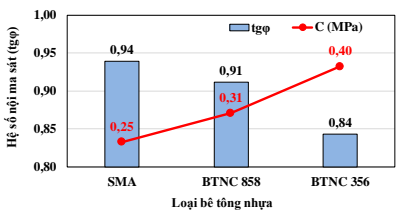
Thí nghiệm được thực hiện theo tiêu chuẩn GOST 12801 của Liên Bang Nga. Kết quả cho thấy: Khi tăng hàm lượng cốt liệu thô trong BTN, có tác dụng làm tăng hệ số nội ma sát so với mẫu có hàm lượng cốt liệu thô thấp hơn.



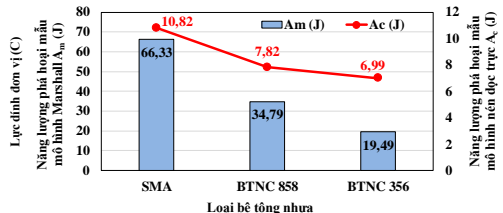
(a) Kê lưới chia ô khoan rút lõi mẫu bằng mũi khoan đường kính 72mm  
(b) Ngâm mẫu SMA, BTNC 858 và BTNC 356 ở nhiệt độ 50°C

**Hình 3.11.**  
**Quá trình thí nghiệm C, φ**

Cụ thể: khi hàm lượng cốt liệu thô trong hỗn hợp BTN tăng từ 45,0% (BTNC 356) lên 60,0% (BTNC 858) thì hệ số nội ma sát tăng lên 1,08 lần (từ 0,84 lên 0,91). Khi hàm lượng cốt liệu thô tăng lên 75,2% (SMA) thì hệ số nội ma sát tăng lên 1,12 lần (đạt giá trị 0,94).



**Hình 3.15.** Hệ số nội ma sát và lực dính đơn vị của 3 loại hỗn hợp BTN



**Hình 3.16.** Năng lượng phá hoại mẫu theo hai mô hình

Với hỗn hợp BTN sử dụng cùng loại bitum (PMBIII), khi tăng hàm lượng cốt liệu thô thì giá trị lực dính đơn vị của BTN bị suy giảm tương ứng như ở hỗn hợp SMA và BTNC 858, giá trị lực dính đơn vị lần lượt là 0,25 MPa và 0,31 MPa, thấp hơn 1,60 và 1,30 lần so với hỗn hợp BTNC 356 (0,40 MPa). Lý do là khi tăng hàm lượng cốt liệu thô trong hỗn hợp thì hàm lượng cốt liệu nhỏ sẽ giảm đi, chính điều này làm ảnh hưởng tới tính liên tục của kích cỡ cốt liệu, làm độ rỗng cốt liệu tăng lên, làm giảm lực dính của hỗn hợp BTN.

### 3.8. Thí nghiệm xác định hệ số dẻo (m) và năng lượng kích hoạt biến dạng nhớt dẻo (U)

Từ kết quả hệ số m và U của 3 loại hỗn hợp BTN cho thấy: Khi tăng hàm lượng cốt liệu thô trong hỗn hợp BTN,



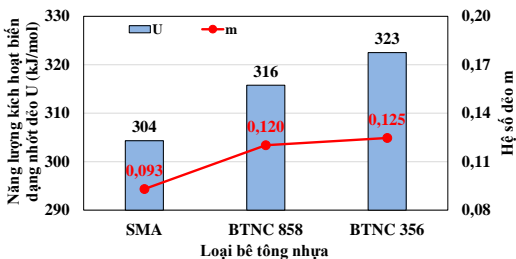
**Hình 3.17.** Khoan rút lõi, ngâm và nén mẫu ở 50°C và 20°C

sẽ giảm hệ số m và U so với mẫu có hàm lượng cốt liệu thô thấp hơn. Cụ thể là khi hàm lượng cốt liệu trong hỗn hợp BTN tăng từ 45,0% (BTNC 356) lên 60,0% (BTNC 858) thì hệ số dẻo giảm từ 0,125 xuống còn 0,120. Khi hàm lượng cốt liệu thô tiếp tục tăng lên 75,2% (SMA) thì hệ số dẻo đạt giá trị 0,093.

**3.9. Thí nghiệm đánh giá LVBX**

Thí nghiệm đánh giá LVBX được thực hiện theo Phương pháp A quy định tại QĐ 1617/QĐ-BGTVT.

Sau 40.000 lượt chạy (tổng thời gian chạy mẫu là 12h35') trong môi trường nước ở nhiệt độ 50°C, chiều sâu LVBX của tất cả các hỗn hợp BTN đều nhỏ hơn 12,5mm và đáp ứng theo quy định tại Quyết định số 1617/QĐ-BGTVT. Hỗn hợp SMA âm có chiều sâu LVBX nhỏ nhất (2,25 mm), tiếp theo là hỗn hợp SMA nóng (2,42 mm); hỗn hợp BTNC 858 âm (2,52 mm), hỗn hợp BTNC 858 nóng (2,79 mm). Hỗn hợp BTNC 356 có chiều sâu LVBX lớn nhất (3,95 mm), xem Hình 3.20, Hình 3.22.

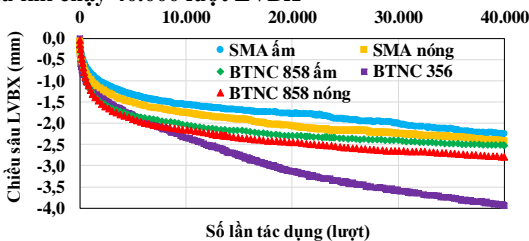


**Hình 3.19. Hệ số dẻo (m) và năng lượng kích hoạt biến dạng nhớt dẻo (U)**



**Hình 3.20. Mẫu sau khi chạy 40.000 lượt LVBX**

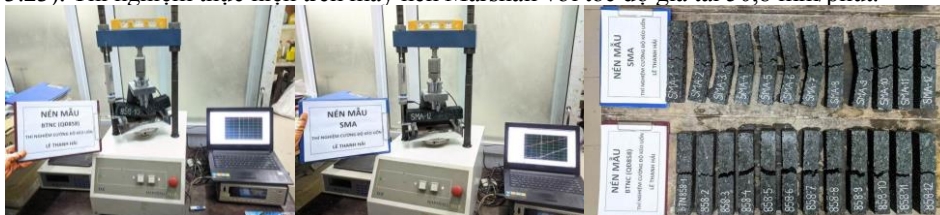
Từ kết quả thí nghiệm có thể thấy, hỗn hợp SMA nói chung có chiều sâu LVBX thấp hơn hỗn hợp BTNC 858 và BTNC 356. Hỗn hợp được chế tạo theo công nghệ âm (SMA âm và BTNC 858 âm) có khả năng kháng LVBX tốt hơn hỗn hợp chế tạo theo công nghệ nóng (SMA nóng và BTNC 858 nóng).



**Hình 3.22. Biểu đồ chiều sâu LVBX của các loại BTN**

**3.10. Thí nghiệm cường độ kéo uốn**

Thí nghiệm cường độ kéo uốn được thực hiện theo 22 TCN 211-06 [3]. Các hỗn hợp được đúc trên thiết bị đầm lăn kích thước 320×260×50mm. Sau đó mẫu được gia công bằng thiết bị cắt đá laser tự động để đạt kích thước 50×50×250mm. Mẫu được bảo ôn ở 15°C trong thời gian 120 phút. Đặt mẫu lên bộ gá có 2 gối tựa cách nhau 200mm (Hình 3.23). Thí nghiệm thực hiện trên máy nén Marshall với tốc độ gia tải 50,8 mm/phút.



**Hình 3.23. Thí nghiệm kéo uốn mẫu**

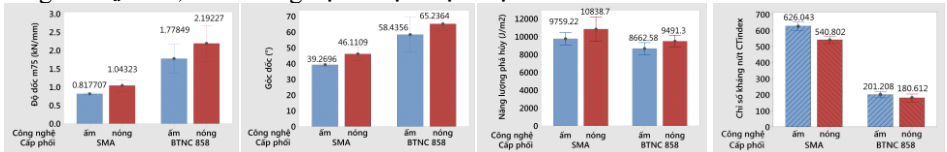
Kết quả thí nghiệm cho thấy, ở nhiệt độ thí nghiệm 15°C cường độ kéo uốn của hỗn hợp SMA nóng cao gấp 1,05 lần so với hỗn hợp BTNC 858 nóng.

**3.11. Thí nghiệm đánh giá khả năng kháng nứt của hỗn hợp BTN**



**Hình 3.27. Thí nghiệm xác định chỉ số kháng nứt  $CT_{Index}$**

Thí nghiệm IDEAL- $CT_{Index}$  được sử dụng để xác định khả năng chống nứt của hỗn hợp BTN ở nhiệt độ trung gian 25°C. Mẫu thí nghiệm hình trụ được chế tạo bằng thiết bị đầm xoay có đường kính  $150 \pm 2$ mm và chiều cao  $62 \pm 1$ mm. Mẫu được chế tạo với độ rỗng dư  $V_a = 7 \pm 0,5\%$ . Thí nghiệm được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM D8225.



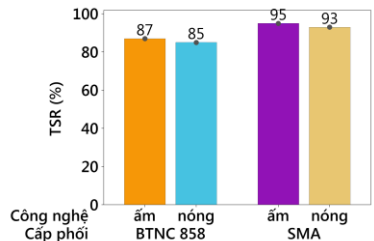
**Hình 3.30. Kết quả thí nghiệm giá trị độ dốc; góc dốc của đường cong chuyển vị - tải trọng; năng lượng phá hủy ( $G_r$ ) và chỉ số kháng nứt  $CT_{Index}$**

Kết quả thí nghiệm cho thấy lực phá hoại tổ mẫu BTNC 858 cao hơn SMA, tuy nhiên đường cong lực - chuyển vị của BTNC 858 có độ dốc lớn, trong khi với SMA thì đường cong thoải hơn nhiều, điều này được thể hiện rõ qua giá trị độ dốc [m75] và góc dốc. Độ dốc trung bình của hỗn hợp BTNC 858 là 1,99kN/mm, lớn hơn độ dốc trung bình của hỗn hợp SMA là 0,93kN/mm. Điều này tương ứng với góc dốc đường cong lực - chuyển vị ở giai đoạn sau khi phá hoại của 4 loại BTN. Với BTNC 858, góc dốc trung bình là 61,84°, cao gấp 1,45 lần so với góc dốc trung bình của SMA là 42,69°. Năng lượng phá hủy của SMA cao gấp 1,13 lần so với BTNC 858.

Từ kết quả chỉ số kháng nứt  $CT_{Index}$  đã chỉ ra: SMA nói chung có chỉ số kháng nứt  $CT_{Index}$  cao hơn trung bình 3,06 lần BTNC 858. Điều này cho thấy tỷ lệ bitum trong SMA và tác dụng của sợi cellulose đã ảnh hưởng lớn đến chỉ số kháng nứt  $CT_{Index}$ . Riêng với SMA, kết quả cho thấy hỗn hợp chế tạo theo công nghệ âm có chỉ số kháng nứt  $CT_{Index}$  cao hơn trung bình 1,16 lần so với hỗn hợp chế tạo theo công nghệ nóng. Như vậy, so với công nghệ nóng truyền thống, công nghệ âm áp dụng cho hỗn hợp SMA đã cải thiện khả năng kháng nứt, điều này là do nhiệt độ chế tạo và hóa già của hỗn hợp âm thấp hơn so với hỗn hợp nóng thông thường.

**3.12. Thí nghiệm đánh giá sức kháng ẩm**

Tiêu chuẩn AASHTO T283 [34] được sử dụng để đánh giá tính kháng ẩm của hỗn hợp SMA và BTNC 858. Thí nghiệm cho phép xác định được hai thông số: (i) - cường độ chịu kéo gián tiếp của các mẫu khô và ướt; (ii) - hệ số cường độ chịu kéo (TSR). Hỗn hợp được coi là đạt yêu cầu về khả năng kháng ẩm khi giá trị TSR  $\geq 80\%$ . Kết quả thí nghiệm cho thấy, hệ số cường độ chịu kéo (TSR) của cả 4 loại hỗn hợp đều lớn hơn 80%. Hỗn hợp SMA nói chung có giá trị TSR lớn gấp 1,09 lần so với hỗn hợp BTNC 858.



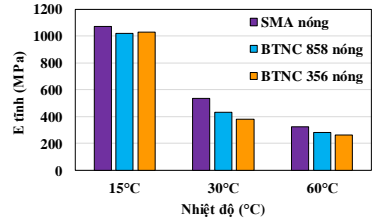
**Hình 3.35. Hệ số cường độ chịu kéo (TSR) của 4 loại hỗn hợp BTN**

### 3.13. Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi tĩnh



Hình 3.37. Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi tĩnh

Kết quả thí nghiệm cho thấy, ở cả 3 nhiệt độ 15°C, 30°C và 60°C, E tĩnh của SMA đều cao hơn BTNC 858 và BTNC 356 nóng. Nguyên nhân được xem là do SMA có hàm lượng cốt liệu thô lớn, hình thành liên kết đá chèn đá, có tác dụng cản trở dịch chuyển của cốt liệu, vì vậy tăng sức kháng biến dạng, tăng giá trị mô đun đàn hồi của hỗn hợp. Ở 30°C, E tĩnh trung bình của SMA cao hơn so với BTNC 858 và BTNC 356 nóng lần lượt là 25% và 40%. Tuy nhiên, khi nhiệt độ thí nghiệm tăng lên 60°C, thì chênh lệch giảm xuống chỉ còn 14% và 23%. Ở 15°C, sự chênh lệch E tĩnh của 3 loại BTN thí nghiệm là nhỏ, không đáng kể.

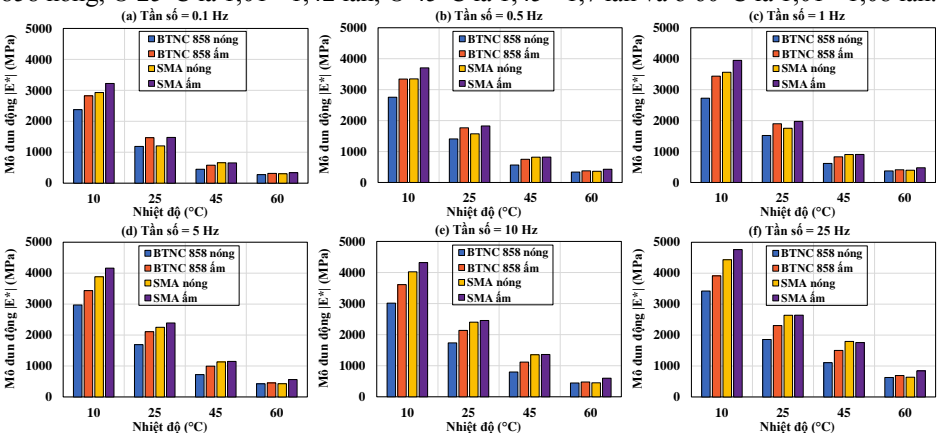


Hình 3.38. Mô đun đàn hồi tĩnh của 3 loại hỗn hợp BTN

### 3.14. Thí nghiệm đánh giá mô đun đàn hồi động

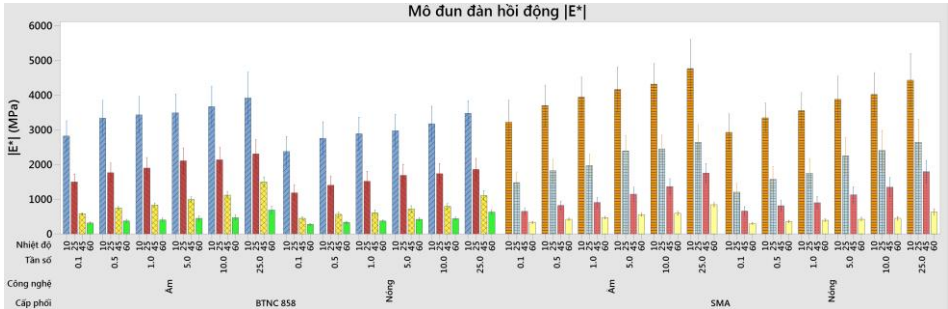
Thí nghiệm mô đun đàn hồi động  $|E^*|$  được thực hiện ở phòng thí nghiệm Trường Đại học GTVT theo hướng dẫn của AASHTO TP 62 [36]. Thí nghiệm  $|E^*|$  cho các mẫu SMA âm, SMA nóng, BTNC 858 âm và BTNC 858 nóng được tiến hành ở 6 mức tần số 0,1Hz; 0,5Hz; 1Hz; 5Hz; 10Hz và 25Hz) và 4 mức nhiệt độ 10°C; 25°C; 45°C; 60°C.

Kết quả thí nghiệm cho thấy, ở cùng một tần số, khi nhiệt độ tăng thì  $|E^*|$  giảm. Nếu cùng nhiệt độ thí nghiệm, khi tăng tần số thì  $|E^*|$  tăng lên. Mức độ ảnh hưởng của tần số và nhiệt độ đến  $|E^*|$  được thể hiện rõ ràng hơn ở Hình 3.43. Ở 10°C và 25 Hz,  $|E^*|$  có giá trị lớn nhất đối với tất cả 4 loại hỗn hợp; Ở 60°C và 0,1 Hz,  $|E^*|$  có giá trị nhỏ nhất đối với tất cả 4 loại hỗn hợp. Ở 10°C,  $|E^*|$  của SMA nóng lớn gấp 1,22 - 1,33 lần so với BTNC 858 nóng; Ở 25°C là 1,01 - 1,42 lần; Ở 45°C là 1,45 - 1,7 lần và ở 60°C là 1,01 - 1,08 lần.



Hình 3.43. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến  $|E^*|$  của 4 loại BTN

SMA chế tạo theo công nghệ âm giúp tăng giá trị  $|E^*|$  so với SMA chế tạo theo công nghệ nóng. Kết quả này là do nhựa đường PMB III (cấp PG 76) khi trộn thêm 2% phụ gia sasobit sẽ tăng lên cấp PG 82. Cụ thể ở 60°C,  $|E^*|$  của SMA 12.1 cao hơn SMA nóng, và giá trị này là lớn nhất trong số 4 nhiệt độ thí nghiệm, từ 1,121 - 1,333 lần. Các kết quả nghiên cứu trong đồng cũng đã được Al-Qadi [37] công bố năm 2012 (sử dụng phụ gia sasobit cho SMA giúp tăng giá trị mô đun đàn hồi động so với hỗn hợp đối chứng).



**Hình 3.44. Mô đun đàn hồi động  $|E^*|$  của các hỗn hợp BTN**

### 3.15. Kết luận chương 3

Chương 3 đã nghiên cứu xác định các chỉ tiêu cơ bản của các loại BTN, làm căn cứ đánh giá chất lượng SMA12,5 nghiên cứu so với các loại BTN hiện có tại Việt Nam. Thông qua lượng hóa các chỉ tiêu cường độ kháng cắt trượt (tham số C,  $\phi$ , m, U, LVBX) và chỉ tiêu cường độ chịu lực (cường độ kéo uốn, chỉ tiêu kháng nứt, mô đun đàn hồi tĩnh, mô đun đàn hồi động,) cho thấy, các chỉ tiêu cơ lý của SMA nghiên cứu đều thỏa mãn yêu cầu theo tiêu chuẩn kỹ thuật của vật liệu ADM ở Việt Nam. Các chỉ tiêu của SMA12,5 đều cao hơn so với BTN đối chứng. Điều đó cho thấy, sử dụng SMA là phù hợp với yêu cầu kháng lún, nứt cho lớp vật liệu trong điều kiện Việt Nam. Cụ thể như sau:

1. SMA sử dụng hàm lượng sợi cellulose 0,2%; 0,3% và 0,5% đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật theo AASHTO M325, AASHTO MP8. SMA không sử dụng sợi cellulose không đáp ứng yêu cầu độ rỗng dư và độ chảy nhựa vượt quá giá trị cho phép.
2. SMA có lực dính đơn vị (C) nhỏ hơn so với các mẫu BTN đối chứng, tuy nhiên hệ số nội ma sát (tg $\phi$ ) cao hơn hỗn hợp BTNC 858 và BTNC 356.
3. Khả năng kháng LVBX của SMA cao hơn BTNC 858 và BTNC 356.
4. Ở nhiệt độ thí nghiệm 15°C, cường độ kéo uốn của SMA cao gấp 1,05 lần BTNC 858.
5. Chỉ số kháng nứt  $CT_{Index}$  của SMA nói chung cao hơn trung bình 3,06 lần so với BTNC 858.
6. Về đánh giá sức kháng âm, SMA nói chung có hệ số TSR lớn gấp 1,09 lần so với BTNC 858 đối chứng.
7. Mô đun đàn hồi tĩnh của SMA cao hơn hỗn hợp BTNC 858 và BTNC 356 ở cả 3 mức nhiệt độ thí nghiệm 15°C, 30°C và 60°C;
8. Mô đun đàn hồi động  $|E^*|$  của SMA nói chung đều có giá trị lớn hơn BTNC 858 ở tất cả 6 tần số (0,1 Hz; 0,5 Hz; 1 Hz; 5 Hz; 10 Hz và 25 Hz) và 4 mức nhiệt độ thí nghiệm (10°C; 25°C; 45°C; 60°C);

## CHƯƠNG 4. ỨNG DỤNG HỖN HỢP STONE MASTIC ASPHALT LÀM MẶT ĐƯỜNG CẤP CAO TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

### 4.1. Một số lưu ý về thiết kế, chế tạo hỗn hợp SMA trong điều kiện Việt Nam

Từ những nghiên cứu SMA ở Chương 1, Chương 2 và thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của SMA ở Chương 3, đồng thời tham khảo các tiêu chuẩn kỹ thuật SMA của Mỹ (AASHTO MP8, AASHTO M325), Trung Quốc (JTG F40-2004), Ấn Độ (IRC SP 79), Châu Âu (EN 13108-5). Có thể tổng hợp các yêu cầu về thành phần hạt và yêu cầu kỹ thuật của SMA12,5 khi áp dụng ở Việt Nam theo Bảng 4.1 và Bảng 4.2.

**Bảng 4.1. Tiêu chuẩn thành phần hạt của hỗn hợp SMA12,5**

Cỡ sàng, mm	Cận dưới	Cận trên	Cỡ sàng, mm	Cận dưới	Cận trên
25			2,36	16	24
19	100		1,18	-	-
12,5	90	100	0,60	-	-
9,5	50	80	0,30	-	-
4,75	20	35	0,075	8,0	11,0

**Bảng 4.2. Yêu cầu tiêu chuẩn kỹ thuật của hỗn hợp SMA**

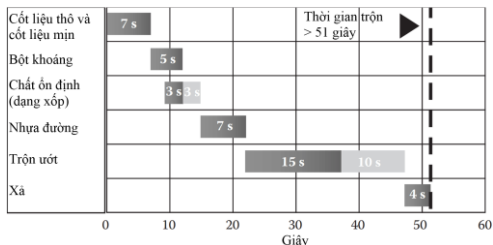
Chi tiêu	Giá trị yêu cầu	Tiêu chuẩn
Hàm lượng bitum, %	$\geq 6$	-
Số chày đầm (phương pháp Marshall)	$2 \times 50$ chày/1 mặt	ASTM D6927/ TCVN 8860-1:2011
Độ ổn định Marshall, kN	$\geq 6,2$	ASTM D6927/ TCVN 8860-1:2011
Độ dẻo Marshall, mm	$2 \div 4$	ASTM D6927/ TCVN 8860-1:2011
Độ rỗng dư ( $V_v$ ), %	$3 \div 4$	ASTM D 3203/ TCVN 8860-9:2011
Độ rỗng cốt liệu (VMA), %	$\geq 17$	TCVN 8860-10:2011
Độ rỗng lấp đầy nhựa (VFA), %	$75 \div 85$	TCVN 8860-10:2011
$VCA_{MIX}$ , %	$\leq VCA_{DRC}$	AASHTO T19
Hệ số cường độ chịu kéo (TSR), %	$\geq 80$	AASHTO T283
Độ chảy bitum, %	$\leq 0,3$	AASHTO T305/TCVN 8860-6:2011
Hệ số nội ma sát (tg $\phi$ )	$\geq 0,94$	GOST 12801-1998
Lực dính đơn vị ở 50°C (C), MPa	$\geq 0,20$	GOST 12801-1998
Chỉ số kháng nứt $CT_{Index}$	$\geq 527,00$	ASTM D8225-19

Hỗn hợp cốt liệu sau khi phối trộn phải thỏa mãn các yêu cầu về cấp phối theo quy định của tiêu chuẩn kỹ thuật tương ứng.

#### 4.2. Một số lưu ý về công nghệ chế tạo và thi công hỗn hợp SMA

Quá trình trộn SMA tại trạm trộn gần giống với quá trình trộn hỗn hợp BTN nóng thông thường. Trạm trộn có thể lắp thêm một số bộ phận phù hợp cho quá trình sản xuất SMA.

Chất ổn định dạng xốp được đóng gói dạng bao và cho trực tiếp vào buồng trộn cùng với bột khoáng. Sau khi được cho vào buồng trộn, thời gian trộn khô được tăng thêm 3 giây để chất ổn định thoát ra khỏi bao chứa và trộn đều với cốt liệu. Sau đó, nhựa đường sẽ được cho vào hỗn hợp (Hình 4.1).



**Hình 4.1. Trình tự và thời gian trộn SMA với chất ổn định dạng xốp [77]**

#### 4.3. Nghiên cứu ứng dụng hỗn hợp SMA trong KCADM cấp cao ở Việt Nam

##### 4.3.1. Quy mô giao thông trên các tuyến đường ô tô cấp cao ở Việt Nam

Theo quyết định số 858/QĐ-BGTVT, tuyến đường ô tô có quy mô giao thông lớn được hiểu là “các tuyến đường có lưu lượng xe lớn và/hoặc có nhiều xe khách lớn, xe tải lớn lưu thông, cụ thể là các tuyến đường có tổng số trục xe tích lũy trong thời hạn thiết kế  $N_e \geq 5,10^6$  trục hoặc các tuyến đường có số xe tải trọng hạng trung trở lên và xe khách lớn trung bình ngày đêm lưu thông trên một làn  $N \geq 1500$  xe/ngày đêm.làn xe”. Như vậy, đối chiếu với quy định này thì các quốc lộ và đường cao tốc ở Việt Nam hiện nay như Bắc Giang - Lạng Sơn, Hạ Long - Vân Đồn, Hà Nội - Hải Phòng, Bến Lức - Long Thành... đều thuộc tuyến đường có quy mô giao thông lớn.

##### 4.3.2. KCADM áp dụng cho đường ô tô quy mô giao thông lớn ở Việt Nam

Ở Việt Nam, hầu hết các tuyến đường ô tô cấp cao hiện nay đều sử dụng KCADM với cấu tạo tầng mặt gồm lớp BTN tạo nhám (có hoặc không có), và hai lớp BTNC (có hoặc không sử dụng polime). Tổng chiều dày hai lớp thường dao động trong khoảng từ 12-14 cm.

### 4.3.3. Tính toán ứng dụng SMA làm lớp mặt trong KCAĐM ô tô ở Việt Nam

Để đánh giá SMA làm lớp mặt trong KCAĐM ô tô, sử dụng KCAĐ đã được áp dụng trên cao tốc Bắc Giang - Lạng Sơn. Thay thế lớp BTNC polime bằng lớp SMA để so sánh và đánh giá. Tổng số trục xe tích lũy trong thời hạn thiết kế  $N_e = 6,1.10^6$  trục/lần xe, thời hạn thiết kế giả định 15 năm, hệ số tăng trưởng 5%, lưu lượng tính toán  $N_{tt} = 1533$  trục/lần.ngày đêm.

Từ kết quả tính toán có thể thấy: Do SMA có mô đun đàn hồi tĩnh lớn hơn so với BTNC 858, vì vậy có thể giảm chiều dày so với khi sử dụng BTNC 858.

### 4.3.4. Đề xuất cấu tạo KCAĐM cho đường ô tô quy mô giao thông lớn ở Việt Nam

Tham khảo KCAĐM trên các tuyến đường ô tô cấp cao ở Việt Nam những năm gần đây, và kết quả phân tích tính toán KCAĐ sử dụng lớp mặt là SMA, đề xuất kết cấu sử dụng cho đường ô tô cấp cao có quy mô giao thông lớn với cấu tạo như Hình 4.6.

### 4.4. Ứng dụng tính toán đánh giá LVBX cho mặt đường ô tô

Để kiểm toán dự báo sự phù hợp của loại BTN dự kiến xây dựng với yêu cầu khai thác và điều kiện khí hậu của dự án, theo chỉ tiêu độ ổn định cắt trượt BTN, cần tính toán dự báo ngay từ khâu thiết kế. Dưới đây trình bày kết quả tính toán LVBX theo phương pháp của Liên Bang Nga

CTO-ГК 007-2007 [109] theo công thức (1.2) và công thức (1.5):

$$\gamma_{tt} = t_p \cdot N \cdot \dot{\gamma}_{TN} \cdot \left( \frac{\tau_{\max} - q \cdot \text{tg}\varphi}{C_{TN}} \right)^{\frac{1}{m}} \cdot \int_{T_{\min}}^{T_{\max}} P(T) \cdot \exp \left[ -\frac{U}{R} \left( \frac{1}{273,15 + T} - \frac{1}{273,15 + T_{TN}} \right) \right] dT \leq [\gamma]; \quad RD = \frac{9 \cdot \gamma_{tt} \cdot h^2}{2 \cdot L} \leq RD_{cp};$$

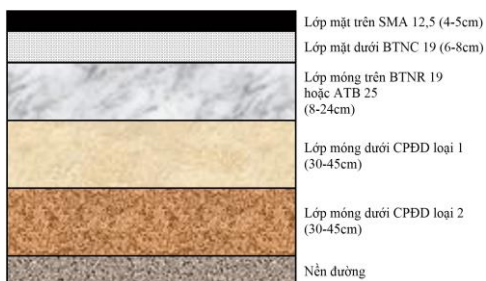
Sử dụng phương pháp tính tích phân số, với bước thời gian  $T=1^\circ\text{C}$ , giải phương trình tích phân công thức (1.2) và tính chiều sâu LVBX (RD) theo công thức (1.5). Kết quả tính biến dạng dẻo tương đối và chiều sâu LVBX lớp BTN như sau:

Kết quả tính cho thấy chiều sâu vết lún của BTNC 356 (45,0% đá dăm) là lớn nhất 1,40cm. Khi tăng hàm lượng cốt liệu thô lên 60,0% (BTNC 858) thì chiều sâu vết lún giảm xuống 2,07 lần (0,68cm). Tiếp tục

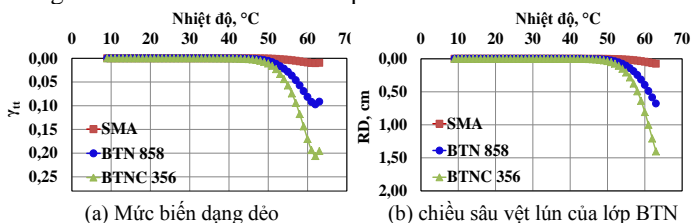
tăng hàm lượng cốt liệu thô lên 75,2% (SMA) thì chiều sâu vết lún giảm xuống thấp nhất, chỉ còn 0,08cm, thấp hơn 8,94 và 18,54 lần so với BTNC 858 và BTNC 356. Như vậy, chiều sâu vết lún của cả 3 loại BTN đều trong giới hạn cho phép (<25mm). Tuy nhiên tổng biến dạng dẻo sau 15 năm khai thác của 2 loại BTNC 356 và BTNC 858 đều

Bảng 4.4. Kết quả xác định chiều dày và mô đun đàn hồi

TT	Lớp vật liệu	Chiều dày các lớp trong KCAĐ, cm	
		BTNC 858	SMA
1	BTNC 858	6	5
2	SMA		
3	BTNC 19	7	7
4	BTNR 19	10	10
5	Cấp phối đá dăm loại I	58	58
$E_{yc} \times K_{cu}^{dv}$ (độ tin cậy 90%), MPa		220	
$E_{ch}$ , MPa		220,04	220,33



Hình 4.6. KCAĐ đề xuất áp dụng cho đường ô tô có quy mô giao thông lớn ở Việt Nam



Hình 4.7. Biểu đồ quan hệ mức biến dạng dẻo tương đối; Chiều sâu vết lún của lớp BTN theo từng mức nhiệt độ

vượt quá mức biến dạng cho phép  $[\gamma] = 0,1$  theo tiêu chuẩn của Liên Bang Nga [109]. Do vậy lớp BTN của 2 loại BTNC 356 và BTNC 858 không đáp ứng yêu cầu biến dạng dẻo trong suốt quá trình khai thác. Trong khi đó, với SMA, sau 15 năm khai thác biên dạng là  $0,03 < [\gamma] = 0,1$ , như vậy đáp ứng yêu cầu theo chỉ tiêu kháng lún.

Biểu đồ trên Hình 4.7a cho thấy, khi nhiệt độ dưới  $50^{\circ}\text{C}$  biến dạng dẻo có giá trị rất nhỏ, gần như không có, nhưng từ  $50^{\circ}\text{C}$  trở lên biến dạng bắt đầu xuất hiện, đặc biệt khi nhiệt độ trong lớp BTN đạt  $60^{\circ}\text{C}$ , biến dạng phát triển rất nhanh, đường đồ thị trở nên dốc hơn (với BTNC 356 đường đồ thị gần như dốc đứng). Đây là điều bất lợi đối với các khu vực có nhiệt độ nắng nóng như Việt Nam.

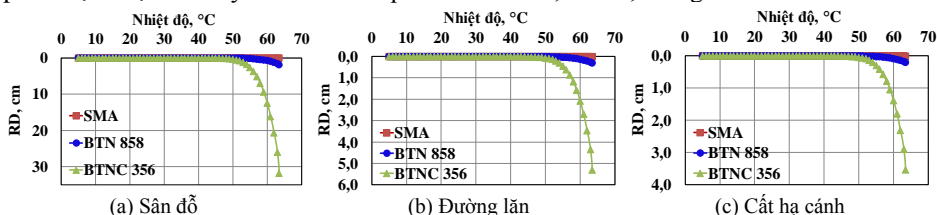
#### 4.5. Ứng dụng tính toán đánh giá LVBX cho mặt đường sân bay

Hiện tại, ngành hàng không dân dụng nước ta đang áp dụng thiết kế sân bay theo TCVN 10907:2015. Trong quy trình thiết kế, không đưa ra yêu cầu tính toán chỉ tiêu biến dạng dẻo, lún lớp BTN mặt đường sân bay. Đối với lớp BTN mặt đường sân bay, do cùng một thời điểm nhưng khai thác nhiều loại tàu bay với số lượng bánh xe trên 1 cảng, khoảng cách các bánh trên cảng chính và áp suất bơm bánh từng loại tàu bay là khác nhau, nên việc xác định xác suất trùng phục vết bánh qua điểm tính toán gặp nhiều khó khăn. Đề đơn giản trong tính toán, từ số liệu khảo sát thực tế, trong [109] đã căn cứ cấp hạng sân bay để đưa ra quy định về tổng thời gian tác dụng của tải trọng tính toán ở nhiệt độ tính toán trong suốt thời kỳ khai thác, khi đó công thức (1.2) có thể viết lại như sau:

Trong đó:  $t_N$  - tổng thời gian tác dụng của tải trọng tính toán, chỉ tính số lần

$$\gamma_{tt} = t_N \dot{\gamma}_{TN} \left( \frac{\tau_{\max} - qtg\varphi}{C_{TN}} \right)^{1/m} \exp \left[ -\frac{U}{R} \left( \frac{1}{273,5+T} - \frac{1}{273,5+T_{TN}} \right) \right]; \quad (4.3)$$

tác dụng của tải trọng khi ở nhiệt độ tính toán bất lợi nhất. Theo [109] đề xuất, đề tính lún cho mặt đường sau 15 năm khai thác, tổng thời gian tính toán  $t_N$  ở nhiệt độ tính toán của cảng hàng không có lưu lượng vận chuyển 20-25 triệu HK/năm/CHC, khi tính cho đường cất hạ cánh lấy  $t_N = 20$  phút; với đường lăn chính lấy  $t_N = 30$  phút; sân đỗ lấy  $t_N = 180$  phút. Lựa chọn tàu bay tính toán có áp suất bánh là 1,7 MPa, thời gian khai thác 15 năm.



Hình 4.7. Biểu đồ quan hệ chiều sâu lún của lớp BTN theo các mức nhiệt độ cho mặt đường sân bay ở khu vực sân đỗ, đường lăn và cất hạ cánh

Từ kết quả tính nhận thấy rằng: Chiều sâu LVBX và biến dạng dẻo tính toán của lớp SMA tại tất cả các khu vực đều thỏa mãn giới hạn cho phép. Biến dạng dẻo tính toán của BTNC 356 và BTNC 858 đều vượt quá mức cho phép tại tất cả các khu vực. Như vậy, qua tính toán bước đầu cho thấy, trong điều kiện khí hậu nắng nóng ở Việt Nam, SMA12,5 sử dụng cho mặt đường sân bay là loại vật liệu có thể đáp ứng chỉ tiêu LVBX và biến dạng dẻo theo quy định.

#### 4.6. Phân tích sơ bộ chi phí xây dựng lớp mặt

Dùng các KCAĐ có cấu tạo các lớp phía dưới giống KCAĐ của tuyến cao tốc Bắc Giang - Lạng Sơn cho tuyến đường có quy mô giao thông lớn được quy định trong QĐ 858/QĐ-BGTVT theo 22TCN 211-06 đã được thể hiện trong Bảng 4.4 để phân tích.

Chi phí xây dựng KCAĐ tính toán theo 22 TCN 211-06 cho thấy: Sử dụng SMA làm lớp mặt thì CPXD của toàn bộ KCAĐ lớn gấp 1,069 lần so với CPXD KCAĐ khi sử dụng BTNC 858 làm lớp mặt. CPXD ban đầu cao là một nhược điểm của hỗn hợp SMA.

Tuy nhiên, những chi phí tăng lên này có thể được bù trừ bởi việc sử dụng khối lượng SMA ít hơn so với BTNC cho cùng diện tích mặt đường. Khi sử dụng SMA,

KCAĐ không cần lớp tạo nhám. Chi phí xây dựng tạm tính mới chỉ xét chi phí ban đầu, chưa xét chi phí duy tu, sửa chữa bảo dưỡng trong quá trình khai thác sau này. Kinh nghiệm của các nước trên thế giới cho thấy, kinh phí dành cho duy tu bảo dưỡng của SMA không có hoặc ít hơn rất nhiều (60-70%) so với kinh phí duy tu bảo dưỡng BTNC thông thường. Tuổi thọ khai thác lớp SMA thường kéo dài trung bình tới 20-25 năm, so với tuổi thọ lớp BTNC thông thường là 14-15 năm. Do vậy, nếu xét toàn diện về hiệu quả kinh tế cho một giai đoạn vòng đời của tuyến đường thì sử dụng SMA sẽ mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn khi dùng BTNC.

#### 4.7. Kết luận chương 4

(i) - Quy trình công nghệ thi công lớp SMA12,5 tại hiện trường phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Thiết bị tại trạm trộn tương tự các trang thiết bị hiện có ở Việt Nam. Do vậy, sử dụng SMA trong điều kiện Việt Nam là hoàn toàn khả thi. (ii) - Kết quả tính toán KCAĐM theo 22TCN 211-06 cho thấy: Sử dụng SMA12,5 có thể giảm chiều dày lớp mặt so với phương án sử dụng BTNC 858. (iii) - SMA dùng làm lớp mặt có CPXD của toàn bộ KCAĐ lớn gấp 1,069 lần so với CPXD KCAĐ khi sử dụng BTNC 858 làm lớp mặt. (iv) - Đề xuất được KCAĐM áp dụng cho đường ô tô quy mô giao thông lớn ở Việt Nam sử dụng lớp mặt là SMA, tuy nhiên kết cấu cần được nghiên cứu thử nghiệm thực tế trước khi ứng dụng. (v) - Qua kết quả tính toán theo Liên Bang Nga cho thấy: SMA12,5 đáp ứng được các chỉ tiêu biến dạng dẻo và LVBX. Chiều sâu LVBX đối với đường ô tô của hỗn hợp SMA thấp hơn 8,94 và 18,54 lần so với BTNC 858 và BTNC 356. Đối với đường sân bay, chiều sâu LVBX tính toán của lớp SMA tại các khu vực (sân đỗ, đường lăn, cất hạ cánh) đều đáp ứng chỉ tiêu LVBX và biến dạng dẻo cho phép.

#### KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bảng các phương pháp nghiên cứu lý thuyết và thí nghiệm trong phòng thí nghiệm, cũng như ứng dụng tính toán đánh giá lượng hóa khả năng kháng LVBX của hỗn hợp SMA12,5mm trong điều kiện Việt Nam, luận án đã có một số đóng góp về mặt khoa học và thực tiễn như sau:

1. Phân tích cơ sở khoa học của sự hình thành liên kết đá chèn đá, vai trò của bộ khung cốt liệu thô làm tăng khả năng chống lại biến dạng không hồi phục, vai trò của chất liên kết và phụ gia sợi chống nứt của bê tông nhựa.

2. Đánh giá và lựa chọn phương pháp Marshall thiết kế thành phần hỗn hợp SMA có cỡ hạt lớn nhất danh định 12,5mm. Đề xuất các yêu cầu vật liệu, các chỉ tiêu kỹ thuật của SMA12,5mm ở Việt Nam.

3. Thí nghiệm đánh giá được tính ưu việt của hỗn hợp SMA so với BTNC thông qua các chỉ tiêu cơ lý như sức kháng ẩm, mô đun đàn hồi tĩnh, mô đun đàn hồi động, cường độ kéo uốn, khả năng kháng LVBX, khả năng kháng cắt và chỉ số kháng nứt  $CT_{Index}$ .

4. Đã thí nghiệm so sánh một số chỉ tiêu kỹ thuật của SMA, BTNC nóng và ẩm. Kết quả sử dụng phụ gia Sasobit giảm được 30°C khi trộn và đầm BTN ẩm so với BTN nóng để tiết kiệm năng lượng, giảm tác động môi trường và tăng thời gian vận chuyển, thi công lớp BTN.

5. Đề xuất kết cấu áo đường mềm cấp cao sử dụng SMA và chứng minh đây là một giải pháp tốt để giảm chiều dày, tăng cường khả năng kháng LVBX và kháng nứt của lớp mặt cho đường có quy mô giao thông lớn.

Qua các kết quả thí nghiệm trong phòng cho thấy, vật liệu SMA12,5 đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật của vật liệu xây dựng mặt đường theo tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam, vừa đảm bảo khả năng kháng LVBX và kháng nứt. Do vậy đủ điều kiện làm lớp mặt cho KCAĐ ô tô cấp cao trong điều kiện Việt Nam.

**Bảng 4.6. Bảng tổng hợp chi phí xây dựng**

TT	Lớp vật liệu	Đơn vị	Chi phí xây dựng	
			BTNC 858 dày 6 cm	SMA dày 5 cm
1	BTNC 858	đ/m <sup>2</sup>	346.724	
2	SMA	đ/m <sup>2</sup>		439.703
3	BTNC 19	đ/m <sup>2</sup>	368.132	368.132
4	BTNR 19	đ/m <sup>2</sup>	439.048	439.048
5	CPDD loại 1	đ/m <sup>2</sup>	183.039	183.039
<b>Chi phí xây dựng KCAĐ</b>		<b>đ/m<sup>2</sup></b>	<b>1.336.940</b>	<b>1.429.920</b>