

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

**LÊ THÁI BÌNH**

**SỰ LÀM VIỆC CỦA MẶT ĐƯỜNG  
BÊ TÔNG XI MĂNG NỘI BẢO DƯỠNG  
TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật cơ sở hạ tầng**

**Mã số: 9580210**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

**Hà Nội - 2022**



## MỞ ĐẦU

### **\* Tính cấp thiết của đề tài**

Mặt đường BTXM chịu ảnh hưởng nhiều bởi công tác bảo dưỡng. Việc bảo dưỡng BT đã có từ lâu và phương pháp thông thường mà chúng ta sử dụng là bổ sung lượng nước lên BT mặt ngoài hoặc che chắn để giảm thiểu ảnh hưởng của các nhân tố khí hậu đến BT. Các phương pháp này hiện nay trở nên kém hiệu quả đối với BTXM dùng cho đường ô tô và sân bay. Mặt khác, tại công trường việc bảo dưỡng BT từ bên ngoài không phải lúc nào cũng dễ thực hiện, đặc biệt đối với các kết cấu có bề mặt hồ lớn, thi công theo tuyến dài, nằm ở các khu vực có địa hình khó khăn, nguồn nước khan hiếm. Thực tế cho thấy bảo dưỡng BTXM mặt đường là công tác quan trọng, nhưng ít được quan tâm đúng mức, đặc biệt ở các vùng địa hình khó không có nguồn nước hoặc nguồn nước hiếm. Công tác bảo dưỡng do vậy khá tốn kém và khó đảm bảo qui định. Chất lượng kết cấu BT mặt đường BTXM hiện tại thường bị suy giảm do nguyên nhân từ bảo dưỡng. Giải pháp bảo dưỡng BT bằng nước dự trữ bên trong, thông qua khả năng hút và giữ nước của một số vật liệu, được gọi là *nội bảo dưỡng - Internal Curing (IC)*. Phương pháp *nội bảo dưỡng* đáp ứng được việc bảo dưỡng BT thực hiện đơn giản, không làm ảnh hưởng đến cường độ của BT và làm giảm chi phí cho việc dưỡng hồ từ bên ngoài.

Việc sử dụng IC nghĩa là đưa vào cấp phối BTXM một lượng vật liệu giữ nước đem lại hiệu quả về giảm co, hạn chế nứt trong quá trình hình thành cường độ. Tuy nhiên, cũng có thể làm thay đổi sự làm việc của kết cấu mặt đường với các chỉ tiêu cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn, mô đun đàn hồi, hệ số thấm, độ mài mòn... mà chắc chắn cần được nghiên cứu làm rõ. Do đó, đề tài "*Sự làm việc của mặt đường BTXM nội bảo dưỡng trong điều kiện Việt Nam*" được tiến hành, góp phần chứng tỏ khả năng sử dụng giải pháp nội bảo dưỡng trong BTXM có thể cải thiện được nhiều tính chất của HGBT và đánh giá khả năng sử dụng BTXM nội bảo dưỡng để làm mặt đường ô tô ở Việt Nam.

### **\* Mục tiêu nghiên cứu**

Nghiên cứu BTXM nội bảo dưỡng làm mặt đường ô tô trong điều kiện khí hậu Việt Nam nhằm đạt các mục tiêu sau đây: Thiết kế thành phần hỗn hợp và đánh giá các chỉ tiêu vật lý và cơ học cơ bản của BTXM nội bảo dưỡng để đáp ứng yêu cầu kỹ thuật

của BTXM làm mặt đường ô tô; Đánh giá khả năng thực hiện nội bảo dưỡng của BTXM thiết kế để ứng dụng làm mặt đường ô tô; Đánh giá các ứng xử cơ bản của BTXM nội bảo dưỡng thiết kế khi được áp dụng làm BTXM mặt đường ô tô, từ đó nêu bật được khả năng và phạm vi ứng dụng của BTXM nội bảo dưỡng để làm mặt đường BTXM đường ô tô trong điều kiện khí hậu Việt Nam.

**\* Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

- Đối tượng nghiên cứu: Mặt đường BTXM sử dụng BT nội bảo dưỡng đáp ứng yêu cầu cho đường ô tô với công nghệ thi công thông thường.

- Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu sử dụng hỗn hợp cát nhẹ keramzit và XLC hạt hóa nghiền mịn cho BT nội bảo dưỡng hướng tới ứng dụng cho xây dựng mặt đường BTXM trong điều kiện Việt Nam (từ cấp III trở xuống).

**\* Cấu trúc của luận án**

Gồm phần mở đầu, tiếp theo là 4 chương, phần kết luận, kiến nghị và dự kiến hướng nghiên cứu tiếp tục, các công trình khoa học đã công bố, danh mục tài liệu tham khảo và phụ lục.

**\* Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án**

- Ý nghĩa khoa học: Đề tài đã góp phần khẳng định giả thuyết khoa học của luận án là “Mặt đường ô tô sử dụng BTXM nội bảo dưỡng bằng cát nhẹ bảo hòa nước kết hợp XLC hạt hóa nghiền mịn, đảm bảo cường độ chịu nén yêu cầu, cải thiện cường độ chịu kéo khi uốn và co ngót; phù hợp cho mặt đường giao thông từ cấp III trở xuống”. Nghiên cứu đã làm sáng tỏ thêm về đặc điểm, tính chất của HHT và BT sử dụng riêng cát nhẹ, sử dụng cát nhẹ phối hợp XLC. Từ đó, đưa ra giải pháp thích hợp để nâng cao khả năng chống nứt cho BTXM làm đường áp dụng cho cấp đường cụ thể.

- Ý nghĩa thực tiễn: Kết quả nghiên cứu đã cho thấy có thể sử dụng cát nhẹ để chế tạo BT nội bảo dưỡng đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đối với BT làm đường giao thông. Khi phối hợp XLC với cát nhẹ là vật liệu nội bảo dưỡng thì có thể chế tạo BT nội bảo dưỡng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường BTXM đến cấp III, theo hướng dẫn thiết kế mặt đường BTXM hiện hành ở Việt Nam. Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm BTXM nội bảo dưỡng sử dụng cát nhẹ kết hợp XLC đáp ứng yêu cầu làm công trình mặt đường, đã thực hiện tính toán phân tích kết cấu để ứng dụng vật liệu trong công trình giao thông đường bộ thực tế.

### \* Những đóng góp mới của luận án

- Lựa chọn được hàm lượng hợp lý cát nhẹ là vật liệu cho BT nội bảo dưỡng với phụ gia khoáng XLC nghiền mịn.

- Xác định được khoảng hệ số dư vừa hợp lý đối với cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn và độ mài mòn của BT nội bảo dưỡng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với BTXM làm đường giao thông tới cấp III.

- Đã xác định được sự làm việc của BTXM nội bảo dưỡng trong kết cấu mặt đường giao thông.

- Kết quả nghiên cứu sử dụng để kiểm toán các tiêu chuẩn tính toán kết cấu mặt đường sử dụng BT nội bảo dưỡng cho mặt đường giao thông.

### \* Các thuật ngữ

“Mặt đường BTXM” – là kết cấu mặt đường ô tô sử dụng BTXM. “BTXM nội bảo dưỡng” – là BT có sử dụng các loại vật liệu giữ nước làm nhiệm vụ cung cấp nước từ bên trong cho quá trình thủy hóa XM khi BT hình thành cường độ.

## NỘI DUNG

### CHƯƠNG 1. NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG Ô TÔ CÓ SỬ DỤNG BTXM NỘI BẢO DƯỠNG

#### 1.1. Mặt đường BTXM

Mặt đường BTXM xuất hiện vào cuối thế kỷ 19, còn được gọi là mặt đường cứng cùng với mặt đường mềm là 2 loại hình mặt đường chính được sử dụng cho giao thông đường bộ và sân bay, đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành nên mạng lưới giao thông của Việt Nam và nhiều quốc gia trên thế giới.



**Hình 1.1. Mặt đường BTXM**

## 1.2. BTXM nội bảo dưỡng

Nội bảo dưỡng (IC) là quá trình mà sự thủy hóa XM được tiếp tục do sự có mặt của nước bên trong mà không phải là một phần của nước nhào trộn. Khi đó, lượng nước cung cấp cho một hỗn hợp CKD mới đông kết được sử dụng từ những bể chứa, ví dụ như cốt liệu nhẹ bão hòa nước, để thay thế độ ẩm mất đi do thoát hơi nước hay do sự tự khô. Ảnh hưởng của nội bảo dưỡng đối với BT được thể hiện là: Giảm co tự sinh và nứt ở tuổi sớm; Giảm nứt do co dỏ; Tăng cường độ; Giảm mô đun đàn hồi; Cải thiện vi cấu trúc vùng chuyển tiếp...

## 1.3. Các nghiên cứu về BTXM nội bảo dưỡng và nghiên cứu ứng dụng trong xây dựng mặt đường BTXM

### \* Các nghiên cứu về BTXM nội bảo dưỡng trên thế giới

Tiền đề cơ bản của IC được công nhận lần đầu tiên vào năm 1957 và được kiến nghị trực tiếp vào năm 1991. Tiếp sau đó, IC được nghiên cứu rộng rãi tại Đức, Israel, Đan Mạch và Hoa Kỳ từ giữa những năm 90s của thế kỷ trước đến nay. Các nghiên cứu đề cập đến những “bể chứa nước” thường gặp là LWA, polime siêu thấm hút và sợi gỗ.

### \* Các nghiên cứu và sử dụng BTXM nội bảo dưỡng tại Việt Nam

Điều kiện khí hậu Việt Nam ảnh hưởng tác động đến công tác BT. Khí hậu Việt Nam thuộc vùng khí hậu nhiệt đới, gió mùa, cơ bản là nóng ẩm và thay đổi theo mùa và vùng miền rõ rệt. Quá trình dưỡng ẩm tự nhiên được chia làm 2 giai đoạn: bảo dưỡng ban đầu và bảo dưỡng tiếp theo.



**Hình 1.2. Mặt đường BTXM nội bảo dưỡng**



**Hình 1.3. Bảo dưỡng bên ngoài (EC) mặt đường BTXM**

Hiện nay, nước ta cũng đã có những đề tài nghiên cứu về nội bảo dưỡng trong BT sử dụng các vật liệu thấm hút cao. Trong đó, tác giả Nguyễn Duy Hiếu là một trong

những người tiên phong về lĩnh vực này, đồng thời đưa ra được cơ sở khoa học cũng như cơ chế chuyển dịch nước trong BT nội bảo dưỡng.

#### **1.4. Những vấn đề cần phải nghiên cứu giải quyết của luận án**

Luận án tập trung vào nghiên cứu các nội dung sau: Nghiên cứu cơ sở khoa học về chế độ nội bảo dưỡng BT đối với mặt đường BTXM; Nghiên cứu lựa chọn các vật liệu đầu vào; Nghiên cứu chọn cấp phối BT nội bảo dưỡng; Nghiên cứu về mất nước, co mềm, co khô và khả năng chống nứt của BT; Nghiên cứu một số tính chất khác của BT: sự phát triển cường độ của BT theo thời gian, mô đun đàn hồi, độ chống thấm nước, chống mài mòn, độ hút nước; Nghiên cứu tính toán kết cấu BTXM nội bảo dưỡng làm mặt đường.

## **CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG Ô TÔ SỬ DỤNG BTXM NỘI BẢO DƯỠNG**

### **2.1. Cơ sở khoa học xây dựng mặt đường BTXM sử dụng BT nội bảo dưỡng và vai trò của các thành phần của BT nội bảo dưỡng**

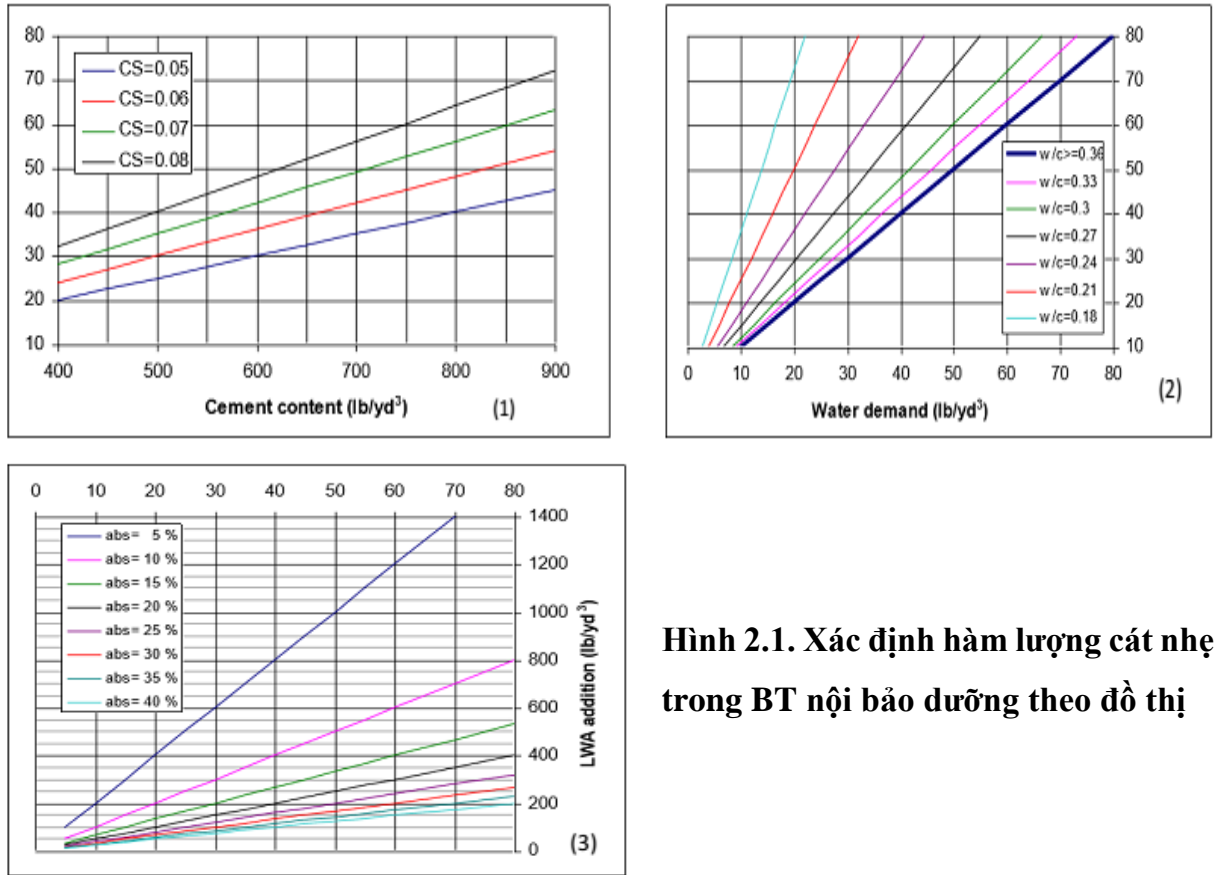
#### ***\* Các thành phần vật liệu cơ bản***

Các loại vật liệu thành phần sử dụng trong BT nội bảo dưỡng bao gồm: XM, XLC hạt hoá nghiền mịn, Cốt liệu nhỏ, Vật liệu nội bảo dưỡng, Cốt liệu lớn, Phụ gia, Nước điều hoà mãn các yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn Việt Nam.

#### ***\* Cát nhẹ trong BT nội bảo dưỡng dùng cho mặt đường BTXM***

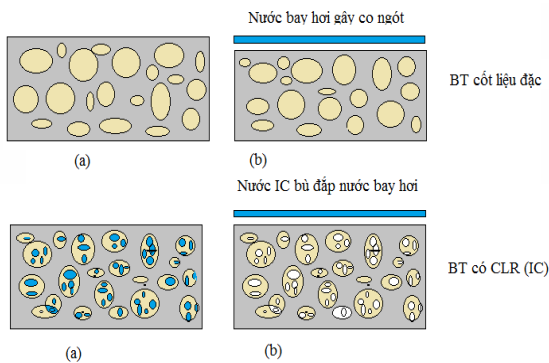
Cốt liệu rỗng (LWA) keramzit là vật liệu xốp tạo thành do nung nở khoáng Silicat (đất sét, á sét, đá phiến các loại, đất khuê tảo dạng tấm trepen, diatômít, arginit, alevrolit) được dùng làm cốt liệu cho chế tạo BT. LWA là một loại đá nhẹ, một sản phẩm được sản xuất tại nhà máy. Nguyên liệu thô là đá phiến sét, đất sét hoặc đá phiến, nung trong lò quay ở nhiệt độ  $>1093^{\circ}\text{C}$ . Vật liệu đã được làm mềm phòng nở như cấu trúc bong bóng. Sau khi làm nguội, trạng thái phòng nở được duy trì. Nguyên tắc cơ bản của IC là giữ cho độ ẩm tương đối trong các lỗ rỗng của đá chất kết dính, với tỷ lệ nước - xi măng thấp, luôn ở trạng thái bão hoà; Từ quan điểm thể tích nước dự trữ bởi CLR sẽ bù lại co hoá học của chất kết dính, ta có thể xác định lượng CLR (với độ rỗng nhất định).

Tiêu chuẩn ACI (308-213)R-13 đã chỉ ra phương pháp xác định hàm lượng cát nhẹ trong BT nội bảo dưỡng theo đồ thị.



**Hình 2.1. Xác định hàm lượng cát nhẹ trong BT nội bảo dưỡng theo đồ thị**

Cơ sở lý thuyết và nghiên cứu thực nghiệm cho thấy lượng nước chứa sẵn trong cốt liệu rỗng bão hòa trước có khả năng chuyển dịch, thấm nhập để phát huy vào trò bù co, duy trì độ ẩm để thúc đẩy quá trình thủy hóa, đảm bảo vai trò bảo dưỡng BT trong quá trình hình thành cường độ. Đây chính là cơ sở để đề xuất nghiên cứu sử dụng BTXM nội bảo dưỡng làm mặt đường ô tô và cơ sở để nghiên cứu và đề xuất phương pháp tính toán thiết kế và qui trình thi công mặt đường BTXM tự bảo dưỡng.

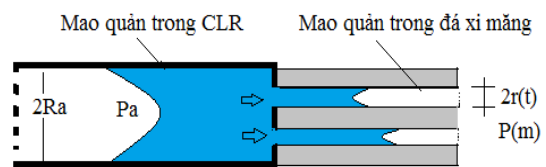


**Hình 2.2. Mô hình về vai trò bù nước của IC**

Theo tính toán sơ bộ, khoảng cách thấm nhập của nước từ CLR vào đá XM trong BT đạt khoảng 20 - 30 mm ở tuổi 3 - 14 ngày, 5 - 8 mm ở tuổi 28 ngày và khoảng 2 - 4 mm ở tuổi 56 - 90 ngày. Kết quả này cho thấy, nước IC có thể thấm nhập phần lớn vùng đá chất kết dính trong BT nếu kiểm soát được khoảng cách giữa các hạt của cốt liệu hay hệ số dư vữa của BT.



Có thể kết luận: Nội bảo dưỡng là giải pháp có cơ sở khoa học, được luận giải trên cơ sở phân tích các quá trình hóa lí và trao đổi vật chất xảy ra trong BT và giữa BT với môi trường thông qua mô hình hóa.



**Hình 2.3. Mô hình áp suất phụ (Laplace)**

Lượng nước chứa sẵn trong các hạt CLR bão hòa trước sẽ chuyển dịch cho nền đá chất kết dính trong BT, phát huy vai trò bù co, duy trì độ ẩm bão hòa trong hệ lỗ rỗng của đá XM, thúc đẩy sự thủy hóa của chất kết dính... nghĩa là sẽ phát huy hiệu quả của nội bảo dưỡng.

**\* XLC phối hợp cát nhẹ trong BT nội bảo dưỡng dùng cho mặt đường BTXM**

XLC là một trong các thải phẩm công nghiệp có khối lượng lớn. XLC cũng có thể được sử dụng làm phụ gia khoáng để thay thế một phần XM hoặc một phần cốt liệu trong chế tạo BT. XLC sử dụng làm cốt liệu cho BT là loại xỉ thu được sau khi làm nguội chậm xỉ lỏng trong không khí. Loại xỉ này có dạng tảng, cấu trúc tinh thể, đặc chắc và vì vậy không có hoạt tính. Khi sử dụng làm cốt liệu, xỉ tảng được đập nhỏ và phân loại thành các cấp hạt yêu cầu. Kết quả cho thấy khi đưa XLC hạt hóa vào thay thế một phần XM với hàm lượng hợp lý thì cường độ, độ tách nước, cấp chống thấm của BT xỉ đã được cải thiện so mẫu BT đối chứng. Khi phối hợp với cát nhẹ thì các hiệu ứng có hại như tách nước và giảm cường độ BT ở tuổi sớm do sử dụng xỉ sẽ được triệt tiêu hoặc giảm bớt, mặt khác do cát nhẹ có độ xốp lớn, khả năng giữ nước tốt nên làm giảm sự tách nước. Sử dụng XLC trong BT đặc biệt có lợi vì thay thế một lượng khá lớn XM mà không gây ảnh hưởng xấu tới cường độ BT. Do đó có thể sử dụng một lượng lớn chất kết dính trong BT mà vẫn đảm bảo lượng dùng XM nằm ở mức thấp.

**\* Phụ gia trong BT nội bảo dưỡng dùng cho mặt đường BTXM**

Trong BT có sử dụng phụ gia khoáng và phụ gia siêu dẻo để cải thiện các tính chất của BTXM.

**2.2. Giảm mất nước, co mềm của BT nội bảo dưỡng đối với mặt đường BTXM**

**\* Quá trình thủy hoá của XM**

XM sau khi được nhào trộn với nước trải qua 3 giai đoạn. Đầu tiên trong khoảng 1-3 giờ sau khi nhào trộn, nó tạo thành một loại hồ dẻo, dễ tạo hình, sau đó bắt đầu ninh kết, hỗn hợp đặc sệt dần lại mà mất dần tính dẻo nhưng cường độ không lớn. Giai đoạn này kết thúc trong 5-10 giờ sau khi nhào trộn, hỗn hợp chuyển từ trạng thái đặc sệt sang

trạng thái rắn chắc, có nghĩa là kết thúc ninh kết và bắt đầu rắn chắc. Giai đoạn rắn chắc được đặc trưng bằng sự tăng cường nhanh cường độ.

#### **\* Tính co ngót của BT**

BT chịu một sự biến dạng đáng kể đặc biệt là trong giai đoạn tuổi sớm, phần lớn những biến dạng này xảy ra ở phần vữa do lượng nước mất vào môi trường hoặc trong các phản ứng hóa học, tuy nhiên cốt liệu cũng góp phần vào những biến dạng trên do những đặc tính vật lý và thành phần hóa học của nó. Quá trình co của BT có thể chia ra 2 giai đoạn: co mềm và co cứng. Co mềm là co trong khi BT vừa được trộn trong giai đoạn đầu của quá trình ninh kết. Co cứng hay co khô là co khi BT đã bắt đầu có cường độ khá cao. Sau giai đoạn co mềm, khi BT đạt cường độ xác định thì co mềm dần giảm đi. Thay vào đó là co khô, co do mất nước trong các lỗ rỗng. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, công thức tính toán độ co của XM theo các khoáng của XM như sau:

$$V_{cs} = 0.0532[C_3S] + 0.0400[C_2S] + 0.1113[C_4AF] + 0.1785[C_3A]$$

Nguyên nhân gây ra hiện tượng co nội sinh liên quan đến các quá trình hóa lý xảy ra trong cấu trúc đá XM.

### **2.3. Giảm co khô của BT nội bảo dưỡng đối với mặt đường BTXM**

Co khô hay co cứng là hiện tượng giảm thể tích xảy ra trong điều kiện môi trường có độ ẩm thấp do sự bay hơi nước trên bề mặt của BT đã rắn chắc. Bản chất của co cứng cũng giống với co mềm nhưng xảy ra khi BT đã rắn chắc. Mức độ co cứng phụ thuộc vào các yếu tố như điều kiện môi trường, tỷ lệ N/CKD, hình dạng và kích thước cấu kiện BT,...

### **2.4. Nứt co ngót và giải pháp hạn chế co ngót - nứt trong BT làm mặt đường**

Vết nứt có thể xuất hiện trên kết cấu BT cốt thép do rất nhiều nguyên nhân riêng lẻ, cũng có thể do một nhóm các nguyên nhân cùng kết hợp gây nên. Về mặt tổng quát, có thể chia nguyên nhân nứt trên kết cấu BT cốt thép do yếu tố vật lý và yếu tố cơ học. Có thể phân nguyên nhân gây nứt thành: Nứt do co nở mềm; Nứt do biến dạng cứng của BT; Nứt do thay đổi nhiệt độ môi trường; Nứt do hiệu ứng nhiệt...

### **2.5. Bảo dưỡng mặt đường BT và các yếu tố ảnh hưởng**

Bảo dưỡng đặc biệt quan trọng đối với mặt đường vì so với các loại kết cấu BT thì mặt đường BTXM có tỉ lệ bề mặt trên tổng thể tích khối BT cao. Bảo dưỡng kém có thể dẫn đến hư hỏng mặt đường BT: hư hỏng xảy ra do nứt co dãn, do ứng suất nhiệt hoặc nứt co ngót khi bay hơi nước. Mặt đường BT được bảo dưỡng kém cũng có thể có khả

năng chống mài mòn kém và không thể chống ảnh hưởng của muối đối với đường trong khu vực duyên hải, hoặc tác động của các quá trình xuống cấp mặt đường khác.

Bảo dưỡng BTXM mặt đường sau khi rải là một quá trình phức tạp và chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố, các yếu tố có khả năng kiểm soát được (thành phần và loại vật liệu thành phần sử dụng), và có yếu tố không thể kiểm soát mà chỉ có thể giảm thiểu (nhiệt độ, tốc độ gió, độ ẩm), ngoài ra còn quyết định bởi tốc độ tách nước và thời điểm bắt đầu đông cứng, các chỉ tiêu mà cũng bị ảnh hưởng bởi rất nhiều các yếu tố mà cũng có thể có hoặc không có khả năng kiểm soát.

Việc có một hỗn hợp với cơ chế tự thực hiện bảo dưỡng, với cơ chế tự điều chỉnh cung cấp nước theo tốc độ tách nước của BTXM và với các yếu tố ảnh hưởng sẽ là một giải pháp không chỉ có hiệu quả do tối giản hóa công tác bảo dưỡng mà hoàn toàn có thể kiểm soát được các rủi ro hư hỏng do bảo dưỡng và đảm bảo sự hình thành cường độ của BTXM mặt đường.

### **CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VẬT LIỆU BTXM NỘI BẢO DƯỠNG LÀM MẶT ĐƯỜNG Ô TÔ**

#### **3.1. Nội dung nghiên cứu, các chỉ tiêu nghiên cứu và phương pháp thí nghiệm**

##### ***\* Các chỉ tiêu cơ bản của BTXM làm mặt đường và phương pháp thí nghiệm***

Với các loại vật liệu thành phần của BTXM nội bảo dưỡng, các tiêu chuẩn đã ban hành được sử dụng để xác định các đặc trưng cơ lý.

##### ***\* Các chỉ tiêu kỹ thuật mặt đường BTXM***

Các yêu cầu kỹ thuật của mặt đường BTXM theo Quyết định số 3230/QĐ-BGTVT. Các chỉ tiêu cơ lý của bê tông và độ sụt tối ưu của HGBT theo TCCS 40: 2022/TCĐBVN.

##### ***\* Nội dung nghiên cứu thực nghiệm***

Nội dung nghiên cứu thực nghiệm với 30 cấp phối cốt liệu được ký hiệu từ CP1 đến CP30 và 05 cấp phối đối chứng là BT thường sử dụng cốt liệu nhỏ là cát nặng (cát vàng) được ký hiệu từ CV1 đến CV5.

#### **3.2. Vật liệu thành phần của BTXM nội bảo dưỡng trong nghiên cứu**

##### ***\* Các vật liệu thành phần và tính chất cơ bản***

Các loại vật liệu thành phần sử dụng trong quá trình nghiên cứu đều được định hướng chọn từ nguồn tự nhiên, sẵn có và phổ biến trong nước. Trong nghiên cứu đã sử

dụng: XM Nghi Sơn PBC40; XLC nghiền mịn thay thế một phần XM; Cốt liệu nhỏ là cát vàng (CV – cát nặng) sông Lô - Việt Trì; Vật liệu nội bảo dưỡng lựa chọn là cát nhẹ được lấy tại Nhà máy sản xuất sỏi đá nhẹ Đồng Nai; Đá dăm có kích thước hạt lớn nhất 20mm được sản xuất từ mỏ đá vôi Kiện Khê - Hà Nam; Phụ gia siêu dẻo gốc Polycarboxylate; Nước máy Hà Nội để trộn BT.

**\* Lựa chọn thành phần BT nghiên cứu**

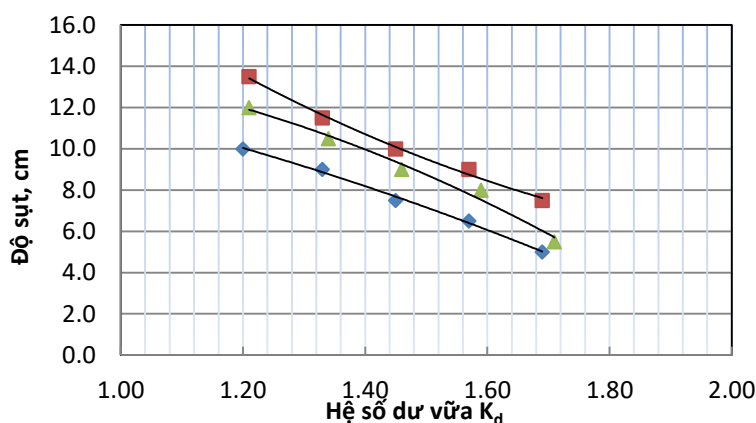
Sử dụng phương pháp được qui định trong Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần BT các loại”, để thiết kế lựa chọn thành phần BT. Luận án đã tiến hành thí nghiệm khảo sát sơ bộ các cấp phối BT được chế tạo với cùng loại và lượng XM, tiếp cận theo nguyên tắc lượng dùng XM trong các cấp phối là tối thiểu ( $300 \text{ kg/m}^3$ ) và không đổi, XLC đóng vai trò vừa là chất kết dính bổ sung đồng thời là vi cốt liệu thêm vào BT, với lượng dùng được tính toán theo tỷ lệ từ 15% đến 55% so với lượng XM. Lượng cát nhẹ được tính toán với độ co hóa học của chất kết dính (CS) nhận một số giá trị trong khoảng 0.06 – 0.08. Các cấp phối thí nghiệm được thiết kế với hệ số dư vữa khác nhau từ 1.20 đến 1.69. Luận án đã lựa chọn các cấp phối dùng trong nghiên cứu như Bảng 3.1.

**Bảng 3.1. Thành phần BT nghiên cứu**

TT	Ký hiệu CP	Lượng dùng vật liệu, $\text{kg/m}^3$							Thông số	
		XM	XLC	Nước	CN	Cát nặng	Đá	PG	Tỷ lệ XLC/XM	$K_d$
1	CP1	300	0	136	202	472	1325	2,69	0%	1.20
2	CP2	300	0	136	219	511	1257	2,69	0%	1.33
3	CP3	300	0	136	235	547	1199	2,69	0%	1.45
4	CP4	300	0	136	249	581	1146	2,69	0%	1.57
5	CP5	300	0	136	262	611	1097	2,69	0%	1.69
6	CP16	300	105	136	176	411	1324	2,69	35%	1.21
7	CP17	300	105	136	193	451	1259	2,69	35%	1.33
8	CP18	300	105	136	209	488	1201	2,69	35%	1.45
9	CP19	300	105	136	223	521	1147	2,69	35%	1.57
10	CP20	300	105	136	236	551	1098	2,69	35%	1.69
11	CPV1	300	0	136	0	733	1322	2.69	0	1.21
12	CPV2	300	0	136	0	793	1254	2.68	0	1.34

TT	Ký hiệu CP	Lượng dùng vật liệu, kg/m <sup>3</sup>							Thông số	
		XM	XLC	Nước	CN	Cát nặng	Đá	PG	Tỷ lệ XLC/XM	K <sub>d</sub>
13	CPV3	300	0	136	0	849	1194	2.68	0	1.46
14	CPV4	300	0	136	0	900	1140	2.67	0	1.59
15	CPV5	300	0	136	0	946	1090	2.67	0	1.71

*\* Ảnh hưởng của hệ số dư vữa đến tính chất của HHTB nội bảo dưỡng đối với mặt đường BTXM*

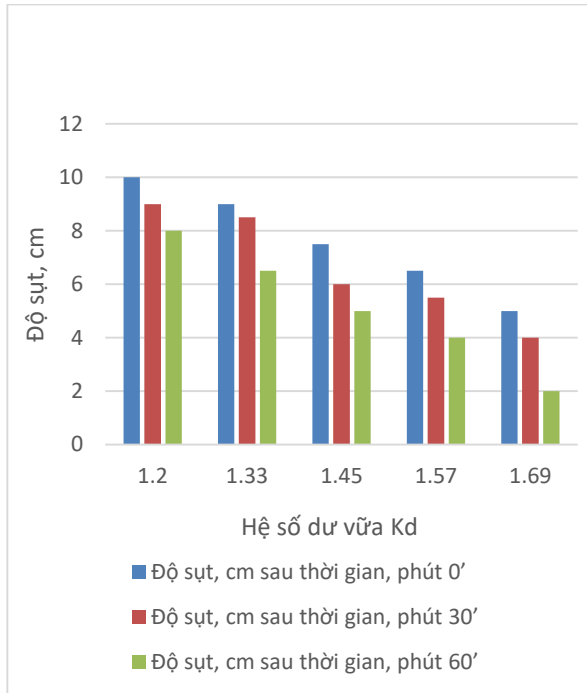


**Hình 3.1. Ảnh hưởng của hệ số dư vữa đến độ sụt của HHTB**

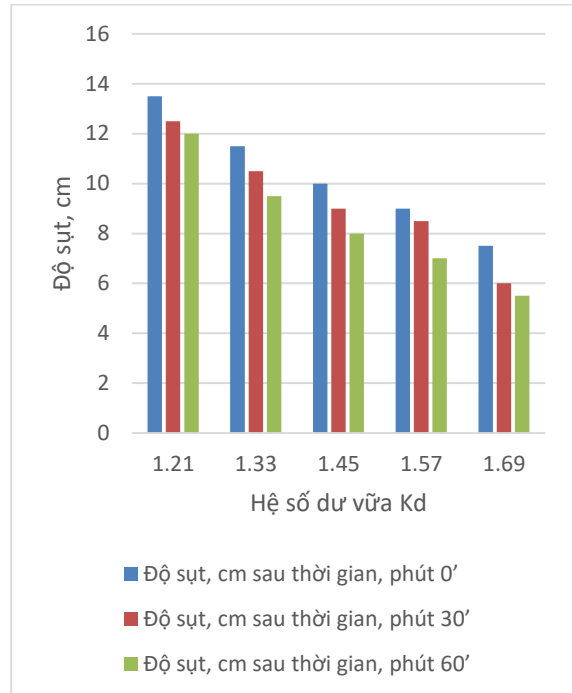
Hệ số dư vữa thể hiện tương quan giữa thể tích vữa XM với thể tích lỗ hổng giữa các hạt cốt liệu lớn trong HHTB. Kết quả cho thấy với cùng lượng nước trộn và tỷ lệ phụ gia giảm nước, độ sụt của HHTB nhìn chung có xu hướng giảm khi tăng hệ số dư vữa. Điều này được lý giải là khi tăng hệ số dư vữa, lượng cát trong HHTB tăng khiến lượng cần nước của HHTB tăng theo, điều này khiến độ sụt của HHTB bị suy giảm.

Việc bổ sung thay thế XLC vào BT IC ảnh hưởng không nhiều đến tính công tác cũng như mức độ suy giảm độ sụt theo các hệ số dư vữa. Điều đó được thể hiện ở kết quả nghiên cứu đó là khi tăng hệ số dư vữa ở trạng thái xốp không lèn chặt từ 1.20 đến 1.71 thì đối với cát nặng (CV) độ sụt giảm từ 12.0cm đến 5.5cm, đối với BT IC (XLC/XM=35%) độ sụt giảm từ 13.5cm đến 7.5cm, đối với BT IC (XLC/XM=0%) độ sụt giảm từ 10.0cm đến 5.0cm. Điều này minh chứng rằng việc sử dụng cát nhẹ làm vật liệu nội bảo dưỡng cùng với lượng XLC/XM=35% có thể coi như là giải pháp hợp lý.

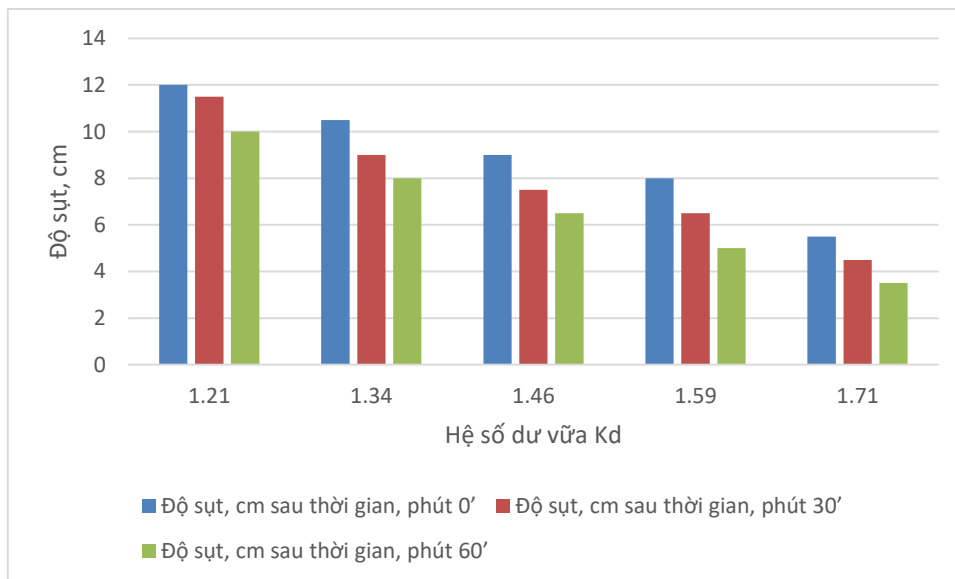
**\* Khả năng duy trì tính công tác của HHBT nội bảo dưỡng đối với mặt đường BTXM**



**Hình 3.2. Sự suy giảm độ sụt của các HHBT nội bảo dưỡng không sử dụng XLC theo thời gian**



**Hình 3.3. Sự suy giảm độ sụt của các HHBT nội bảo dưỡng sử dụng 35% XLC theo thời gian**



**Hình 3.4. Sự suy giảm độ sụt của các HHBT đối chứng theo thời gian**

Kết quả thí nghiệm cho thấy các HHBT bị suy giảm độ sụt không nhiều theo thời gian. Có thể thấy sau 60 phút độ sụt HHBT suy giảm theo thời gian khoảng (2÷3) cm. HHBT IC có XLC 35% cho mức giảm độ sụt ít hơn cả (1,5 ÷ 1,8) cm so với mức giảm 2,0 cm của BTXM thường và (2÷3) cm của BT IC không sử dụng XLC. Tuy nhiên, với

tất cả các mức giảm tính công tác này, các HHTB vẫn có thể đáp ứng thi công được cho mặt đường BTXM. Nếu muốn duy trì độ sụt của HHTB đảm bảo yêu cầu về tính công tác trong thi công đối với mặt đường BTXM thì phải sử dụng các biện pháp công nghệ.

**\* Phân tầng của HHTB nội bảo dưỡng đối với mặt đường BTXM**

Trong HHTB hiện tượng phân tầng xảy ra khi các thành phần của HHTB không có sự đồng nhất mà bị phân tách theo một chiều nhất định, chủ yếu theo phương tạo hình. Để nghiên cứu về phân tầng của HHTB nội bảo dưỡng đối với mặt đường BTXM, kết quả thí nghiệm được trình bày theo Bảng 3.2.

**Bảng 3.2. Kết quả thí nghiệm tính chất của HHTB**

TT	Ký hiệu CP	K <sub>a</sub>	KLTT, kg/m <sup>3</sup>	Độ sụt, cm	Bọt khí, %	Độ tách nước, %	Độ tách vữa, %
1	CP1	1.20	2430	10.0	1.5	0.0	3.9
2	CP2	1.33	2420	9.0	1.6	0.0	4.1
3	CP3	1.45	2410	7.5	1.9	0.0	4.2
4	CP4	1.57	2410	6.5	2.1	0.0	4.3
5	CP5	1.69	2400	5.0	2.3	0.0	4.5
6	CP16	1.21	2450	13.5	1.1	0.0	0,0
7	CP17	1.33	2440	11.5	1.3	0.0	0,0
8	CP18	1.45	2440	10.0	1.4	0.0	0,0
9	CP19	1.57	2430	9.0	1.5	0.0	0,0
10	CP20	1.69	2430	7.5	1.6	0.0	0,0
11	CPV1	1.21	2490	12.0	1.2	0.0	0.1
12	CPV2	1.34	2480	10.5	1.5	0.0	0.3
13	CPV3	1.46	2480	9.0	1.6	0.0	0.5
14	CPV4	1.59	2470	8.0	1.7	0.0	0.7
15	CPV5	1.71	2470	5.5	1.9	0.0	1.2

Các kết quả trên cho thấy hoàn toàn có thể sử dụng vật liệu nội bảo dưỡng là cát nhẹ cùng với XLC (theo tỷ lệ thay thế 35% XM) đáp ứng được yêu cầu về độ tách nước của HHTB đối với mặt đường BTXM. Khi tăng hệ số dư vữa từ 1,20 đến 1,71 thì với cát nặng (CV) độ sụt giảm từ 12,0cm đến 5,5cm và độ tách vữa tăng từ (0,1÷1,2)%, với hỗn hợp cốt liệu nhỏ (cát nặng + cát nhẹ + 35% XLC) độ sụt giảm từ 13,5cm đến 7,5cm

và độ tách vữa không xảy ra có giá trị 0%, và với hỗn hợp cốt liệu nhỏ (cát nặng + cát nhẹ + 0% XLC) độ sụt giảm từ 10,0cm đến 5,0cm và độ tách vữa tăng từ 3,9% đến 4,5%.

Như vậy, cùng tỷ lệ X/N = 2,20 thì độ tách vữa có xu hướng tăng dần theo chiều tăng của hệ số dư vữa, độ tách vữa đối với cát nặng (CV) từ (0,1÷1,2)%, với hỗn hợp cốt liệu nhỏ (cát nặng + cát nhẹ + 35% XLC) độ tách vữa không xảy ra có giá trị 0%, và với hỗn hợp cốt liệu nhỏ (cát nặng + cát nhẹ + 0% XLC) độ tách vữa tăng từ 3,9% đến 4,5%. Mặt khác, đối với mặt đường BTXM thì độ mài mòn của BT là chỉ tiêu rất quan trọng, bên cạnh đó hiện tượng tách vữa và tách nước ảnh hưởng trực tiếp đến bề mặt trên cùng của mặt đường BTXM, tức là ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chống mài mòn của BT, từ đó có thể nói việc sử dụng hỗn hợp cốt liệu nhỏ (cát nặng + cát nhẹ + 35% XLC) là giải pháp hợp lý đảm bảo yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường BTXM.

### 3.3. Nghiên cứu thực nghiệm, các kết quả, phân tích và bình luận

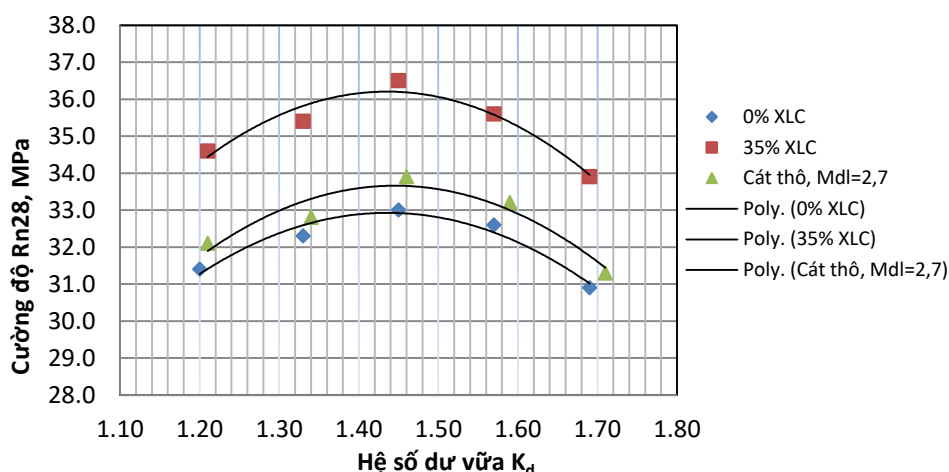
#### \* Cường độ chịu nén của mặt đường BTXM sử dụng BT nội bảo dưỡng

Kết quả xác định các chỉ tiêu kỹ thuật của BT được trình bày trong Bảng 3.3.

**Bảng 3.3. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu kỹ thuật của bê tông**

TT	Ký hiệu CP	K <sub>d</sub>	Các chỉ tiêu kỹ thuật ở tuổi 28 ngày		
			R <sub>n</sub> , MPa	R <sub>ku</sub> , Mpa	ĐMM, g/cm <sup>2</sup>
1	CP1	1.2	31.4	3.35	0.78
2	CP2	1.33	32.3	3.59	0.81
3	CP3	1.45	33	3.75	0.7
4	CP4	1.57	32.6	3.99	0.83
5	CP5	1.69	30.9	3.84	0.87
6	CP16	1.21	34.6	4.77	0.41
7	CP17	1.33	35.4	5.15	0.43
8	CP18	1.45	36.5	5.57	0.4
9	CP19	1.57	35.6	5.85	0.47
10	CP20	1.69	33.9	5.69	0.49
11	CPV1	1.21	32.1	3.58	0.7
12	CPV2	1.34	32.8	3.86	0.73
13	CPV3	1.46	33.9	4.17	0.67
14	CPV4	1.59	33.2	4.38	0.75
15	CPV5	1.71	31.3	4.27	0.79

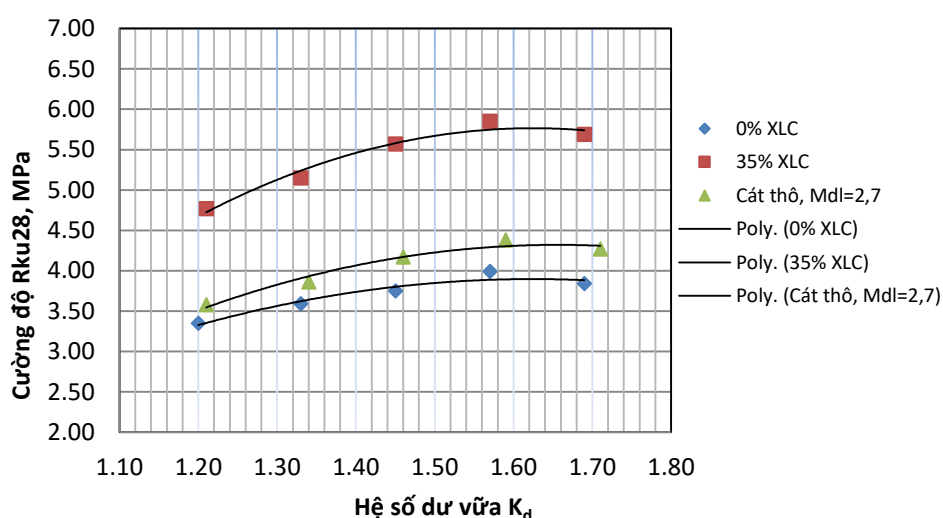




**Hình 3.5. Ảnh hưởng của hệ số dư vữa đến cường độ chịu nén của BT**

Qua biểu đồ nhận thấy: (i) BT IC có 35% XLC có cường độ nén vượt trội (khoảng 10%) so với hỗn hợp BTXM thường và BT IC không sử dụng XLC, tương ứng với tất cả các hệ số dư vữa và ở cả ba độ tuổi; (ii) Tồn tại một khoảng giá trị hệ số dư vữa cho cường độ kháng nén lớn nhất. Khoảng hệ số dư vữa từ 1,22 đến 1,56, là khoảng hệ số dư vữa tối ưu đối với cường độ chịu nén của BT sử dụng (cát nặng, cát nhẹ + cát nặng, cát nhẹ + cát nặng + XLC). Khi hệ số dư vữa tăng cường độ chịu nén của BT có xu hướng giảm. Do đó, có thể thấy rằng việc tăng hệ số dư vữa có ảnh hưởng tiêu cực đến cường độ chịu nén của BT nội bảo dưỡng.

**\* Cường độ chịu kéo khi uốn của mặt đường BTXM sử dụng BT nội bảo dưỡng**



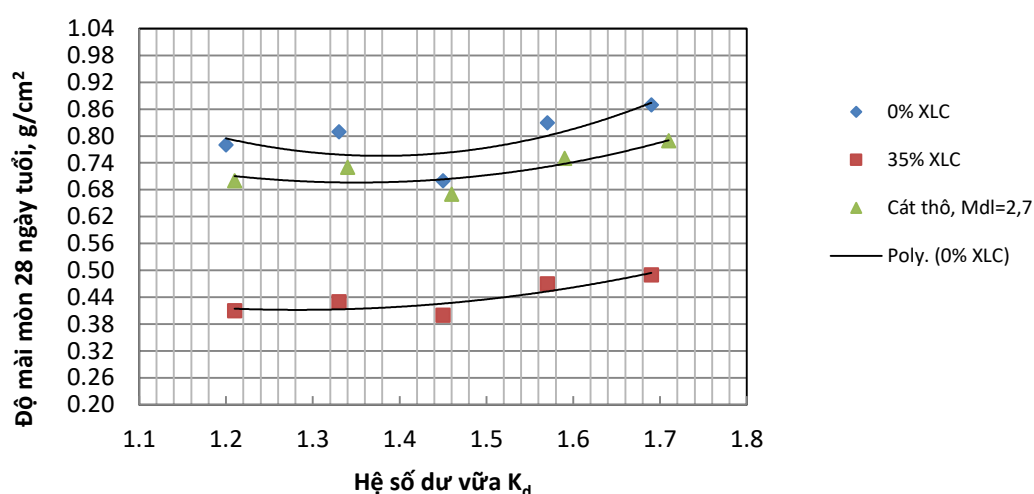
**Hình 3.6. Ảnh hưởng của hệ số dư vữa đến cường độ chịu kéo khi uốn của BT**

Khi hệ số dư tăng từ 1,20 lên 1,59, thì cường độ chịu kéo khi uốn của BT có xu hướng tăng dần. Khi tiếp tục tăng hệ số dư vữa quá 1,57 thì cường độ chịu kéo khi uốn của BT có xu hướng giảm. Chênh lệch giữa giá trị cường độ chịu kéo khi uốn của BT

lớn nhất và nhỏ nhất không vượt quá 2 MPa. Ở khoảng hệ số dư vữa từ 1,47 đến 1,68, thì HHTBT sử dụng cát nhẹ + cát nặng + XLC có tính công tác tốt nhất, BT đạt cường độ chịu kéo khi uốn cao nhất, hay nói cách khác khoảng hệ số dư vữa từ 1,47 đến 1,68, là khoảng hệ số dư vữa tối ưu đối với cường độ chịu kéo khi uốn của BT sử dụng (cát nặng, cát nhẹ + cát nặng, cát nhẹ + cát nặng + XLC). Khi hệ số dư vữa tăng cường độ chịu kéo khi uốn của BT tăng.

**\* Độ mài mòn của mặt đường BTXM sử dụng BT nội bảo dưỡng**

Ảnh hưởng của hệ số dư vữa đến độ mài mòn của BT nội bảo dưỡng đối với mặt đường BTXM thể hiện trên biểu đồ Hình 3.7.



**Hình 3.7. Ảnh hưởng của hệ số dư vữa đến độ mài mòn của BT ở tuổi 28 ngày**

Đánh giá xu thế đường cong quan hệ giữa độ mài mòn và hệ số dư vữa, có thể thấy sự tương đồng với mối quan hệ giữa chỉ tiêu cường độ và độ dư vữa.

**\* Lựa chọn khoảng hệ số dư vữa đối với cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn và độ mài mòn cho BT làm mặt đường BTXM**

Hệ số dư vữa có mối quan hệ rõ ràng và khá chặt chẽ với các chỉ tiêu cường độ: cường độ nén; cường độ chịu kéo khi uốn; và độ mài mòn. Xu thế và khoảng giá trị hệ số dư vữa ứng với cường độ cao nhất và độ mài mòn nhỏ nhất của 03 loại BT (thông thường; BT IC không có XLC, BT IC có 35% XLC) không khác nhau như Bảng 3.4.

**Bảng 3.4. Khoảng hệ số dư vữa hợp lý của 03 loại BT thí nghiệm**

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Hệ số dư vữa, $K_d$
1	Cường độ chịu nén	1,22 ÷ 1,56
2	Cường độ chịu kéo khi uốn	1,47 ÷ 1,68
3	Độ mài mòn	1,20 ÷ 1,56

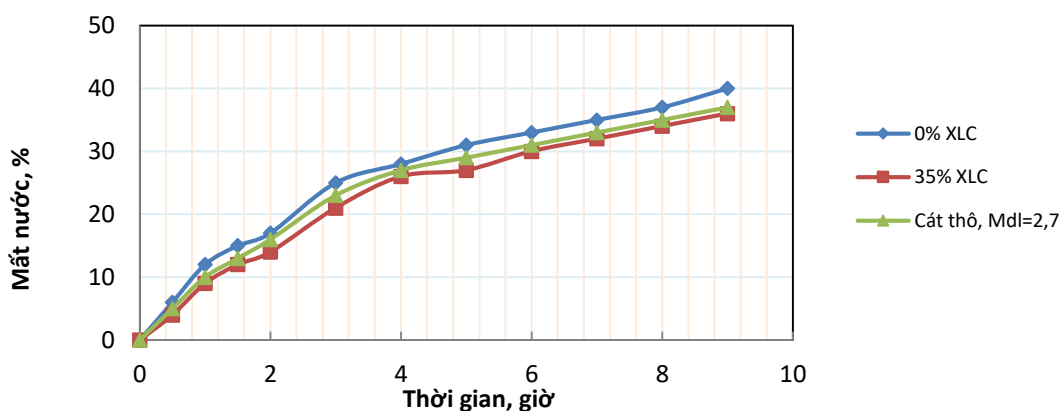
Từ kết quả nghiên cứu các chỉ tiêu cường độ và đối chứng kết quả nghiên cứu thực nghiệm của 03 loại: BT thông thường; BT IC không sử dụng XLC; BT IC sử dụng XLC, có thể có một số nhận xét sơ bộ như sau:

- BT IC có 35% XLC có cường độ vượt trội so với BTXM thông thường và BT IC không sử dụng XLC với hàm lượng XM tối thiểu là  $300 \text{ kg/m}^3$ . Điều này hoàn toàn hợp lý do với việc thêm XLC sẽ tăng tổng hàm lượng CKD và cải thiện được cường độ của BTXM khi thay thế một phần thành phần cốt liệu nhỏ (cát nặng) bằng cát nhẹ. Cường độ 28 ngày tuổi của BT IC có 35% XLC hoàn toàn có khả năng đáp ứng cường độ yêu cầu và khả năng chống mài mòn của BTXM làm mặt đường.

- BT IC có 35% XLC cũng như 02 loại BT đối chứng đều có khoảng hệ số dư vừa cho cường độ tốt nhất (cường độ nén, cường độ kéo uốn và khả năng chống mài mòn). Tổ hợp khoảng giá trị hệ số dư vừa hợp lý là là ( $K_d = 1,47 \div 1,56$ ).

#### \* *Mất nước và co mềm*

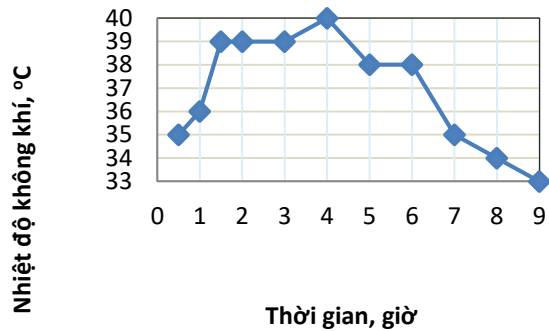
Quá trình mất nước, co mềm của HHTT và BT cũng được xác định trên mẫu BT có kích thước  $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$  với mô đun hỡ  $M_h = 30 \text{ m}^{-1}$ , điều kiện thí nghiệm như nhau như hình 3.8.



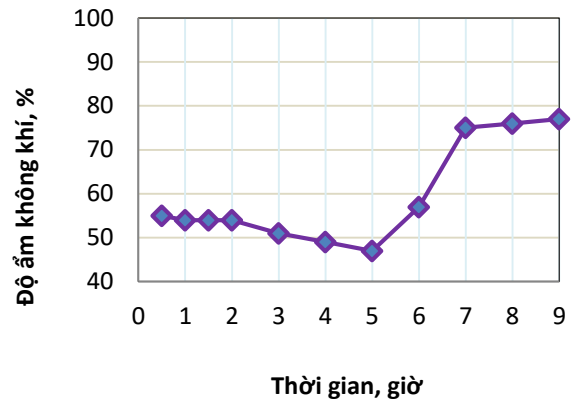
**Hình 3.8. Quá trình mất nước của HHTT và BT theo thời gian,  $M_h = 30 \text{ m}^{-1}$**

Kết quả thí nghiệm cho thấy, cả hai loại BT IC và BT thường đều mất nước nhanh trong khoảng (2÷4) giờ đầu, cụ thể đến (14 ÷ 17) % trong 2 giờ đầu và (26 ÷ 28) % tính trong 4 giờ đầu. Tốc độ co mềm của 03 loại BT thí nghiệm khá tương đồng với xu thế tăng nhanh trong 4 giờ đầu (khoảng  $0,35 \div 0,38 \text{ mm/m/giờ}$ ), sau đó rất chậm ( $0,03 \text{ mm/m/giờ}$ ) và gần như dừng lại. BT IC không có XLC tốc độ và tổng độ co mềm theo dõi trong 9 giờ là lớn nhất.

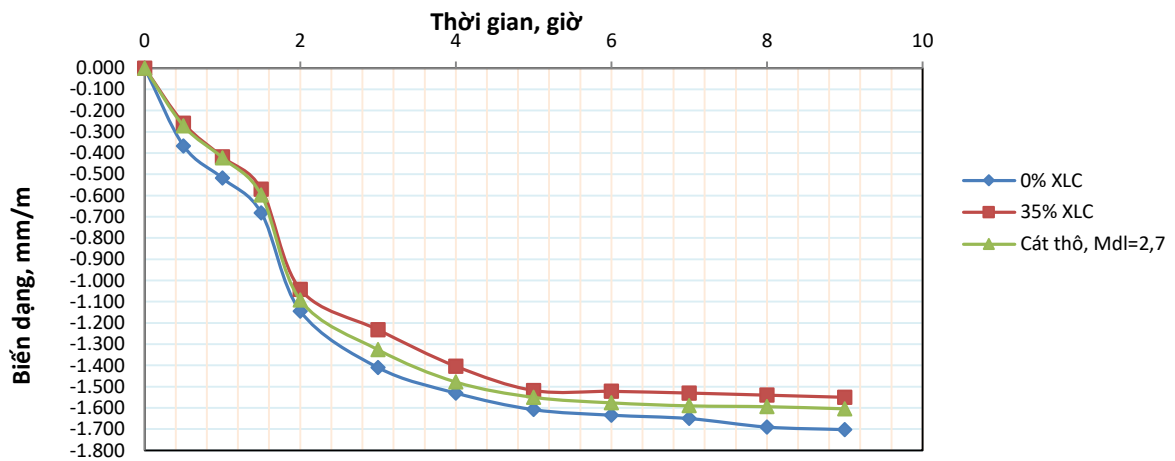
Sự thay đổi nhiệt độ và độ ẩm trong thời gian thí nghiệm quá trình mất nước và co mềm của HHBT và BT cũng được theo dõi và trình bày trong Hình 3.9 và Hình 3.10.



Hình 3.9. Nhiệt độ theo thời gian



Hình 3.10. Độ ẩm theo thời gian



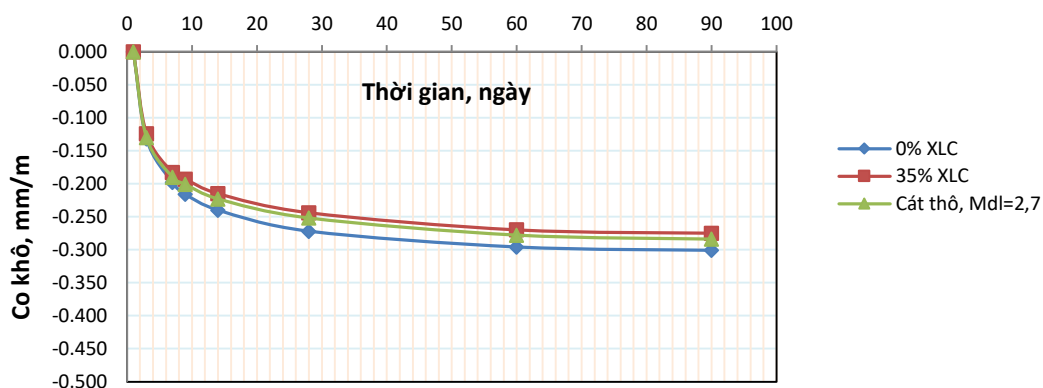
Hình 3.11. Quá trình co mềm của BT theo thời gian,  $M_h=30 \text{ m}^{-1}$

Có thể thấy rằng co mềm của BT sử dụng (cát nhẹ + cát nặng + XLC) nhỏ hơn so về giá trị tuyệt đối so với 02 loại BT đối chứng. Điều này có thể giải thích trong điều kiện cùng một tỷ lệ X/N và lượng dùng XM, cùng mô đun hơ  $M_h=30\text{m}^{-1}$  và điều kiện thí nghiệm như nhau, thành phần cốt liệu nhỏ với sự có mặt của XLC (35%) sẽ làm cho hỗn hợp có độ đặc chắc cao hơn, lượng dùng nước giảm và khi đó lượng nước tự do trong HHBT tăng, dẫn tới quá trình mất nước giảm và độ co mềm giảm. Sử dụng XLC là giải pháp làm chậm quá trình mất nước, giảm co mềm và hạn chế nứt cho BT IC.

#### \* Co ngót khô của BT

Trong cùng điều kiện thí nghiệm, cả 03 loại BT đều có xu hướng co mạnh trong khoảng thời gian 28 ngày đầu, và giảm dần trong những ngày tiếp theo. Mức co gần như dừng lại sau 60 ngày. Sau 90 ngày giá trị độ co lần lượt là -0,301 mm/m; -0,284 mm/m; -0,275 mm/m tương ứng với BT IC không sử dụng XLC; BTXM thường và BT IC với

35% XLC. Có thể thấy co khô của BT IC có 35% XLC nhỏ hơn cả về giá trị tuyệt đối. Như vậy, sử dụng XLC cho BT IC giúp giảm mức co, và giảm nguy cơ nứt của BT IC khi sử dụng làm mặt đường.



**Hình 3.12. Co khô của BT theo thời gian**

#### \* Độ chống thấm

Kết quả thí nghiệm tại bảng 3.5 cho thấy độ chống thấm nước của BT IC có 35% XLC đạt được B12 cao hơn so các mẫu đối chứng là B8 với BT IC không sử dụng XLC và B10 với BTXM thông thường. Sử dụng 35% XLC trong cốt liệu nhỏ làm tăng độ đặc chắc, dẫn tới độ chống thấm nước của BT tăng.

**Bảng 3.5. Kết quả thí nghiệm độ chống thấm nước của BT**

TT	Ký hiệu CP	XLC/XM	$K_d$	Độ chống thấm nước
1	CP4	0%	1,57	B8
2	CP19	35%	1,57	B12
3	CPV4	0	1,59	B10

#### \* Mô đun đàn hồi

Mô đun đàn hồi của 03 loại BT được thí nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM C469-10 với mẫu 28 ngày tuổi và trình bày trong Bảng 3.6 cùng với cường độ nén và cường độ kéo khi uốn của mẫu.

**Bảng 3.6. Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi của BT**

TT	Ký hiệu CP	XLC/XM	$K_d$	$R_{ku28}$ , MPa	$R_{n28}$ , MPa	Mô đun đàn hồi, GPa
1	CP4	0%	1,57	3,99	32,6	24,8
2	CP19	35%	1,57	5,85	35,6	27,5
3	CPV4	0	1,59	4,38	33,2	26,4

Có thể thấy BT IC có 35% XLC cho giá trị mô đun đàn hồi phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của mặt đường BTXM, tương ứng với cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn.

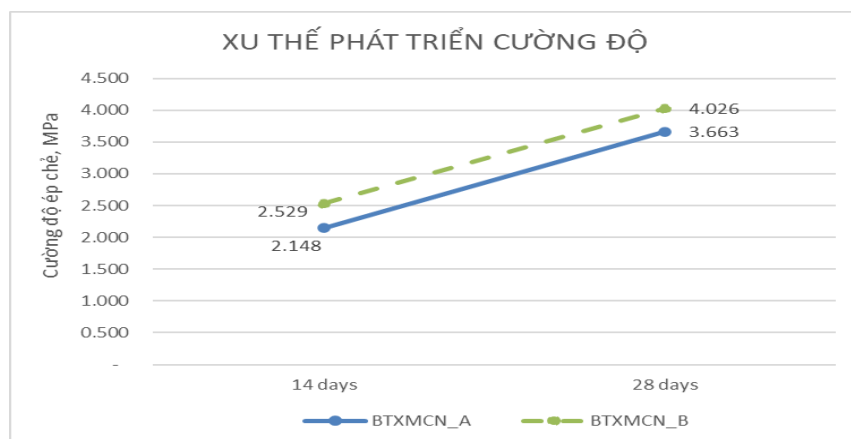
Như vậy, BT IC có 35% XLC cho các chỉ tiêu cường độ lớn hơn so với các loại đối chứng: BTXM thường và IC không sử dụng XLC có cùng hàm lượng XM sử dụng là tối thiểu cho BTXM làm mặt đường ( $300 \text{ kg/m}^3$ ). Cường độ chịu kéo khi uốn, là cường độ cơ bản nhất của BTXM làm mặt đường, của BT IC có 35% XLC có tính năng vượt trội hơn cả so với 02 loại đối chứng, cụ thể cao hơn 47% so với BTXM thông thường và cao hơn 34% so với BT IC không sử dụng XLC. Các giá trị cường độ này của IC có 35% XLC đều đáp ứng yêu cầu làm BTXM mặt đường.

## CHƯƠNG 4. ỨNG DỤNG BTXM NỘI BẢO DƯỠNG TRONG THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG BTXM TRONG ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU VIỆT NAM

### 4.1. Nghiên cứu hệ số giãn nở nhiệt của BTXM nội bảo dưỡng

Hệ số giãn nở nhiệt (CTE) của BTXM là chỉ tiêu quan trọng, được dùng trong tính toán mặt đường BTXM liên quan đến ứng suất do nhiệt, kích thước tấm và kích thước khe giãn. Tham khảo kết quả nghiên cứu CTE của nước ngoài, với loại hỗn hợp nghiên cứu sử dụng 40% cát nhẹ thay thế lượng cốt liệu nhỏ và 35% phụ gia khoáng SF, hệ số CTE được đề xuất là  $7,0 \text{ microstrain/}^{\circ}\text{C}$ .

### 4.2. Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá chế độ bảo dưỡng BT IC



**Hình 4.1. Xu thế phát triển cường độ của các loại BT**

Để thử nghiệm khả năng có thể tự bảo dưỡng của bê tông IC, hai chế độ bảo dưỡng được áp dụng, gọi là chế độ bảo dưỡng A và chế độ bảo dưỡng B đối với mẫu bê tông IC điển hình sử dụng cát nhẹ và 35% XLC tính theo khối lượng xi măng. Chế độ

A theo qui trình bảo dưỡng BTXM thông thường: phủ khăn ẩm và tưới nước hàng ngày. Chế độ bảo dưỡng B: phủ khăn và tưới nước 1 lần sau khi đúc mẫu. Xu thế phát triển cường độ từ 14 ngày tuổi đến 28 ngày tuổi của các loại BTXM với các chế độ bảo dưỡng nghiên cứu được thể hiện trong đồ thị Hình 4.1.

Qua số liệu thí nghiệm, có thể có một số nhận xét như sau:

- BT IC bảo dưỡng ở chế độ B (phủ vải, tưới nước chỉ 1 lần sau khi đúc) có cường độ cao hơn so với mẫu bảo dưỡng ở chế độ ngoài hoàn toàn (phủ vải, tưới nước hàng ngày), là 17,7 % đối với mẫu 14 ngày tuổi và 10% đối với mẫu 28 ngày tuổi.

- Xu thế trong biểu đồ cho thấy chế độ bảo dưỡng B không làm ảnh hưởng đến khả năng phát triển cường độ của BT IC.

Với các nhận xét về mức cường độ đạt được và xu thế phát triển cường độ, có thể thấy rõ khả năng tự bảo dưỡng của BT IC từ nguồn nước chứa trong cát nhẹ. Từ kết quả nghiên cứu, có thể đề xuất qui trình bảo dưỡng mặt đường BT sau khi đổ đơn giản, với giải pháp che phủ bề mặt và tưới ẩm một lần sau khi rải và hoàn thiện bề mặt BT.

### **4.3. Xây dựng bài toán tính toán kết cấu mặt đường BTXM sử dụng vật liệu BTXM nội bảo dưỡng theo AASHTO**

#### **\* Số liệu tính toán**

Kết cấu mặt đường dự kiến, như sau: - Tầng mặt BTXM tự bảo dưỡng, có chiều dày  $h = 26$  cm (Cường độ kéo uốn  $f_r = 5,5$  MPa; Mô đun đàn hồi vật liệu  $E_c = 27,5$  GPa; Hệ số Poisson, do không có điều kiện thí nghiệm nên lấy theo BTXM thường trong hướng dẫn  $\mu_c = 0,15$ ; Hệ số giãn nở nhiệt lấy theo hỗn hợp sử dụng đá dăm  $\alpha_c = 7,0 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ); - Tấm BTXM kích thước  $4,8\text{m} \times 3,5\text{m}$  (khe dọc có thanh liên kết; khe ngang không bố trí thanh truyền lực); - Móng trên bằng cấp phối đá dăm gia cố XM 5% dày  $h_b = 0,20\text{m}$  với mô đun đàn hồi 600 MPa, hệ số Poisson  $\mu_b = 0,20$ ; - Lớp móng dưới bằng cấp phối đá dăm dày  $0,18\text{m}$  có mô đun đàn hồi bằng 300 MPa hệ số Poisson  $\mu_{sb} = 0,35$ ; - Nền đất: á sét ở độ ẩm tương đối 0,65 có  $E_0 = 44$  MPa;

#### **\* Tính toán số liệu giao thông – thiết kế kết cấu mặt đường cứng theo AASHTO 1993**

Theo phương pháp tính toán của AASHTO, với các tham số dự kiến tương ứng, chiều dày tấm BTXM tự bảo dưỡng được đưa vào nghiên cứu tương ứng là 23 cm.

Thiết kế tấm dày 26 cm thỏa mãn yêu cầu với mức vượt khoảng 11 %.

#### **4.4. Kiểm toán kết cấu mặt đường theo hướng dẫn hiện hành của Việt Nam**

Tính toán kết cấu mặt đường BTXM sử dụng hướng dẫn thiết kế hiện hành của Việt Nam – Quyết định số 3230/QĐ-BGTVT ngày 14/12/201.

##### **\* Số liệu tính toán**

Hỗn hợp BTXM nội bảo dưỡng được đề xuất để thiết kế cho tuyến đường cấp huyện, địa bàn huyện Thanh Ba, một huyện miền núi nằm ở phía Tây Bắc thuộc tỉnh Phú Thọ.

Tính lưu lượng xe con qui đổi năm thiết kế thứ 20 tính toán: 1707 xqcđ/ngày đêm, tương ứng với đường cấp IV, địa hình miền núi.

##### **\* Tính toán số liệu giao thông**

Theo Hướng dẫn 3230, lượng giao thông nặng được tính toán tương ứng với 3000 xe được điều tra.

##### **\* Tính toán thiết kế kết cấu mặt đường cứng**

Kết cấu mặt đường BTXM dự kiến gồm 26 cm tầng mặt BTXM trên móng cấp phối đá dăm gia cố XM 20 cm, móng dưới cấp phối đá dăm 18 cm đã đạt được các điều kiện giới hạn cho phép do đó có thể chấp nhận kết cấu này làm kết cấu thiết kế. Mức vượt tương ứng về cường độ là 26,36 %.

#### **4.5. Kiểm tra kết cấu theo phương pháp cơ học – thực nghiệm dự báo hư hỏng của mặt đường**

Phương pháp thiết kế theo cơ học thực nghiệm sử dụng phần mềm ME, với các tham số giới hạn cuối thời kì thiết kế ứng với độ tin cậy thiết kế 85%, bao gồm: Độ gồ ghề IRI: 2,7 m/km; Tỷ lệ các tằm xuất hiện nứt ngang: 15%; Chiều dài trung bình khe nổi bị hư hỏng: 3mm.

Các tham số đầu vào thiết kế đưa vào phần mềm, bao gồm như sau: Loại hình thiết kế; Loại mặt đường; Thời kì phân tích; Các tham số về tằm BTXM mặt đường; Các tham số về móng trên và móng dưới; Các tham số điều kiện khí hậu.

Kết quả tính toán: Cho thấy các tham số đều đạt với các kết quả dự báo hư hỏng ở năm thứ 15 như sau: Độ gồ ghề IRI dự báo ở năm thứ 15: 1,33 m/km; Tỷ lệ các tằm xuất hiện nứt ngang: 4,26 %; Chiều dài trung bình khe nổi bị hư hỏng: 0,44 mm.

#### **4.6. Các kết luận về ứng dụng BTXM nội bảo dưỡng làm mặt đường BTXM trong điều kiện của Việt Nam**

Với các nội dung cơ bản đã thực hiện, có thể có các kết luận như sau:



- Vật liệu thỏa mãn các chỉ tiêu cơ bản, đồng thời thỏa mãn thiết kế theo cả 03 phương pháp thiết kế kết cấu mặt đường BTXM (hướng dẫn thiết kế hiện hành của Việt Nam, hướng dẫn AASHTO và phần mềm cơ học thực nghiệm ME) cho mặt đường BTXM từ cấp IV trở xuống, với lưu lượng giao thông trung bình cho đường địa phương từ đường tỉnh trở xuống.

- Nghiên cứu với 02 chế độ bảo dưỡng: thông thường theo qui trình (A) và phủ bề mặt + tưới ẩm một lần sau thi công (B), cho thấy xu thế phát triển cường độ và cường độ 14 và 28 ngày không bị ảnh hưởng. Mẫu BT IC bảo dưỡng theo chế độ B cho cường độ ép chế cải thiện hơn so với bảo dưỡng ở chế độ A. Như vậy, BTXM tự bảo dưỡng có thể thi công với chế độ bảo dưỡng đơn giản, tiết kiệm chi phí và thích hợp với điều kiện thi công địa phương.

- Các bước thi công cho mặt đường BTXM sử dụng BT IC bao gồm: (i) Xác định lượng cát nhẹ sử dụng cho ca thi công; (ii) Ngâm bão hòa cát nhẹ trong vòng 24 giờ; (3) Trộn hỗn hợp, rải và đầm BT theo qui trình thi công mặt đường BTXM thông thường; (4) Rải phủ chống mất nước bề mặt bằng vật liệu phù hợp, tưới ẩm một lần sau thi công. Để thiết lập qui trình thi công chi tiết, cần có các nghiên cứu thử nghiệm hiện trường.

## **KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ VÀ DỰ KIẾN HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP TỤC**

### **Kết luận**

Dựa trên các kết quả nghiên cứu đạt được trong luận án, có thể đưa ra một số kết luận sau:

- Lượng ẩm giữ trong cấu trúc xốp của cát nhẹ phân bố đều khắp trong hỗn hợp đầm nén cho phép BT IC tự điều chỉnh quá trình bảo dưỡng, không chỉ tối giản được công tác bảo dưỡng BTXM mặt đường khá phức tạp, mà còn có khả năng tự kiểm soát lượng cung cấp ẩm cần thiết phù hợp với tốc độ tách nước của BTXM. Luận án đã chứng minh bằng thực nghiệm ưu điểm của “nội bảo dưỡng” so với “ngoại bảo dưỡng” theo qui trình thi công mặt đường BTXM thông thường hiện nay.

- Sử dụng XLC trong BT IC góp phần cải thiện các chỉ tiêu cường độ cơ bản của BTXM như cường độ nén, cường độ kéo khi uốn, mô đun đàn hồi và khả năng chống mài mòn.

- BT nội bảo dưỡng sử dụng cát nhẹ + 35% XLC với hàm lượng XM tối thiểu theo qui định đối với BTXM làm mặt đường ô tô ( $300 \text{ kg/m}^3$ ) có tốc độ phát triển cường

độ cũng như giá trị cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn của BT tại 28 ngày tuổi, độ mài mòn đạt yêu cầu mặt đường BTXM đến cấp IV.

- Tồn tại khoảng hệ số dư vừa hợp lý đối với cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn và độ mài mòn của BT IC đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với BT làm đường đặc biệt là mặt đường BTXM tới cấp III tương đương BT thường, là ( $K_d = 1,47 \div 1,56$ ). Giá trị  $K_d$  này có thể tham khảo khi thiết kế thành phần BT IC làm mặt đường ô tô.

- Với các chỉ tiêu cơ học ban đầu được xác định trong nghiên cứu thực nghiệm, với bài toán được thiết lập tương ứng cho một tuyến đường cụ thể, các tính toán thiết kế kết cấu mặt đường theo 03 phương pháp (hướng dẫn thiết kế hiện hành của Việt Nam, hướng dẫn AASHTO và phần mềm cơ học thực nghiệm ME) đều cho kết quả đạt yêu cầu.

- Nghiên cứu thực nghiệm với mẫu bảo dưỡng ở 02 chế độ khác nhau: thông thường theo qui trình (A) và phủ bề mặt + tưới ẩm một lần sau thi công (B), cho thấy xu thế phát triển cường độ và cường độ 14 và 28 ngày không bị ảnh hưởng. Mẫu BT IC bảo dưỡng theo chế độ B cho cường độ ép chỉ cải thiện hơn so với bảo dưỡng ở chế độ A. Như vậy, BTXM tự bảo dưỡng có thể thi công với chế độ bảo dưỡng đơn giản, tiết kiệm chi phí và thích hợp với điều kiện thi công địa phương.

- Đề xuất các bước thi công mặt đường BTXM sử dụng BT IC: (i) Xác định lượng cát nhẹ sử dụng cho ca thi công; (ii) Ngâm bão hòa cát nhẹ trong vòng 24 giờ; (iii) Trộn hỗn hợp, rải và đầm BT theo qui trình thi công mặt đường BTXM thông thường; (iv) Rải phủ chống mất nước bề mặt bằng vật liệu phù hợp, tưới ẩm một lần sau thi công.

### **Đề xuất tiếp tục các hướng nghiên cứu chuyên sâu sau Bảo vệ luận án**

Trên cơ sở các kết quả đã đạt được, để tiếp tục phát triển hướng nghiên cứu BT sử dụng nội bảo dưỡng sử dụng XLC trong thực tế, luận án đề xuất các hướng nghiên cứu chuyên sâu sau Bảo vệ luận án, cụ thể:

- Mở rộng nghiên cứu về tuổi thọ của mặt đường BTXM nội bảo dưỡng trong các vùng khí hậu khác nhau.

- Nghiên cứu chuyên sâu các tính chất và khả năng liên kết của lớp BTXM nội bảo dưỡng với lớp mặt đường BT Asphalt.

- Nghiên cứu và xây dựng chương trình áp dụng thử nghiệm.

## CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ

### \* Bài báo khoa học

1. Lê Thái Bình, Trần Thị Kim Đăng (2022), *Kết quả nghiên cứu thực nghiệm các chỉ tiêu cường độ của BTXM nội bảo dưỡng làm mặt đường ô tô*; Tạp chí Giao thông vận tải (ISSN 2354-0818), tháng 9/2022.
2. Lê Thái Bình (2022), *Ảnh hưởng của hệ số dư vữa đến cường độ chịu kéo khi uốn của BT nội bảo dưỡng cho mặt đường BTXM*; Tạp chí Vật liệu và Xây dựng (ISSN 1859-381X), số 04, tập 12, 2022.
3. Lê Thái Bình, Nguyễn Duy Hiếu (2022), *Hiệu quả nội bảo dưỡng vữa XM cường độ cao*; Tạp chí khoa học Kiến trúc và Xây dựng (ISSN 1859-350X), số 45/2022.

### \* Hội thảo khoa học Quốc tế

1. Nguyễn Duy Hiếu, Lê Thái Bình, Trương Thị Kim Xuân (2019), *Ảnh hưởng của nội bảo dưỡng đến co mềm và cường độ của BTXM*; Hội thảo quốc tế về Kiến trúc và Xây dựng 2019 (ISBN: 978-604-67-1457-6), tháng 9/2019.