Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, Tập 76, Số 05 (06/2025), 793-807

Transport and Communications Science Journal

ASSESSMENT OF FLUXATION LEVEL OF INDICATORS IN THE PRODUCTION AND CONSTRUCTION PROCESS OF DENSE - GRADED POLYMER ASPHALT CONCRETE

Nguyen Thi Mi Tra [1*], Pham Van Toan[2], Nguyen Quang Phuc[1]

[1]University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

[2]Post-graduate student, University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article
Received: 20/03/2025
Revised: 05/06/2025
Accepted: 11/06/2025
Published online: 15/06/2025
https://doi.org/10.47869/tcsj.76.5.12

[*] *Corresponding author*
Email: nguyenmitra@utc.edu.vn; Tel: +84987757635

Abstract. Flexible pavement structures are widely used in Vietnam, including national highways, urban roads and expressways. Although they have advantages in terms of smoothness, construction progress and quick traffic opening, flexible pavements also have the disadvantage of short service life. The quality of hot mix asphalt concrete and the fluctuations of indicators during the production and construction process have a significant impact on the performance of flexible pavements. Therefore, collecting, analyzing and evaluating data from road projects is essential to improve the quality of construction and operation. This paper focuses on assessing the level of fluctuations of indicators during the production and construction of Dense - Graded Polymer Asphalt Concrete with nominal maximum size of aggregate of 12.5 mm on a highway section using statistical methods. The results show that the control indicators in the technical standards are all within the allowable limits. Specifically, the bitumen content, the percentage passing sieves 4.75, 2.36 and 0.075mm, and the temperature of bitum meet the requirements. The parameters of density, void ratio and thickness of the field drilled sample meet the acceptance quality.

Keywords: Hot mix asphalt concrete, Polymer asphalt concrete, evaluation criteria, quality control, statistical methods.

© 2025 University of Transport and Communications

Transport and Communications Science Journal, Vol 76, Issue 05 (06/2025), 793-807

Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải

ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ BIẾN ĐỘNG CỦA CÁC CHỈ TIÊU TRONG QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT VÀ THI CÔNG BÊ TÔNG NHỰA CHẶT POLYME

Nguyễn Thị Mi Trà [1*], Phạm Văn Toàn[2], Nguyễn Quang Phúc[1]

[1]Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

[2]Học viên cao học, Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học
Ngày nhận bài: 20/03/2025
Ngày nhận bài sửa: 05/06/2025
Ngày chấp nhận đăng: 11/06/2025
Ngày xuất bản Online: 15/06/2025
https://doi.org/10.47869/tcsj.76.5.12

* Tác giả liên hệ:
Email: nguyenmitra@utc.edu.vn; Tel: +84987757635

Tóm tắt. Kết cấu mặt đường mềm hiện được sử dụng rộng rãi tại Việt Nam, bao gồm cả đường quốc lộ, đường đô thị và đường cao tốc. Mặc dù có những ưu điểm về độ êm thuận, tiến độ thi công và thông xe nhanh, nhưng mặt đường mềm cũng tồn tại nhược điểm là tuổi thọ không cao. Chất lượng của hỗn hợp bê tông nhựa nóng và sự biến động của các chỉ tiêu trong quá trình sản xuất và thi công ảnh hưởng không nhỏ đến tính năng của mặt đường mềm. Do đó, việc thu thập, phân tích và đánh giá số liệu từ các dự án đường bộ là cần thiết để cải thiện chất lượng thi công và quá trình khai thác. Bài báo này tập trung vào đánh giá mức độ biến động của các chỉ tiêu trong quá trình sản xuất và thi công Bê tông nhựa chặt Polymer III 12,5 tại một đoạn đường cao tốc sử dụng phương pháp thống kê. Kết quả cho thấy các chỉ tiêu kiểm soát trong tiêu chuẩn kỹ thuật đều nằm trong giới hạn cho phép. Cụ thể, hàm lượng nhựa, phần trăm lọt sàng 4,75, 2,36 và 0,075mm, nhiệt độ của nhựa, đạt yêu cầu. Các thông số về độ chặt, độ rỗng dư và chiều dày của mẫu khoan hiện trường đạt chất lượng nghiệm thu.

Từ khóa: bê tông nhựa nóng, bê tông nhựa Polyme, chỉ tiêu đánh giá, kiểm soát chất lượng, phương pháp thống kê.

@ 2025 Trường Đại học Giao thông vận tải

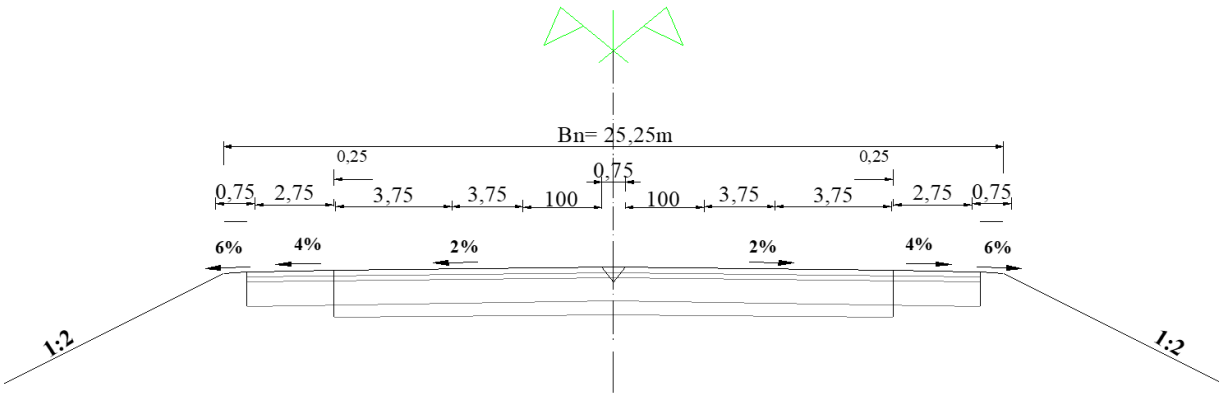
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mặt đường bê tông nhựa (BTN) hiện được sử dụng rộng rãi tại Việt Nam nhờ ưu điểm về độ êm thuận, khả năng khai thác tốt và thi công nhanh. Tuy nhiên, để đảm bảo chất lượng và tuổi thọ công trình, công tác kiểm soát chất lượng trong toàn bộ quá trình thi công – từ lựa chọn vật liệu, công nghệ đến nghiệm thu – đóng vai trò then chốt. Trong đó, việc ứng dụng các công cụ thống kê như biểu đồ kiểm soát giúp phát hiện sớm sai lệch kỹ thuật, kiểm soát biến động và hỗ trợ ra quyết định trong quản lý chất lượng thi công BTN.

Một số nghiên cứu trong nước đã bước đầu tiếp cận việc áp dụng thống kê trong quản lý chất lượng lớp móng cấp phối đá dăm, cho thấy hiệu quả trong việc giám sát sự biến động và cảnh báo sai lệch kỹ thuật trong thi công [1]. Việc ứng dụng biểu đồ kiểm soát (như Shewhart $\bar{X}$ chart và R chart) giúp nhận diện những sai lệch trong các chỉ tiêu thi công quan trọng như độ chặt, độ ẩm hoặc thành phần hạt vượt giới hạn kiểm soát. Theo dõi các chỉ tiêu này theo thời gian giúp nhà thầu và cơ quan quản lý sớm phát hiện bất thường và chủ động điều chỉnh nhằm nâng cao chất lượng thi công [2]. Tuy nhiên, việc ứng dụng rộng rãi các công cụ này cho lớp BTN – lớp mặt trực tiếp quyết định chất lượng khai thác – vẫn còn hạn chế, cần được nghiên cứu và đánh giá sâu hơn.

Trên thế giới, các nghiên cứu của Brown và cộng sự [3] và báo cáo NCHRP [4] đã khẳng định vai trò của các công cụ thống kê như biểu đồ kiểm soát (Control charts), hệ số biến thiên (COV), phân tích phương sai (ANOVA) trong giám sát các chỉ tiêu quan trọng như hàm lượng nhựa, độ rỗng dư, thành phần cốt liệu. Những công cụ này giúp nâng cao độ tin cậy và hiệu quả thi công lớp BTN. Đồng thời, việc tích hợp các thông số thống kê vào mô hình chỉ tiêu hiệu suất (Performance-Related Specifications- PRS) cũng được xem là xu hướng tất yếu trong quản lý chất lượng hiện đại. Thực tiễn triển khai chương trình QC/QA tại Hoa Kỳ, đặc biệt là bởi Sở Giao thông Vận tải Illinois (IDOT), cho thấy việc tăng cường vai trò của nhà thầu trong kiểm soát chất lượng không chỉ nâng cao tính đồng nhất hỗn hợp BTN mà còn góp phần kéo dài tuổi thọ mặt đường [5]

Từ cơ sở đó, bài báo này tập trung nghiên cứu ứng dụng các công cụ thống kê trong kiểm soát chất lượng hỗn hợp Bê tông nhựa chặt Polymer III 12,5 tại một dự án đường cao tốc khu vực Đông Bắc. Kết quả nghiên cứu cung cấp dữ liệu thực nghiệm phục vụ đánh giá độ ổn định của hỗn hợp và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý chất lượng mặt đường.



Hình 1. Quy mô mặt cắt ngang của dự án [6].

2. DỰ ÁN NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu về dự án đường cao tốc vùng Đông Bắc

Mặt đường đã được thiết kế cấp cao A1 với mô đun đàn hồi Eyc ≥180 MPa, R=95%, K =1,17, tải trọng trục thiết kế 12T, chiều rộng Bnền = 25,25m; chiều rộng mặt đường Bmặt = 23,75m bao gồm 04 làn. Gói thầu XL nằm trong nhiều gói thầu xây lắp của dự án đường cao tốc vùng Đông Bắc. Điểm đầu gói thầu: Km91+100 đến điểm cuối gói thầu Km96+100 [6].

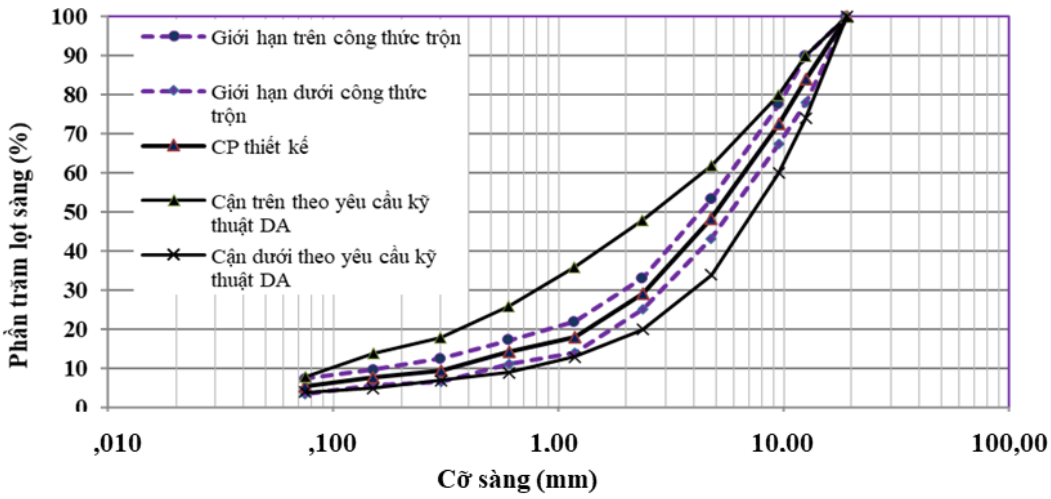
Trong phạm vi bài báo này, hỗn hợp bê tông nhựa chặt Polyme (BTNCP) III được xét đến là BTNCP 12,5 làm lớp mặt trên của kết cấu áo đường với chiều dày h=5 cm.

2.2. Thiết kế hỗn hợp Bê tông nhựa chặt Polyme (BTNCP)

Hỗn hợp BTNCP được thiết kế theo phương pháp Marshall để tìm ra được tỷ lệ phối hợp các loại vật liệu khoáng (đá, cát, bột khoáng) thoả mãn thành phần cấp phối hỗn hợp bê tông nhựa được quy định cho mỗi loại tại tiêu chuẩn hiện hành TCVN 13567:2022 và hàm lượng nhựa đường tối ưu thỏa mãn các chỉ tiêu kỹ thuật yêu cầu với bê tông nhựa [7-9]. Dưới đây là bảng thành phần cấp phối của hỗn hợp BTNCP [6].

Bảng 1. Thành phần cấp phối hỗn hợp thiết kế [5].

STT	Cỡ sàng (mm) - Lượng lọt qua sàng (%)									
	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
CP thiết kế	*100*	*84,1*	*72,63*	*48,35*	*29,14*	*18,11*	*14,36*	*9,68*	*7,82*	*5,5*
Yêu cầu kỹ thuật DA	100	74-90	60-80	34-62	20-48	13-36	9-26	7-18	5-14	4-8
Giới hạn công thức trộn	100	90,1	77,63	53,35	33,14	22,11	17,36	12,68	9,82	7,5
	100	78,1	67,63	43,35	25,14	14,11	11,36	6,68	5,82	3,5



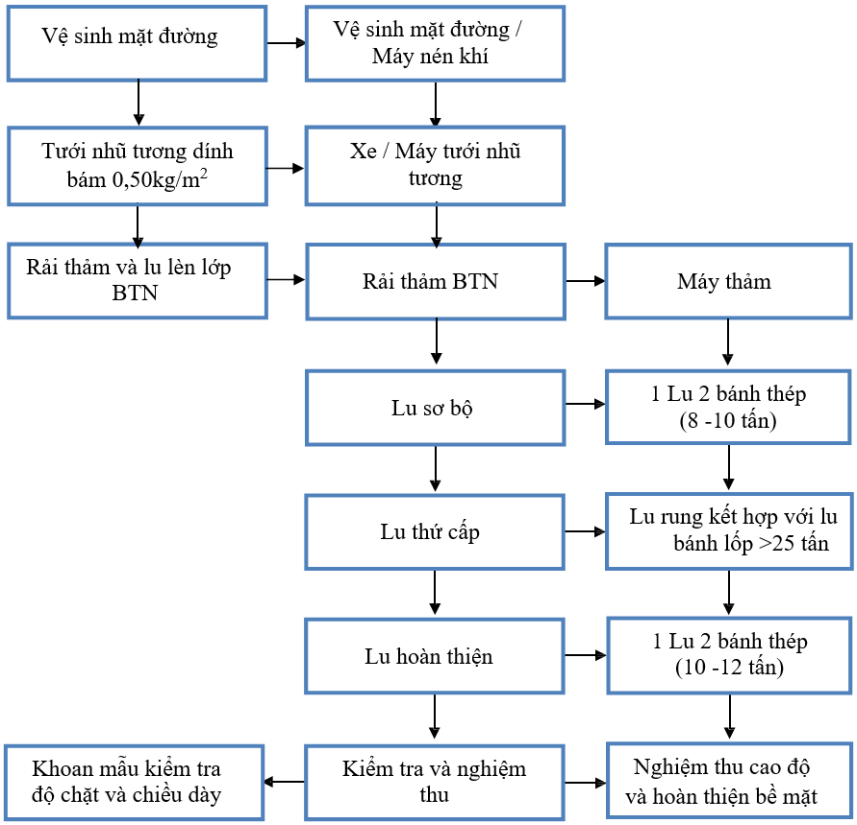
Hình 2. Đường cong cấp phối hỗn hợp thiết kế [6].

Bảng 2. Chỉ tiêu của mẫu BTNCP ứng với hàm lượng nhựa thiết kế [6].

Hàm lượng nhựa (% khối lượng hỗn hợp)	Độ bền Marshall (kN)	Độ dẻo Marshall (mm)	Độ rỗng dư Va (%)	Độ rỗng cốt liệu VMA (%)	Khối lượng thể tích (g/cm3)	Độ rỗng lấp đầy nhựa VFA (%)
4,90	15,36	4,72	4,45	15,81	2,552	71,83

2.3. Sản xuất và thi công BTNCP III 12.5

Việc sản xuất hỗn hợp BTNCP III được tiến hành tại trạm trộn lắp đặt ngay cạnh tuyến với công suất 120 tấn/h và tuân thủ theo đúng công thức chế tạo hỗn hợp đã được lập cũng như tiêu chuẩn hiện hành [8,9]. Sau khi trộn hỗn hợp BTNCP III 12,5 tại trạm thì quá trình thi công chi tiết theo sơ đồ sau [6,9]:



Hình 3. Sơ đồ thi công chi tiết lớp BTNCP III 12,5.

3. KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG HỖN HỢP BÊ TÔNG NHỰA

3.1. Biểu đồ kiểm soát

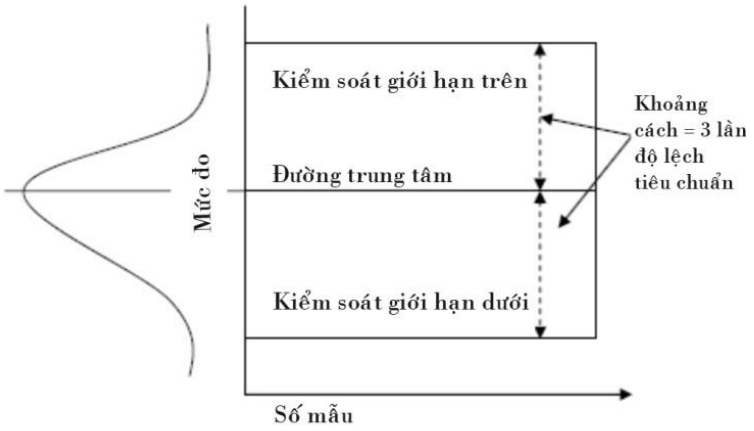
Các biểu đồ quản lý chất lượng là cần thiết để giám sát các cấp độ mà các sản phẩm đáp ứng được yêu cầu của các tiêu chuẩn. Các bước chung nhất để lập biểu đồ kiểm soát như sau:

- Lựa chọn các đặc tính quá trình thông qua quan sát,
- Tính toán giá trị trung bình của quá trình- được sử dụng như dải trung tâm đối với biểu

đồ kiểm soát chất lượng,

- Tính toán độ lệch tiêu chuẩn (σ),

- Tính toán các giới hạn kiểm soát bên trên (UCL) và giới hạn kiểm soát bên dưới (LCL) bằng cách sử dụng phương pháp thêm bớt 3 lần độ lệch tiêu chuẩn.



Hình 4. Quy tắc cơ bản của biểu đồ kiểm soát với các giới hạn 3σ [10-12].

- Phác họa các đặc tính quá trình trên biểu đồ và kết nối các điểm liên tiếp nhau;

- Kiểm tra các điểm vượt ra ngoài các giới hạn, ghi chú lý do và nêu các sửa đổi cần thiết để cải thiện các giá trị trung bình (CL), giới hạn trên (UCL) và giới hạn dưới (LCL) nếu cần.

3.2. Kiểm soát chất lượng bê tông nhựa theo phương pháp thống kê

Việc kiểm soát chất lượng chặt chẽ là điều kiện tiên quyết để đảm bảo hỗn hợp bê tông nhựa (BTN) được sản xuất tại trạm trộn đáp ứng đầy đủ các tiêu chuẩn kỹ thuật. Một quy trình kiểm soát chất lượng hiệu quả không chỉ giúp nâng cao chất lượng sản phẩm mà còn góp phần giảm thiểu chi phí, tối ưu hóa hiệu quả và gia tăng lợi nhuận. Mục tiêu của kiểm soát chất lượng trong sản xuất BTN là đảm bảo tính đồng đều và ổn định của sản phẩm. Biểu đồ kiểm soát đóng vai trò then chốt trong quá trình này, là công cụ đắc lực để điều chỉnh quy trình sản xuất, đảm bảo các thông số kỹ thuật được đáp ứng, giảm thiểu hoặc loại bỏ sản phẩm lỗi, và tránh việc bị phạt khi thanh toán [13,14].

Nội dung kiểm soát chất lượng hỗn hợp BTN theo phương pháp thống kê và sử dụng các biểu đồ kiểm soát được dựa trên Tiêu chuẩn AASHTO R42 [10] trong đó quy định các nội dung kiểm soát chất lượng thi công mặt đường BTN.

Các công thức thống kê kiểm soát chất lượng BTN gồm có:

1) Độ lệch chuẩn của thông số cần kiểm soát x được tính bằng công thức:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}} \quad (1)$$

Trong đó: s : độ lệch chuẩn; n: số mẫu thử; x_i : giá trị thứ i; và $\bar{x}$: giá trị trung bình.

Với số mẫu thử n≤30 thì mẫu số của công thức là (n-1) còn với n>30 thì thay (n-1) bằng n.

Tuy nhiên thường sử dụng với mẫu số (n-1) khi kiểm soát thi công BTNCP.

2) Hệ số biến sai của thông số cần kiểm soát được tính theo công thức

$$c_v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (2)$$

3) Giá trị đặc trưng x_{dt} của biến kiểm soát x được xác định bằng công thức

$$x_{dt} = \bar{x} - \tau_\alpha \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Với n là số mẫu thử

Giá trị trung bình $\bar{x}$ được tính trong Excel bằng hàm AVERAGE(x_i)

Độ lệch chuẩn mẫu s được tính trong Excel bằng hàm STDEV,S(x_i)

Và $\tau_\alpha \frac{s}{\sqrt{n}}$ được tính trong Excel bằng hàm CONFIDENCE,T(α,s,n)

Với α là sai số cho phép α=1-R; R là độ tin cậy, Khi R=95% thì α=1-0,95=0,05

Trong quá trình thi công, các chỉ tiêu Marshall, Va và độ chặt hiện trường đã được ghi lại. Sau đó, biểu đồ kiểm soát biến số được sử dụng để đánh giá xem các chỉ tiêu này và quá trình đo đạc có duy trì ổn định và được kiểm soát hay không hoặc cần điều chỉnh hay không. Trong bài báo này, sử dụng biểu đồ kiểm soát I-MR. Biểu đồ I-MR gồm hai biểu đồ: biểu đồ riêng lẻ (biểu đồ I), hiển thị các điểm dữ liệu riêng lẻ và biểu đồ phạm vi di chuyển (biểu đồ MR), hiển thị sự khác biệt giữa hai điểm đo liền kề nhau. Nếu các điểm dữ liệu nằm ngoài giới hạn kiểm soát, điều đó cho thấy quá trình không ổn định. Đường trung tâm, giới hạn kiểm soát trên (UCL) và giới hạn kiểm soát dưới (LCL) được tính toán bằng các phương trình trong Bảng 3.

Bảng 3. Các phương trình ước tính đường trung tâm, UCL và LCL cho Biểu đồ I-MR [10,11].

STT	Giới hạn kiểm soát	Biểu đồ I	Biểu đồ MR
1	Đường trung tâm	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{k} x_i}{k}$	$MR = \frac{\sum_{i=1}^{k} \lvert x_i - x_{i-1} \rvert}{k-1}$
2	Giới hạn kiểm soát trên	$\bar{X}$ + 3σ	MR+ 3σ
3	Giới hạn kiểm soát dưới	$\bar{X}$ - 3σ	0

Ghi chú:

x_i = giá trị điểm đo thứ i

k = số điểm dữ liệu

σ = độ lệch chuẩn

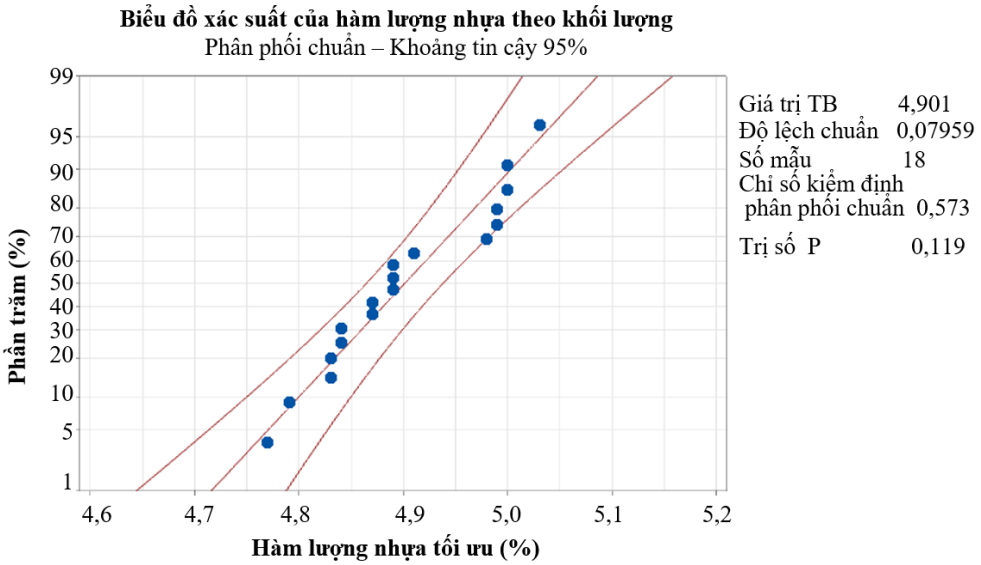
Bài báo sử dụng phần mềm Minitab [15] để tiến hành các thử nghiệm thống kê và tạo các biểu đồ I-MR. Các thử nghiệm cho các chỉ tiêu khác nhau được thực hiện trong Minitab để xác định dữ liệu quan sát nào cần được nghiên cứu thêm.

3.3. Đánh giá mức độ biến động của các chỉ tiêu trong quá trình sản xuất bê tông nhựa nóng

Đánh giá mức độ biến động của hỗn hợp BTNCP III 12,5 trong quá trình sản xuất trên cơ sở là số liệu thu được các phiếu trộn của trạm trộn BTN trong mỗi mẻ trộn. Các thông số cần kiểm soát là hàm lượng nhựa, phần trăm lọt sàng 4,75, 2,36 và 0,075mm, nhiệt độ của nhựa.

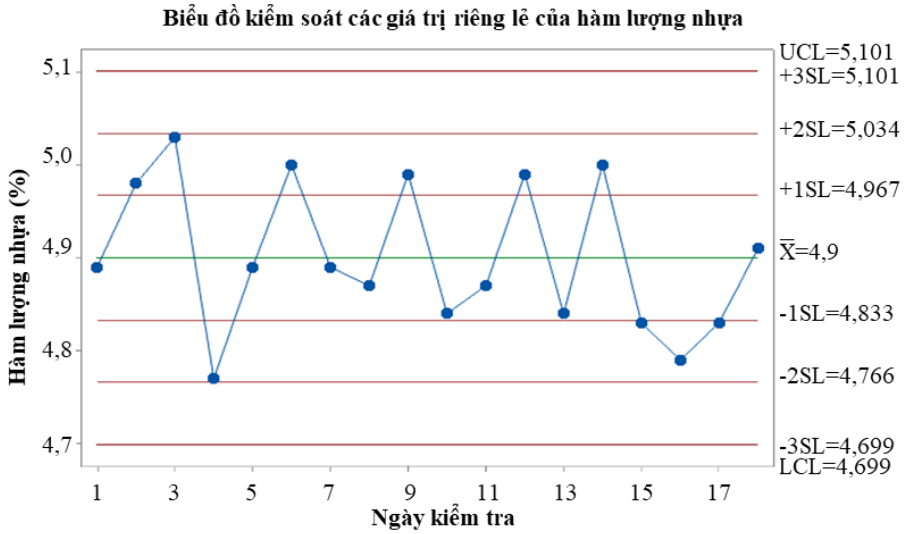
Đánh giá mức độ biến động của hàm lượng nhựa

Các Hình 5 và Hình 6 thể hiện kiểm soát sự đồng đều của hàm lượng nhựa. Dễ dàng nhận thấy quá trình được kiểm soát tốt, độ đồng đều vẫn trong giới hạn 3σ. Tuy không có điểm vi phạm nhưng còn cục bộ một số điểm thay đổi nhiều. Do đó cần tăng cường kiểm soát để đồng đều .



Biểu đồ phân tích sự phân phối chuẩn của hàm lượng nhựa Km91+100 – Km96+100

Hình 5. Biểu đồ phân tích sự phù hợp phân phối chuẩn của hàm lượng nhựa.

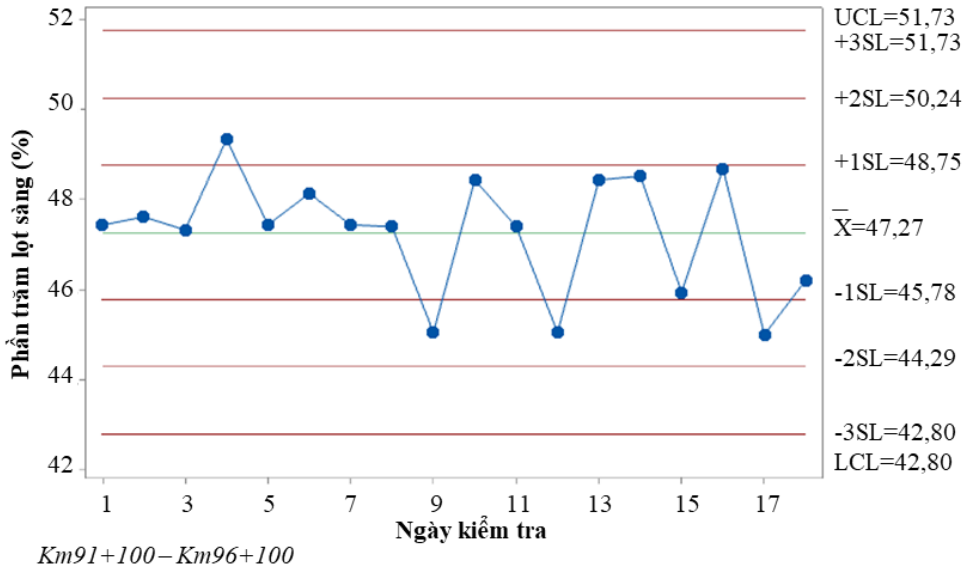


Biểu đồ kiểm soát giá trị riêng lẻ hàm lượng nhựa từ Km91+100 – Km96+100

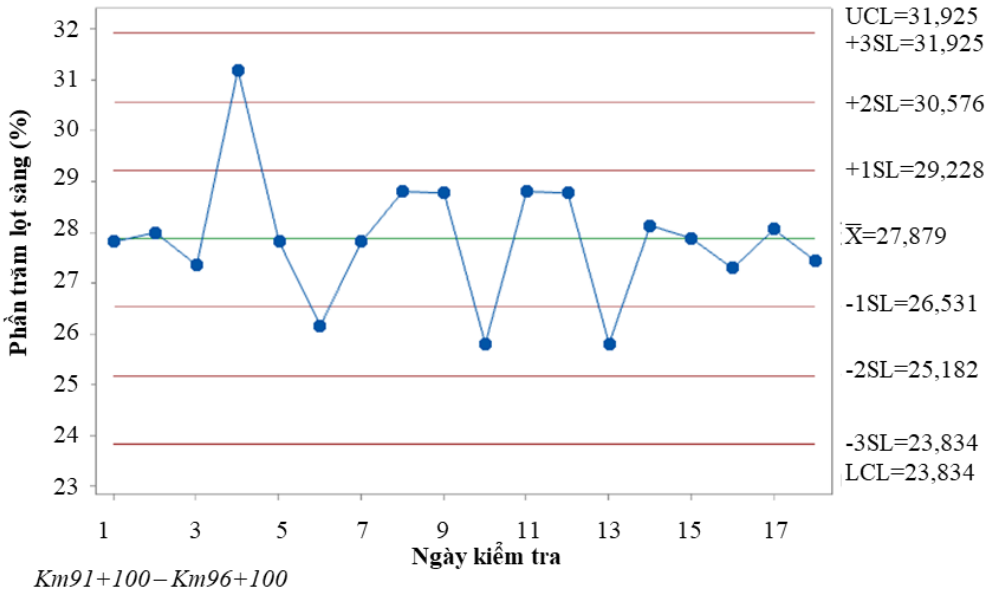
Hình 6. Biểu đồ kiểm soát các giá trị riêng lẻ của hàm lượng nhựa.

Đánh giá mức độ biến động của phần trăm lọt sàng 4,75 mm, 2,36mm và 0,075mm

Sai số cho phép của thành phần cốt liệu lọt sàng 4,75 của các mẻ trộn là ±6%. Theo thiết kế hoàn chỉnh của hỗn hợp BTNCP III 12,5 gói thầu XL, thành phần cốt liệu lọt sàng 4,75 là 47,27%. Như vậy tỉ lệ lọt sàng 4,75 nằm trong giới hạn kiểm soát (Hình 7).

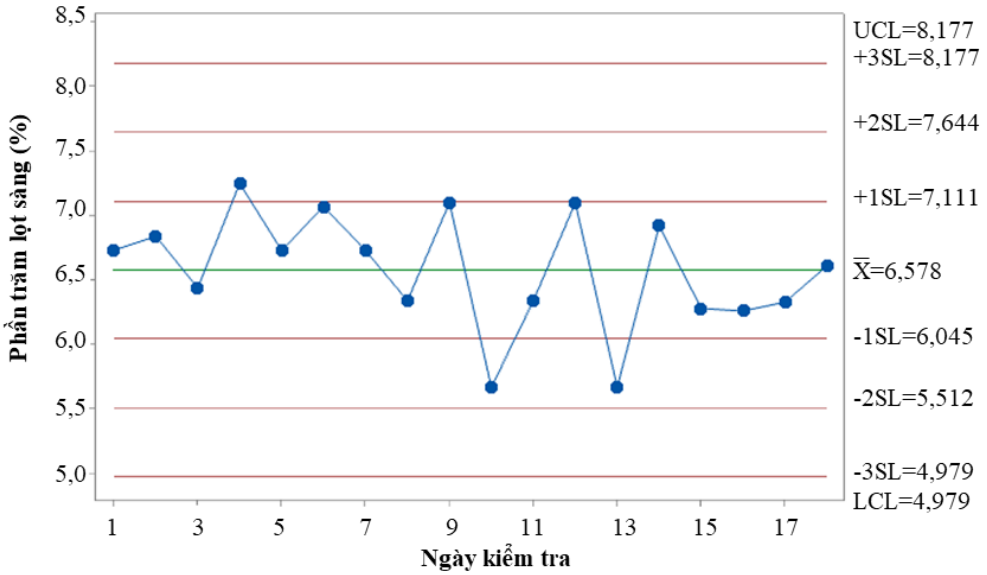


Hình 7. Biểu đồ kiểm soát các giá trị riêng lẻ của phần trăm lọt sàng 4,75 mm.

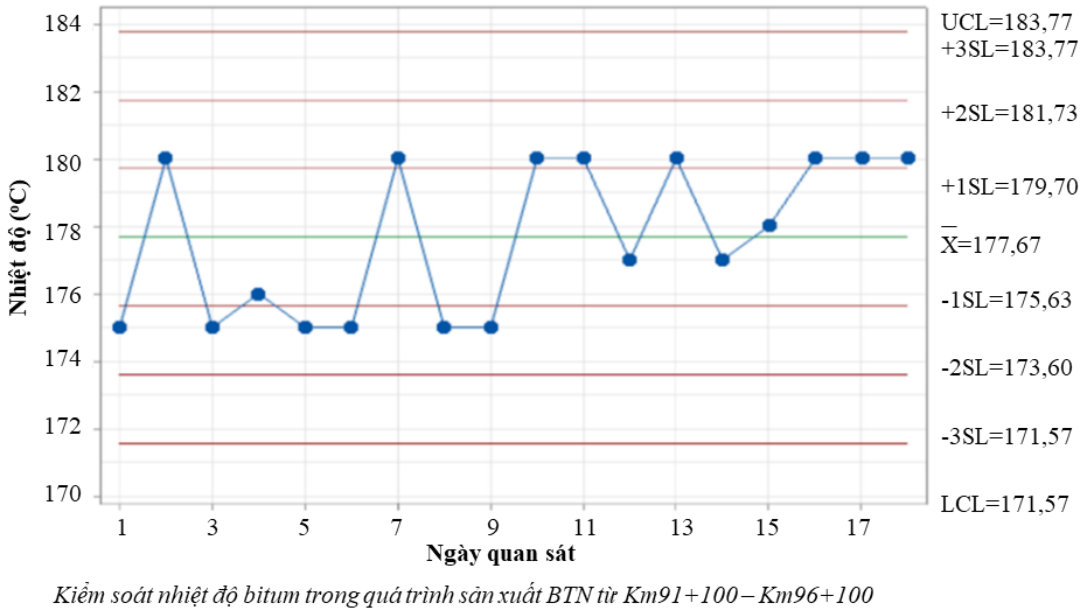


Hình 8. Biểu đồ kiểm soát các giá trị riêng lẻ của phần trăm lọt sàng 2,36 mm.

Với thành phần cốt liệu lọt sàng 2,36, sai số cho phép của các mẻ trộn là ±5%, trong khi tỉ lệ lọt sàng theo thiết kế ở mức 27,88%. Tuy vẫn có một số điểm biến động lớn nhưng các giá trị riêng lẻ của phần trăm lọt sàng 2,36 đều nằm trong giới hạn kiểm soát (Hình 8). Điều này cũng tương tự như đối với tỉ lệ lọt sàng 0,075mm (Hình 9).



Hình 9. Biểu đồ kiểm soát các giá trị riêng lẻ của phần trăm lọt sàng 0,075mm.



Hình 10. Biểu đồ kiểm soát các giá trị riêng lẻ của nhiệt độ đun nóng Bitum.

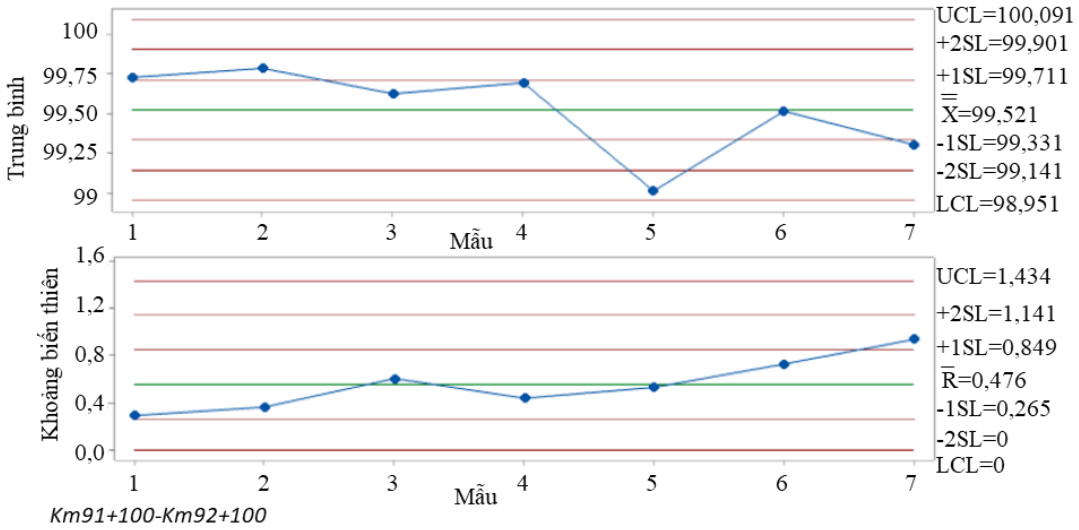
Đánh giá mức độ biến động của nhiệt độ đun nóng bitum

Nhiệt độ đun nóng Bitum trước khi trộn với cốt liệu trong quá trình sản xuất BTN được quy định theo tiêu chuẩn hiện hành phải nằm trong khoảng từ 160^{o}C đến 185^{o}C. Hình 10 cho thấy các số liệu đo được đạt yêu cầu và trong phạm vi kiểm soát. Nhiệt độ đun nóng bitum có độ đồng đều và trong giới hạn 2σ.

3.4. Đánh giá mức độ biến động của các chỉ tiêu khi thi công lớp mặt bê tông nhựa

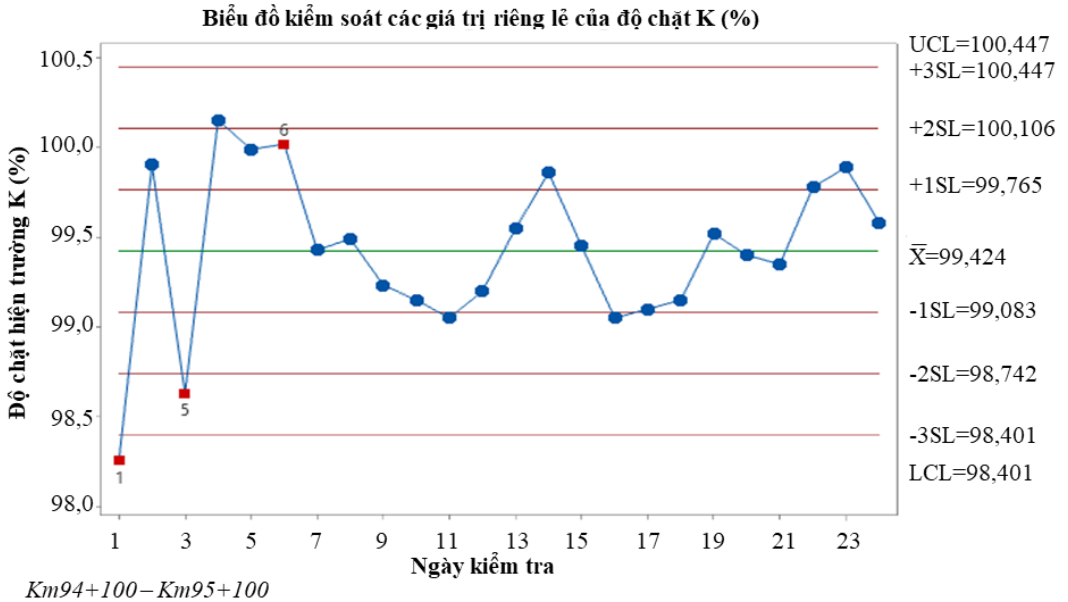
Việc đánh giá hỗn hợp BTNCP III trong quá trình thi công được tiến hành thông qua một số chỉ tiêu như độ chặt, độ rỗng dư và chiều dày mẫu khoan hiện trường.

Đánh giá mức độ biến động của độ chặt K

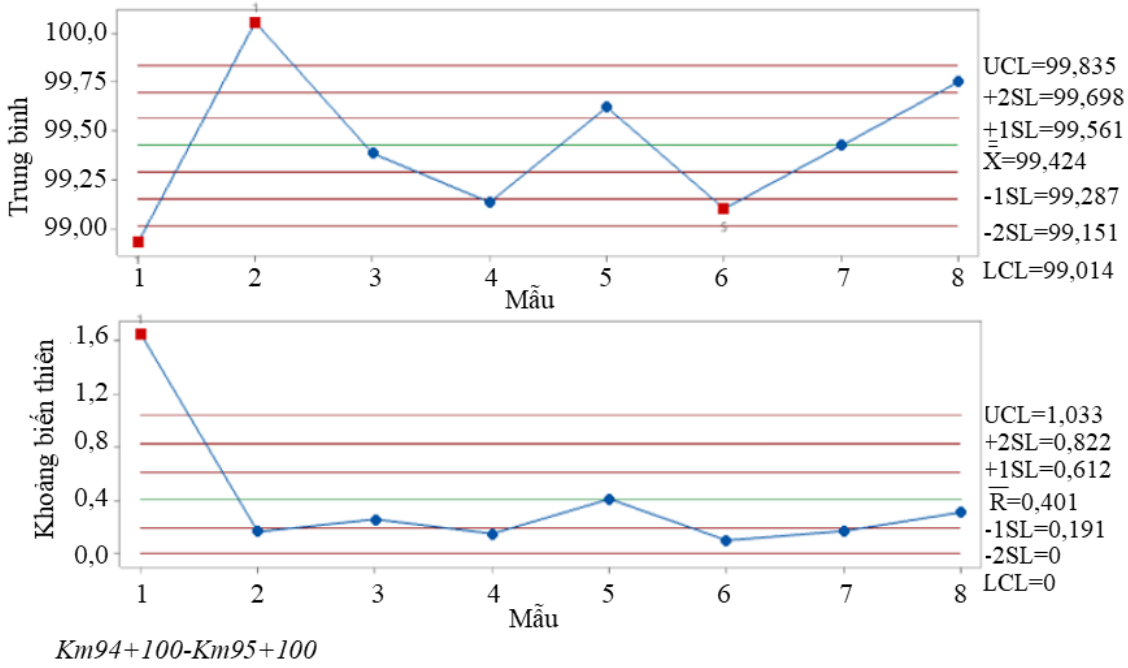


Hình 11. Biểu đồ kiểm soát giá trị trung bình và khoảng biến thiên của độ chặt K(%).

Tại phân đoạn Km91+100-Km92+100, với giá trị độ chặt đặc trưng Kđt = 99,34 > Kyc =98 và các giá trị độ chặt riêng lẻ, trung bình cũng như khoảng biến thiên như trong Hình 11 cho thấy quá trình thi công được kiểm soát tốt, đảm bảo chất lượng đồng đều và không có điểm nào vi phạm về giới hạn độ chặt. Đoạn tuyến kiểm tra đạt yêu cầu nghiệm thu về độ chặt lu lèn. Kết quả này cũng đạt được ở phân đoạn Km94+100 – Km95+100, tuy nhiên có 3 điểm kiểm soát độ chặt giá trị trung bình lệch chuẩn so với đường trung tâm và có 1 điểm độ lệch có khoảng biết thiên lớn hơn so với độ lệch chuẩn giới hạn trên (Hình 12 và Hình 13).

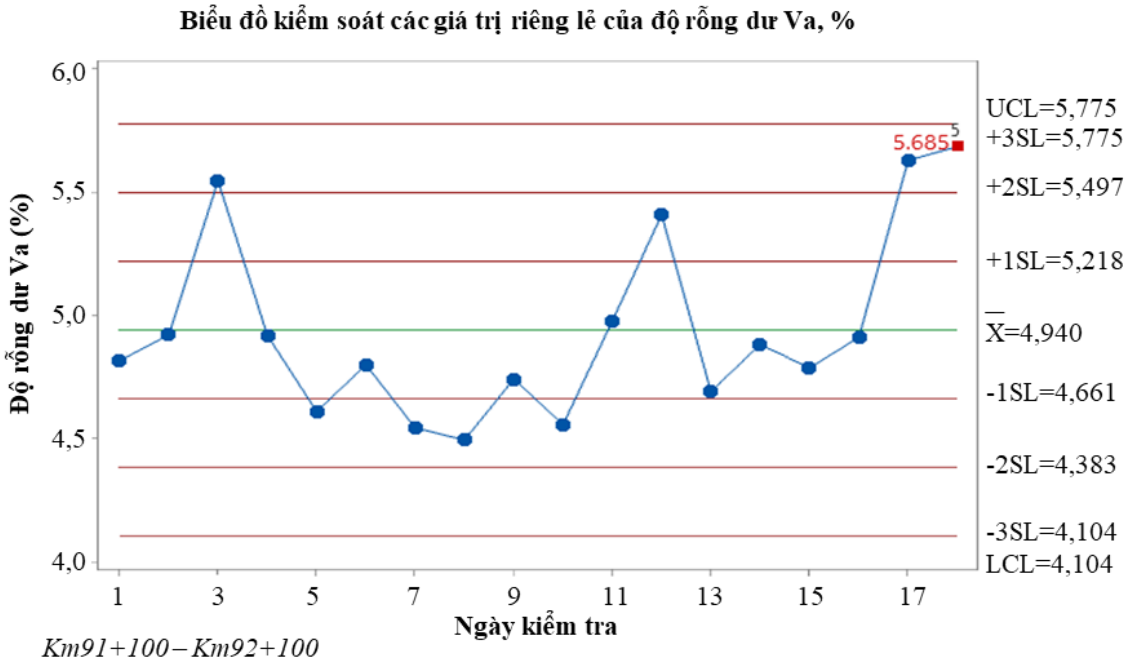


Hình 12. Biểu đồ kiểm soát các giá trị riêng lẻ của độ chặt Km94+100 – Km95+100.

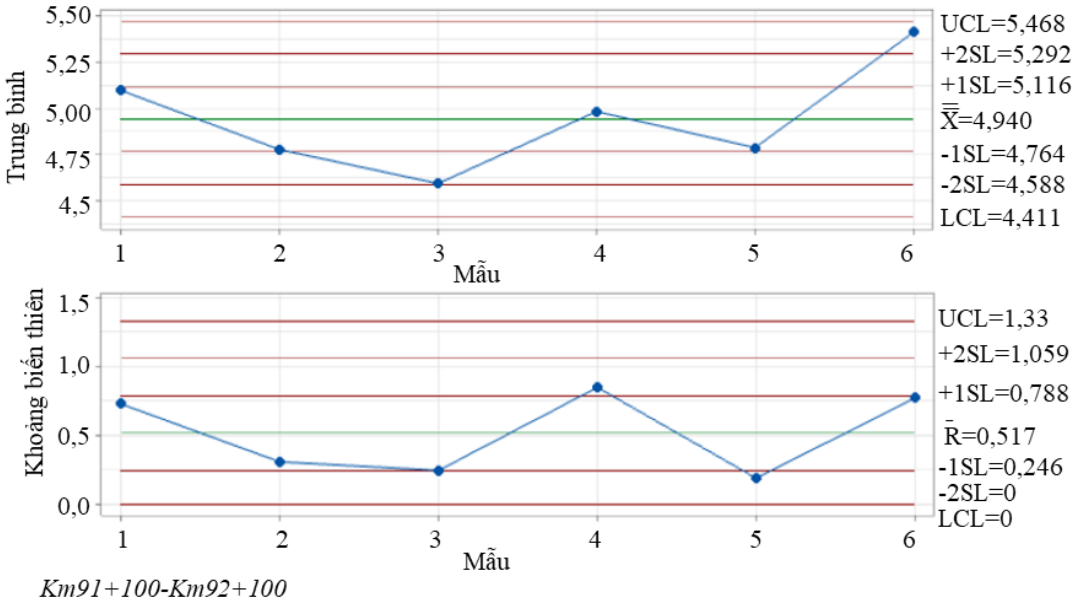


Hình 13. Biểu đồ kiểm soát giá trị trung bình và khoảng biến thiên của độ chặt K(%) Km94+100 – Km95+100.

Đánh giá mức độ biến động của độ rỗng dư (Va)



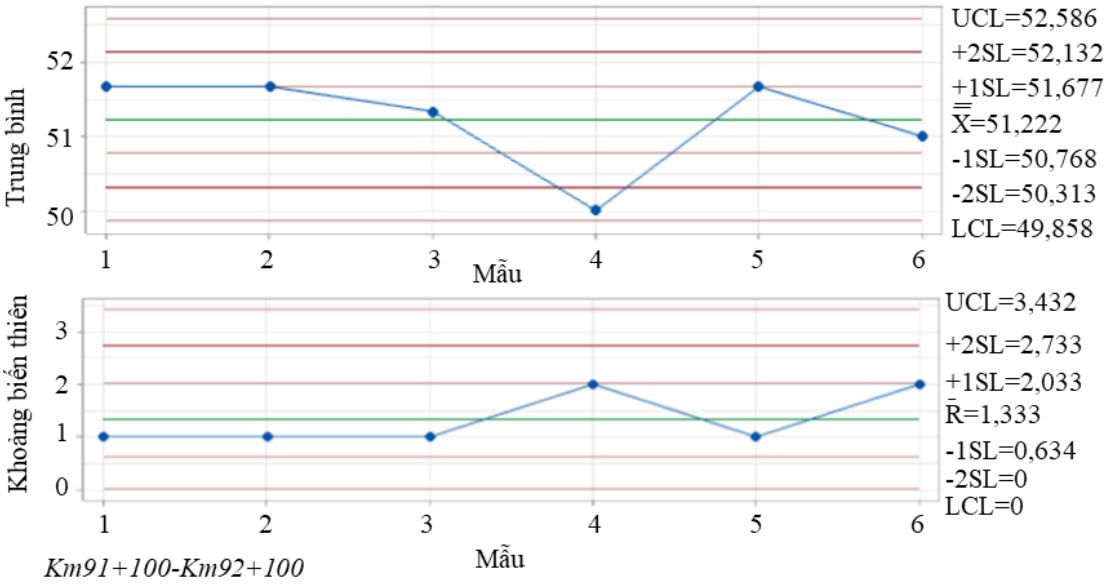
Hình 14. Biểu đồ kiểm soát các giá trị riêng lẻ của độ rỗng dư.



Hình 15. Biểu đồ kiểm soát giá trị trung bình và khoảng biến thiên của độ rỗng dư Va, %.

Hình 14 và Hình 15 chỉ ra rằng không có các giá trị riêng lẻ của độ rỗng dư vi phạm biểu đồ kiểm soát (Va=3-6%). Tuy nằm trong giới hạn 3σ nhưng Va vẫn có độ biến động, độ rỗng dư có xu hướng thiên về cận dưới. Để đảm bảo sự đồng đều hơn nữa thì việc tăng kiểm soát trong quá trình thi công là cần thiết.

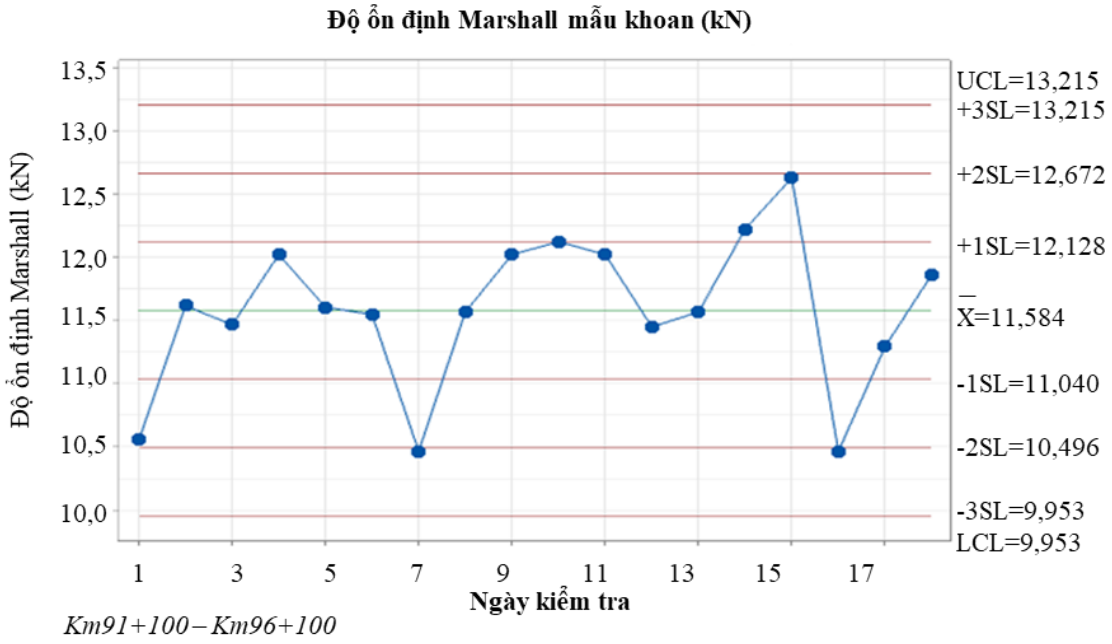
Đánh giá mức độ biến động của chiều dày mẫu khoan BTN



Hình 16. Kiểm soát giá trị trung bình và khoảng biến thiên của chiều dày mẫu H(mm).

Với tập số liệu đo chiều dày mẫu khoan của phân đoạn trên thì không có giá trị nào vi phạm biểu đồ kiểm soát. Khoảng biến động của chiều dày chủ yếu cũng nằm trong phạm vi từ ±2σ, chỉ có một điểm cục bộ số 4 thay đổi lớn (Hình 16).

Đánh giá mức độ biến động của độ ổn định Marshall



Hình 17. Biểu đồ kiểm soát độ ổn định Marshall.

Phân tích kết quả thấy rằng các chỉ tiêu Marshall của các mẫu trong quá trình thi công đạt yêu cầu với sự biến động nhỏ. Giá trị độ ổn định Marshall mặc dù chưa đồng đều nhưng đều nằm trong giới hạn kiểm soát. Khoảng biến động của độ ổn định cũng nằm trong phạm vi từ 2σ đến 3σ ở mức tốt (Hình 17).

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày phương pháp xác suất thống kê và công cụ Minitab để tiến hành kiểm soát chất lượng sản xuất và thi công lớp BTNCP III 12,5 thông qua một số chỉ tiêu. Các quá trình được đánh giá bằng đồ thị kiểm soát cho thấy cơ bản các chỉ tiêu kiểm soát khi thi công trong tiêu chuẩn kỹ thuật, được thể hiện bằng giá trị trung bình đều không vượt quá giới hạn. Các chỉ tiêu độ chặt, độ rỗng dư, chiều dày và độ ổn định Marshall của mẫu khoan hiện trường hầu hết đảm bảo yêu cầu nghiệm thu. Quá trình sản xuất BTNCP III 12,5 với các thông số cần kiểm soát là hàm lượng nhựa, phần trăm lọt sàng 4,75, 2,36 và 0,075mm, nhiệt độ của nhựa đều nằm trong giới hạn cho phép.

Các biểu đồ kiểm soát chất lượng được sử dụng trong nghiên cứu này không chỉ áp dụng với quá trình sản xuất và thi công lớp vật liệu BTN mới mà còn có thể sử dụng trong kiểm soát, đánh giá chất lượng cho vật liệu BTN tái chế và các vật liệu khác trong kết cấu mặt đường. Điều này là cần thiết để đảm bảo chất lượng vật liệu đầu vào, chất lượng tại trạm trộn và quy trình công nghệ thi công được duy trì ổn định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bùi Tuấn Anh, Nghiên cứu lựa chọn phương pháp kiểm soát chất lượng thi công lớp cấp phối đá dăm ở Việt Nam, Tạp chí Giao thông vận tải, (2020) 46-49.

[2]. Bùi Tuấn Anh, Nguyễn Quang Phúc, Nghiên cứu áp dụng phương pháp thống kê đánh giá mức độ biến động khi thi công lớp cấp phối đá dăm ở Việt Nam, Tạp chí Cầu đường Việt Nam, 4 (2020) 31-35.

[3]. E. Ray Brown, Prithvi S. Kandhal Jingna Zhang, NCAT Report 01-05: Performance Testing for Hot Mix Asphalt, National Center for Asphalt Technology, 2001.

[4]. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), NCHRP Report 567: Performance-Related Specifications for Hot-Mix Asphalt Construction, Transportation Research Board, 2006.

[5]. A. Patel, M. Thompson, E. Harm, W. Sheftick, Developing QC/QA Specifications for Hot Mix Asphalt Concrete in Illinois, Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 1575 (1997) 66-74. https://doi.org/10.3141/1575-10

[6]. Hồ sơ thiết kế dự án đường cao tốc vùng Đông Bắc, 2022.

[7]. TCVN 8820:2011, Hỗn hợp bê tông nhựa nóng- Thiết kế theo phương pháp Marshall, Tiêu chuẩn Việt Nam, 2011.

[8]. TCVN 13567-1: 2022, Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng- Thi công và nghiệm thu – Phần 1: Bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường thông thường, Tiêu chuẩn Việt Nam, 2022.

[9]. TCVN 13567-2: 2022, Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng- Thi công và nghiệm thu – Phần 2: Bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường polyme, Tiêu chuẩn Việt Nam, 2022.

[10].AASHTO R42-06, Developing a Quality Assurance Plan for Hot Mix Asphalt, 2011.

[11]. Nguyễn Quang Phúc, Bài giảng cao học "Toán ứng dụng ngành GTVT", 2024.

[12]. ISO 7870-2:2013, Control charts-Part 2: Shewhart control charts, 2013.

[13]. Đồng Xuân Trường, Nguyễn Quang Phúc, Nghiên cứu sử dụng thiết bị không phóng xạ không phá hủy-Troxler kiểm soát độ chặt đầm nén bê tông nhựa nóng hiện trường, Tạp chí Giao thông vận tải, 1+2 (2018) 67-71.

[14]. Đồng Xuân Trường, Nghiên cứu góp phần hoàn thiện công tác đảm bảo và kiểm soát chất lượng thì công lớp mặt đường bê tông nhựa chặt ở Việt Nam, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông vận tải, 2019.

[15]. Minitab: All statistics and graphs for I-MR Chart, 2024.